Effektivitetsmått för byggnader

- *En modell för effektivitetsmätning applicerad på ytterväggar i flerbostadshus*

Caroline Larsson

Hanna Sjöstedt

Effektivitetsmått för byggnader
– En modell för effektivitetsmätning applicerad på ytterväggar i flerbostadshus

Copyright © Caroline Larsson, Hanna Sjöstedt och

Byggproduktion
Institutionen för byggvetenskaper
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 LUND

Tryckt av KFS AB, Lund 2010

ISRN LUTVDG/TVBP-10/5401--SE

Förord

Detta examensarbete är den avslutande delen av vår utbildning till civilingenjörer inom Väg- och Vattenbyggnadsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har utförts under sommaren 2010 i samarbete med Bygginnovationen, med handledare från LTH, Skanska och NCC.

Det har varit en mycket lärorik studie. Samtidigt som vi har lärt oss mycket har vi träffat många intressanta och hjälpsamma personer. Responsen på arbetet har varit positiv och samtidigt har repliken *”Åh det behandlar mitt exjobb”* sagts i många konversationer med nära och kära, vilket bara kan betyda att det är ett aktuellt ämne.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Anne Landin, Mats Öberg och Sigurd Karlsson. Tack för att ni har tagit er tid för oss genom möten, telefonmöten och mejlkonversationer. Ett stort tack vill vi också rikta till NCC teknik i Malmö som har tagit hand om oss sedan första dagen på kontoret. Ni har verkligen förgyllt vårt skrivande! Ett tack vill vi också rikta till de personer som ställt upp på intervjuer och hjälpt oss med vårt arbete.

Lund den 27 september 2010

Caroline Larsson Hanna Sjöstedt

Sammanfattning

Titel: Effektivitetsmått för byggnader – En modell för effektivitetsmätning applicerad på ytterväggar i flerbostadshus

Författare: Caroline Larsson
Hanna Sjöstedt

Handledare: Anne Landin, professor, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för byggproduktion.

Bitr. handledare: Mats Öberg, NCC
Sigurd Karlsson, Skanska

Examinator: Stefan Olander, PhD, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för byggproduktion.

Problemställning: Hur mäts effektivitet och vilka mätetal finns? Hur kan effektivitetsmått för ytterväggar konkretiseras och vilka parametrar är lämpliga att se närmare på? Hur har effektiviteten förändrats historiskt sett?

Syfte: I byggbranschen finns olika system och mätetal som kan ligga till grund för jämförelser mellan byggdelar eller projekt inom de flesta områden. Däremot saknas modeller för hur dessa mätetal skulle kunna vägas samman.

Rapportens syfte är att ta fram en metod som utifrån olika aspekter granskar effektiviteten hos ytterväggar i flerbostadshus.

Metod: Litteraturstudie samt djupintervjuer genomförs för att ta fram en modell i vilken olika typer av ytterväggar kan jämföras. Modellen utarbetades sedan genom ett iterativt arbetssätt.

Slutsats: Den i examensarbetet framtagna modellen är ett sätt att väga samman olika effektivitetsmått. Genom att investera mer i inputposterna kan outputkostnaderna reduceras. Input- och outputkostnaderna summeras i modellen för att på ett överskådligt sätt visa hur mycket en investering i byggskedet kan ge tillbaka under bruksskedet. Modellen skulle, efter utveckling, kunna användas för att jämföra olika ytterväggskonstruktioner, men för att jämförelser ska vara relevanta i praktiken måste hela byggnaden beaktas.

I en vidareutveckling av modellen bör kvalitativa och kvantitativa mätetal vägas samman och en kvot mellan input- och outputmått bör utgöra effektivitetsmåttet för väggen.

Nyckelord: Effektivitet, Effektivitetsmått, Flerbostadshus, Ytterväggar.

Abstract

Title: Efficiency measures for buildings – A model for efficiency measuring applied on outer walls of apartment buildings.

Authors: Caroline Larsson
Hanna Sjöstedt

Supervisor: Anne Landin, Professor, Lund University, Faculty of engineering, Construction management

Ass. Supervisors: Mats Öberg, NCC
Sigurd Karlsson, Skanska

Examiner: Stefan Olander, PhD, Lund University, Faculty of engineering, Construction management

Problem issue: How can the efficiency be measured and what kind of measurable data is available? How can efficiency measures bee specified for outer walls and what parameters should be studied more closely? How has the efficiency changed over a historical view?

Purpose: In the building business there are different systems and measurements that can be the basis of a comparison between building parts and whole projects in most areas. Today there are no models that compare these measures.

The purpose of this report is to find a method that enables an investigation of the efficiency of outer walls from different aspects.

Method: A literature study and interviews carried out into the model, in which different outer walls are compared. The comparison eventually carries out into efficiency measures.

Conclusion: The model developed in this study constitutes a way to put different efficiency measures in a contexture. By investing

more in the input posts, the output posts can be reduced. The input and output posts are added up to lucidly show how much an investment during production may return during the period of use. The model would, after being developed, be a useful tool to compare different outer walls constructions. To make the comparison relevant the whole building has to be observed.

A further development the model should contain a way to put quantitative and qualitative parameters in a context. A quotient should also be calculated between input and output measures and constitutes the efficiency measure of the wall.

Keywords: Apartment buildings, Efficiency, Efficiency measures, Outer walls.

Innehållsförteckning

1. Inledning 13

1.1 Bakgrund 13

1.2 Problemformulering 14

1.3 Syfte 14

1.4 Målsättning 14

1.5 Avgränsningar 14

2. Metod 17

2.1 Examensarbetets arbetsgång 17

2.2 Förundersökning 18

2.3 Kvalitativ och kvantitativ metod 18

2.4 Modellutveckling och fallstudie 19

2.5 Reliabilitet och validitet 19

2.6 Felkällor och källkritik 20

2.7 Metodreflektion 20

3. Bostadsbyggandets utveckling 1930-2010 21

3.1 1930 – tal 21

3.2 1940 – tal 24

3.3 1950 – tal 29

3.4 1960 – tal 31

3.5 1970 – tal 34

3.6 1980 – tal 38
3.7 1990 – tal 40
3.8 2000 – tal 42
3.9 Sammanställning 47
4. Modell för effektivitetsjämförelse 55
4.1 Krav på modellen 55
4.2 Modellens uppbyggnad 56
4.2.1 Outputmått 59
4.2.2 Inputmått 71
5. Fallstudie 77
5.1 VAB12 - Betongvägg med tegelfasad, Referensvägg 77
5.2 VAU14 Stålregelvägg med ventilerad puts 80
5.3 VAB20 Sandwichelementvägg 84
5.4 Träregelvägg med puts på cellplast 86
5.5 Betongvägg med tegelfasad, 70 mm mineralull 88
5.6 Sammanställning 90
6. Resultat 91
6.1 Effektivitetsmått 91
6.2 Resultat av fallstudie 93
7. Slutsatser 95
8. Förslag på fortsatta studier 99
9. Begreppsförklaring 101

10. Källor 105

Bilaga 1 - Intervjuer I

Bilaga 2.1 – Sammanställning, stålregel V

Bilaga 2.2 – Sammanställning, sandwichelement VI

Bilaga 2.3 – Sammanställning, träregel VII

Bilaga 2.4 – Sammanställning, äldre tegelvägg VIII

Bilaga 3 - Användarinstruktioner och förutsättningar IX

Bilaga 4.1 – Energieffektivitet, stålregel XI

Bilaga 4.2 – Energieffektivitet, sandwichelement XV

Bilaga 4.3 – Energieffektivitet, träregel XIX

Bilaga 4.4 – Energieffektivitet, äldre tegelvägg XXIII

Bilaga 5.1– Underhållsbehov, stålregel XXVII

Bilaga 5.2– Underhållsbehov, sandwichelement XXVIII

Bilaga 5.3– Underhållsbehov, träregelvägg XXIX

Bilaga 5.4– Underhållsbehov, äldre tegelvägg XXX

Bilaga 6 – Robusthet XXXI

Bilaga 7.1 – Arbetstid, material, etablering för stålregel XXXV

Bilaga 7.2 – Arbetstid, material, etablering för sandwichelement XXXVI

Bilaga 7.3 – Arbetstid, material, etablering för träregel XXXVII

Bilaga 7.4 – Arbetstid, material, etablering för äldre tegelvägg XXXVIII

Bilaga 8 – Referensvägg XXXIX

1. Inledning

Detta kapitel innehåller bakgrunden till rapportens problemställning. Kapitlet innehåller också syfte, målsättning, problemformulering samt avgränsningar.

1.1 Bakgrund

Den byggnation som uppförts under de senaste decennierna präglar i hög utsträckning hur vårt samhälle ser ut. Lägenheterna i miljonprogrammets flerbostadshus skulle utgöra ett modernt boende för många av Sveriges invånare under en period av stor bostadsbrist. Idag kan de upplevas som dåligt planerade och i behov av underhåll.

Effektivitet är enligt *Nationalencyklopedin* förhållandet mellan investeringen i en verksamhet och verksamhetens resultat (NE, 2010). Inom bostadsbyggandet kan effektivitet innebära att bygga snabbt och billigt, som under miljonprogrammet. Frågan är då vad som fås för de investerade pengarna? Är det möjligt att bygga billigt och samtidigt skapa ett attraktivt och långsiktigt hållbart boende och hur definieras ett attraktivt boende?

I Boverkets rapport *Bostadsbyggande och byggkostnader åren 1960 till 1999* (Boverket, 2002) hävdas att produktiviteten inom byggbranschen nådde kulmen 1995 för att sedan dala. Eftersom det saknas en uppdelning mellan nybyggnad och reparationer, byggnader och anläggningar är den offentliga statistiken svår att använda som underlag för forskning. Det finns därför anledning att utreda om det finns kvalitetsförändringar inom byggbranschen som statistiken underskattar.

Bygginnovationen är ett forsknings- och utvecklingsprogram som syftar till att stärka den svenska byggnäringens konkurrenskraft, bland annat genom att fokusera på förbättrad effektivitet. Examensarbetet utfördes som ett samarbete mellan Bygginnovationen och Lunds Tekniska Högskola.

Studien skall behandla effektivitet i bostadsbyggandet utifrån flera olika synvinklar. Effektivitet kan vara att bygga hus med låg energianvändning eller att bygga robusta hus som har lågt underhållsbehov. Om hänsyn tas till husets kostnad under hela livslängden är det inte säkert att det hus som är billigast och snabbast att bygga är det som ger mest tillbaka för de investerade pengarna.

Syftet är att väga samman olika aspekter på effektivitet och på så sätt ta fram ett effektivitetsmått. Studien skall också se till hur effektiviteten inom bostadsbyggandet har förändrats.

1.2 Problemformulering

Hur mäts effektivitet och vilka mätetal finns? Hur kan effektivitetsmått för ytterväggar konkretiseras och vilka parametrar är lämpliga att se närmare på? Examensarbetet skall se till hur effektiviteten har förändrats historiskt sett.

1.3 Syfte

Inom bostadsbyggandet finns olika system och mätetal som kan ligga till grund för jämförelser mellan byggdelar eller projekt inom de flesta områden. Ofta har dessa mätetal olika enheter och det saknas modeller för hur mätetalen skulle kunna vägas samman.

Syftet med denna studie är att ta fram en metod för att värdera effektivitet hos ytterväggar i flerbostadshus utifrån flera aspekter. Metoden skall väga samman olika aspekter på effektivitet och sedan utvärderas för att avgöra om det är möjligt att mäta effektivitet på detta sätt.

1.4 Målsättning

Metoden för effektivitetsmätning som skall tas fram skall vara generell och applicerbar på skilda typer av byggnadsdelar. Några viktiga parametrar väljs ut för att värdera egenskaperna hos en yttervägg. Målsättningen är att leverera en tabell med jämförbara mätetal för dessa parametrar. Mätetalen skall kunna användas för att jämföra effektivitet hos ytterväggar.

1.5 Avgränsningar

Ämnet som examensarbetet behandlar är mycket brett. För att möjliggöra en djupare granskning av utvalda delar av ämnet görs avgränsningar. Studien avser endast svensk byggindustri och svenska flerbostadshus byggda efter 1930. Vid en fallstudie kommer fem utvalda väggar utvärderas. Vid utvärderingen identifieras ett antal parametrar, varav endast ett mindre antal granskas närmare. Parametrar som inte granskas i detta examensarbete identifieras för fortsatta studier. Den modell som tas fram skall bara behandla ytterväggar och först i ett senare skede kunna byggas på med andra byggdelar. Examensarbetet

behandlar endast ytterväggens klimatskärm, vilket innebär att ytterväggens insida inte tas i beaktning.

De parametrar som ska studeras närmare är energieffektivitet, underhållsbehov, robusthet samt investeringskostnad (kostnader för arbete, material och etableringsomkostnader). När underhållsbehovet studeras ses endast till utvändiga åtgärder, då invändiga insatser bedöms bli likvärdiga för alla typer av ytterväggar. Vid ekonomiska beräkningar ses endast till de reala värdena, ty alla värden är uttryckta i dagens penningvärde

2. Metod

Detta kapitel redogör för genomförandet av arbetet.

2.1 Examensarbetets arbetsgång

Arbetet påbörjades genom att en problemformulering antogs. Därefter skrevs inledningsstycket och en förundersökning genomfördes för att ge kunskap om ämnet samt en historisk överblick över bostadsbyggandets utveckling.

Då förundersökningen var klar presenterades resultatet i teoriavsnittet. Utifrån denna kunskap valdes fem parametrar ut som studerades i rapporten och samtidigt finslipades metoden för det fortsatta arbetet.

I detta fall valdes intervjuer som metod. Fyra personer med expertkunskap intervjuades för att få hjälp med de delar av modellen där litteraturstudier inte räckte till. Peter Svenmar och Lars Damstedt arbetar på Skanska Stomsystem och intervjuades för att får djupare information om Skanskas produktion med sandwichelementväggar. Intervju genomfördes också med Lars Jensen, professor vid Lunds Tekniska Högskola i Installationsteknik, för att få hjälp med luftläckagets betydelse. Kajsa Flodberg, som arbetar med energifrågor på NCC Teknik samt som industridoktorand vid Lunds Tekniska Högskola, intervjuades för att få feedback på hur den framtagna modellen behandlar energieffektivitet.

Efter intervjuerna utformades modellen och testades med hjälp av fem ytterväggskonstruktioner. Testerna analyserades för att avgöra om modellen var användbar. Den färdiga modellen utgör examensarbetets resultat. Den skulle innehålla kvantifierbara effektivitetsmått för ytterväggar samt identifiera framtida forskningsbehov. I analysen utreddes huruvida modellen var användbar för verkliga objekt. Felkällor och utvecklingsbehov hos modellen togs upp i diskussionen.

Arbetsgången kan sammanfattas med följande punkter:

- *Inledning och problemformulering*
- *Förundersökning och avgränsningar*
- *Metodval*
- *Teori och modell*
- *Intervju och datainsamling*
- *Resultat*
- *Slutsatser*

2.2 Förundersökning

För att få baskunskap om ämnet, genomfördes inledningsvis en litteraturstudie som tar upp bostadsbyggandets utveckling sedan 1930. Där studerades offentlig statistik och rapporter samt litteratur som behandlar samhällsutveckling, arkitektur och bostadsutveckling. Litteraturstudien ligger till grund för teorikapitlet. Kunskap erhölls också genom informationssökning på Internet. Teoriavsnittet skulle belysa teknisk utveckling; vanliga hus- och ytterväggstyper samt betydande förändringar inom maskiner och hjälpmedel. Det skulle även ta upp betydelsefulla normkrav, ekonomisk utveckling och finansiering.

2.3 Kvalitativ och kvantitativ metod

För att genomföra detta examensarbete brukades två olika metoder, *kvalitativ metod* och *kvantitativ metod*. Skillnaden mellan dessa är att den *kvalitativa metoden* inte resulterar i siffror och tal, utan mynnar ut i talade och skrivna formuleringar (Backman, 1998). En *kvantitativ metod* används främst då resultatet skall mynna ut i mätningar, kvantifiering med hjälp av matematik och statistik. Från denna metod skall utfallet vara numeriska observationer alternativt kunna transformeras till sådana. Testerna kan exempelvis utföras som experiment, test eller som frågeformulär.

I denna studie användes *kvantitativ metod*, i form av datainsamling. Denna har genomförts med hjälp av underlagsvärden i form av statistikvärden, medelvärden samt olika prognoser som sedan använts i modellen. K*valitativ metod* användes vid intervjuerna, då de intervjuade personerna bidrog med förklaringar och egna förslag på den modell som byggts upp.

2.4 Modellutveckling och fallstudie

Utifrån litteraturstudie samt intervjuer skall en modell tas fram. Efter intervjuerna testas modellen genom att värden för några utvalda ytterväggar förs in. De brister som upptäcks åtgärdas sedan genom ett iterativt arbetssätt.

Totalt testas fem ytterväggar:

- En betongvägg med tegelfasad från Skanskas produktion. Denna fungerar som referensvägg, vilket innebär att övriga ytterväggar jämförs med denna. Väggen har funnits i produktion under en lång tidsperiod och endast förändrats med nya krav på isolering.

- Två idag vanligt förekommande väggar för flerbostadshus från Skanskas produktion, en utfackningsvägg med ventilerad puts på stålregelstomme respektive en sandwichelementvägg av betong.

- En träregelvägg med tunnputs på cellplast utan luftspalt, som tidigare använts men drabbats av skadefall, undersöks. Detta för att testa hur modellen fungerar för så kallade riskkonstruktioner.

- En betongvägg med tegelfasad från 1970-talet, för att se om bostadsbyggandet blivit mer effektivt.

2.5 Reliabilitet och validitet

Under studiens genomförande måste resultatets tillförlitlighet och relevans beaktas. Då förekommer två begrepp; r*eliabilitet* och *validitet*.

Reliabilitet anger hur tillförlitlig undersökningen är, det vill säga om resultatet blir detsamma vid genomförande av flera likadana mätningar. Om *reliabiliteten* är hög kommer det slumpmässiga felet att vara litet. *Reliabiliteten* kan påverkas negativt av föränderliga faktorer såsom hälsa, trötthet och motivation.

Med *validitet* menas förmågan hos verktyget att mäta det som avses mätas. Detta innebär att mätningar bör efterstäva en hög *validitet*. Vid mätningar efterstävas också frånvaron av systematiska mätfel.

2.6 Felkällor och källkritik

Vid de intervjuer som genomförts med personer i branschen är författarna medvetna om att dessa är specialister inom sina respektive områden och att de svar som ges är vinklade till respektive ämnes fördel. Då viss data som använts i rapporten har varit svår eller omöjlig att få fram har ingenjörsmässiga antaganden gjorts för att arbetet skulle kunna fortskrida. Sådana antaganden rör exempelvis energiprisutvecklingen och livslängder för byggmaterial. Faktorer, som exempelvis kalkylräntor, är uppskattade utifrån dagens läge.

För att erhålla hög trovärdighet för studien används främst tryckt material, eftersom dessa allmänt anses ha god tillförlitlighet. De elektroniska källor som hämtats från Internet och använts vid olika delar av studien kan anses ha god trovärdighet. De är skrivna av kunniga personer alternativt publicerade av relevanta myndigheter eller forskningsinstitutioner. Källkritiskt läsande tillämpas alltid.

Mycket av den data som samlats in baseras på framräknade värden. Vissa siffror beskriver inte ett specifikt objekt utan en väggtyp i allmänhet, men har ändå applicerats på Skanskas ytterväggar. Författarna antar i dessa fall att skillnaderna är marginella.

2.7 Metodreflektion

Författarna är överlag nöjda med den metod som använts vid genomförandet av detta examensarbete. Att inledningsvis genomföra en historisk bakgrundsstudie gav bra kunskap om utvecklingen av studerade ytterväggar. Studien gav också bred kunskap om hur branschen har förändrats sedan 1930-talet samt hur bostadsbyggandet påverkats av olika politiska beslut och ekonomiska kriser. Detta har varit användbart vid olika antaganden och resonemang. Studien tog dock relativt lång tid i förhållande till hela examensarbetets genomförande, och skulle om studien genomförts igen, inte gjorts lika omfattande. Mer tid hade i sådana fall lagts på själva modellen.

3. Bostadsbyggandets utveckling 1930-2010

Detta kapitel kommer att redogöra för teori som rör effektivitetsmått och bakomliggande orsaker till bostadsbyggandets utveckling. Vissa begrepp som används finns beskrivna i rapportens begreppsförklaring.

3.1 1930 – tal

I början av 1930-talet användes bostadsbyggandet för att stimulera ekonomin (Boverket, 2007). Bostadsförhållandena var undermåliga för en stor del av Sveriges befolkning. Standarden var sämre än i de flesta andra delar av Europa och barnafödandet minskade i landet (Birgersson, 2008). Huvuddelen av bostadsproduktionen utfördes under detta årtionde av relativt små privata byggmästare (Nordstrand, 2003).

1932 tillsattes den bostadssociala utredningen av socialminister Gustav Möller. Den bostadssociala utredningen innebar att bostadspolitiken, som tidigare varit en del av sundhets- och jordbrukspolitiken, nu blev ett eget politikområde (Boverket, 2007). 1935 infördes stöd för så kallade barnrikehus, hyreshus för barnfamiljer i tätorter (Birgersson, 2008). Statens byggnadslånebyrå delfinansierade dessa genom att lämna topplån till självkostnadsränta och lång amorteringstid. Ofta byggdes barnrikehus av kommunala företag som arbetade utan vinstsyfte. För att motverka trångboddhet ställdes krav på att lägenheterna skulle ha minst två rum och kök. Hyresgäster med många barn fick hyran rabatterad. Dessvärre fick barnrikehusen snabbt dåligt rykte och blev en nödåtgärd som inte löste problemen på bostadsmarknaden.

Före 1930-talet var husen byggda i slutna kvarter, med gemensam innergård, se figur 1 (Björk et. al., 2002). Nu kom husen istället att byggas i raka friliggande längor, där varje länga hade mellan två och tre trapphus. Husen anpassades efter rådande terräng och den naturliga vegetationen runt byggnaderna behölls.

Figur 1 Sammanbyggda flerbostadshus från före 1930.

En vanlig hustyp som byggdes på 1930-talet var *lamellhusen*. Där förekom två hustyper parallellt; *tjockhus* och *smalhus* (Björk et. al., 2002). Den stil som dominerade var *funktionalismen*, där formen skulle bestämmas av funktionen och formbildningen dominerades av släta ytor med geometriskt enkla former. Detta var en klar brytning mot tidigare klassiska stilar.

Tjockhusen introducerades av *HSB*, genom att de vidareutvecklade lägenheter som förekommit under tidigare decennier. Ekonomiska perspektiv styrde planlösningen och husen hade mörka trapphus och var två lägenheter djupa. Resultatet blev enkelsidiga lägenheter, med fönster endast åt ett väderstreck och gavlarna mot gatan, se figur 2.

Figur 2 Tjockhus, var ofta placerade med gavlarna mot gatan.

Lägenhetsstorlekarna hos *tjockhusen* varierade mellan ett och två rum med kök (Björk et. al., 2002). Ettorna hade en area runt 25-35 m^2 och tvåorna 35-45 m^2. Lägenhetsstandarden förbättrades märkbart jämfört med tidigare. Varje lägenhet hade badrum och flertalet försågs med balkong. Förutom detta utrustades lägenheterna med varmvatten och kylskåp. Några nackdelar med utformningen var mörka kök, badrum och trapphus. Främst byggdes *tjockhusen* med tegelstomme, så kallad *hjärtvägg*. *Hjärtväggen* utfördes av 1 ½ -stens tegel och putsades både på ut- och insidan.

På Stockholmsutställningen 1930 ställdes det första helt fabrikstillverkade huset ut, vilket blev starten för en utveckling av monteringsfärdiga småhus (Jacobsen, M, 1965). På Stockholmsutställningen presenterades också ett bostadsprogram som gick ut på att bygga mindre, ljusa och välplanerade lägenheter till en låg kostnad. Detta ledde till att den andra typen av *lamellhus* utvecklades; *smalhusen*. De var endast en lägenhet i djupgående led, och hade varierande djup och höjd (Björk et. al., 2002). Djupet varierade kring åtta meter, men ökade till mellan nio och tio meter vid slutet av 1930-talet. Placeringen gjordes parallellt i väderstreck för att maximera solinsläppet. Husens fasader fick slät ljus puts och i fönstren sattes två- och treluftsfönster. Husen fick också utkragande balkonger, vilka ibland kunde gå runt hörngavlarna.

Hos *smalhusen* bestod varje trapphus av två lägenheter per plan, där lägenheterna ofta hade två rum med kök och en area på 40-50 m^2. Lägenheterna var genomgående och hade fönster på båda sidor. Badrummen var placerade mot trapphuset och var moderna men oftast små. Även matrum och ett mindre beredningskök var placerade mot trapphuset. Varje lägenhet hade balkong. I trapphusen fanns sopnedkast, men husen saknade hiss. *Smalhusens* ytterväggar bestod, liksom *tjockhusens*, av *hjärtvägg* men med 1-stens tegel som putsades på båda sidor, se figur 3.

Figur 3 Smalhus.

Till en början byggdes *smalhusen* på traditionellt sätt, med tegelmurade fasadmurar, hjärtmurar och trapphus (Björk et. al., 2002). I större områden introducerades mot slutet av 1930-talet seriebyggnad av *smalhus*. Husen byggdes fortfarande på ett hantverksmässigt sätt men arbetslagen specialiserade sig nu mer på olika arbetsmoment och flyttades mellan husen.

3.2 1940 – tal

I de större städerna nådde bostadsbyggandet höga nivåer mot slutet av 1930-talet, men på grund av den rådande lågkonjunkturen kom tillgången på lägenheter att vara större än efterfrågan (Björk et. al., 2002). Detta, kombinerat med brist på byggmaterial, ledde till att bostadsbyggandet avstannade då andra världskriget bröt ut. Mot slutet av kriget flyttade många människor in till städerna vilket fick bostadsbrist som följd. Samhället bestod av allt fler och mindre hushåll samt ett omodernt bostadsbestånd i behov av sanering (Boverket, 2007). De lägenheter som fanns var ofta trångbodda och saknade elspis och kylskåp.

Bygg- och bostadsmarknaden var i allmänhet ovillig att investera tillräckligt i bostadsbyggandet. De investeringar som gjordes var inriktade på kortsiktiga vinster genom att hyra ut undermåliga bostäder dyrt (Boverket, 2007). Det fanns stora skillnader i hyror mellan nyproducerade och befintliga bostäder och majoriteten av hushållen hade inte råd att efterfråga de nyproducerade. 1940 bildade fackförbunden Svenska Riksbyggen. Syftet var att i egenskap av

byggherre initiera och genomföra ett ökat bostadsbyggande och därmed minska bostadsbristen och massarbetslösheten bland byggnadsarbetarna (Birgersson, 2008).

Under krigsåren 1939 – 1945 genomfördes statliga insatser för att stabilisera hyrorna (Boverket, 2007). Kriget förde med sig material- och arbetskraftsbrist som gav upphov till snabbt ökande *byggkostnader*. Vid krigets början infördes regleringar av krediter och arbetskraftens fördelning mellan olika investeringar. Andelen lägenheter tillkomna med statliga lån ökade från 5 % 1939 till 100 % 1942. Efter den bostadssociala utredningen 1945 antogs mål om att alla hade rätt till bra bostad till låg kostnad. Detta ledde till att bostaden övergick från att ses som en handelsvara som bäst fördelas av marknaden till att ses som en omsorg samhället skulle tillhandahålla. Genom normer och bestämmelser skulle standarden på bostäderna höjas.

En av de konkreta förändringar som detta ledde till var generella *räntebidrag* och räntesubventioner för statliga bostadslån (Nordstrand, 2003). En annan var hyreslagen och hyresregleringslagen som sa att hyrorna skulle vara skäliga och endast fick höjas genom årliga hyrestillägg. *Räntebidragen* under efterkrigstiden bestod i att staten garanterade en viss ränta på bottenlånen och betalade den överskjutande delen (Boverket, 2007). Systemet innebar att storleken på bostadssubventionerna varierade med ränteutvecklingen. Genom att staten tog riskerna vid byggproduktion och icke-spekulativt (främst kommunalt) byggande uppmuntrades, minskades byggsektorns konjunkturberoende.

Under 1940-talet började länsarbetsnämnderna kräva byggnads- och igångsättningstillstånd för alla byggprojekt (Nordstrand, 2003). 1947 infördes en ny lag, Byggnadslagen. Denna gav kommuner möjlighet att tvångsinlösa mark planerad för bebyggelse. Lagen innehöll också krav på brandskydd, vilket innebar att trähus inte fick vara mer än två våningar (Björk, et. al., 2002). Detta förde med sig att trästommen successivt lämnade plats åt mer brandtåliga material, till exempel betong och tegel.

Den första ”byggnormen”, BSAB 1946, infördes 1946 och behandlade krav på värmeisoleringsförmåga i form av en högsta tillåtna värmegenomgångskoefficient (Svensk Byggtjänst, 2009). Kraven fanns för golv, väggar och tak och var uppdelade i fyra olika klimatzoner. BSAB reviderades

redan 1950. Värmegenomgångskraven gällde nu boningsrum avsedda för stadigvarande användande under vinterhalvåret. Golv, väggar och tak som gränsade mot uteluften eller mot ickeuppvärmda utrymmen fick högst ha ett visst värmegångstal vid normal fuktighet.

Det fördes diskussioner kring fördelarna med *tjockhusen* respektive *smalhusen* (Björk et. al., 2002). Resultatet blev att byggnationen av *lamellhus* fortsatte under 1940-talet, främst i form av *smalhus*. Dessa byggdes med ljusa trapphus och ofta bottenvåningen en halvtrappa ovan mark. *Smalhusen* hade varierande djup beroende på var i Sverige de var byggda. I Stockholm var de 10-11 m, i Göteborg 8-9 m och i Malmö var de 12 m djupa. Under slutet av decenniet blev det i hela landet vanligare med *smalhus* över 11 meter. De upphörde därför att benämnas som *smalhus*. Andra olikheter mellan regionerna var acceptansen för antalet våningar med eller utan hiss. I Göteborg och Malmö accepterades fyra våningar medan det i övriga Sverige endast accepterades tre.

Lamellhusen byggdes under 1930- och 1940-talen antingen parallella eller i rät vinkel mot varandra. En vanlig väggtyp var en 1-stens tegelmur, med 5 cm träullsplatta på insidan som putsades. Utsidan putsades med *KC-puts* i någon ljus färg. Taken var av typen *sadeltak* och beklädda med tegelpannor. Ett *lamellhus* illustreras i figur 4.

Figur 4 Lamellhus, 1940-tal.

Ibland ersattes den traditionella formen av *smalhus*, med två genomgående lägenheter per våningsplan, med en mer ekonomisk lösning (Björk et. al., 2002). Denna kallades för *trespännare*. Husen bestod av lägenheter i storlekarna ettor, tvåor och treor med kök, där areorna varierade mellan 35-65 m^2. Husens lägenhetslösning styrdes av en *hjärtvägg* i mitten av huset. Badrummen i lägenheterna var oftast mörka och kökens utformning varierade men matplatsen placerades alltid vid fasaden. Balkong fanns i de flesta lägenheter ovanför den första våningen.

Under krigsåren ökade kraven på värmeisolering, vilket innebar att ytterväggarnas vikt minskade och värmeisoleringen ökade. Lättbetong var en svensk uppfinning som slog igenom på 1940-talet. Det blev också vanligt att bygga ytterväggar i lättegel eller högporöst tegel. Lättegel erhölls genom att sågspån blandades med leran som vid bränning lämnade små håligheter i teglet. För att öka värmeisoleringsförmågan hos massiva tegelväggar isolerades dessa på insidan med träullsplattor (Sandin, 2004). Under 1940-talet blev den traditionella murade tegelstommen med bärande fasader och längsgående *hjärtvägg* ersatt av lättegelstomme. För att erhålla bättre ljudisolering, brandsäkerhet samt skydd mot ohyra ersattes *bjälkarna* och stålbalkarna i bjälklagen av platsgjuten betong.

En annan hustyp som byggdes under 1940-talet var punkthusen, se figur 5 (Björk et. al., 2002). Punkthusen var höga, tre till åtta våningar, och bidrog till öppenhet och utblickar i stadsbilden. Lägenheterna var ljusa, förutom de belägna mot norr som hade sämre ljusförhållanden. På grund av husens höjd fick många lägenheter mycket god utsikt. Punkthusen hade kvadratisk form med tre eller fler lägenheter per våningsplan. Trapphuset var placerat centralt i huset och saknade dagsljus. I de högre husen förekom hiss. Lägenheterna hade ofta fönster åt två väderstreck eftersom de var placerade i husets hörn. Punkthusen uppförda under detta decennium byggdes i grupper och hade olika takutformning, men det vanligaste materialet var tegel. Fasaderna var putsade eller murade i rött tegel. Det förekom också blandformer mellan *lamellhus* och punkthus, ett exempel var stjärnhusen.

Figur 5 Punkthus.

Mot slutet av 1930-talet och början av 1940-talet utvecklades punkthusen så att de fick fler våningar, sex till åtta stycken (Björk et. al., 2002). Orsaken till detta var främst ekonomisk. Eftersom hus högre än tre våningar hade krav på hiss blev våning fyra och uppåt mer ekonomiska att bygga. Det fanns även områden där *punkthus* kombinerades med trevånings *lamellhus*, för att hissar skulle kunna betjäna också lägre bebyggelse. Ytterväggarna hos högre *punkthus* (fler än sex våningar) var vanligtvis uppförda med bärande murpelare av 1 ½-stens tegel, så kallat normaltegel. På utsidan användes hårdbränt fasadtegel och på insidan murades enklare murtegel. På murens insida sattes en träullsplatta som isolering och underlag för putsen. I de lägre punkthusen (tre våningar) ersattes teglet i stommen successivt av lättbetong.

3.3 1950 – tal

Mot slutet av 1940-talet kom nya idéer att inspirera husbyggandet (Björk et. al., 2002). Idéernas fokus var grannskapsgemenskap med egna skolor, närbutiker, parker och lekplatser. Husen byggdes ofta i grupper och placerades kring centrumanläggningarna, vilket gav underlag för detaljhandel och kollektivtrafik. Det planerades för många sådana områden där de boende erbjöds service, arbete och bostad. Denna stadsplan kallades för ABC-stad, vilket står för Arbete, Bostad och Centrum, och innebär att invånarna skulle kunna bo, arbeta och ha tillgång till sociala och kulturella inrättningar i samma område (Stockholm, 2008). Stadsplaneringsformen slog igenom på 1950-talet då den centrala stadskärnan ansågs omodern, trång och oändamålsenlig. Istället läts det byggas mindre, intimare och mer funktionella bostadsområden utanför stadskärnorna. Främst var det förorter till storstäder som planerades på detta sätt, exempelvis Farsta centrum och Vällingby utanför Stockholm. Från att ha byggt husen i längor gick byggnationen åter mot mer slutna gårdar (Björk et. al., 2002). Punkthusen var ofta mäktiga inslag i stadsmiljön och kunde vara upp emot 16 våningar höga.

Byggandet av bostadshus var fortfarande i hög utsträckning ett hantverk, men tendenser till industrialisering kunde ses i form av att inredning. Exempelvis var skåp och dörrar, i högre utsträckning tillverkade i fabriker (Hyll och Lessing, 2003). Ett annat sätt att kostnadseffektivisera byggandet var att ersätta murade konstruktioner med olika typer av industrialiserade byggsystem. Det experimenterades med system för monteringsbyggeri och flera permanenta elementfabriker uppfördes. 1952 bildades en statlig fond för maskinanskaffning till byggande med syfte att rationalisera byggsektorn (Boverket, 2007).

1950 kom den första enhetliga AMA, Allmänna material- och arbetsbeskrivningar och 1954 AB 54, Allmänna bestämmelser. I AMA publicerades de kvalitetskrav som branschens olika parter enats om (Nordstrand, 2003). De allmänna bestämmelserna kom senare att innehålla regler för genomförande av general- och delade entreprenader, samt total- och underentreprenader. För finansiering av byggprojekt gällde fortfarande de principer som introducerats redan på 30-talet med statliga topplån till garanterad ränta (Birgersson, 2008).

Under 1950-talet började tornkranen användas och den medförde många nya möjligheter (Hyll och Lessing, 2003). Den bidrog bland annat till att mindre arbetskraftsinsatser behövdes vid bostadsbyggandet. Yrkesgrupper som till exempel tegelbärare blev överflödiga. Vid gjutning av betongstommar användes stålformar som kunde lyftas på plats och sedan återanvändas istället för lösvirkesformar. Ett annat tekniskt framsteg under 1950-talet var bygghissen, vilken innebar en stor effektivisering och snabbt blev vanlig på byggarbetsplatserna. Lättbetong i form av murblock fick ännu större genomslag som ersättning för tegel i *lamellhusens* fasadmurar (Björk et. al., 2002). Ytterväggar av lättbetongblock spritputsades på utsidan och slätputsades på insidan.

Hus byggda under 1950-talet har ett karakteristiskt utseende och förekommer i hela Sverige. Ofta byggdes de i två eller tre våningar, med bottenvåningen en halvtrappa ovan mark. Fasaderna putsades med grovt slipputs i olika kulörer och runt fönstren användes vit *slätputs*. Trerumslägenheterna hade ofta ett avskilt sovrum precis vid entrén, vilket möjliggjorde uthyrning.

Den vanligaste hustypen på 1950-talet var *lamellhus* i tre våningar och med ett husdjup på tio meter. Det blev vanligt att *lamellhusen* byggdes ihop i ett av hörnen vilket förde med sig att större gårdar bildades mellan husen. Trapphusen i *lamellhusen* var ljusa och betjänade två genomgående tvårumslägenheter med kök på 55-60 m^2. På husgavlarna låg trerumslägenheter på 65-70 m^2. *Hjärtväggen* placerades i mitten av huset och styrde på så sätt utformningen av planlösningen. Lägenheternas rumsstorlekar var proportionella och vardagsrummen var ofta nästintill kvadratiska.

Under 1950-talet var det vanligt att *punkthus* uppfördes i kombination med *lamellhus* (Björk et. al., 2002). Punkthusen byggdes åtta till elva våningar höga och *lamellhusen* tre våningar. Taken var plana och saknade takutsprång. Fasaderna putsades med ädelputs i ljusgråa nyanser. En nackdel med punkthusen var att norrsidan fick mindre ljusinsläpp än övriga sidor. Därför vreds husen i sydost/nordostlig riktning.

Punkthusens ytterväggar utfördes i olika materialtjocklekar beroende på våningsplan. I de lägre husens bottenvåning var långsidorna ofta murade i 30 cm lättbetongblock. I tiovåningshus utfördes vanligen de sex första våningarna i

platsgjuten betong (15 cm) med utanpåliggande isolering (12,5 cm). Isoleringen utgjordes av lättbetongblock som monterades i gjutformen och motgjöts. De övre våningarnas ytterväggar kunde vara murade i 25 cm lättbetongblock och den ouppvärmda vindsvåningens ytterväggar i 20 cm lättbetongblock. Mellan de uppvärmda och ouppvärmda våningsplanen har svåra putsskador ofta uppstått. Fasaden utanpå huset var av så kallad terrakottaputs och fick en glimrande yta, som i efterhand var svår att laga. Invändigt var väggen putsad med kalkbruk. Det experimenterades mycket med olika byggtekniker för att korta byggtiderna.

3.4 1960 – tal

1965 startade miljonprogrammet med målet att bygga en miljon lägenheter under en tioårsperiod. Det innebar att produktionen skulle ökas från dåvarande 50 000 lägenheter per år till 100 000 lägenheter per år under tio års tid (Boverket, 2002). De flerbostadshus som ingick i miljonprogrammet producerades i långa standardiserade serier, med stort inslag av prefabricerade betongelement. I och med serieproduktionen av bostäder och den höga andelen förtillverkade byggelement började det talas om byggandets industrialisering (Hyll och Lessing, 2003). Bostadsbyggandet jämfördes med fordonstillverkning. Yrkesrollerna inom bostadsproduktionen försköts från att vara hantverksyrken mot att mer likna industrijobb med lågt kunskapsbehov.

1968 övergavs räntebidragssystemet med garanterade räntor där staten hade betalat den överskjutande delen (Boverket, 2007). Långivningen ändrades så att byggherrarna fick möjlighet att lägga en del av räntan på skulden och betala tillbaka den i framtiden (Birgersson, 2008). På så sätt subventionerades byggandet genom att inflationen gjorde att pengarna var mindre värda då de skulle betalas tillbaka. Denna typ av utlåning kallades paritetslån och hade som syfte att motverka hyressplittring (att nybyggda lägenheter har högre hyra än äldre) genom att amorteringarna initialt hölls låga för att sedan öka i en takt som bestämdes av ett paritetstal (Boverket, 2007). Senare skulle det visa sig att paritetslånen förde med sig problem med långa återbetalningstider och redan 1974 återinfördes *räntebidragen* (Birgersson, 2008).

Ett sätt att premiera projekt med effektiv och storskalig produktion, så kallade tusenlägenhetersprojekt, var att ge förhandsbesked om beviljade lån fem år

framåt i tiden (Boverket, 2002). Staten ställde då krav på enhetlighet, samordning, låg arbetskraftsåtgång och låga produktionskostnader. På så sätt drevs produktionen mot ett mer industrialiserat byggande, vilket förde med sig att byggandet av flerbostadshus skedde till extremt lågt pris. Maskinlånefonden som skapades 1952 användes mycket av företagen för att låna pengar för att finansiera utrustning till fabriker och byggarbetsplatser (Hyll och Lessing, 2003).

1964 kom nya normer i form av handboken BYGG (Svensk Byggtjänst, 2009). I handboken konstaterades att värmeisoleringen skulle förhindra yttemperaturerna från att bli för höga eller låga samt bidra till små värmeförluster. Väggen skulle också utformas så att temperaturskillnader inte bidrog till kondens och vidare till hygieniska olägenheter. Det poängterades i handboken att klimatskalet måste konstrueras så att fuktansamlingar inte blir för stora samt att stora inre luftrörelser i konstruktionen undviks.

Byggnationen av flerbostadshus anpassades till nya produktionsmetoder under 1960-talet (Björk et. al., 2002). Husen byggdes på plan mark, eller mark som plangjorts. Den vegetation som fanns togs bort och alla träd och buskar nyplanterades. Planeringen av bostadsområdena anpassades för att maximera användningen av kranbanor. Ytterligare förenklingar för produktionen gjordes genom att husen grundlades med platta på mark. I hela landet utfördes flerbostadshus på ett likartat sätt. Vägar byggdes för att leda trafiken utanför området.

Det blev under miljonprogrammet vanligt att bygga flerbostadshus med prefabricerade element. Inledningsvis byggdes endast 5 % av husen på detta sätt medan den siffran var 20 % när miljonprogrammet avslutades (Hyll och Lessing, 2003). De stora byggbolagen utvecklade egna system och många komponenter standardiserades. På 1960-talet kom ett förslag till *modulprojektering*, 3M, med grundtanken att måttet 30 cm skulle ligga till grund för projekteringen av alla typer av bostadshus (Jacobsson, 1965). Syftet var att underlätta industriell produktion och samtidigt bibehålla möjligheten till variation i funktion och estetik. Även maskiner och formar utvecklades för industriell produktion.

Ett stomsystem som slog igenom var *bokhyllesystemen* med bärande tvärgående mellanväggar och gavlar av platsgjuten betong samt ickebärande

fasader (Björk et. al., 2002). Stomproduktionen utfördes med ett fåtal rumsstora formbord och rumsdjupa väggformar. Med hjälp av dess formar kunde väggarna gjutas och ge ett mycket slätt resultat så att väggytan inte behövde putsas. Facken i *bokhyllesystemen* fylldes med isolerade träregelelement försedda med gips på insidan. Balkongerna klädes med *eternitskivor* på utsidorna och fasaden i övrigt försågs med ½-stens tegel med armerade skift över fönstren. Vanliga fasadbeklädnader var puts, tegel, betong eller vit kalksandsten. Var fasadbeklädnaden tegel, bestod muren av ½-stens tegel med luftspalt. Därpå sattes en eternitskiva vilken försågs med reglar. Mellan reglarna sattes mineralull och innanför denna placerades en plastfolie och slutligen en gipsskiva.

Under perioden 1960-1975 producerades cirka 300 000 lägenheter i form av trevånings *lamellhus*. Hustypen utgjorde grunden för miljonprogrammets flerbostadshusproduktion. Det traditionella *lamellhuset* kunde delas in i olika längder. De var i regel två eller tre trapphusenheter långa samt utformade i liknande varianter oberoende av var de var belägna. Husen var parallellställda alternativt placerade kring en innergård där hörnen inte var sammanbyggda. Gavlarna saknade nästan alltid fönster. *Lamellhusen* hade plana tak eller mycket svagt lutade tak och saknade takutsprång. Husens balkonger var antingen utanpåliggande med sidostycke i betong eller indragna i fasaden. Fasadmaterialen bestod av puts, tegel, betong eller vit kalksandsten. Ibland hade husen bröstinfattning i trä. Husen var byggda i två eller tre våningar och hiss saknades. Produktionen av dessa hus fortgick till slutet av 1970-talet, då krav på hiss för trevåningshus kom.

På 1960-talet blev det vanligt att bygga höga *lamellhus*, så kallade *skivhus*, se figur 6 (Björk et. al., 2002). Denna hustyp slog igenom under miljonprogrammet. Husen kunde produceras snabbt och billigt och möjliggjorde användning av industriella metoder. *Skivhusen* byggdes likt punkthusen i uppemot åtta till nio våningar, men var långa och parallellt placerade. Stommen var platsgjuten och kompletterades med prefabricerade element. Skivhusen hade plana tak, utan takutsprång. Balkongerna var antingen inskjutna i fasadlivet eller utförda med förtillverkade sidostycken i betong med en front av korrugerad plåt. Fasadmaterialet var ofta puts, betong, fasadtegel eller plåt och gick i gråskala. Lägenheterna hade ofta likadana planlösningar.

Figur 6 Skivhus.

Skivhusen förekom ofta i kombination med *lamellhusen*, för att variera byggnationen med höga och låga hus tillsammans. Tidigt utfördes *skivhusens* ytterväggar i 15 cm putsad lättbetong vilken motgjöts på insidan med 15 cm betong. Senare under miljonprogrammet kom ytterväggarna att bestå av icke bärande förtillverkade element. Infästningen skedde genom att armeringsjärn från elementen gjöts samman med bjälklagskanterna på i elementens nedre kant. I det horisontella ledet hölls elementen samman av rostfria dubbar. En annan vanlig yttervägg var *sandwichelement*, med skarvar isolerade med mineralull.

3.5 1970 – tal

På 1970-talet avklingade urbaniseringen och en reaktion kom i form av återflyttning till landsbygden, ”den gröna vågen” (Boverket, 2007). Bostadsbristen hade efter miljonprogrammet övergått i ett bostadsöverskott. Oljekrisen 1973 förde med sig stigande energipriser samt produktionskostnader och bröt en lång trend av högkonjunktur.

Under första delen av 1970-talet pågick miljonprogrammet som intensivast. Den storskaliga produktionen var karaktäristisk och bostadsområdena planerades för att passa produktionen (Boverket, 2002). Mot slutet av 1960-talet började entreprenadformen *totalentreprenad* slå igenom (Björk et. al., 2002). Entreprenadformen användes som ett verktyg av kommuner och större byggherrar för att kunna genomföra stora byggnadsprojekt med mindre resurser i *planeringsskedet*. Byggnadsföretagen tävlade med varandra utifrån

framtagna förslag på stadsplan, byggnadsutformning och pris. Metoder lanserades för sammanvägning och värdering av förslagens delar beroende på vilken som ansågs viktigast. I samband med att totalentreprenadformen slog igenom utökades serieproduktionen av flerbostadshus, vilket i slutet av 1970-talet bidrog till att husen i större grad kunde elementbyggas. Målsättningen var att begränsa antalet varianter på *byggnadselement* så att samma element kunde användas i flera olika hus på flera olika positioner i konstruktionen (Boverket, 2002).

Senare under 1970-talet blev kraven på utformningen av byggnaderna högre (Björk et. al., 2002). Samtidigt sjönk antalet byggda bostäder, vilket förde med sig att konkurrensen mellan olika byggbolag blev hårdare. Då produktionsvolymen minskade reducerades fördelarna som kommit av den storskaliga produktionen (Hyll och Lessing, 2003). Effektiviteten avtog, vilket ledde till att produktionskostnaderna ökade. De elementsystem som hade tagits fram anpassades till rådande krav på utformning och variation (Björk et. al., 2002). Elementbyggandet priskonkurrerade med platsbyggandet, med små marginaler. *Lamellhusen* var från början projekterade som platsbyggen, men kom efter krav på kort byggnationstid att istället elementbyggas. Elementen anpassades efter det gamla sättet att bygga *lamellhus* och de ingående komponenterna var desamma som i tidigare hus. De bestod av bärande *sandwichelement* i fasaden samt tunga bjälklags- och mellanväggselement. För fasadliv, gavelstycken och indragna takvåningar utformades specialelement. Takkonstruktionen utfördes helt i prefabricerade stålelement, vilka kunde monterades lika snabbt som betongelementen. Som en följd av att bostadsproduktionen kraftigt sjönk efter 1975, fick många betongkomponentfabriker läggas ned och teknikutvecklingen inom byggbranschen avstannade något.

1975 återinfördes räntebidragssystemet istället för paritetslånen (Birgersson, 2008). Det innebar att staten återigen garanterade en viss ränta på basbeloppet. Staten tog därmed risken för räntehöjningar vilket minskade risken för byggherrarna. Byggandet av småhus, egnahem, ökade stort under senare delen av 1970-talet. Under 1975 - 1985 kunde hushållen på grund av snabb inflation och subventionerade lån låna pengar till negativ ränta (Hyll och Lessing, 2003). Detta medförde att många familjer flyttade till småhus och

gjorde mycket goda bostadsaffärer. Lägenheterna i miljonprogrammet upplevdes som oattraktiva på grund av boendemiljöns utformning, bristen på inflytande och dålig tillgänglighet (Boverket, 2007). Detta ledde till problem för de allmännyttiga företag som behövde hyresintäkter för att täcka kostnader för underhåll och modernisering. Staten gick därför in med hyresförlustlån, som skulle täcka förlusterna för outhyrda lägenheter i statligt belånade hus.

Under 1970-talet byggdes förutom *lamellhus* också loftgångshus, se figur 7 (Björk et. al., 2002). Ute i Europa hade loftgångshusen länge varit vanliga, men först under andra hälften av 1960-talet och början av 1970-talet slog hustypen igenom i Sverige. Loftgångshusens trapphus placerades utanför den egentliga huskroppen. De uppfördes med dubbel isolering och skalmur av tegel samt hisschakt i betong. Från trapphuset kunde de boende nå sina lägenheter via egna entréer i loftgångarna, vilka löpte längs husets hela fasad. Kök, badrum och hall var belägna mot loftgångarna medan mer privata rum, sovrum och vardagsrum, var förlagda på motsatta sidan. Husen byggdes ofta i tre våningar. Loftgångshusen byggdes främst med hänsyn till ekonomiskt utnyttjande av hissar. En hiss i ett loftgångshus kunde betjäna dubbla antalet lägenheter som en hiss i ett hus med trapphus. Därför blev loftgångshusen allt vanligare under miljonprogrammets senare del.

Figur 7 Loftgångshus.

Under 1970-talet uppfördes loftgångshus med platsgjutna bjälklag, lägenhetsskiljande väggar samt bärande pelare i betong för att få en flexibel planlösning (Björk et. al., 2002). Pelarna placerades i fasaden och i husets mitt.

Husen byggdes med olika väggtyper på botten- och ovanvåning. Lägenheterna belägna på bottenvåningen hade egen ingång i markplan. Där var ytterväggen bärande och bestod av en armerad betongskiva. I betongen gjöts träreglar in som användes för montering av cellplast. Innanför isoleringen placerades plastfolie och gipsskiva. Vid bjälklagskanten i ytterväggen gjöts utstickande armeringsjärn in, med syfte att fästa in förtillverkade konsolelement som bar upp loftgångarna. Konsolerna kallades L-stöd, och på dessa placerades plattor vilka bildade balkonger på ena sidan och loftgångar på den andra. På högre våningsplan användes *utfackningsfasad* bestående av limmade lättbetongblock med en beklädnad av ½-stens fasadtegel infäst med rostfria kramlor.

Lamellhusen började under 1970-talet uppföras som sluttningshus. Husens planlösning liknade tidigare *lamellhus*, men lägenheten placerad i *souterräng* hade direktutgång från vardagsrummet till en uteplats. *Lamellhusen* hade betongstomme med tvärgående bärande mellanväggar vilka gjöts med flyttbara våningshöga väggformar i stål. På motsvarande sätt gjöts bjälklagsplattorna med rumsstora formbord mellan de tvärgående mellanväggarna. Dessa användes sedan som mått på fasadelementens bredder. Genom att utföra *lamellhusen* som *souterränghus* kunde de byggas på berg och markens naturliga topografi kunde utnyttjas.

De förtillverkade fasadelementen bestod av isolerande träregelstommar klädda med liggande spontad träpanel på läkt (Björk et. al., 2002). Innanför monterades eternitskiva, reglar, mineralull samt plastfolie och gipskivor. Elementen var infästa med bult och bricka i de tvärgående mellanväggarna av betong. Den vertikala skarven tätades med mineralull och tätningsband och markerades av en täckbräda. Infästningarna innebar en del springor mellan skarvarna. Husens fasader utfördes helt i trä upp till två våningar i höjd. Vid fler våningar fanns krav på utförande i obrännbara material eller med trä i mindre partier.

Mot slutet av 1970-talet började *sadeltak* byggas istället för plana tak (Björk et. al., 2002). Sadeltaken var mycket branta och kunde inredas. En nyinförd regel krävde att hus med tre våningar byggdes med hiss. Detta förde med sig att det under en period byggdes hus med 2 ½ - våningar, där översta våningen innehöll etagelägenheter med en intern trappa till en inredd vind. Utifrån nåddes den

översta lägenheten från ett utanpåliggande trapphus medan första våningen fick separat ingång i markplan. Valet av fönstersättning, fasadmaterial och färg var mer varierat än tidigare och ofta användes starka och klara nyanser. Kvarteren byggdes ofta slutna kring små gårdar, och försågs med kvarterslokal.

Fram till 1975 tillverkades blå lättbetong av bland annat bränd alunskiffer (Burström, 2001). Det visade sig senare att denna avsöndrade radongas, som är starkt cancerframkallande då den vid sönderfall ger upphov till radioaktiv strålning.

3.6 1980 – tal

Bostadsbyggandet sjönk kraftigt under den senare delen av 1970-talet fram till mitten av 1980-talet (Boverket, 2002). Framförallt byggdes färre flerbostadshus och de som byggdes var lägre, innehöll färre lägenheter och utformades mer skräddarsydda. Vid planering av nya områden användes gamla mönster från kvartersstaden. För första gången sedan *funktionalismens* genombrott på 1930-talet fanns förebilden i stenstäderna. Projekten fick mindre omfattning och de prefabricerade betongelementen ersattes delvis av platsgjutna stommar och tegelfasader, vilket gav större möjligheter att projektanpassa konstruktionen. Bostäderna seriebyggdes inte längre vilket förde med sig en ökad variation i husens exteriör. Detta tvingade de elementfabriker som fanns kvar att anpassa sig till det nya byggnadssättet. Miljöerna i de nybyggda områdena gick från att vara monotona och massproducerade till mer gemytliga och trevliga. Husen byggdes i grupper kring helt eller delvis slutna gårdar. Gårdarna var bilfria, hade planterade rabatter och det fanns ofta en gemensam kvarterslokal. Husen var inte längre antingen höga eller låga utan förekom nu i varierande höjder inom samma områden.

Efter miljonprogrammet och under 1980-talet försköts den politiska målsättningen alltmer mot effektmål. Det innebar att staten formulerade ambitionen med bostadspolitiken, men att kommuner och bostadsföretag fick stå för utformningen (Boverket, 2007). På grund av det låga bostadsbyggandet under första delen av 1980-talet låg *byggkostnaderna* stilla på ungefär samma nivå (Boverket, 2002). En annan följd blev ökad arbetslöshet inom byggbranschen (Boverket, 2007). För att råda bot på detta infördes ett särskilt miljonprogram för reparation, ombyggnad och tillbyggnad, ROT.

1985 avskaffades kreditregleringen som funnits sedan 1940-talet, vilket ledde till en mycket kraftig kreditexpansion som spädde på efterfrågan och drev upp fastighetspriserna (Öberg, 2006). Detta ledde till en överhettad konjunktur med hög sysselsättning och höga *nominella* räntenivåer (Boverket, 2007). Den ökade efterfrågan på bostäder förde med sig ökade byggkostnader (Boverket, 2002). Byggnadskostnaderna fortsatte att öka fram till 1992 då den ekonomiska krisen ledde till en kraftig minskning.

Den gamla byggnadslagstiftningen ersattes 1987 av Plan- och Bygglagen, PBL. Orsaken var att en stor mängd delreformer hade gjort byggnadslagstiftningen så svåröverskådlig att den endast kunde förstås av experter (Boverket, 2007). Syftet med PBL var bland annat att förenkla plansystemet, ge starkare ställning för sociala och ekonomiska hänsyn i planering samt ge större frihet för den enskilde. Samtidigt kom nya energibestämmelser vilket gjorde att andelen fönsteryta minskade, samt att 3-glasfönster blev standard (Björk et. al., 2008). 1988 ombildades Statens Planverk till Boverket. Boverket gav ut Nybyggnadsregler, NR, som var ett första steg mot funktionskrav istället för krav i form av detaljerade tekniska lösningar (Nordstrand, 2003).

Under 1980-talet byggdes så kallade burspråkshus, se figur 8 (Björk et. al., 2002). Denna hustyp är en form av *lamellhus* med burspråk på fasaderna. Ytterväggarna utformades i högporösa, ickebärande lättbetongblock. Konstruktionen putsades på utsidan med *kalkcementbruk*, så kallat KC-puts. Fasadmaterialen kunde vara puts i varierande färger eller fasadtegel ofta med mönstermurning eller med infärgade betongelement. En karakteristisk fasadfärg under 80-talet var rosa, men fasaderna kunde också vara jordfärgade eller vita. Större omsorg lades på utformning av detaljerna. Ny bebyggelse anpassades och stadskärnornas äldre bebyggelse revs inte i samma utsträckning som förut. Målet var att skapa en harmonisk helhet genom att integrera det nya i det gamla.

Figur 8 Burspråkshus.

På 1980-talet blev *utfackningsväggar* med lätta träregelstommar vanliga (Björk et. al., 2008). Väggen isolerades utvändigt och putsades direkt på isoleringen med mineralisk *tjockputs*.

3.7 1990 – tal

Den fastighetsbubbla som uppstått efter avregleringen av kreditmarknaden sprack 1992, vilket gav upphov till en djup ekonomisk kris (Öberg, 2006). Mellan 1990 och 1993 minskade sysselsättningen i Sverige med 13 % (Birgersson, 2008). Detta påverkade de offentliga finanserna, som till följd av minskade skatteintäkter gick med underskott. För att minska budgetunderskotten ansågs det nödvändigt att minska kostnaderna för *räntebidragen*. 1991 infördes Danellsystemet som innebar att byggherrarna fick ta hela ränterisken samt att full moms på bostadsbyggande infördes. Riksbankens penningpolitik ålades att hålla nere bostadsproduktionens räntekostnader. Ett visst *räntebidrag* för nyproduktion av flerbostadshus fanns kvar för att upprätthålla skatteneutraliteten mellan flerbostadshus och egnahem (Boverket, 2007). Bostadspolitiken anpassades till en avreglerad kreditmarknad. Istället för *räntebidragen* infördes statliga kreditgarantier för lån på kreditmarknaden. Det innebar att lånen till bostadsbyggande skulle ske i konkurrens mellan

kreditinstituten på den allmänna lånemarknaden, där staten garanterade ett lånebelopp motsvarande pantsäkerhetsvärdet för fastigheten.

På grund av dessa förändringar i kombination med den ekonomiska krisen minskade bostadsbyggandet kraftigt under första delen av 1990-talet (Birgersson, 2008). För att motverka en bristsituation infördes ett investeringsbidrag för produktion av hyresrätter i tillväxtorter samt ett särskilt investeringsstöd för produktion av studentbostäder. Dessutom förekom riktade bidrag till bostäder för äldre och funktionshindrade samt energieffektivisering och kretsloppsanpassning. Övergången från *räntebidrag* till investeringsbidrag motiverades av att inflationen hölls på en låg nivå (Hyll och Lessing, 2003).

Under 1990-talet förändrades situationen för de allmännyttiga bostadsbolagen (Björk et. al., 2002). Ombildningar av kommunala hyresrätter till bostadsrätter ökade successivt. För att säkra en tillräckligt stor andel allmännyttiga jämförelselägenheter vid prövning i hyresnämnden infördes en regel om att försäljningar av allmännyttans fastigheter måste prövas av länsstyrelsen. I mitten av 1990-talet blev det bostadsbrist i storstadsregionerna. Bostadsfrågorna blev återigen politiskt viktiga, men att få igång byggandet gick trögt. Eftersom subventioner som främjade hyresrättsbyggandet tagits bort tjänade byggföretagen mest pengar på att producera bostadsrätter, vilket också var den upplåtelseform som dominerade. Att köpa en nyproducerad lägenhet var kostsamt och därför efterfrågades lägenheterna som byggdes främst av köpstarka konsumenter.

1995 gjordes stora förändringar i PBL, som bland annat innebar att de tekniska kraven överfördes till en ny lag, Byggnadsverkslagen, BVR (Nordstrand, 2003). Förändringarna innebar också att en del av byggnadsnämndernas ansvar för kontroll överfördes till byggherren. De nya reglerna innehöll ändrade krav på brandbelastningsberäkningar, vilket gjorde det möjligt att använda trä i stommen för flerbostadshus (Björk, et. al., 2002). 1998 antogs Miljöbalken av riksdagen (Nordstrand, 2003). Målet med denna lag var att uppnå en ekologiskt hållbar utveckling samt en hälsosam och god miljö på kort och lång sikt. Miljöbalken reglerar bland annat hushållning av mark- och vattenresurser, miljökonsekvensbeskrivningar (MKB), naturreservat, förorenad mark samt producentansvar.

Nyproducerade byggnader utfördes med en arkitektur liknande tidigare stilepokers, men med en modern tappning (Björk et. al., 2002). Ekologi ansågs viktigt, vilket förde med sig att den naturliga vegetationen sparades. Nyproduktion av byggnader skedde ofta i saneringsområden (mark som tidigare använts som hamn- eller industriområden) i städernas centralare delar. Arkitekturen hämtade återigen inspiration från *funktionalismen* och det offentliga rummets utformning blev allt viktigare.

En ytterväggskonstruktion vanlig under 1990-talet var träregelbaserade *utfackningsväggar* med organisk *tunnputs* på cellplast (Ekström et al., 2007). Denna byggteknik har gett upphov till många skadefall beroende på att träreglarna stängs in mellan två täta skikt, vilket skapar en grogrund för mögel. Trots problemen var väggtypen dominerande, men har nu blivit mindre vanlig på marknaden.

3.8 2000 – tal

I slutet av 1990-talet kom Sveriges hopp att sättas till IT-tekniken, vilket gav upphov till en så kallad IT-bubbla som sedan sprack vid millennieskiftet (Björk et. al., 2008). Sverige klarade krisen relativt bra, men en följd blev hårdare besparingar i samhället. Efter krisåren i början av 90-talet var den allmänna uppfattningen att bostadsbristproblemen var begränsade, men kring millennieskiftet ändrades detta. Bostadsbristen var stor bland ungdomar och studenter. Framförallt efterfrågades små lägenheter, vilket hängde samman med högskolornas expandering, men trots detta byggdes få hyresrätter. Fokus låg istället på bostadsrätter i attraktiva lägen, riktade främst till en köpstark publik. Ur detta skapades i de större städerna en obalans i förhållande till efterfrågan eftersom många inte hade råd med bostadsrätterna. Under 2000-talet blev det populärt också bland barnfamiljer att flytta in till städerna. Städerna förvandlades från att främst ha innehållit kontor till att också innehålla exklusivare bostadshus.

En annan tendens var att byggnation av bostäder i *saneringsområden* ökade ytterligare (Björk et. al., 2008). Extra populärt blev exploateringen av forna hamnområden i de större städerna, exempelvis Västra Hamnen i Malmö där Bo01 hölls. Bomässan var en av de största i modern tid och innehöll nya typer av flerbostadshus byggda i varierande modernistiska stilar. En populär stil var

nyfunktionalismen där det karakteristiska var slätputsade fasader, plana tak och stora glasytor samt partier i trä och stål, se figur 9.

Figur 9 Västra Hamnen i Malmö. Husen går i nyfunktionalistisk stil.

Sverige vid 2000-talets början skilde sig på flera sätt från Sverige på 1970-talet enligt Boverkets rapport *Bostadspolitiken – Svensk politik för boende planering och byggande under 130 år*. En ekonomi med full sysselsättning hade ersatts av en ekonomi med permanent arbetslöshet. Inflationen och räntorna var låga. Bostadsbeståndet var inte längre världens modernaste, utan en stor del av befolkningen bodde i hus från 1950- till 1970-talet som inte säkert svarade upp till moderna krav på inomhusmiljö, tillgänglighet och energieffektivitet.

2005 konstaterades att det inte fanns några skäl att fortsätta subventionera byggandet av egnahem eller bostadsrätter i tillväxtregionerna (Boverket, 2007). För att gynna byggandet av hyresrätter infördes 2001 ett statligt investeringsbidrag för just små och medelstora hyresrätter i områden med bostadsbrist.

Efter en stadig uppgång av bostadspriserna sedan krisen i början av 2000-talet, kom efter oroligheter på börsen, under hösten 2008 en djup nedgång (DI, 2008). Denna kris kallas finanskrisen 2008 och hade sin grund i USA:s bostadspolitik, framförallt i bostadslånen. I Sverige fick denna kris inte lika stor omfattning, då svenska banker varit mer restriktiva med banklån efter finanskrisen på 1990-talet (Regeringskansliet, 2008). Emellertid visade sig krisen

på fastighetsmarknaden, med rekordmånga osålda objekt samtidigt som bostadspriserna avstannade. I slutet av hösten 2009 hade bostadspriserna, framförallt på lägenheter i storstadsregionerna, återhämtat sig något (Byggindustrin, 2008). En förklaring skulle kunna vara den rekordlåga reporäntan på 0,25 % som sattes under sommaren 2009 (Riskbanken, 2010). Räntan höjdes i juli 2010 till 0,5 % och ytterligare till 0,75 % i september, vilket kan jämföras med 4,75 % före finanskrisen.

Inom byggbranschen fanns flera faktorer som höll tillbaka bostadsbyggandet, exempelvis bristande konkurrens, beskattning av bebyggelse, långsam planprocess, höga markpriser och bristande kapitalförsörjning i områden med begränsad tillväxt (Boverket, 2007). Efter fluktuation i byggsysselsättningen, svartarbete, bristande kvalitet och rykten om kartellbildning kom 2002 rapporten *Skärpning gubbar*. Det ansågs att de höga *byggkostnaderna* bland annat berodde på en ålderdomlig företagsstruktur inom byggbranschen.

Frågan om byggkostnader vidgades till att handla om effektivitet i byggbranschen överhuvudtaget och år 2000 fick Boverket i uppdrag att ansvara för ett Byggkostnadsforum (Boverket, 2007). Byggkostnadsforum var verksamt fram till 2007 och hade som syfte att starta pilotprojekt som kunde visa på möjligheterna att få ned *byggkostnaderna* för nybyggnad av hyresrätter samtidigt som projekten skulle främja ekologisk hållbarhet.

Normer och standarder är ett ständigt växande område inom byggbranschen. De standarder som gäller idag finns samlade hos Svenska Industrins Standardiseringskommission, *SIS*. *SIS* samarbetar med *ISO* internationellt och med *CEN* på europeisk nivå (SIS, 2010). För kvalitetsledning finns den internationella standarden ISO9000 och för miljöledning finns ISO14000. Från och med 2010 gäller Eurokod som standard för konstruktion inom bygg- och anläggningsbranschen i Sverige. På *SIS* hemsida finns också andra standarder som styr branschen, allt ifrån betongprovning till tapeter till brottsförebyggande planering. Internationella standarder förenklar handel med varor och tjänster över gränserna och bidrar därmed till ökad konkurrens och i förlängningen till högre effektivitet.

Under 2000-talet har miljön och klimatet blivit en allt viktigare del av samhället. Kretsloppstänkande, källsortering och energieffektivisering tar alltmer plats när

det gäller utveckling av bostadsbeståndet (Boverket, 2007). Både internationellt och nationellt har flera system för miljöklassning uppkommit. Internationellt är till exempel amerikanska LEED och brittiska BREEAM uppmärksammat. I Sverige finns bland andra *EcoEffect*, framtaget av forskningsrådet Formas, *Miljöstatus för byggnader* framtagen av den ekonomiska föreningen Miljöstatus MFB samt *Miljöklassad byggnad* framtagen av Boverkets Bygga-bo-dialogen. Miljöklassningssystemen syftar ofta till att ge en helhetsbedömning av byggnaden ur miljö- och energisynpunkt. Byggnaden bedöms utifrån både inne- och utemiljö och ofta görs en LCC-beräkning för att ta hänsyn till byggnadens totala kostnad och koldioxidutsläpp. Miljöklassningssystemen används både för att visa på befintliga byggnaders starka och svaga sidor och av byggföretagen, för att motivera en kund att investera mer och få en bättre byggnad ur miljösynpunkt.

På 00-talet experimenterades det med olika typer av byggnadssätt. Bland annat byggdes flerbostadshus med bärande stomme i trä och passivhusstandard samt med utvecklade metoder för *industriellt byggande*. Passivhus är byggnader där väggar, tak och fönster är mycket välisolerade och effektiv värmeåtervinning från ventilationsluften tillämpas (Passivhuscentrum, 2010). I princip värms passivhusen upp av kroppsvärme, elektriska apparater samt belysning.

Ett omtalat husbyggnadskoncept under 2000-talet var NCC komplett. NCC inspirerades av fordonsindustrin och tog fram en metod som gick ut på att ett flerbostadshus skulle tillverkas klart till 90 % på fabrik (NCC, 2006). Väggar gjöts och kompletterades med tapeter, el, dörrar, fönster och radiatorer. Paketet levererades sedan tillsammans med färdiga golv, tak och kök direkt till platsen. Huset kunde sedan monteras ihop på byggplatsen. Syftet med denna satsning var att bygga billigare och mer effektivt. Dessvärre nåddes inte uppställda mål och konceptet lades ner i november 2007 (NCC, 2007).

Byggnation av flerbostadshus med bärande stomme i trä blev allt vanligare under 2000-talet, även om det endast utgör en liten del av produktionen. Vanligtvis byggdes flerbostadshus med trästomme bara några våningar höga. Emellertid har projekt genomförts där flerbostadshusen har upp till åtta våningar. Vissa av de större byggnadsföretagen har valt bort trä som stommaterial på grund av riskerna för mögel och brand, men det finns mindre

entreprenörer som specialiserat sig på trä. En av dessa är Martinsons bygg, som utvecklat ett lättbyggnadssystem i massivträ. Enligt deras hemsida är fördelarna med trä att det kommer från en förnyelsebar källa samt produceras under energisnåla förhållanden (Martinsons 1, 2010). Träbyggnader lagrar koldioxid under hela sin livslängd. Företaget menar också att det finns tendenser till att trästommar ger låg energianvändning.

Flerbostadshus med trästomme utformas ofta med bärande stomme av träreglar och bjälklag av plywoodbalkar (Björk et. al., 2002). Plywoodbalkarna byggs upp av sammanlimmat faner som ger dem låg vikt och god bärförmåga. Stomstabilitet och ljudisolering uppnås genom att gips- och plywoodskivor kombineras med plåt. Rådande brandkrav uppfylls genom att flera lager gipsskivor läggs in i ytterväggarna och bjälklagen. Ett exempel på flerbostadshus byggt med trästomme är Portvakten i Växjö, se figur 10.

Figur 10 Portvakten i Växjö. Flerbostadshus i 8 våningar med bärande stomme i trä och passivhusstandard. Martinsons levererade stommen och NCC var entreprenör.

Ytterväggar i hus med trästomme utförs på olika sätt beroende på om de är bärande eller inte (Martinsons 2, 2010). Vanligtvis utförs ytterväggarna som bärande konstruktion för att möjliggöra öppna ytor i huset. Fasadmaterialet kan variera mellan puts, tegel, stenskiva eller trä.

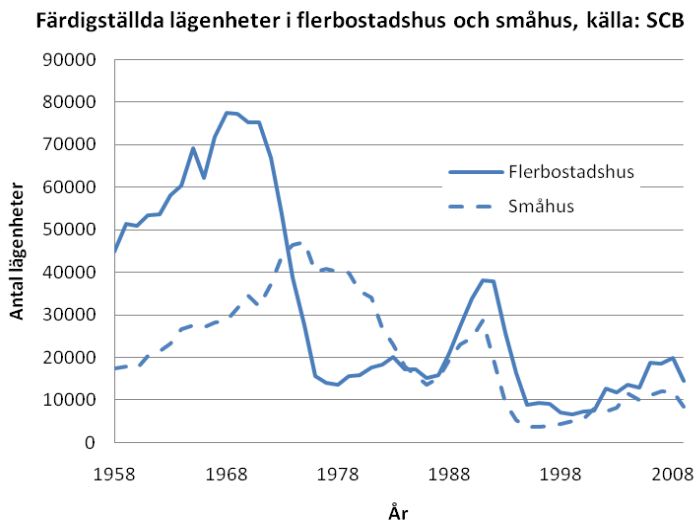
3.9 Sammanställning

I Boverkets rapport, *Bostadspolitiken – Svensk politik för boende, planering och byggande under 130 år,* sammanfattas viktiga brytpunkter för målsättningen med bostadspolitiken. Efter andra världskriget och fram till 1970 var syftet med politiken att bygga moderna bostäder i *exploateringsområden* samt att sanera (riva och ersätta) det omoderna bostadsbeståndet i städerna. Omkring 1970 försköts intresset mot att förvalta och utveckla bostäderna, och problemet var snarare bostadsöverskott än bostadsbrist. Under 1980-talets senare del återkom bostadsbristen kortvarigt. En förskjutning mot att riva delar av bostadsbeståndet skedde under andra hälften av 1990-talet. Efter millennieskiftet övergick intresset till att utveckla energihushållning, tillgänglighet, inomhusmiljö och ekologi och för första gången sedan miljonprogrammet sattes kvantitativa mål upp för att bygga bort bostadsbristen.

Finansiellt delas bostadspolitiken, enligt samma rapport, in i tre skeden. 1948-1991 utökades bostadsbeståndet genom en kombination av statliga lån till bostadsproduktion, selektivt stöd till bostadskonsumtion reglering av kredit- och arbetsmarknaden samt ett bruksvärdessystem för hyressättning. Första delen av 1990-talet var en period av avregleringar. Det ansågs att byggsektorn skulle ta ekonomiskt ansvar och utsättas för samma räntenivåer och avkastningskrav som den övriga ekonomin, istället för att skyddas från marknadens fluktuationer. Perioden efter 1996 präglades av stöd till bostadskonsumtionen, men stödet överskred inte statens skatteintäkter från boendet. Subventioner till bostadsbyggandet var begränsade i tid och riktade till särskilda ändamål, såsom studentbostäder, boende för äldre och funktionshindrade, små hyreslägenheter samt miljö- och energisparinsatser.

Produktionen av flerbostadshus i Sverige nådde en topp under miljonprogrammet på 1960–70-talet, som kan ses i figur 11. Under denna period arbetades det medvetet med att bygga effektivt och byggnadsproduktionen industrialiserades. Efter att miljonprogrammet avslutats byggdes småhus istället för flerbostadshus. Under 1980-talet ökade produktionen av flerbostadshus igen, men projekten var nu mindre och hade större inslag av individuell utformning. Bostadsbyggandet sjönk kraftigt på 1990-talet till följd av den ekonomiska krisen vid decenniets början, men ses

det till produktiviteten gick den upp fram till 1995 varefter det har blivit dyrare att bygga. Efter diskussioner om byggsektorns effektivitet startades tillfälliga Byggkostnadsforum, med uppdrag att lyfta fram pilotprojekt som både var kostnadseffektiva och ekologiskt hållbara.



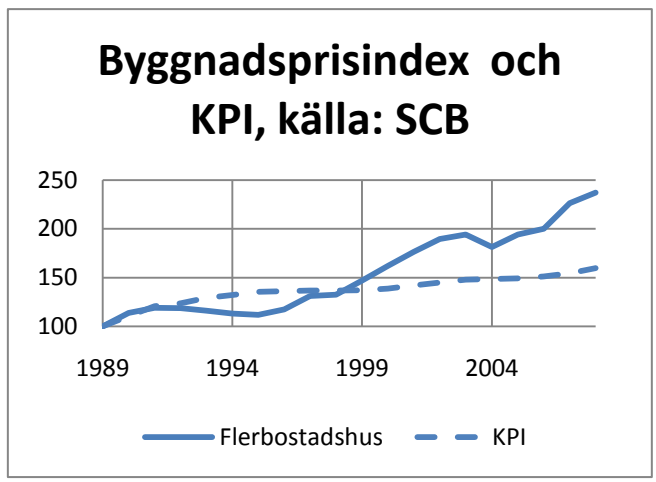
Figur 11 Antalet färdigställda lägenheter i flerbostadshus och småhus under 1958-2009. Källa: SCB.

Nybyggnation av flerbostadshus sker alltmer i centrala *saneringsområden*. Detta tillsammans med en stark efterfrågan och stor andel bostadsrätter drev upp priserna under 2000-talet fram till 2008, då en global ekonomisk och finansiell kris gav upphov till en tvärnit på bostadsmarknaden. I nuläget (juli, 2010) har bostadspriserna ökat igen till följd av extremt låga räntor. Flera åtstramningar på kreditmarknaden har införts för att minska riskerna för en ny bostadsbubbla.

Historiskt sett går det generellt att säga att då bostadsproduktionen går ner till väldigt låga nivåer får arbetet en mer hantverksmässig karaktär (Hyll och Lessing, 2003). Då produktionen är hög utnyttjas stora serier med tillämpning av ett mer *industriellt byggande.* Under miljonprogrammet var bostadsproduktionen i hög utsträckning industrialiserad och skedde till låga kostnader. Likväl upplevdes många av bostadsområdena redan tidigt som

oattraktiva. De misstag som gjordes under miljonprogrammet måste noga studeras för att inte upprepas vid moderna storskaliga projekt.

Ett sätt att bedöma *produktivitet* inom byggbranschen är att jämföra byggnadsprisindex med konsumentprisindex. Om byggnadsprisindex, *BPI*, är högre än konsumentprisindex, *KPI*, innebär det är produktiviteten är låg och tvärtom. I figur 12 finns de bägge kurvorna plottade från 1989 och framåt.



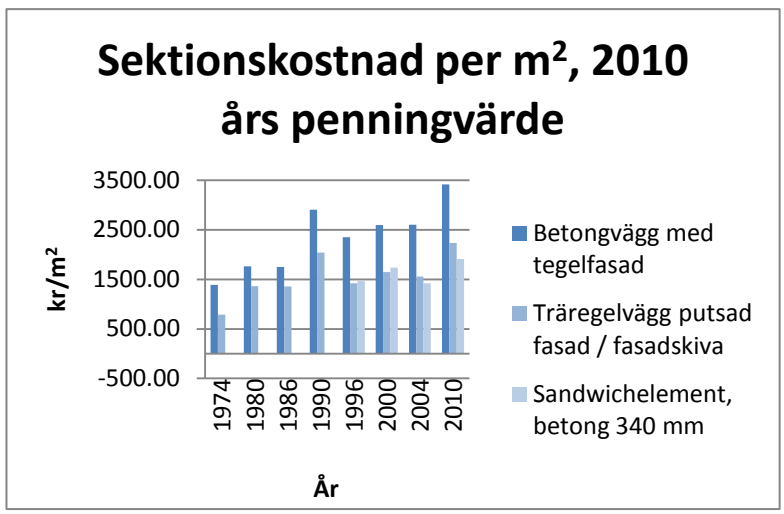
Figur 12 Byggnadsprisindex med avdrag för bidrag samt KPI.

Under 1992 fram till 1995 registrerades en ökning i produktiviteten varefter den minskade drastiskt (Boverket, 2002). Byggnadsprisindex beror på produktionskostnaden, som kan variera kraftigt mellan olika projekt. Produktionskostnaden påverkas bland annat av upplåtelseformen, antalet våningar och val av stomme samt om objektet uppförs på landsbygden eller i ett storstadsområde.

En annan orsak till att produktiviteten under senare delen av 1990-talet minskade, är att det blev dyrare att bygga (Boverket, 2002). Byggproduktionens tyngdpunkt försköts mot att bygga bostadsrätter istället för hyresrätter, vilket är dyrare. En majoritet av de nybyggda bostäderna byggdes i storstadsområden och på högskoleorter, där det är dyrare att bygga än på landsbygden. I storstadsområden sker nybyggnation dessutom vanligtvis i *saneringsområden*,

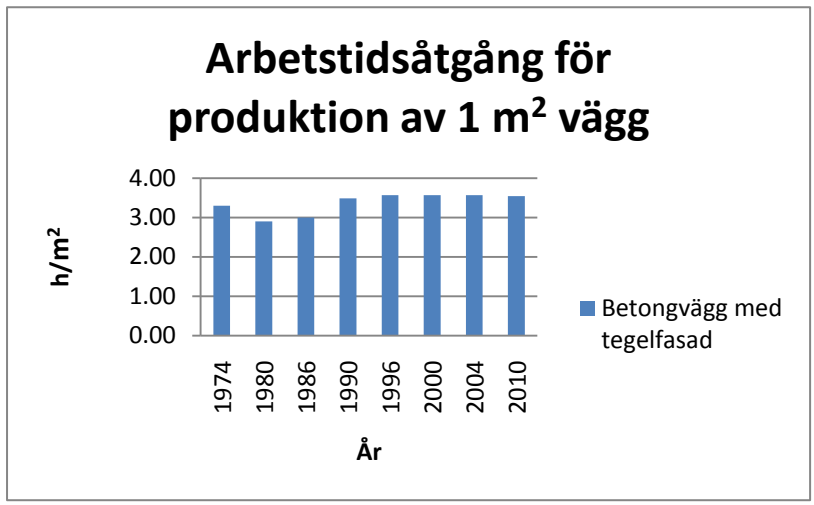
vilket är dyrare än att bygga i *exploateringsområden* eftersom högre hus byggs med dyrare grundläggning.

För att få ett grepp om hur produktionskostnaderna, specifikt för ytterväggar, förändrats över tiden togs data från Wikells Byggberäkningar AB fram för några olika väggtyper, se figur 13. Den enda vägg som producerats under hela den studerade tidsperioden är en platsgjuten betongvägg med tegelfasad. Efter att sektionskostnaderna räknats om till 2010 års penningvärde går det se att en tydlig ökning har skett.



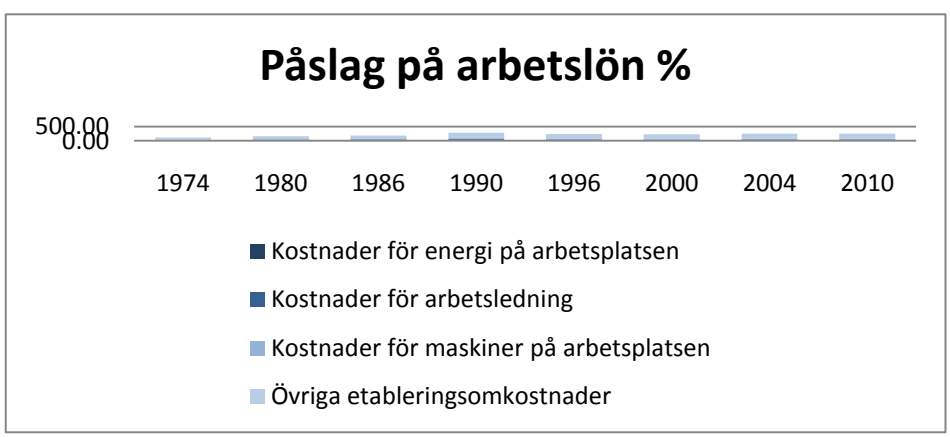
Figur 13 Sektionskostnad för några olika väggtyper i 2010 års penningvärde. Data från Wikells byggberäkningar AB.

Kostnaderna har ökat, men frågan är vad som har blivit dyrare. Genom att plotta arbetstidsåtgången för några olika väggtyper i samma diagram syns tydligt att arbetstidsåtgången varit i princip konstant under hela tidsperioden, se figur 14 .



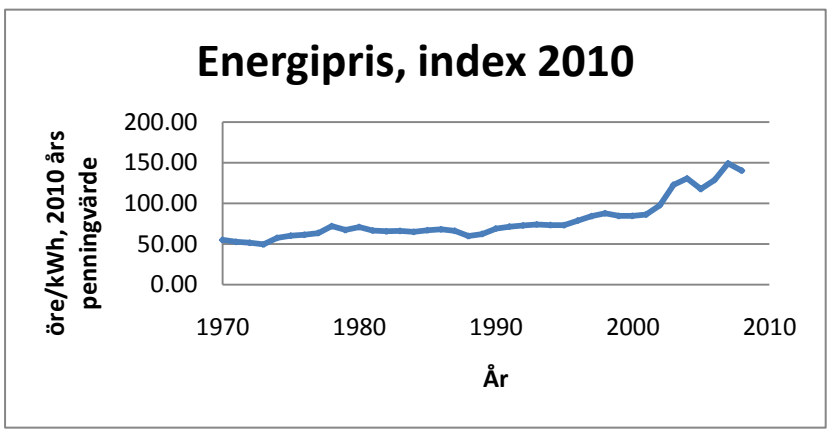
Figur 14 Arbetstidsåtgång. Data från Wikells byggberäkningar AB.

En faktor som emellertid ökat betydligt är de generella påslag Wikells lägger på arbetslönen, se figur 15. En del i dessa påslag är kostnader för arbetsledning som har ökat något under den studerade perioden också kostnader för maskintjänster och energi ökade något. Posten övriga etableringsomkostnader innefattar bland annat direkta kostnader på arbetslön, exempelvis semesterersättning och sjuklönekostnad, också indirekta kostnader, som handverktyg, provisoriska bodar och företagets risk och vinst är inräknade.



Figur 15 Generellt påslag på arbetslön, kostnader för energi, arbetsledning, maskintjänster samt övriga etableringsomkostnader. Data från Wikells byggberäkningar AB.

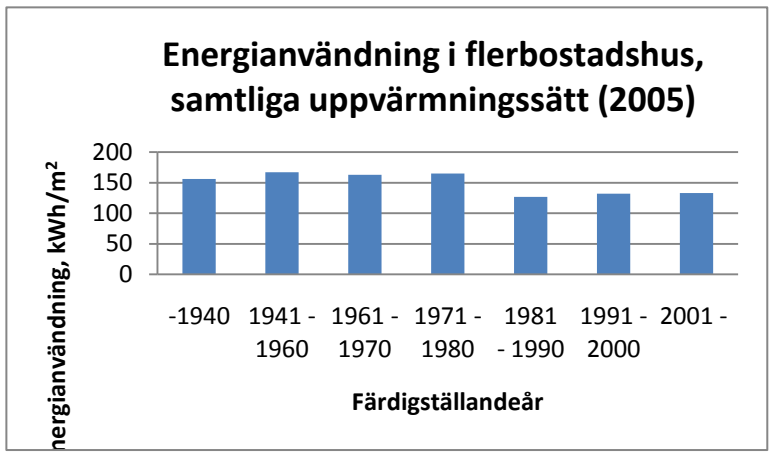
Under de senaste decennierna har en aktuell fråga varit klimathotet och energianvändningen. En faktor som har stor påverkan på energianvändningen är energiprisutvecklingen. 1991 infördes en skatt på koldioxid som sedan gradvis höjdes och medförde att fossila bränslen blev dyrare jämfört med andra energislag (Energimyndigheten, 2008). Skatten på el har också gradvis höjts och detta har tillsammans med höga olje- och elpriser gynnat användningen av biobränsle, värmepumpar och fjärrvärme. Som visas i figur 16 har realpriserna på energi i Sverige haft en stadig ökning sedan 1970-talet och fram till 2000-talet, då prisökningen blev större.



Figur 16 Energiprisutveckling 1970 – 2008 för elvärme villa. Värden angivna i 2010 års penningvärde. Källa: Energiläget i siffror, Energimyndigheten 2009.

Under 1970-talet inträffade två stora oljekriser (NE, 2010). Den första inträffade 1973-74 och berodde på det arabisk-israeliska kriget 1973. Krisen utlöstes då arabländerna och *OPEC* inledde en blockad mot Nederländerna och USA. Resultatet blev höjda oljepriser. Den andra energikrisen bröt ut 1978 på grund av revolutionen i Iran, och varade till 1980. Kriserna förde med sig strängare krav på låg energianvändning (se tabell 1) samt energipriser. I sin tur ledde detta till att mer resurser lades på byggnation av energisnåla bostäder. Detta utslag på energianvändningen i svenska bostäder enligt figur 17 nedan. De främsta orsakerna till den minskande energianvändningen i bostäder är minskat värmebehov. Detta på grund av förbättrad isolering och mer energieffektiva fönster samt effektivare uppvärmningstekniker och en ökning av antalet värmepumpar (Energimyndigheten, 2008). Inom EU diskuteras att 2016

genomföra en byggnorm för nybyggnation som föreskriver passivhusstandard (Passivhuscentrum, 2010).



Figur 17 Energianvändningen i flerbostadshus. Källa: Energimyndigheten och SCB 2005

Tabell 1 Krav på värmegenomgång omräknade till U-värden. Källa: Svensk Byggtjänst, 2009 * Statens Planverk 1980. **Idag ställs istället krav på energianvändning per m^2, värdena är exempel från Skanska - betongvägg med tegelfasad och 200 mm mineralull, samt träregelvägg med 170 + 45 mm mineralull.

Årtal	U-värdeskrav Murtegelvägg	U-värdeskrav Murtegelvägg med betong och utvändig isolering	U-värdeskrav Annan tung vägg, sten	U-värdeskrav Trävägg
1950	1,34	1,22	1,10	0,87
1960	1,28		0,93	0,58
1970	1,28		0,93	0,58
1980	0,3*			
2010	0,173**			0,155**

4. Modell för effektivitetsjämförelse

Examensarbetets syfte är att ta fram en modell för att bedöma effektiviteten hos ytterväggar i flerbostadshus. Detta kapitel tar upp uppbyggnaden av denna modell.

Arbetet påbörjades genom att parametrar togs fram, avsedda för effektivitetsmätning hos ytterväggar. I Excel utarbetades sedan ett modellutkast där parametrarna värderades. Eftersom genomförandetiden för examensarbetet var begränsad, studerades endast några utvalda parametrar noggrannare och övriga lämnades öppna för fortsatta studier. Val av mätetal för parametrarna genomfördes efter intervjuer med personer aktiva inom byggbranschen. En utgångspunkt var också att pröva en struktur för effektivitetsmätning som föreslagits inom Bygginnovationen (Bröchner, 2010). Utifrån intervjuerna och i samarbete med handledarna från Bygginnovationen reviderades modellen för att på bästa sätt behandla parametrarna.

4.1 Krav på modellen

Tidigt diskuterades vilka parametrar som skulle undersökas och efter noga övervägande beslutades att endast hårda parametrar skulle studeras. Mjuka parametrar tenderar att kräva att brukarundersökningar eller liknande utvärderingar genomförs. Ett av målen var att parametrarna skulle exemplifiera både kvantitativa och kvalitativa aspekter. Slutligen valdes energieffektivitet, underhållsbehov, robusthet och investeringskostnader.

Tanken var att modellen skulle innehålla jämförelsetal som den undersökta väggkonstruktionen kunde mätas mot. Jämförelsetalen skulle motsvara krav på konstruktionen från beställaren eller myndigheter alternativt baseras på en referensvägg. Då kraven varierar mellan olika projekt togs beslutet att använda en referensvägg för att ta fram jämförelsetal. Som referensvägg valdes en bärande betongvägg med tegelfasad och mellanliggande mineralull. Motiveringen till valet var att väggtypen är energieffektiv, har funnits i produktion under lång tid och visat sig vara en robust konstruktion. Referensväggen beskrivs närmare i kapitel 5.1.

De krav som fanns på modellen var användarvänlighet och att påbyggnad av andra byggdelar och parametrar enkelt skulle kunna ske. Modellens syfte var att på ett överskådligt vis presentera de olika parametrarna samt indela dem i output- och inputmått. För att öka användarvänligheten har en flik med instruktioner och förutsättningar lagts till. Denna kan ses i bilaga 3.

4.2 Modellens uppbyggnad

Den framtagna modellen är uppdelad i output- och inputmått. Inputmått avser vad som går in i byggnaden, det vill säga resurserna lagda på produktionen och projekteringen. Här tas exempelvis kostnader och tidsåtgång för uppförandet av en yttervägg upp. Med outputmått menas inputmåttens förädling, det vill säga vad det investerade kapitalet ger. Dessa mått är uppdelade i olika parametrar, där några utvalda har studerats noggrannare. I figur 18 illustreras tanken bakom modellen.

Figur 18 Tanken bakom modellen.

Genom kvotberäkning mellan outputvärdet och inputvärdet skulle effektiviteten för ytterväggen kunna beräknas. Olika väggars effektivitet kunde därefter jämföras. Ett problem med detta tillvägagångssätt är de olika parametrarnas enheter. Grundidén var därför att räkna om de olika enheterna till en gemensam. Eftersom ett vanligt sätt att mäta värde är i kronor och ören valdes kr/m^2 eller kr/m^2,år som jämförelseenhet.

De outputmått som tagits fram representerar driftskostnaderna för ytterväggen, då det inte gick att finna några intäkter. Inputmåtten utgörs av investeringskostnaderna. Om en kvot beräknas mellan output och input blir resultatet hur stor driftskostnaden är i förhållande till investeringskostnaden. Förhållandet kan vara lika stort, eller mindre, för en vägg med väldigt hög investeringskostnad som för en vägg med väldigt låg investeringskostnad. En kvot är därför inget lämpligt sätt att mäta effektivitet för ytterväggar. Däremot skulle en kvot kunna användas vid en betraktelse där samtliga byggdelar sätts samman till en komplett byggnad.

Att sätta driftskostnader som outputmått och investeringskostnader som inputmått ger på ett överskådligt sätt information om större investeringar lönar sig i form av lägre driftskostnader. Modellen skulle i ett senare skede kunna omarbetas så att exempelvis hyresintäkter blir outputmått. Då skulle arkitektonisk kvalitet hos ytterväggen kunna generera högre hyresintäkter och en tjock väggkonstruktion lägre eftersom den minskar den uthyrningsbara arean. Modellen kan dessutom behöva omarbetas så att driftskostnaderna beräknas som inputmått.

För att möjliggöra fortsatta studier inom Bygginnovationen utifrån examensarbetets resultat, anpassades modellens rubriker till tidigare handling om effektivitetsmått, utförd av Jan Bröchner (Bröchner, 2010). Kommande kapitel redovisar modellens uppbyggnad, samt vilka parametrar som ingår under input- respektive outputmått. En överskådlig illustration av modellens uppbyggnad visas i figur 19, samt bifogad i bilaga 2.1-4.

Sammanställning effektivitsmått												
Testad vägg:	Stålregelvägg med ventilerad puts					Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad		Resultat	Referens
OUTPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Poäng	Poäng
2.1.1 Väggtjocklek			m	-	kr/m,år	-	-	-	-	-	-
2.1.2 Energieffektivitet	U-värde		W/m^2°C	33,46	kr*°C/W*år			5,82	131,07	-	-
	Otäthetsfaktor		l/m^{2}s	43,50	kr*s/år*l			6,52	146,89	-	-
2.1.3 Underhållsbehov	Underhåll 1		kr/m^2		år (intervall)			5,75	22,36	-	-
	Underhåll 2		kr/m^3		år (intervall)					-	
2.1.4 Avbrottseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.5 Risker				-		-	-	-	-	-	-
2.1.6 Innemiljö				-		-	-	-	-	-	-
2.1.7 Arkitektonisk kvalitet				-		-	-	-	-	-	-
2.1.8 Samhällseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.9 Robusthet	Utvändig robusthet		poäng	-		-	-	-	-		5,00
	Invändig robusthet		poäng	-		-	-	-	-		5,00
	Fuktsäkerhet		poäng	-		-	-	-	-		5,00
2.1.10 Övriga outputeffekter				-		-	-	-	-	-	-
Drift- och underhållskostnad						**0,00**	**0,00**	**18,10**	**300,33**		**15,00**

INPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Resultat - testad vägg Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Referens - betongvägg med tegelfasad Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2
2.2.1 Arbetstid	På fabrik		tim/m^2	299,25	kr/h	-	0,00	-	0,00
	På byggarbetsplats		tim/m^2	299,25	kr/h	-	0,00	-	1059,35
2.2.2 Material	Kostnad material		kr/m^2	1,00	-	-	0,00	-	1225,09
2.2.3 Energi & Etableringskostnader	Energi		kr/m^2	1,00	-	-	0,00	-	68,15
	Arbetsledning		kr/m^2	1,00	-	-	0,00	-	201,34
	Maskintjänster		kr/m^2	1,00	-	-	0,00	-	198,24
	Material		kr/m^3	1,00	-	-	0,00	-	99,12
	Övrigt		kr/m^2	1,00	-	-	0,00	-	554,45
2.2.4 Tjänster						-	-	-	-
2.2.5 Miljöeffekter (ej energi)						-	-	-	-
Investeringskostnad						-	0,00	-	3405,73
LCC							**0**		**3706**

Figur 19 Sammanställning av modellen

4.2.1 Outputmått

Outputmått avser de värden som ytterväggen har i form av kvalitativa egenskaper samt låga drift- och underhållskostnader. I examensarbetet betraktas väggtjocklek, energieffektivitet, underhållsbehov, avbrottskostnader, risker, innemiljö, arkitektonisk kvalitet, samhällseffekter samt robusthet som outputmått. På grund av tidsbegränsningen behandlas endast energieffektivitet, underhållsbehov och robusthet djupare.

Om modellen utvidgas till att fungera för en komplett byggnad skulle de outputmått som nu beräknas som kostnader kunna flyttas till inputmått (se figur 19 samt bilaga 2.1-4). Outputmått som däremot kan beräknas som en reduktion av kostnader eller som är kvalitativa skulle även i fortsättningen förbli outputmått.

4.2.1.1 Väggtjocklek

Väggtjockleken (i modellen betecknad med 2.1.1) påverkar den uthyrningsbara arean och därmed också storleken på hyresintäkterna. I en utveckling av modellen skulle det årliga mervärdet av en tunnare vägg utgående från kvadratmeterhyran kunna uppskattas. Tjockleken har också betydelse för den arkitektoniska kvaliteten och utformningen av fönstersmygar. Väggtjockleken behandlas dock inte djupare i examensarbetet.

4.2.1.2 Energieffektivitet

Val och antaganden gjorda angående energieffektivitet (rubrik 2.1.2 i modellen) baseras till viss del på samtal med Kajsa Flodberg, NCC Teknik, samt Lars Jensen, professor i installationsteknik vid LTH, se bilaga 1.

Energihushållning innebär att utformningen av byggnaden skall vara sådan att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning samt effektiv elanvändning (Boverket 2008). För bostäder är ett krav att den specifika energianvändningen högst får uppgå till 110 kWh per m^2 golvarea och år i södra klimatzonen. Den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten för den totala omslutande arean (U_m) får inte överstiga 0,5 W/m^2·K. För byggnader med A_{temp} mindre än 100 m^2, det vill säga villor, kan ovanstående krav ersättas med krav på omslutande byggnadsdelars värmegenomgångskoefficient och täthet (Boverket 2009). Om byggnaden

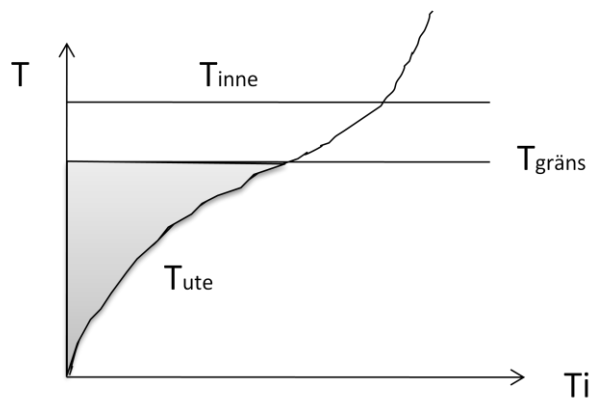
värms med elvärme är kravet på ytterväggens U-värde 0,10 W/m^2·K och med annat uppvärmningssätt 0,18 W/m^2·K.

Värmeförlusterna i en byggnad är proportionella dels mot temperaturskillnaden mellan ute- och inneluft och dels mot byggnadens isoleringsgrad och täthet (Jensen och Warfvinge, 2001). Dessutom påverkas energianvändningen av byggnadens värmetröghet, vilken bestäms av byggnadens stomme, det vill säga om stommen är tung eller lätt. Specifikt för ytterväggen skulle energieffektiviteten kunna delas upp i transmissionsförluster, otäthetsförluster och värmetröghet. Ventilationsförluster är också en del i byggnadens värmeförluster, men tas inte upp här eftersom de inte påverkas av ytterväggens egenskaper.

Transmissionsförlusterna hos en yttervägg kan mätas med hjälp av dess värmegenomgångskoefficient, eller U-värde (W/m^2·K). U-värdet korrigeras för *köldbryggor* och kallas då $U_{i,korr}$. Den framtagna modellen tar ej hänsyn till *köldbryggor* som uppstår mellan byggdelar, till exempel vid infästningar av bjälklag. För att möjliggöra jämförelse mellan U-värdet och övriga mätetal behöver de omräknas till enheten kr/m^2·år. Detta genomförs med beräkning av antalet timmar som behövs för uppvärmning av byggnaden med x antal grader på ett år. Denna metod kallas gradtimmebetraktelse. Därigenom erhålls energianvändningen i Wh/m^2·år och med hjälp av energipriset kan energianvändningen räknas om till en kostnad.

Genom solinstrålning, värme från personer och apparater tillförs viss mängd gratisvärme till byggnaden. Tidigare erfarenhet visar att vid utetemperaturer högre än gränstemperaturen 17 ˚C räcker gratisvärmen för att värma upp byggnaden (Jensen och Warfvinge, 2001). I nybyggda hus är gränstemperaturen något lägre. Lars Jensen föreslog vid en intervju att beräkningen skulle kunna genomföras med en temperatur på cirka 11 ˚C, vilket är en mer sannolik gränstemperatur hos nybyggda hus. Med kännedom om hela byggnadens utformning går det att beräkna gränstemperaturen under vilken aktiv uppvärmning behövs. För passivhus kan gränstemperaturen ligga under 0 ˚C. Det beslutades att en gradtimmesberäkning för Malmö utifrån gränstemperaturerna 11 ˚C och 17 ˚C skulle genomföras. Vid genomförandet av en gradtimmeberäkning sorteras uteluftens temperatur i stigande ordning och

plottas i ett varaktighetsdiagram (Jensen och Warfvinge, 2001). På x-axeln placeras tid, 8760 h motsvarar ett år, och på y-axeln temperatur. Sedan plottas även gränstemperaturen i diagrammet. Den yta som bildas mellan gränstemperaturen och utetemperaturkurvan motsvarar antalet gradtimmar på ett år. Gradtimmar har enheten ˚Ch och beskriver temperaturskillnaden mellan uteluften och gränstemperaturen samt vilken tidsperiod som denna råder under. Ett varaktighetsdiagram illustreras i figur 20.



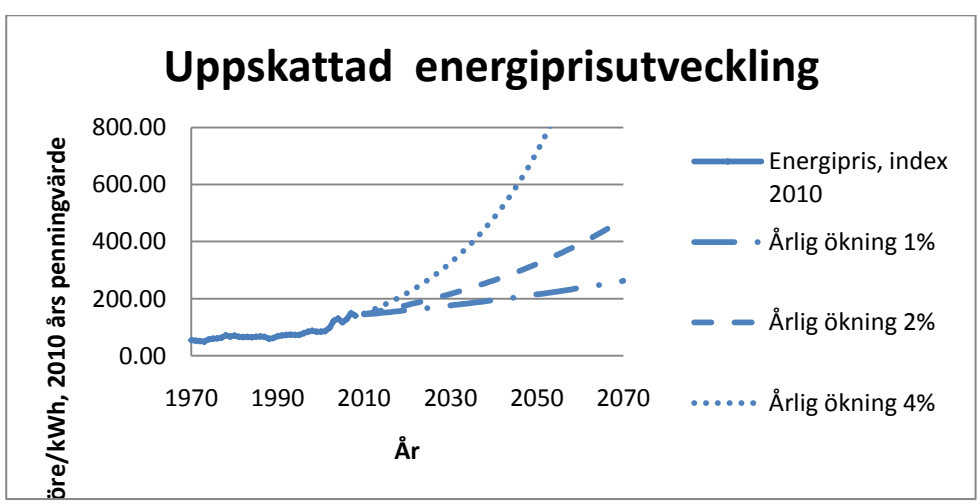
Figur 20 Varaktighetsdiagram. Den markerade ytan motsvarar antalet gradtimmar för aktiv uppvärmning under ett år.

Tabellerade värden av ytans storlek finns redovisade i gradtimmetabeller för olika årsmedeltemperaturer (Jensen och Warfvinge, 2001). Årsmedeltemperaturen för Malmö under perioden 1961-1990 var 8 ˚C (SMHI, 2010). Utifrån denna erhölls antalet gradtimmar ur tabellen. Med gränstemperaturen 17 ˚C uppgick antalet gradtimmar i Malmö till 82700 ˚Ch och med gränstemperaturen 11 ˚C blev antalet gradtimmar i Malmö 45400 ˚Ch på ett år. Dessa värden fördes in i modellen och ligger till grund för beräkningen av energianvändningen.

Den ekonomiska betydelsen av att bygga energieffektivt beror i stor utsträckning på energiprisutvecklingen. Denna är svår att bedöma eftersom den beror av flera olika faktorer (Energimyndigheten, 2010). En faktor är den ekonomiska utvecklingen i Sverige och i världen som styr efterfrågan på energi. En annan är oljeprisutvecklingen. Oljepriset beror i sin tur bland annat av global ekonomisk utveckling, konflikter i oljerika områden samt extrema

vädersituationer. Förutom oljepriset styrs energiprisutvecklingen i Sverige även av nederbörd, temperatur, bränslepriser och priset på utsläppsrätter. Energimyndigheten genomför med jämna mellanrum korttids- och långtidsprognoser för energianvändning och energipriser. Den senaste korttidsprognosen kom ut våren 2010 och den senaste långtidsprognosen kom ut 2008. Eftersom prisutvecklingen på energi är ett så pass svårbedömt område är de siffror som finns att tillgå mycket osäkra. I energimyndighetens långtidsprognos uppskattas energipriserna ligga på en konstant nivå alternativt minska de kommande 20 åren, med undantag för priset på fossila bränslen ökar, då fjärrvärmepriset initialt kommer att öka.

I modellen väljs vid beräkningar en något högre energiprisutveckling, än den energimyndigheten förutspår. Det antas att priserna på energi kommer fortsätta öka i samma takt som de gjort de senaste 20 åren. Priset för fjärrvärme används, då detta är det dominerande uppvärmningssättet i flerbostadshus. De senaste 20 årens prisutveckling på fjärrvärme motsvaras av en årlig ökning på 1,5 %. För att kontrollera hur känslig modellen är för energiprisfluktuationer väljs vid beräkning tre olika prisutvecklingar – 1 %, 2 % samt 4 % per år, se figur 21. I modellen kan detta ses under fliken för energieffektvititet, se bilaga 4.1-4.



Figur 21 Uppskattad energiprisutveckling.

För beräkning av transmissionsförluster används väggens korrigerade U-värde med enheten W/m^2·K i modellen. Omräkning av U-värdet till kr/m^2·år kräver en omräkningsfaktor med enheten krK/W·år. Denna fås genom multiplikation mellan antalet gradtimmar per år för den aktuella staden, i detta fall Malmö, och energipriset för den aktuella perioden. Modellen tar ej hänsyn till de *köldbryggor* som uppstår vid anslutningar mellan ytterväggen och andra byggdelar, utan endast de *köldbryggor* som väggkonstruktionen innehåller och som finns inräknade i det korrigerade U-värdet. Samtidigt är det viktigt att vara medveten om att vid en beräkning på en komplett byggnad utgör *köldbryggor* i anslutningar mellan byggdelar en mycket stor del av transmissionsförlusterna.

Tätheten för en byggnad, eller för en ytterväggg, kan mätas med en otäthetsfaktor (l/s·m^2). Kravet på klimatskärmen är att det genomsnittliga luftläckaget vid +50 Pa tryckskillnad inte får överstiga 0,6 l/ s·m^2 (Boverket, 2008). På samma sätt som gradtimmebetraktelsen används för att beräkna kostnaden för transmissionsförlusterna, kan den användas vid beräkning av kostnaden för uppvärmning av luften som på grund av otäthet läcker ut genom en m^2 av väggen. De ytterväggskonstruktioner som granskats är i teorin helt täta, men i praktiken visar det sig att ett läckage ändå sker. Det största läckaget sker i fogar och anslutningar mellan olika byggdelar, till exempel i anslutningar mellan yttervägg och fönster.

Beräkningen av energiförlusterna för otäthet genomfördes på ett liknande sätt som för transmissionsförlusterna. En omräkningsfaktor tas fram som omvandlar otäthet i l/s·m^2 till kr/m^2·år. Den har enheten kr·s/år·l och beräknas genom multiplikation av antalet gradtimmar per år med energipris samt luftens värmekapacitet och densitet. Omräkningsfaktorn anger kostnaden för att värma upp luften som läcker ut genom en kvadratmeter väggyta på ett år.

Ytterligare en faktor som påverkar energianvändningen i en byggnad är dess värmetröghet. Principen bygger på att en tung konstruktion jämnar ut skillnader i temperatur mellan dag och natt eftersom värme lagras i materialet under dagen och sedan avges under natten. Värmen lagras bäst i tunga material, exempelvis betong. Ett krav för att principen ska fungera är att byggnadsmaterialet skall vara i kontakt med det inre klimatet och helt avskilt från det yttre klimatet av ett isolerande skikt. Möjligheterna att utnyttja

värmetrögheten beror på hur stora temperaturskillnader som accepteras inomhus. För att värmetransport ska ske mellan byggmaterial och luft måste det finnas en temperaturskillnad. En tung stomme kan enligt Betongvaruindustrin minska energianvändningen med upp till 3 kWh/A_{temp} (Betongvaruindustrin, 2010). Detta motsvarar 2,7 % av Boverkets krav på maximal energianvändning på 110 kWh/A_{temp}. Värmetröghet har störst betydelse vid byggnation av kontorshus där även kylbehovet kan minskas.

Ett sätt att hantera värmetröghet i modellen skulle kunna vara att bedöma ytterväggskonstruktionen på en skala mellan tung och lätt och sedan räkna med en lägre gränstemperatur vid gradtimmeberäkningen för tunga konstruktioner. På detta sätt skulle en värmetrög konstruktion innebära en minskning av kostnaderna för energi. Byggnadsmaterialets värmetröghet beskrivs av en parameter som benämns som termisk tröghet eller värmeinträngningskoefficient, med enheten $Ws^{0.5}/m^2 \cdot K \cdot 10^3$. För att beräkna den termiska trögheten krävs kännedom om materialets förmåga att lagra värme; dess specifika värmekapacitet i J/kg·K samt dess värmeledningsförmåga och densitet. Värmeledningsförmågan har enheten W/m·K och talar om hur snabbt värmen kan spridas i materialet. Densiteten uttrycks i kg/m^3. Värmelagringsförmågan för en konstruktion beror på dess tjocklek och bestäms av hur lång temperaturcykeln är. I detta fall är temperaturcykeln ett dygn och för betong blir den effektiva tjockleken då cirka 130 mm (Betongvaruindustrin, 2010). Detta innebär att under dygnets varma timmar kommer de yttersta 130 mm av betongen att värmas upp för att sedan avge denna värme under dygnets kalla timmar.

Ytterväggens inverkan på byggnadens värmetröghet är liten jämfört med hela stommens, varför värmetrögheten i ytterväggen har låg påverkan på energianvändningen totalt sett. Det valdes därför att inte ta med värmetrögheten i modellen, men metoden ovan skulle kunna användas vid betraktelse av en komplett byggnad. Vid undersökning av den termiska komforten, är värmetröghet också en mycket intressant aspekt.

Då kostnaderna för energianvändning ligger i framtiden måste de räknas tillbaka till dagens värde med hjälp av en *kalkylränta*. Principen för detta gås igenom i kapitel 4.2.1.3.

4.2.1.3 Underhållsbehov

För att en byggnad skall fungera ändamålsenligt samt behålla sitt värde måste underhåll genomföras. Underhållsbehovet betecknas i modellen med 2.1.3. Då underhåll sker genomförs lagning av redan uppkomna skador, samtidigt som framtida skador förebyggs. Alla material har begränsad livslängd och utvändiga material har ofta längre livslängd än invändiga (Björk et. al., 2008). Detta för att utvändiga material måste stå emot påfrestningar från väder och vind. Fasadens underhåll beror av dess material och utförande. En målad träfasad behöver målas om ungefär vart tionde år medan en putsad fasad kan klara uppemot 30 år utan underhåll.

Underhållskostnaden för respektive väggtyp uppskattas med hjälp av *Underhållskostnader 2008* framtagen av Repab AB. Repab tar hänsyn till om det finns fönster i väggen samt hur stor fönsterytan är. Samtliga siffror som används i beräkningarna baseras på flerbostadshus med fler än två våningar och mindre än 25 % fönsteryta, vilket motsvarar typhus 2 i *Underhållskostnader 2008*. Beräkningarna för de testade väggarna redovisas i bilaga 5.1-4.

Då underhållet av väggen sker i framtiden behöver kostnaden för underhållet räknas tillbaka till dagens värde, vilket genomförs med hjälp av en *kalkylränta*. Två räntebegrepp som förekommer är *real* och *nominell kalkylränta*. *Real kalkylränta* tar ej hänsyn till inflationen, medan nominell tar hänsyn till inflationen i form av räntekravet (Hansson et. al., 2008). Genom att räkna om betalningarna kan de jämföras med varandra då de får samma basårs penningvärde. När beräkningar med räntor och energiprisökningar genomförs är det enklast att använda de reala värdena enligt Svensk Byggtjänst (2009), varför vi valde att använda *real kalkylränta*.

Vid beräkning av underhållskostnaden genomförs en beräkning av *LCC*, livscykelkostnad (Hansson et. al., 2008). Denna ger den totala kostnaden som uppstår under ett objekts livslängd och baseras på nuvärdesmetoden. A är anskaffningsvärdet, n är den ekonomiska livslängden, U_t är utgifterna år t och r är *kalkylräntan* enligt figur 22.

$$LCC = A + \sum_{t=0}^{n} \frac{U_t}{(1+r)^t}$$

Figur 22 Ekvation för beräkning av LCC

Kalkylräntan har stor betydelse för den slutliga kostnaden. Ju lägre *kalkylränta* desto mer gynnas låga underhållskostnader. Valet av *kalkylränta* varierar mellan olika organisationer beroende på deras interna avkastningskrav. Inom fastigheter är det normalt att det reala avkastningskravet är mellan 5-7 %. För att analysera modellens känslighet för olika kalkylräntor utfördes beräkningarna med tre olika värden; låg sätts till 5 %, trolig till 6 % och hög till 7 %. Modellen utformas så att kalkylräntorna enkelt kan ändras till önskat värde. Kalkylperioden vid beräkningen sätts till livslängden, här 60 år.

I en vidareutveckling av modellen skulle även driftskostnader kunna passa in under denna rubrik, exempelvis trappstädning och elanvändning för ventilationssystem.

4.2.1.4 Avbrottseffekter

Avbrottseffekter (betecknat med 2.1.4 i modellen) studeras ej närmare i detta examensarbete, men skulle kunna behandla byggherrens intresse för att betala mer för nyproduktion med mindre störningar på annan verksamhet enligt Bröchner (2010).

4.2.1.5 Risker

Risker (2.1.5 i modellen) studeras ej närmare i detta examensarbete, men skulle kunna beaktas som risk för brand, risk för radon i husets stomme samt reduktion av risker under byggtiden.

Byggnader skall enligt BBR utföras i brandklass ett, två eller tre, Br1, Br2 eller Br3 (Boverket, 2008). Byggnaden klassas utifrån utrymningsmöjligheter och risken för personskador vid sammanstörtning av byggnaden. Då stor risk för personskador vid brand föreligger klassas byggnaden som Br1, måttlig risk för personskador ger Br2 och övriga byggnader klassas som Br3. I Br1 ställs de högsta kraven på ytskikt samt bärande och avskiljande konstruktioner. Byggnadsdelar klassas beroende på funktion i olika klasser. Bärförmåga förkortas med R, täthet (integritet) med E och isolering med I. Beteckningen för

väggens funktion följs av ett tidskrav. En vägg med brandklass REI120 ska således behålla sin bärförmåga, täthet och isolering i 120 minuter efter att brand utbrutit. Genom att känna till väggens brandklass skulle den enkelt kunna poängbedömas i modellen.

Risk för radon finns i äldre byggnader där så kallad blåbetong förekommer. Blåbetong kan innehålla uran, vilket då det sönderfaller bildar radon. Radon är en gas vid rumstemperatur och kan orsaka skador i form av slembildningar eller i värsta fall cancer. Enligt BBR får inte årsmedelvärdet av den joniserande strålningen från radongas överstiga 200 Bq/m^3 (Boverket, 2008).

4.2.1.6 Innemiljö

Innemiljö (i modellen betecknad med 2.1.6) studeras ej närmare i denna rapport. Däremot förs ett resonemang kring parametrar som rör innemiljö och kan användas för fortsatta studier. Dessa parametrar är termiskt klimat, dagsljus, ljudmiljö, luftkvalitet samt flexibilitet. Upplevd innemiljö skulle kunna mätas med brukarenkäter, där scenariofrågor ställs med svaren uttryckta i kr/m^2. Upplevd innemiljö beror mycket på hur det termiska klimatet utifrån temperatur och ventilation upplevs, vilket också skulle kunna studeras utifrån brukarundersökningar. I BBR finns krav på operativa temperaturer, den riktade operativa temperaturens differenser samt lufthastigheten i rummet (Boverket, 2008). Dessa krav går ej att härleda till byggdelsnivå och termiskt klimat lämpar sig därför bättre att behandla vid betraktelse av hela byggnadens utformning.

En viktig faktor för det termiska klimatet är stommens värmetröghet. Värmetröghet har beskrivits närmare under kapitel 4.2.2.2 om energieffektivitet. Har byggnaden tung stomme kommer inneklimatet upplevas som jämnare och mer behagligt. Precis som en kyrka upplevs sval på sommaren kommer en byggnad med tung stomme att hålla sval temperatur inomhus.

Enligt BBR skall byggnader utformas så att tillfredställande ljusförhållanden är möjliga att uppnå (Boverket, 2008). Kraven för detta är att tillräcklig ljusstyrka (luminans) uppnås och ingen störande bländning eller reflexer förekommer. Andelen fönster i fasaden påverkar inte bara ljusinsläppet utan också byggnadens U-värde och värmeinsläpp. En byggnad med stor andel fönster och därmed stort insläpp av dagsljus, kommer upplevas som ljus och luftig, medan låg andel fönster kan upplevas som mörk och instängd.

Ytterväggens ljudisolering påverkar innemiljön, men vid akustikberäkningar ses det till hela byggnaden. För att erhålla goda ljudförhållanden tas hänsyn till om stommen är av tungt eller lätt material, eftersom en tung stomme kan i sig själv ljudisolera bättre än en lätt stomme. BBR anger kraven på ljudisolering för byggnader samt hur byggnader bör utformas för att erhålla ljuddämpning mellan olika rum. (Boverket, 2008). Omfattningen bestäms av byggnadens ändamål och bostäder kan ljudklassas med A-C enligt SS 25267, där A är bäst och C motsvarar Boverkets minimikrav för nyproduktion.

Den upplevda innemiljön påverkas av inomhusluftens kvalitet. På luftkvaliteten finns i BBR olika krav och råd, bland annat hur mycket emissioner och föroreningar som får förekomma i inomhusluften. Dessa krav tillgodoses med hjälp av ventilationssystemet.

Möjlighet att förändra byggnaden och inredningen under bruksskedet kallas flexibilitet och betecknas i modellen med 2.1.10. Om byggnaden är utformad med bärande ytterväggar finns större möjlighet att förändra lägenhetsindelningen och slå ut innerväggar. Flexibilitet anses också vara möjligheten att bygga på ytterligare en våning. Förutom förändring av planlösningen kan flexibilitet också vara möjlighet till ommöblering. Är lägenhetens utformning sådan att olika möblemang kan placeras på olika ställen i lägenheten, kan värdet för brukarna öka.

4.2.1.7 Arkitektonisk kvalitet

Den arkitektoniska kvaliteten (betecknas i modellen med 2.1.7) studeras inte närmare i denna rapport. Den skulle kunna studeras i samband med det upplevda inneklimatet, men i den arkitektoniska kvaliteten ingår också hur byggnadens utsida och omgivningar upplevs. En mätning av detta skulle kunna genomföras med hjälp av brukarenkäter.

4.2.1.8 Samhällseffekter

Samhällseffekter betecknas med 2.1.8 i modellen och studeras ej närmare i examensarbetet. Ett exempel på samhällseffekter är tillgänglighetskrav på bostäder.

4.2.1.9 Robusthet

Med robusthet, 2.1.9 i modellen, avses olika parametrar som påverkar väggens livslängd och risker för skador. Robusthet skulle kunna bedömas som reduktion av framtida underhållsbehov, men underhållsbehov behandlas separat varför det ej tas upp här.

Robusthet kan vara olika saker. Här tas tre aspekter av robusthet upp; yttre och inre mekanisk motståndsförmåga, samt fuktsäkerhet. Dessa poängsätts i modellen på en skala mellan 1 och 5. Metoden ger ett kvalitativt mått på robustheten.

En robust yttervägg har hög mekanisk motståndsförmåga, vilket innebär att den tål mekanisk påfrestning och har högt motstånd mot slitage. Poängsättningen av den mekaniska motståndsförmågan avgörs utifrån väggens yttre och inre material. Betong eller tegel får högt poäng, medan exempelvis *tunnputs* på cellplast får lågt poäng. Hur den mekaniska motståndsförmågan poängsätts kan ses i bilaga 6.1-4.

Enligt BBR skall byggnader utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa (Boverket, 2008). För att uppnå god fuktsäkerhet krävs medvetenhet både under projekteringen och byggtiden. Byggnadsdelar och byggnadsmaterial måste skyddas mot fukt och smuts under byggtiden och kontroll av detta bör ske genom dokumenterade besiktningar.

Fuktskydd kan delas in i konstruktivt och kemiskt fuktskydd (Elmarsson och Nevander, 2007). Konstruktivt fuktskydd innebär konstruktiva lösningar håller fuktpåverkan inom bestämda gränser. Exempel på konstruktivt skydd kan vara att det finns en luftspalt som kapillärbrytande och ventilerande skikt, eller att ångspärren placeras indragen i isoleringen vilket minskar behovet av håltagning för installationer. Kemiskt fuktskydd innebär att man förser extra utsatta byggnadsdelar med ett kemiskt skydd, exempelvis bestrykning med mögel- och svampdödande medel, tryckimpregnering av trävirke eller rostskyddsmålning. På lång sikt är det emellertid endast det konstruktiva skyddet som skyddar mot mögel, varför det alltid strävas efter en ytterväggskonstruktion med gott konstruktivt skydd.

Fuktsäkerheten poängsätts genom att olika ja- eller nej-frågor besvaras där varje svar leder fram till nya svarsmöjligheter med ja eller nej. Slutligen ger svarsmöjligheterna ett poäng mellan 1 och 5. Poängen ges efter hur bra väggens fuktsäkerhet bedöms vara utifrån svaren på frågorna. Ett urval av frågorna kan ses i figur 23, hela tabellen redovisas i bilaga 6.1-4. Frågorna behandlar väggens konstruktiva fuktskydd samt tar upp förekomst av organiskt material. Enkelhet i detaljer och anslutningar tas upp eftersom att komplicerade konstruktioner är svåra att utföra i praktiken även om de i teorin anses fuktsäkra.

Fuktsäkerhet			Skriv in ditt resultat här:		4		
Yttre material oorganiskt?	Luftspalt?	Skikt som försvårar uttorkning?	Inre material - oorganiskt?	Enkelhet i detaljer och anslutningar?	Skydd av ångspärr?	Poäng	Exempel
Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	5	Betongvägg med tegelfasad
	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	4	Sandwichelementvägg
			Nej	Nej	Nej	1	Träregelvägg med oorganisk puts på cellplast, ej indragen ångspärr
		Nej	Ja	Ja	Ja	4	Betongvägg eller murad lättbetongvägg med oorganisk puts på isolering
Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	4	Stålregelvägg med organisk puts på ventilerad skiva och indragen ångspärr
			Nej	Nej	Ja	3	Träregelvägg med träfasad eller ventilerad organisk puts och indragen ångspärr
					Nej	2	Träregelvägg med träfasad eller ventilerad organisk puts, ej indragen ångspärr.
	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	1	Träregelvägg med organisk puts på cellplast, ej indragen ångspärr

Figur 23 Ett urval från ja- och nejschemat över fuktsäkerhetsbedömningen.

4.2.1.10 Övriga outputmått

Under övriga outputmått (2.1.10 i modellen) kan exempelvis förutsättningar för rivning och återanvändning tas upp. Detta behandlas ej närmare i examensarbetet.

4.2.1.11 Drift- och underhållskostnad

Den totala kostnaden för drift och underhåll per kvadratmeter väggarea under livslängden beräknas genom att livslängdskostnaderna för de olika outputparametrarna summeras.

4.2.2 Inputmått

Med input menas de värden som investerats i ytterväggen. I detta fall valdes arbetstid, material, energi- och etableringsomkostnader, köpta tjänster samt miljöeffekter ut som inputmått.

4.2.2.1 Arbetstid

Arbetstid (2.2.1 i modellen) avser yrkesarbetarnas timmar på byggarbetsplats och fabrik. De arbetade timmarna omvandlas till kr/m^2 genom multiplikation med arbetslönen. Arbetslönen som används är 175 kr/h, hämtad från *Wikells sektionsfakta 2010*, och på denna adderas arbetsgivarens direkta omkostnader. I tabell 2 redogörs för de direkta kostnaderna och dess storlek i förhållande till arbetslönen enligt Wikells byggberäkningar AB. Anledningen att arbetstiden på fabrik tas med är att modellen annars skulle ge en missvisande bild då prefabricerade väggelement används. Det är inte självklart att summan av de arbetade timmarna på fabrik och byggarbetsplats är lägre för en sandwichelementvägg än för en platsbyggd vägg. I bilaga 7.1-4 kan värden för de testade väggarna ses.

Tabell 2 Direkta kostnader som påslag på arbetslön. Källa: Wikells, 2010.

Direkta kostnader	**% av arbetslön**
Semesterersättning	12,80
Semesterersättning, frånvarokostnad	1,40
Fora-avgifter	4,21
Särskilda tillägget (Bygg)	0,46
Särskild löneskatt på pensionspremie	0,80
Sociala avgifter mm på semesterersättning	9,31
Sjuklönekostnad	5,80
Kostnad för helglön	3,00
Kostnad för arbetstidsförkortning	1,80
Lagstadgad arbetsgivaravgift	31,42
Summa	**71**

En jämförelse genomförs också med en betongvägg med tegelfasad hämtad från Wikells Sektionsfakta 1974/1975 för att se hur produktionen förändrats. Arbetslön och direkta omkostnader beräknas då enligt 1974 års värden, se tabell 3, omräknade till 2010 års penningvärde. Siffrorna ger endast en grov uppskattning och ligger endast till grund för mycket övergripande slutsatser.

Tabell 3 Direkta kostnader som påslag på arbetslön. Källa: Wikells, 1974.

Direkta kostnader	% av arbetslön
Semesterersättning	10,00
Semesterersättning, frånvarokostnad	0,50
ATP	8,00
Sjukförsäkring	3,82
Yrkesskadef. Arbetarskydd	0,35
Byggnadsforskning	0,50
Arbetsgivaravgift	4,00
Avgift till folkpensionering	3,30
Afa, AGB	0,60
STP	2,05
Arbetslöshetsförsäkring	0,40
Ökningsprocent av ATP – STP	2,38
Summa	**37**

4.2.2.2 Material

Rubriken material (i modellen 2.2.2) avser kostnaden för materialet i en kvadratmeter av väggen, se bilaga 7.1-4.

4.2.2.3 Energi och etableringsomkostnader

Energi- och etableringsomkostnader betecknas med 2.2.3 i modellen. Under denna rubrik tas speciellt kostnader för energi, arbetsledning, maskintjänster och material upp. Respektive kostnad beräknas som ett schablonmässigt påslag på arbetet på byggarbetsplatsen, se tabell 4. Under rubriken finns också en post kallad övrigt vilken innehåller kostnader för bodar, handverktyg, transporter, städning samt centraladministration, risk och vinst. Summan av de schablonmässiga påslagen blir 181 % och värdena är ungefärliga siffror hämtade från Wikells Sektionsfakta 2010/2011. Energikostnaden uppskattas till

11 % av kostnaden för arbete, arbetsledning till 32,5 %, maskintjänster till 32 % och material till 16 %. Beräkningarna finns redovisade i bilaga 7.1-4.

Tabell 4 Indirekta kostnader som påslag på arbetslön. Källa: Wikells, 2010.

Indirekta kostnader	**% av arbetslön**
Arbetsplatsorganisation	6,00
Provisoriska bodar, inhängnader	7,00
Handverktyg	3,00
Maskiner på arbetsplatsen	32,00
Diverse transporter	6,00
El, vatten, prov, serviser, tele	6,00
Uppvärmning, uttorkning	5,00
Städning, rengöring	3,50
Arbetsledning	26,50
Försäkringar, avg. till organisationer	6,00
Bygghälsan	1,00
Spill	10,00
Fästdon (spik, skruv, lim, m.m.)	6,00
Centraladministration, risk, vinst	55,00
Arbetsrättsliga lagar (MBL, m.fl.), mätningsavgift	8,00
Summa	**181**

Vid jämförelse med väggen från Wikells Sektionsfakta 1974/1975 användes värden från tabell 5.

Tabell 5 Indirekta kostnader som påslag på arbetslön. Källa: Wikells, 1974.

Indirekta kostnader	% av arbetslön
Provisoriska bodar, inhängnader	3,00
Handverktyg	2,00
Maskiner på arbetsplatsen	15,00
Diverse transporter	2,00
El, vatten, prov, serviser, tele	6,00
Uppvärmning, uttorkning	4,00
Städning, rengöring	7,00
Ursparningar, håltagning	1,00
Arbetsledning	14,00
Försäkringar, avg. till organisationer	3,00
Spill	2,00
Centraladministration, risk, vinst mätningsavgift	13,00
Diverse oförutsett	1,00
Summa	**73**

Tillvägagångssättet passar bra när etableringsomkostnaderna ska beräknas översiktligt på byggdelsnivå, varför detta sätt valdes att använda i modellen. I ett verkligt projekt beräknas kostnaderna för varje post individuellt, vilket inte är möjligt vid granskning av endast en byggdel.

4.2.2.4 Köpta tjänster

Köpta tjänster (i modellen kallad 2.2.4) avser projektering av byggnaden och i begreppet ingår arbetstid för arkitekter och konstruktörer samt tidsåtgång för planering av produktionen. Då projektering sker för en komplett byggnad lämpar sig posten bättre att mätas på projektnivå än på byggdelsnivå. För ytterväggar kan det ändå slås fast att skillnad finns mellan prefabricerade element och platsbyggda. Då prefabricerade element används genomförs dimensioneringen och utformningen ofta av elementfabrikören. Om ett element kan placeras på flera olika ställen i byggnaden kan

projekteringskostnaderna för detta element minskas, eftersom det endast behöver dimensioneras en gång.

4.2.2.5 Miljöeffekter (förutom energianvändning)

Miljöeffekter (i modellen kallad 2.2.5) är byggdelens totala miljöpåverkan. Denna post skulle kunna ingå i en livscykelanalys, *LCA*, där byggnadsdelens totala miljöpåverkan analyseras. Miljöeffekter innefattar påverkan på naturen. Exempelvis vid användning av natursten i betong orsakas skador på naturen, vilka skulle förhindrats om krossat berg valts istället. Byggmaterial kan vid tillverkning innehålla miljöfarliga ämnen eller komponenter som vid tillverkningen orsakat skada på miljön.

Kvantifiering av detta är mycket tidskrävande, varför punkten på grund av tidsbrist valdes bort i denna studie. Emellertid skulle miljöpåverkan som byggdelen gett upphov kunna värderas som en samhällsekonomisk kostnad, kr/ m^2.

4.2.2.6 Total investeringskostnad

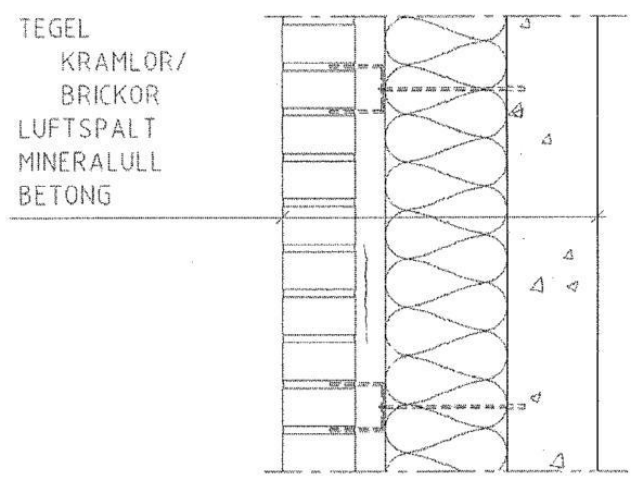
Den totala investeringskostnaden beräknas genom att kostnaderna för inputparametrarna summeras. I ett senare skede skulle mängden koldioxid som byggdelen producerat kunna beräknas och värderas som en samhällsekonomisk kostnad.

5. Fallstudie

Modellen testades på tre ytterväggar som används i Skanskas produktion, samt på en yttervägg som betraktas som riskkonstruktion. En av Skanskas väggar, en betongvägg med tegelfasad, valdes ut som referensvägg. För att knyta åter till teoriavsnittet testades även en äldre version av referensväggen, med mindre värmeisolering. Samtliga väggar antogs vara placerade i Malmö, vilket medförde att värden som avser utsatt läge användes i beräkningarna.

5.1 VAB12 - Betongvägg med tegelfasad, Referensvägg

Skanskas betongvägg med tegelfasad, VAB12, används som referensvägg eftersom den funnits i produktion sedan 1960-talet och det således finns mycket information om den. Ytterväggar av denna typ har endast förändrats med de, för tiden, rådande kraven på värmeisolering. Väggens bärande del består av 150 mm platsgjuten betong, där isoleringen utgörs av en 200 mm tjock skalmursskiva av mineralull och fasaden är klädd med 120 mm fasadtegel, se figur 24. Väggen används ofta som gavelvägg och har då låg andel fönster.



Figur 24 Betongvägg med tegelfasad, typvägg från Skanska. Källa: Skanska PM 1, 2009

Tegel är ett tåligt material som ger låga underhållskostnader. När skalmuren träffas av slagregn absorberas vattnet av teglet för att sedan avdunsta vid torrperioder (Elmarsson & Nevander, 2007). Vid stora regnmängder kan en vattenfilm skapas på ytan och vatten transporteras då genom sprickor och

håligheter i fasaden. En luftspalt på 30-50 mm fungerar ventilerande, dränerande och som kapillärbrytande skikt. Vattnet dräneras ut från fasadens insida genom att var fjärde stötfog lämnas öppen i det nedersta och tredje skiftet (Skanska PM 1, 2009). Skulle fukt ändå nå skalmursskivan är den fukt- och vattenavvisande och behåller därför sina isolerande egenskaper. Regngenomslag sker genom ofullständigt fyllda fogar och genom små sprickor mellan mursten och murbruk. Murarens skicklighet är därför avgörande för risken för regngenomslag, men typen av murbruk påverkar också.

Fasadmuren förankras i betongväggen med kramlor, fyra stycken per kvadratmeter. Kramlorna ger upphov till punktformiga *köldbryggor* och kan eftersom de har lägre temperatur orsaka kondens, varför det finns risk för fuktansamlingar (Skanska PM 1, 2009). Väggens korrigerade U-värde, med kramlornas *köldbryggor* inräknade, är 0,173 $W/m^2 \cdot K$ (Skanska PM energi, 2010). Under första året kommer transmissionsförlusterna i väggen bli något större då den inte har torkat ut fullständigt (Elmarsson & Nevander, 2007). Denna effekt betraktas som marginell och hänsyn tas ej till detta i modellen.

Konstruktionen anses fuktsäker då byggfukt i betongen kan torka ut både utåt och inåt. En platsgjuten betong är så pass lufttät att ingen särskild ångspärr behövs. Väggen antas ha en otäthet på 0,15 l/m^2,s, vilket är normalt för platsgjutna konstruktioner. Då väggen betraktas som välisolerad används gränstemperaturen 11 °C vilket vid gradtimmeberäkningen gav 45400 °Ch/år.

De skador som uppkommer hos murade konstruktioner beror oftast på att det inte funnits tillräckligt många rörelsefogar (Svensk byggtjänst, 2005). Om kraven på rörelsefogar uppfylls är underhållsbehovet hos murade konstruktioner mycket litet, varför underhåll endast anses behövs ungefär vart 40:e år. Då genomförs tegelomfogning och plåtdetaljer samt sockel ses över (Repab AB, 2008). Detta underhållsarbete kostar enligt Repab 230 kr/m^2 och delas upp i en materialkostnad på 49 kr/m^2 och arbetskostnad på 176 kr/m^2. Tidsåtgången för att åtgärda en kvadratmeter är 0,46 $timmar/m^2$. För värdena antas det att omfogning behöver göras på 25 % av ytan eller mindre.

Ungefärliga kostnader för arbete och material vid byggnation av väggen togs fram genom att en liknande väggkonstruktion från Wikells byggberäkningar AB

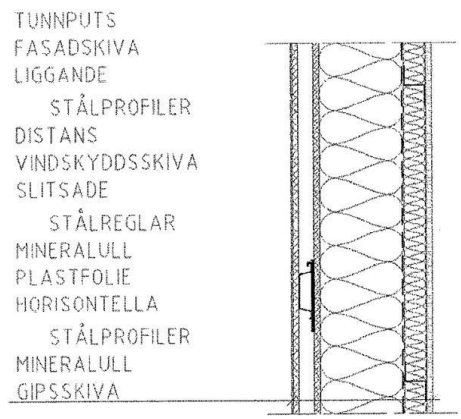
studerades. Kostnaderna redovisas i tabell 2 där de direkta omkostnaderna på arbetskostnaden uppskattas till 71 %. Etableringsomkostnaderna uppskattas till 181 % av kostnaden för arbete. Dessa finns redovisade som omkostnadspålägg 252 % i tabell 6. Referensväggen införd i modellen finns redovisad i bilaga 8.

Tabell 6 Kostnader för material och arbetstid. Källa: Wikells, 2010.

150 Betongvägg med tegelfasad					
Vikt: 600 kg/m2		Fasadtegel		108 mm	
Brandklass REI240		Luftspalt		30 mm	
U-värde: 0,20		Skalmursskiva		33 mm	
Tjocklek: 480 mm		Mineralull		150 mm	
		Betong C25/30		150 mm	
BSAB 96	**Post**	**Åtgång**	**Material [kr]**	**Tid [h]**	**UE [kr]**
AFH.61	Hakställning (2 mån)	1,15 m^2	-	-	189,75
FSG.22	108 Fasadtegel, rött slaget	1 m^2	261,45	1,15	-
FSG.22	Frakt tegel (t=108)	1 m^2	63,00	-	-
FSG.22	Vanligt bruk (t=108)	1 m^2	97,50	0,10	-
FS	Armering Bs85 Bi37R (0,22 kg/m)	1 m^2	21,50	0,01	-
IBE.23	150 mineralull-skalmursskiva-33	1 m^2	83,60	0,10	-
FS	ø 4 kramla	4 st	109,60	0,20	-
ESB	Luckform	1 m^2	57,00	0,75	-
ESB	Tillägg för utvändig gjutbrygga	1 m^2	20,00	0,10	-
ESE.21	150 Betong C25/30	1 m^2	185,25	0,10	-
ESC.1	Armering B500BT ø 12 (0,89 kg/m)	1 kg	9,40	0,03	-
ESC.1	Armering B500BT ø 10 (0,62 kg/m)	6,6 kg	62,04	0,20	-
ESB	Skivform	1 m^2	65,00	0,80	-
	Summa		**1035,34**	**3,54**	**189,75**
Materialkostnad			1035,34		
Arbetslön 3,54 h á 175 kr			619,50		
Underentreprenader			189,75		
Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön			1561,14		
Omkostnadspålägg 6% på UE			11,39		
Sektionskostnad exkl. moms kr/m2			**3417,12**		

5.2 VAU14 Stålregelvägg med ventilerad puts

Den andra väggen från Skanskas produktion som studeras är en stålregelvägg med ventilerad puts på skiva, betecknad VAU14. Väggen består utifrån av organisk *tunnputs* på en 12 mm fasadskiva, monterad på liggande stålprofiler. Stålprofilerna är av typen ventilerad fasadläkt, VFL, och skapar en ventilerad luftspalt mellan fasadskivan och nästa lager. VFL-profilerna är monterade på distanser som kan justeras mellan 0-10 mm och används för att ge en jämn fasad. Innanför distanserna sitter en vindskyddsskiva och innanför denna 145-220 mm mineralull med stående stålreglar. Sedan följer en plastfolie, 45 mm mineralull med liggande stålprofiler och innerst en 13 mm gipsskiva. Väggen illustreras i figur 25.



Figur 25 Stålregelvägg med ventilerad fasadputs, typvägg från Skanska. Källa: Skanska PM 3, 2009

U-värdet för denna vägg erhölls från *Skanska PM – energi* där isoleringen valdes till 220 mm plus 45 mm mineralull. Detta ger ett U-värde på 0,164 $W/m^2 \cdot K$. Stålregelväggens otäthetsfaktor uppskattas till 0,3 $l/m^2,s$, vilket är ett normalt värde för reglade väggar om inga speciella insatser görs för tätning. Eftersom ångspärren i denna vägg är indragen och placerad mellan mineralullsskikten undviks håltagning för elektriska installationer med mera. Detta är positivt både ur energi- och fuktsynpunkt, då det minskar otätheten och på ett effektivt sätt minskar fuktdiffusion och fuktkonvektion inifrån. Det är viktigt att vara observant på att det inre isoleringsskiktet inte är för tjockt. Om temperaturskillnaden mellan inneluften och ångspärrens placering i väggen är

för stor kan fukten i den varma inneluften kondensera när den når ångspärren. Då väggen betraktas som välisolerad användes gränstemperaturen 11 °C, vilket vid gradtimmeberäkning gav 45400 °Ch/år. Energiberäkningarna för stålregelväggen redovisas i bilaga 4.1.

För att bibehålla livslängden måste underhåll och renoveringar göras. Enligt *Renoveringshandboken* behöver en putsad fasad målas om vart 10-15 år och klimatskärmen anses ha en livslängd på 60 år (Svensk Byggtjänst, 2009). Data för underhållsbehovet togs fram ur *Underhållskostnader 2008* för tunnputsade ytterväggar i utsatt läge. Ommålning behövs vart femte år och kostar 89 kr/m^2, varav materialkostnaden är 13 kr/m^2, arbetskostnaden 76 kr/m^2 och tidsåtgången är 0,2 timmar/m^2. Omputsning antog behövas för 25 % av ytan och behöver göras vart 15:e år. Kostnaden för omputsning togs fram ur *Underhållskostnader 2008* till 230 kr/m^2. Nedknackning av gammal puts, rengöring och transporter samt putsning är inkluderade i priset. Av denna kostnad är materialkostnaden 99 kr/m^2 och arbetskostnaden 132 kr/m^2. Tidsåtgången är 0,35 timmar/m^2. Värdena hämtade från *Underhållskostnader 2008* ansågs efter diskussion med handledarna samt Kent Hankvist, Sto Scandinavia AB, vara väl tilltagna. Istället för omputsning vart 15:e år, sätts intervallet till vart 30:e år. Det antas att ommålning behövs vart 10:e år. Enligt uppgift från Kent Hankvist är ommålning nödvändig av optiska skäl vart 15:e till 20:e år och rengörning vart 10:e till 15:e år för utsatta konstruktioner. Beräkningar redovisas i bilaga 5.1.

Skanska använder denna vägg som icke bärande yttervägg i småhus, flerbostadshus, kontor och skolor. Den rekommenderas för slagregnsutsatta lägen då luftspalten skapar en tryckutjämnande zon (tvåstegstätning) som vattnet har svårt att passera.

Skanska rekommenderar StoLevell Classic som grundputs och StoSilco alternativt StoLotusan som ytputs. StoLevell Classic är en organisk klister- och armeringsmassa som armeras genom att glasfiberväv trycks ned i det våta spacklet (Sto 1, 2010). StoSilco är en silikonhartsbaserad organisk *tunnputs* med hög genomsläpplighet av koldioxid och vattenånga (Sto 2, 2010). Putsen anges av tillverkaren vara vattenavvisande och ha hög motståndskraft mot alger och svamp. Den lämpar sig emellertid ej för ytor med hög fuktbelastning.

StoLotusan är en organisk *tunnputs* (Sto 3, 2010). Även StoLotusan uppges ha hög genomsläpplighet av koldioxid och vattenånga, vattenavvisande yta samt motståndskraft mot alger och svampar. Skillnaden mellan StoLotusan och StoSilco är att StoLotusan uppges vara självrengörande eftersom dess yta ger reducerad vidhäftning till smutspartiklar samt att ingen begränsning gällande ytor med hög fuktbelastning uppges.

Putsen appliceras på en StoVentec fasadskiva. Skivan är tillverkad av returglas, i form av blåsta granulater bundna med epoxihart och vävarmerad på båda sidor (Sto 4, 2010). Skivan används endast i ventilerade fasader. Skanska poängterar att annan skiva än StoVentec ej skall användas till denna puts (Skanska PM 3, 2009).

För att få en uppfattning om kostnader och arbetstidsåtgång för denna väggtyp togs en liknande konstruktion fram från Wikells byggberäkningar AB. Beräkningarna redovisas i bilaga 7.1.

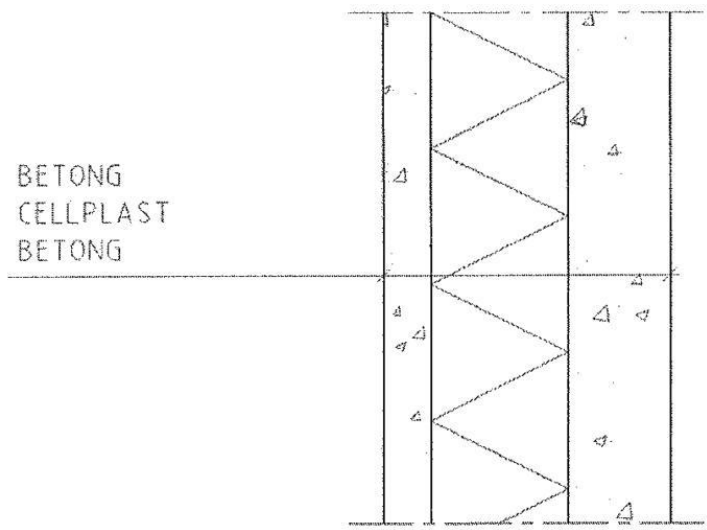
Wikells värden på material- och arbetstidsåtgång redovisas i tabell 7.

Tabell 7 Kostnader för material och arbetstid. Källa: Wikells, 2010.

195+95 Stålregelvägg med ventilerad fasadputs					
		Armerat putssystem			
Vikt: 76 kg/m2		StoLotusan K1,5	20 mm		
Brandklass REI160		Ventecskiva med infästning	12 mm		
U-värde: 0,19		Betong C25/30	150 mm		
Tjocklek: 570 mm		Luftspalt, 28x70 Läkt c 600	28 mm		
		Fasadskiva – 34	45 mm		
		Glasrocskiva vindskydd	13 mm		
		Mineralullsskiva-37, stålreglar	195 mm		
		Plastfolie	0,20 mm		
		Mineralullsskiva-37, stålreglar	95 mm		
		Gipsskiva	13 mm		
BSAB 96	**Post**	**Åtgång**	**Material [kr]**	**Tid [h]**	**UE [kr]**
AFH.61	Hakställning (2 mån)	1,15 m^2	-	-	189,75
LBS.21	StoVentec fasadsystem med detaljer				
LBS.21	Armerat putssystem StoLotusan K1,5	1 m^2	230,00	0,60	-
LBS.21	12 Ventecskiva med infästning	1 m^2	270,00	0,20	-
HSD.151	28x70 Läkt c 600	3 m	19,20	0,09	-
HSD.151	45 Distanshylsor	4 st	4,00	0,04	-
IBE.23	45 Våningshög fasadskiva-34	1 m^2	55,30	0,11	-
KBC.41111	13 Glasrocskiva vindskydd	1 m^2	86,00	0,18	-
HSB.1121	RY 195- 1,2 stålregel	2,5 m	138,38	0,23	-
HSB.1121	SKYP 195-1,0 golv- takskena	1 m	61,20	0,11	-
IBE.24	195 Mineralullsskiva-37	1 m^2	78,35	0,09	-
JSF.54	0,20 Plastfolie	1 m^2	5,65	0,05	-
HSB.1121	ER 95 Stålregel	3 m	40,80	0,18	-
HSB.1121	SK 95/55 Golvskena	0,5 m	9,20	0,04	-
HSB.1121	SK 95 Takskena	0,5 m	6,28	0,04	-
IBE.24	95 Mineralullsskiva-37 (B=455)	1 m^2	45,35	0,08	-
KBC.321	13 Gipsskiva (B=900)	1 m^2	31,80	0,18	-
	Summa		**1081,51**	**2,22**	**189,75**
Materialkostnad			1081,51		
Arbetslön 2,22 h á 175 kr			388,50		
Underentreprenader			189,75		
Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön			979,02		
Omkostnadspålägg 6 % på UE			11,39		
Sektionskostnad exkl. moms kr/m2			**2650,17**		

5.3 VAB20 Sandwichelementvägg

En sandwichelementvägg, med beteckning VAB20, som också tillverkas av Skanska testades i modellen. Väggen består av prefabricerade betongelement med 70 mm betong ytterst, 200 mm cellplast i mitten och 150 mm bärande betong innerst. Väggen visas i figur 26. Betongskivorna hålls samman av ingjutna fasadankare eller förbindelsestegar i rostfritt och syrafast stål (Skanska PM 2, 2009). Ytterskivan målas på fabrik med två strykningar i ljus kulör som ger en putsliknande struktur.



Figur 26 Elementvägg i betong, typvägg från Skanska. Källa: Skanska PM 2, 2009

Prefabricerad betong anses vara helt vattentät, speciellt då en hög betongkvalitet används, vilket är mycket vanligt vid elementtillverkning. Då byggfukt torkar ut kan kondens uppstå på insidan av fasadbetongen och därför måste vatten som rinner längs insidan dräneras ut (Elmarsson, et. al., 2007). Fogarna mellan de inre betongskivorna måste göras helt täta för att förhindra fuktkonvektion. För Skanskas väggar är detta inget problem eftersom fogarna mellan de inre skivorna gjuts igen på plats efter montage, vilket framkom vid intervju med Peter Svenmar och Lars Damstedt. Horisontella fogar mellan de yttre betongskivorna utformas som öppna fogar med tröskel och vertikala fogar är utformade enligt tvåstegsprincipen med tryckutjämnande luft- och dräneringskanaler (Skanska PM 2, 2009). Enligt Elmarsson och Nevander i

Fukthandboken är det svårt att utföra en tvåstegsfog så att den fungerar i praktiken. Vid utförandet av en tvåstegsfog krävs noggrann projektering och kontroll över tillverknings- och monteringsdetaljer.

Det korrigerade U-värdet för väggen är 0,181 W/m^2·K (Skanska PM energi, 2010). Om balkonger utformas med genomförning av bärverket uppstår *köldbryggor*. Dessa tas ej hänsyn till, eftersom beräkningarna endast avser ytterväggen och inte anslutningar till andra byggdelar. Prefabricerade betongkonstruktioner blir mycket täta, men ett visst läckage förekommer ofta i fogarna mellan elementen. Otäthetsfaktorn uppskattas till 0,2 l/s,m^2. Då väggen betraktas som välisolerad används gränstemperaturen 11 °C vilket vid gradtimmeberäkningen ger 45400 °Ch/år. Beräkningarna för energieffektiviteten redovisas i bilaga 4.2.

Väggtypen är mycket tålig och ger låga underhållskostnader. Enligt Repab behöver målade betongelement i utsatta lägen målas om vart femte år. Det antas att två strykningar behövs, vilket kostar totalt 76 kr/m^2. Av detta är materialkostnaden 11 kr/m^2 och arbetskostnaden 65 kr/m^2. Tidsåtgången för målningen är 0,17 timmar/m^2. Betongväggen antas behöva lagning på 5 % av ytan vilket kostar 108 kr/m^2, varav 6 kr/m^2 är materialkostnad och 102 kr/m^2 är arbetskostnad. Lagningen tar 0,27 timmar/m^2. Underhållsperioderna hämtade från Repab anses efter diskussion med handledarna vara alltför korta. Ett rimligare tidsintervall för målning antas vara vart 15:e år och lagning antas behövas vart 30:e år. Underhållsbehovet för sandwichelementväggen redovisas i bilaga 5.2.

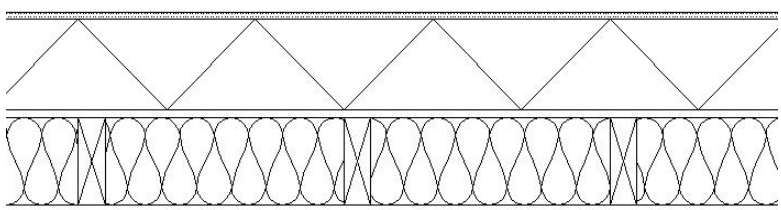
Enligt uppgifter framtagna av Lars Damstedt på Skanska stomsystem, är produktionstiden vid elementtillverkningen på fabrik ungefär 26 timmar per element. Det element som räknats på har längden 7,1 meter, höjden 2,9 meter och tjockleken 0,42 meter. Två fönsterhål, 1,1 gånger·1,5 meter är inräknade. Bruttoytan är 20,6 m^2 varav 16 % utgörs av fönster. Med dessa förutsättningar blir arbetstiden på fabrik per kvadratmeter väggyta ungefär 1,26 h. Det totala priset för väggen blir 1903 kr/m^2 bruttoyta, exklusive moms. Priset avser färdigmonterad vägg, inklusive fogning, transport och administrativa kostnader. Projekteringen (tillverkningsritningar) kostar 162 kr/m^2, tillverkning (inklusive målning) kostar 1460 kr/m^2, transport kostar 75 kr/m^2 och montering kostar

206 kr/m^2. Dessa uppgifter är cirkapriser från Skanska stomsystem och baseras på ett projekt i storleksordningen 3000 m^2 *BTA* med juli 2010 månads kostnadsläge.

En jämförelse med data från Wikells sektionsfakta för 2010/2011 genomfördes. Kostnaden för motsvarande vägg var 1908 kr/m^2, vilket stämmer mycket väl överrens med Skanskas siffror.

5.4 Träregelvägg med puts på cellplast

En väggtyp som kan anses vara föregångare till den putsade stålregelväggen är en träregelvägg med puts på cellplast. Träreglarna i denna väggtyp är instängda mellan två täta skikt (se figur 27), plastfolie och cellplast, vilket innebär stor risk för uppkomst av mögel om fukt kommer in under produktion. Fukt kan tränga in i väggen genom att regnvatten läcker in genom felaktigt utförda detaljer eller att fuktig inneluft kondenserat i väggen på grund av diffusion eller konvektion.



Figur 27 Träregelvägg.

Väggens yttersta skikt är fasadsystemet StoLotusan Therm Vario. Det består av 150 mm cellplast och på denna puts av fiberförstärkt KC-bruk. Innanför cellplasten finns en glasrocskiva placerad som vindskydd. Skivan har glasfibermattor inbäddade i ytorna och en kärna av glasfiberarmerad gips. Den ena sidan täcks av en vattenavstötande ytbeläggning och skivan kan därför, enligt tillverkaren, användas som skydd mot väder och vind under byggtiden i upp till 12 månader. Skivan uppges vara mögelbeständig. Innanför vindskivan kommer 145 mm mineralull med träreglar och innanför dessa en tät plastfolie och 13 mm gipsskiva. Data som rör denna vägg redovisas i tabell 8.

Elmarsson och Nevander rekommenderar i *Fukthandbok* att *tjockputs* i allmänhet skall väljas före *tunnputs*. Orsaken till detta är att *tunnputs* i flera situationer visat sig ha sämre egenskaper. *Tunnputs* på tegel eller lättbetong

medför att vatten som trängt igenom putsen har svårt att avdunsta. Detta har gett upphov till avflagningar på grund av försämrad vidhäftning, saltutfällningar eller frostsprängning. *Tunnputs* med vattenavvisande tillsatser har gett upphov till frostskador på tegel. Vid användning av *tunnputs* direkt på värmeisolering krävs att tunnputsen ensam skall klara täthet mot slagregn, vilket är svårt att uppnå. Det är extremt viktigt att träreglar och mineralull skyddas mot fukt och smuts under byggskedet för att undvika mögeltillväxt.

Tabell 8 Kostnader för material och arbetstid. Källa: Wikells, 2010.

145 Träregelvägg med fasadputs på cellplast					
Vikt: 60 kg/m^2		StoLotusan puts	12 mm		
Brandklass REI130		Cellplast	150 mm		
U-värde: 0,15		Glasrocskiva	13 mm		
		Mineralull, träreglar c			
Tjocklek: 340 mm		600	145 mm		
		Plastfolie	0,20 mm		
		Gipsskiva	13 mm		
BSAB 96	**Post**	**Åtgång**	**Material [kr]**	**Tid [h]**	**UE [kr]**
AFH.61	Hakställning (2 mån)	1,15 m^2	-	-	189,75
LBS.213	Sto Guard Vario dränerat isolersystem med detaljer, inkl rollat fukt- och vindmembran StoLotusan K1,5 + 150 Top31	1 m^2	530,00	1,15	-
KBC.41111	13 Glasrocskiva vindskydd (B=900)	1 m^2	94,80	0,18	-
IBE.24	145 Mineralullsskiva-37	1 m^2	59,60	0,09	-
HSD.113	45x145 Reglar c 450	4 m	71,60	0,36	-
JSF.54	0,20 Plastfolie	1 m^2	5,65	0,05	-
KBC.321	13 Gipsskiva (B=900)	1 m^2	31,80	0,18	-
	Summa		**793,45**	**2,01**	**189,75**
Materialkostnad			793,45		
Arbetslön 2,01 h á 175 kr			351,75		
Underentreprenader			189,75		
Omkostnadspålägg 252 % på arbetslön			886,41		
Omkostnadspålägg 6% på UE			6,90		
Sektionskostnad exkl. moms kr/m^2			**2232,75**		

Väggens korrigerade U-värde är enligt Wikells byggberäkningar AB 0,15 W/m^2·K. Otäthetsfaktorn uppskattas till 0,3 l/m^2,s, eftersom detta är normalt för regelväggar. Då väggen betraktas som välisolerad används gränstemperaturen 11 °C, vilket ger vid gradtimmeberäkning ger 45400 °Ch/år. Energiberäkningar för träregelväggen redovisas i bilaga 4.3.

Omputsning av träregelväggen med fasadputs på cellplast behöver göras vart 15:e år (Repab AB, 2008). Denna konstruktion antas vara en riskkonstruktion varpå i värsta fall 100 % av ytan behöver bytas ut. Eftersom Malmö bedöms vara utsatt läge behöver ommålning göras vart femte år. Omputsningen kostar 750 kr/m^2, av vilket materialkostnaden är 330 kr/m^2, arbetskostnaden är 420 kr och tidsåtgången är 1,12 timmar/m^2. I omputsningen ingår nedknackning av den gamla putsen, rengöring av ytan, putsning samt transporter. Målningen görs med 2 strykningar och kostar 89 kr/m^2, varav materialkostnaderna är 13 kr/m^2, arbetskostnaderna är 76 kr och tidsåtgången är 0,2 timmar/m^2. Underhållsperioderna hämtade från *Underhållskostnader 2008* anses efter diskussion med handledarna samt Kent Hankvist, Sto Scandinavia AB, vara väl tilltagna. Istället för omputsning vart 15:e år, sätts intervallet till vart 30:e år. Det antas att ommålning behövs vart 10:e år. Enligt uppgift från Kent Hankvist är ommålning nödvändig av optiska skäl vart 15:e till 20:e år och rengörning vart 10:e till 15:e år för utsatta konstruktioner. Underhållsbehovet redovisas i bilaga 5.3.

5.5 Betongvägg med tegelfasad, 70 mm mineralull

För att se hur effektiviteten inom bostadsbyggandet förändrats genomfördes ett test med en äldre väggkonstruktion hämtad från Wikells sektionsfakta 1974/1975. Väggen är en 150 mm platsgjuten betongvägg med tegelfasad, isolerad med 70 mm mineralull. Isolertjockleken är enda skillnaden mot den vägg som använts som referensvägg, vars isolering består av 200 mm mineralull, se tabell 9.

Den tunnare mineralullen ger ett högre U-värde för den äldre väggen, 0,6 W/m^2·K. Detta gör att väggen ej kunde betraktas som välisolerad vid gradtimmeberäkningen. Gränstemperaturen 17 °C användes, vilket medförde att gradtimmeantalet blir 82700 °Ch/år. Beräkningarna redovisas i bilaga 4.4.

När underhållsberäkningar genomfördes användes samma underhållskostnader som för referensväggen. Robustheten bedömdes också likvärdig med referensväggen.

Vid beräkning av materialkostnader används BPI för att räkna om materialkostnaderna från 1974 till dagens penningvärde. BPI ger en omräkningsfaktor på 10,96, vilken multipliceras med kostnaden i 1974-års prisnivå. Arbetstiden beräknas enligt produktionsmetoden som användes 1974. Kostnaden beräknas med hjälp av 1974-års arbetslön multiplicerat med KPI. Etableringsomkostnader och direkta omkostnader på arbetslönen beräknas som ett schablonmässigt påslag enligt *Wikells sektionsfakta 1974/1975*. Detta ger en möjlighet att jämföra dåtidens produktionsmetod med dagens teknik.

Tabell 9 Kostnader för material och arbetstid. Källa: Wikells, 1974.

150 Betongvägg med tegelfasad					
Vikt: 570 kg/m^2		Fasadtegel		108 mm	
Brandklass A 180		Luftspalt		30 mm	
U-värde: 0,60		Mineralull		70 mm	
Tjocklek: 360 mm		Betong C25/30		150 mm	
BSAB	**Post**	**Material [kr]**	**Tid [h]**	**Arb.kostn. [kr/m^2]**	**Summa [SEK 74/75]**
-	Fasadställning	4,00	0,20	0,19	8,40
F4.2	1/2-sten fasadtegel färgat fogbruk. Inkl frakt 3 kr/m^2	32,50	0,90	19,80	52,30
F1.2	Rostfria kramlor 4 st/m^2	2,00	0,05	1,10	3,10
E1.3	Gles form	10,50	0,75	16,50	27,00
K2	70 mineralullsskiva ingjuten	3,80	0,10	2,20	6,00
E3	150 Betong	15,75	0,15	3,30	19,05
E1.2	Slät form	12,00	0,90	19,80	31,80
	Summa 74/75	80,55	3,05	62,89	147,65
	Summa 10/11	**882,828**		**689,32**	**1618,244**
Materialkostnad		882,80			
Arbetslön 3,54 h á 175 kr		689,30			
Omkostnadspålägg 110 % på arbetslön		758,23			
Sektionskostnad exkl moms kr/m^2		**2330,33**			

5.6 Sammanställning

I kapitlet har fem olika väggar beskrivits utifrån deras egenskaper inom ett antal olika områden. I tabell 10 ges en översikt av detta.

Tabell 10 Egenskaper för testväggarna

Benämning vägg	Underhållsbehov		Energieffektivitet		Arbetstidsåtgång		Materialkostnad
	Kostnad [kr/m^2]	Intervall [år]	U-värde [W/m^2°C]	Otäthets-faktor [l/m^{2}s]	Fabrik [h/m^2]	Byggplats [h/m^2]	[kr/m^2]
Betongvägg med tegelfasad, 200 mm mineralull	230	40	0,17	0,15	0	3,54	1225
Stålregelvägg med ventilerad fasadputs, 170 + 45 mm mineralull	230	30	0,24	0,3	0	2,22	1271
	89	10					
Sandwichelement vägg, 200 mm cellplast	750	20	0,18	0,2	1,26	0,69	1235
	76	20					
Träregelvägg med putsad fasad, 145 mm mineralull + 150 mm cellplast	750	30	0,15	0,3	0	2,01	983
	89	10					
Betongvägg med tegelfasad, 70 mm mineralull	230	40	0,6	0,15	0	3,05	883

6. Resultat

I detta kapitel tas resultatet av studien upp. Här beskrivs modellens funktion och vad som ger utslag i modellen. De mätetal som används för parametrarna samt resultatet av fallstudien redovisas.

6.1 Effektivitetsmått

Studiens målsättning var att utreda om effektivitet är möjligt att mäta på byggdelsnivå. Syftet var att utforma en modell för sammanvägning av olika aspekter av effektivitet hos ytterväggar. Modellen som tagits fram behandlar parametrarna energieffektivitet, underhållskostnad, robusthet, arbetstidsåtgång, materialkostnad samt energi- och etableringsomkostnad. I modellen finns fler parametrar identifierade för fortsatta studier.

Arbetstid, material och etableringsomkostnader betraktas i modellen som inputposter då de investeras i byggnaden under produktionsskedet. Övriga parametrar betraktas i modellen som outputposter då kostnaderna för dessa uppkommer under bruksskedet. Modellen visas i bilaga 2-8. I modellen kan mätetal för respektive parameter skrivas in. Kostnaderna under livslängden 60 år beräknas för samtliga parametrar utom robusthet.

Mätetalen använda i modellen är exempel på hur effektivitetsmått kan konkretiseras. Omräkningsfaktorer används för att översätta mätetalen till en årskostnad per ytenhet. Robusthet värderas separat med hjälp av ett poängsystem då det konstaterats att robusthet inte är mätbart i kronor. Övriga mätetal summeras till en livslängdskostnad. En ambition med modellen var att en kvot mellan output- och inputmått skulle utgöra effektivitetsmåttet för ytterväggen. Det konstaterades dock att detta inte var lämpligt för byggdelen då outputposterna inte innehåller några intäkter. Istället kan livscykelkostnaden användas för jämförelse mellan olika ytterväggar.

Enligt modellens resultat har energieffektivitet större betydelse än underhållbehov för den totala drift- och underhållskostnaden. Kostnaden för värmeförluster genom väggen blir i regel dubbelt så stor som kostnaden för underhåll av väggen. Energieffektiviteten anges som U-värde i $W/m^2°C$ och

otäthetsfaktor i l/m^{2}s. Dessa räknas om till kr/m^2,år med hjälp av omräkningsfaktorer i enheterna kr˚C/W,år samt kr·s/l·år.

Den avgörande faktorn vid beräkningen av kostnaden för energi är gradtimmeberäkningen. Andra faktorer som påverkar resultatet är *kalkylränta* och energiprisutveckling. I tabell 11 visas skillnaden i resultat för stålregelväggen beroende av kalkylränta och energiprisutveckling. Gradtimmeberäkningen baseras på gränstemepratur 11 ˚C samt *kalkylränta* på 5 %, 6 % och 7 % och energiprisutveckling på 1 %, 2 % och 4 %. Det värde som är fetmarkerat har använts. Modellen har utformats så att energiprisutvecklingen och *kalkylräntan* lätt kan ändras av användaren.

Tabell 11 Energikostnad under livslängden för stålregelväggen beroende på energiprisutveckling och kalkylränta. Det fetmarkerade värdet har använts.

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m^2		Kalkylränta		
		Låg	Medel	Hög
Energiprisutveckling	Låg	473	396	339
	Medel	576	**472**	396
	Hög	916	714	572

Underhållskostnader anges i kr/m^2 samt ett intervall på hur ofta underhållet behöver genomföras. I modellen görs en nuvärdesanalys vilken beräknar den totala kostnaden för underhåll av en kvadratmeter-under byggnadens livslängd. Även här genomförs en känslighetsanalys med kalkylräntorna 5 %, 6 % och 7 %. Resultaten visas i tabell 12.

Tabell 12 Underhållskostnad under livslängden för stålregelväggen beroende på kalkylräntan. Det fetmarkerade värdet har använts.

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m^2			
Kalkylränta	Låg	Medel	Hög
Kostnad	199	**156**	125

Robustheten bedöms med hjälp av en poängskala mellan 1 och 5. Utvändig och invändig robusthet samt fuktsäkerhet bedöms och poängen räknas sedan

samman. Värdet på robustheten är ett kvalitativt mått medan övriga mått är kvantitativa.

Arbetstiden anges i timmar och räknas om till kronor baserat på timlönen 175 kr/h samt direkta kostnader knutna till denna på 71 %. Materialkostnader anges i kronor och etableringsomkostnader beräknas som ett schablonmässigt påslag på arbetslönen, enligt Wikells sektionsfakta 2010/2011 samt 1974/1975.

I modellen används en referensvägg; en betongvägg med tegelfasad, för att snabbt ge en uppfattning om hur bra den aktuella väggen är i förhållande till en ”standardvägg”. Genom att modellen snabbt ger investerings- och driftskostnaderna och samtidigt bedömer väggens robusthet utgör modellen ett försök att mäta effektivitet på byggdelsnivå.

6.2 Resultat av fallstudie

I modellen har fem olika väggar studerats, varav en fungerar som referensvägg. Detta har gett fyra testkörningar. En sammanställning av resultaten visas i tabell 13.

Tabell 13 Sammanställning av de testade väggarna.

Benämning vägg		**Betong-vägg tegelfasad**	**Stålregel-vägg ventilerad fasadputs**	**Sandwich-element-vägg**	**Träregel-vägg putsad fasad**	**Betongvägg tegelfasad 70 mm mu**
Energieffektivitet kr/m^2		278	472	331	407	1091
Underhållsbehov kr/m^2		22	156	206	262	22
Robusthet	**Invändigt poäng**	5	3	5	3	5
	Utvändigt poäng	5	3	5	1	5
	Fuktsäkerhet poäng	5	4	4	1	5
Drift och underhållskostnad kr/m^2		300	628	538	669	1111
Investeringskostnad kr/m^2		3405	2639	2037	2221	1774
Livscykelkostnad kr/m^2		**3706**	**3267**	**2575**	**2891**	**2887**

Väggen med bäst energieffektivitet är betongväggen med tegelfasad, följd av sandwichelementväggen. Regelväggarna är något sämre. Sämst ur energiperspektiv är den äldre betongväggen med tegelfasad och 70 mm mineralull. Lägst underhållsbehov utifrån testkörningarna har betongväggarna med tegelfasad. Det högsta underhållsbehovet har träregelväggen. Däremellan ligger stålregelväggen och sandwichelementväggen. När det gäller det kvalitativa värdet på robusthet har betongväggarna med tegelfasad högst värde. De är tätt följda av sandwichelementväggen. Näst sämst är stålregelväggen och absolut sämst robusthet har träregelväggen.

Den lägsta drift- och underhållskostnaden, enligt modellen, har referensväggen. Sandwichelementväggen och träregelväggen har liknande drift- och underhållskostnader. Stålregelväggen och den äldre tegelväggen får de högsta drift- och underhållskostnaderna. Testkörningarna visar att sandwichelementväggen har den lägsta investeringskostnaden, tätt följd av regelväggarna och den äldre versionen av tegelväggen. Investeringskostnaden är högst för betongväggen med tegelfasad (referensväggen). Överlag är investeringskostnaderna för de olika väggarna på ungefär på samma nivåer vilket gör det mer intressant att se på energieffektivitet, underhåll och robusthet.

Eftersom alla poster i modellen är kostnader är en kvot mellan output och input inte intressant. Istället blir livscykelkostnaden för väggtyperna det intressanta. I livscykelkostnaden är både drift- och underhållskostnader samt investeringskostnaderna inräknade. Sandwichelementväggen genererade den lägsta totala kostnaden. Därefter följer regelväggarna. Högst livscykelkostnader har betongväggarna med tegelfasad, där den äldre väggen har något lägre kostnad. För att göra en rättvis bedömning av väggarna måste en sammanvägning av alla parametrarna göras. Främst måste robustheten och kostnaderna vägas samman.

7. Slutsatser

I detta kapitel analyseras studiens resultat och återkopplas till teoriavsnittet. Här tas också osäkerheter i indata upp och resultatet tolkas.

Den i examensarbetet framtagna modellen är ett förslag på en metod för att väga samman olika effektivitetsparametrar. Genom att investera mer i inputposterna kan outputkostnaderna reduceras. Output- och inputkostnaderna summeras i modellen för att på ett överskådligt sätt visa hur mycket en investering i byggskedet kan ge tillbaka under bruksskedet. Modellen ger exempel på värdering av såväl kvalitativa som kvantitativa parametrar. Den skulle, efter utveckling, kunna användas för att jämföra olika ytterväggskonstruktioner, men för att jämförelser ska vara relevanta i praktiken måste den kompletta byggnaden beaktas. Ett intressantare tal än livscykelkostnaden, som beräknas i detta examensarbete, hade varit kvoten mellan byggnadens genererade intäkter och livscykelkostnaden. Detta tal bör tas fram vid en eventuell vidareutveckling av modellen.

Modellen skulle kunna bli ett fungerande verktyg för att mäta effektivitet. Den behöver emellertid utvecklas på vissa punkter. En brist är oförmågan att väga samman robusthet, som är ett kvalitativt mått, med övriga parametrar, som är kvantitativa. Vid en vidareutveckling finns risken att detsamma också kommer att gälla andra kvalitativa parametrar, exempelvis innemiljö. En annan punkt där modellen behöver utvecklas är användarvänligheten. Den färdiga modellen bör anpassas individuellt för respektive användarföretag.

En osäkerhetsfaktor i modellen är energiprisets utveckling. Det finns debattörer som anser att utvecklingen kommer att bli både högre och lägre än de värden som använts i modellen. Vi anser att energieffektivitet är ett område som kommer att få allt större betydelse och att framtidens krav troligtvis kommer att vara ännu hårdare. En möjlig utveckling av modellen på detta område skulle kunna vara att som outputmått föra in egna energikällor. Om fasaden exempelvis förses med solfångare skulle detta tillföra energi och ge en intäkt till fastigheten. I en vidareutveckling av modellen till att gälla en komplett byggnad kan även solfångare på taket och möjlighet till lokala vindkraftverk eller bergvärme värderas.

Vid uppskattning av underhållsbehovet är förvaltarens inställning en osäkerhetsfaktor. Om underhållet eftersätts under lång tid kan de insatser som sedan behöver göras bli dyrare och mer omfattande än om underhållet sker regelbundet. Beräkningarna i modellen baserar sig på regelbundet underhåll. I modellen har värden från Repab AB använts, delvis reviderade i samarbete med handledarna och Sto Scandinavia AB. Värdena i modellen är en approximation av underhållskostnaderna och stämmer inte helt med verkligheten. Syftet var i första hand att testa huruvida modellen är användbar och de exakta värdena är därför inte relevanta. En framtida användare kan enkelt skriva in önskat intervall och underhållsåtgärd i modellen.

I modellen har etableringsomkostnader uppskattats med hjälp av data från Wikells Byggberäkningar AB. Detta tillvägagångssätt ger osäkerhet i beräkningarna. Då beräkningar utfördes på byggdelsnivå var detta emellertid den enda tillgängliga faktan. Skulle ett företag utveckla och använda modellen bör individuella värden för varje projekt användas.

Utifrån modellen är sandwichelementväggen den mest kostnadseffektiva, samtidigt som den har höga poäng på robusthet. En anledning till detta är att de ingående materialen är fuktsäkra och samtidigt har hög mekanisk motståndsförmåga. Produktionen effektiviseras genom att en del av arbetet utförs på fabrik. Utformningen av väggen ger enkelhet i anslutningarna vilket minskar risken för byggfel och fukt i konstruktionen.

Träregelväggen har låga investeringskostnader och mycket bra U-värde vilket bidrar till låg energianvändning. Teoretiskt är också underhållskostnaderna låga, men i praktiken har det visat sig att väggar av denna typ ofta drabbas av fuktproblem. För att inkludera dessa problem i modellens bedömning måste både robustheten och livscykelkostnaden beaktas. Detaljutformningen av denna vägg medför hög risk för byggfel och inträngning av fukt. En viktig faktor är hantering under produktionen, eftersom materialen är mycket känsliga för smuts och väta.

Stålregelväggen kan betraktas som en utveckling av träregelväggen. Den har komplicerad detaljutformning och har relativt hög investeringskostnad, men ger en fuktsäker och robust konstruktion.

Då väggen från 1974 testades under fallstudien användes mycket grova uppskattningar av kostnaderna för de olika posterna. Ingen större vikt har lagts vid siffrornas exakta värden. Modellen är främst utformad för att se till nyproducerade ytterväggar och testet genomfördes endast för att uppskatta hur bostadsbyggandet har förändrats.

Några slutsatser om den historiska utvecklingen kan dras utifrån granskningen av tegelväggen från Wikells sektionsfakta 1974/1975. Väggen hade lägre kostnad för produktionen. Detta beror dels på lägre kostnader för material och arbetslön, men också på att produktionen på flera sätt var effektivare. Det byggdes mer storskaligt vilket ledde till att arbetstiden per kvadratmeter vägg var lägre (3 timmar då mot 3,5 timmar idag), samtidigt behövdes mindre arbetsledning. Byggnationen under miljonprogramsåren styrdes till stor del av statens krav vid långivning på låga produktionskostnader. Detta ledde till att produktionen skedde till extremt lågt pris vilket troligen avspeglar sig i statistiken som studerats. Låg produktionskostnad erhölls genom att likadana byggnader uppfördes. Områdena planerades snarare efter kranens räckvidd än för att ge god boendemiljö. Om den arkitektoniska kvaliteten, som finns med i modellen, skulle bedömts hade förmodligen ett område uppfört 2010 ansetts mer attraktivt än ett område uppfört 1974. Uppvärmningskostnaderna för den äldre betongväggen är ungefär fyra gånger så stora som för väggen uppförd idag. Skillnaden i U-värde gör att huset bedöms som normalisolerat, vilket i sin tur ger en högre gränstemperatur vid gradtimmeberäkningen. Eftersom väggen uppförd idag innehåller mer isolering blir den tjockare. Detta skulle vid bedömning av punkten 2.1.1 Väggtjocklek i modellen gett en reduktion av hyresintäkterna.

Bostadsbyggande är en mycket komplex sektor som skiljer sig från andra delar av byggbranschen. I stor utsträckning har bostadsbyggandet styrts av politiska beslut som haft till syfte att öka lägenhetsproduktionen och skydda mot konjunktursvängar. Detta har förändrats de senaste 20 åren då bostadsbyggandet har avreglerats. Normer från myndigheter har styrt parametrarnas utveckling. Framförallt inom området energi kan en tydlig utveckling ses, där allt strängare krav drivit utvecklingen mot mer och mer energieffektiva väggar.

Fram till miljonprogrammet gick bostadsbyggandet mot mer industrialiserade tekniker, för att sedan gå tillbaka till mindre projekt och mer individuella lösningar. Idag har industrialiserade lösningar åter börjat användas. Samtidigt blir byggnadsmaterialens och produktionens påverkan på miljön allt viktigare. Utmaningen ligger i att hitta lösningar som inte bara har låg investeringskostnad och kort produktionstid, utan även är energisnåla, robusta och attraktiva för de boende.

Syftet med studien var att ta fram en metod för att utifrån olika aspekter värdera effektivitet hos ytterväggar i flerbostadshus. Modellen utgör ett förslag på en sådan metod och vår förhoppning är att den ska bli användbar för Bygginnovationens fortsatta forskning.

8. Förslag på fortsatta studier

Här redovisas förslag på fortsatta studier inom ämnet effektivitetsmått och hur detta examensarbete skulle kunna byggas på.

Modellen, som framarbetats, är ett bra förslag på en metod för effektivitetsmätning. Den behöver emellertid utvecklas för att bli ett användbart verktyg. För att branschen skall kunna använda modellen behöver den kompletteras med information om de parametrar som inte berörts i examensarbetet samt anpassas till andra byggdelar än ytterväggar.

Samtidigt som modellen utvecklas till att fungera för en komplett byggnad skulle det vara intressant att förutom kostnader se på de intäkter byggnaden genererar, exempelvis hyror och lokal energiproduktion (solfångare etcetera).

Vid vidareutveckling av modellen bör samtliga parametrar mätas i samma enhet för att vara helt jämförbara. Detta gäller robusthet och mjuka parametrar som innemiljö.

En intressant fråga som på grund av tidsbrist inte behandlats i detta examensarbete är att jämföra ritbord med verkligheten. På så sätt kan det utredas om mer planering ger effektivare byggproduktion.

9. Begreppsförklaring

Nedan förklaras olika begrepp som förekommer i examensarbetet.

A_{temp} – Den golvarea i temperaturreglerade utrymmen som är avsedd att värmas till mer än 10˚C och som är begränsad av klimatskärmens insida, det vill säga hela våningsplanens area.

Bokhyllesystem – Tvärgående bärande innerväggar.

BPI – Byggnadsprisindex. Anger prisutvecklingen inom byggbranschen.

BTA – Total byggd area.

Byggkostnad – Pris för byggande av huskroppar exkl. anslutningsavgifter, mark etc.

Byggnadselement – Förtillverkad enhet som ensam eller flera tillsammans bildar byggnadsdelar.

CEN – Comité Européen de Normalisation, den europeiska standardiseringsorganisationen.

Eternitskiva – Varumärkesnamn för en typ av asbestcementskiva.

Exploateringsområde – Nybyggnad på mark som inte tidigare använts till bostadsmark.

Faktorprisindex – Mäter prisutveckling för de produktionsfaktorer som används i byggbranschen.

Funktionalism – Stilriktning inom arkitekturen som började på 1930-talet. Låter byggandet uttrycka sin funktion och konstruktion utan traditionella utsmyckningar.

Graddag – Dygnsmedeltemperaturens avvikelse från en referenstemperatur.

Hjärtvägg – Bärande solid vägg av tegel eller betong i husets längdriktning.

HSB – Hyresgästernas Sparkasse- och Bostadsförbund.

Industriellt byggande – Att genom upprepning och samordning samt fabrikstillverkning av byggnadsmaterial och byggnadsdelar effektivisera byggproduktionen.

ISO – International Standardisation Organisation. Världsomspännande standardiseringsorganisation.

Internitskiva – Varumärkesnamn för en typ av asbestcellulosacementskiva.

Kalkcementbruk – (KC-bruk) blandning som innehåller ett bindemedel av cement och kalk, samt också vatten och sand. Används vid murning och putsning.

Kalkylränta – Den räntesats som uttrycker avkastningskravet på det investerade kapitalet.

KPI – Konsumentprisindex. Anger prisutveckling i Sverige.

Köldbrygga – Del av byggnadsdel med sämre värmeisoleringsförmåga.

Lamellhus – Friliggande längor av hus med två eller flera våningar över mark och minst två trapphus.

LCA – Livscykelanalys, en metod för att åstadkomma en helhetsbild av en byggnads totala miljöpåverkan under hela dess livslängd.

LCC – Livscykelkostnad, den totala kostnaden för en byggnad under hela dess livslängd.

Modulprojektering – Samordnad måttstandardisering så att generellt användbara byggelement kan tillverkas industriellt och sammanbyggas med andra byggelement med minsta möjliga inpassningsarbete och materialspill (Jacobsson, 1965).

Nominell – Innebär att kompensation för inflationen görs.

OPEC – Organization of Petroleum Exporting Countries, är en organisation som består av Algeriet, Angola, Ecuador, Iran, Irak, Kuwait, Libyen, Nigeria, Qatar,

Saudiarabien, Förenade Arabemiraten, och Venezuela. Syftet med organisationen är att internationellt hålla oljepriset stabil.

Planeringsskedet – Inledningsskedet i byggprocessen där det bestäms var, när och hur de tillgängliga resurserna skall användas.

Produktivitet – Förhållande mellan faktorprisindex och byggnadsprisindex.

Punkthus – Fristående hus med flera våningar över mark och med centralt beläget trapphus.

Real – Innebär att beräkning görs utan hänsyn till inflationen.

Räntebidrag – Statlig bostadsbyggnadssubvention (n.e.)

SABO – Sveriges Allmännyttiga Bostadsföretag, de allmännyttiga bostadsföretagens intresseförening.

Sadeltak – Yttertak som består av två mot varandra lutande takfall.

Sandwichelement – Förtillverkade byggelement bestående av två betongskivor med mellanliggande isolering.

Saneringsområde – Område som tidigare använts som industriområde, men där byggnaderna rivits och nu bebyggs med bland annat bostäder.

SIS – Swedish Standards Institute. Fristående ideell förening med medlemmar från privat och offentlig sektor. Driver svenska standardiseringsarbetet.

Skivhus – Som ett lamellhus, men med fler våningar. Ofta upp mot 8-9 våningar.

Slätputs – Många olika utföranden, endast finkornig ballast. Utförs med helt slät yta.

Smalhus – Har ljusa trapphus och varje våningsplan har endast två genomgående lägenheter. Lägenheterna är ofta små, men har bra planlösning.

Souterräng – Våning helt eller delvis belägen under mark.

Spritputs – Kalkbaserad ytputs med grov struktur, max kornstorlek 6-8 mm. Används på putsade underlag av KC-typ.

Tjockhus – Har mörka trapphus och varje våningsplan har många ensidiga lägenheter. Vilka är orienterade i nord-sydlig riktning.

Tjockputs – Puts med oorganiskt bindemedel som byggs i två skikt; grundning/grovputs och ytputs. Tjockleken ligger kring cirka 15 mm, där varje skikt är ca 8 mm.

Totalentreprenad – Den organisationsform där byggmästaren/entreprenören åtar sig både projektering och byggande.

Trespännare – Benämning på planlösningen i ett flerbostadshus, där varje trapphus har tre lägenheter per våningsplan.

Tunnputs – Tunnputs kan göras med en 4-9mm tjock slamning av KC-bruk utan tillsatser alternativt med oorganiska eller organiska bindemedel och tillsatser för vattenavvisning. Tunnputs kan också utföras som ett 5-12 mm skikt med organiskt bindemedel och armering av glasfiberväv på cellplast.

Utfackningsvägg – Icke bärande vägg som i princip endast behöver klara egentyngd och vindbelastning.

10. Källor

Nedan redogörs det för vilka källor som använts i examensarbetet.

Internet

Byggindustrin, (2008) http://www.byggindustrin.com/nyheter/kraftig-prisokning-for-nybyggda-bostadsr__5679, hämtat: 2010-07-06, klockan 13:00

Betongvaruindustrin, (2010) http://www.betongvaruindustrin.se/sv/Bygga-med-prefab/?Chapter=148 hämtat: 2010-07-20, klockan: 10:00

DI – Dagens Industri, (2008) http://di.se/Default.aspx?pid=51725__ArticlePageProvider, hämtat: 2010-07-06, klockan 13:00

Martinsons1, (2010) http://martinsons.se/montage-entreprenad/bostader hämtat 2010-06-15 klockan 14:00

Martinsons2, (2010) http://martinsons.se/byggdelar hämtat 2010-06-15 klockan 14:00

NCC, (2009) http://www.ncc.se/sv/Projekt-och-koncept/Passivhus/, hämtat 14:00 2010-06-15

NCC, (2007) http://www.ncc.se/sv/OM-NCC/Press-och-media/Arkiv/NCC-avslutar-utvecklingsprojektet-NCC-Komplett/,hämtat 2010-06-15 klockan 14:00

NE – Nationalencyklopedin, (2010) http://www.ne.se/effektivitet, hämtat: 2010-04-31 klockan 10.00

NE – Nationalencyklopedin, (2010) http://www.ne.se/oljekris, hämtat: 2010-07-22 klockan 13.00

Passivhuscentrum, (2010) http://www.passivhuscentrum.se/passivhus.html, hämtat: 2010-07-19 klockan 12:00

Riksbanken, (2010) http://www.riksbank.se/templates/Page.aspx?id=8912, hämtat: 2010-07-06, klockan 13:00

Regeringskansliet, (2008) http://www.regeringen.se/sb/d/10045/a/112831, hämtat: 2010-07-06, klockan 13:00

SIS, (2010)
http://www.sis.se/DesktopDefault.aspx?tabId=21&menuItemID=6736 , hämtat: 2010-05-28 klockan 10.00

SMHI – Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut,(2010)
http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.3973 , hämtat 2010-06-10 klockan 13:00

Sto 1, (2010) *Tekniskt faktablad StoLevell Classic,* http://sto.se/42127_SE-Katalog-Produkt.htm?prodId=PRODSE_0396, hämtat; 2010-07-14 klockan 09:00

Sto 2, (2010) *Tekniskt faktablad StoSilco K,* http://sto.se/42127_SE-Katalog-Produkt.htm?prodId=PRODSE_0491, hämtat; 2010-07-14 klockan 09:00

Sto 3, (2010) *Tekniskt faktablad StoLotusan,* http://sto.se/42127_SE-Katalog-Produkt.htm?prodId=PRODSE_0069, hämtat; 2010-07-14 klockan 09:00

Sto 4, (2010) *Säkerhetsdatablad StoVentec fasadskiva,* http://sto.se/42127_SE-Katalog-Produkt.htm?prodId=PRODSE_0500, hämtat; 2010-07-14 klockan 09:00

Stockholm,(2008) http://www.stockholm.se/OmStockholm/Forvaltningar-och-bolag/Stadsdelsforvaltningar/hasselby-vallingby/Historik/, hämtat; 2010-07-12 klockan 16:00

Stockholmskällan, (2010)
http://www.stockholmskallan.se/index.php?sokning=4&infoorder=48&alt=23, hämtat 2010-07-23 12:00

Tryckta källor

Backman, Jarl, (1998) *Rapporter och uppsatser,* Lund, Studentlitteratur AB, 1998

Birgersson, Bengt-Owe, (2008) *Bostaden en grundbult i välfärden, en förstudie om levnadsvillkor och boende*, Hyresgästföreningen, Stockholm 2008

Boverket, (2002) *Bostadsbyggande och byggkostnader åren 1960 till 1999.* Boverket, januari 2002. Tryck: Q-press. ISBN: 91-7147-705-5

Boverket, (2007) *Bostadspolitiken – Svensk politik för boende, byggande och planering under 130 år,* augusti 2007. Tryck: Boverket internt, ISBN: 978-91-85751-44-0

Boverket,(2008) *Regelsamling för byggande, BBR 2008*, Karlskrona, Boverket, 2008, Tryck: Edita Västra Aros AB, ISBN: 978-91-86045-03-6

Boverket, (2009) *Regelsamling för byggande, BBR 2008 – Supplement februari 2009, 9 Energihushållning,* Boverket, Karlskrona, februari 2009, Tryck: NRS Tryckeri AB, ISBN: 978-91-86045-65-4

Bröchner, Jan, (2010) *Effektivitetsmått*. Intern arbetshandling Bygginnovationen 2010-05-31.

Burström, Per Gunnar, (2003) *Byggnadsmaterial – uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*, Studentlitteratur, 2006, Tryck: Per Gunnar Burström och Studentlitteratur, Lund, ISBN: 91-44-01176-8

Björk, Cecilia, Kallstenius, Per, Reppen, Laila, (2002) *Så byggdes husen 1880-2000 – Arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus*, Forskningsrådet Formas, Tryck: Tryck Edita Västerås 2008, ISBN: 91-540-5888-0

Björk, Cecilia, Nordling, Lars, Reppen, Laila, (2008) *Så byggdes staden – stadsbyggnaden, arkitekturen, husbyggnad,* Svensk byggtjäst, Tryck: Fälth & Hässler, Värnamo 2008, ISBN: 978-91-7333-282-8

Ekström, Anders, Hellquist, Thomas, Reepalu, Ilmar, m.fl., (2007)*Byggskiften, om byggandet igår idag imorgon*, Södra Sveriges Byggnadstekniska Samfund SSBS, Malmö, 2007, Tryck: Holmbergs, ISBN: 978-91-633-1659-3

Elmarsson, Bengt, Nevander, Lars Erik, (2007) *Fukthandbok – praktik och teori*, AB Svensk Byggtjänst och författarna 1994, Tryck: Elanders Infologistics Väst AB, Mölnlycke 2007, ISBN: 91-7333-156-2, 978-7333-156-2

Energimyndigheten, (2008) *Långsiktsprognos2010,* ER 2009:14, Copyright: Statens energimyndighet, ISSN 1403-1892

Energimyndigheten, (2010) *Kortsiktig prognos - Våren 2010,* ER 2010:13, Copyright: Statens energimyndighet, ISSN 1403-1892

Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån, (2005) *Sverige Officiella Statistik Statistiska meddelanden – Energistatistik för flerbostadshus 2005,* ISSN: 1404-5869

Hansson, Bengt, Olander, Stefan, Persson, Mats, (2008) *Kalkylering vid bygg – och fastighetsutveckling*

Hyll, Henrik, Lessing, Jerker, (2003) *Industrialisering av bostadsbyggandet under 1900-talet*, Avdelningen för Teknisk logistik, LTH samt Avdelningen för Byggnadskonstruktion, LTH Campus Helsingborg, 2003

Jacobsson, Mejse, (1965) *Byggandets industrialisering*, Byggindustrins förlag, Stockholm, 1965, Tryck: Egnellska Boktryckeriet

Jensen, Lars, Warfvinge, Catarina, (2001)*Värmebehovsberäkning – Kursmaterial Installationsteknik FK*, rev 2001-02-08

NCC, (2006) *NCC komplett – Ett tekniksprång för bättre bostäder*, Informationsbroschyr om NCC komplett

Nordstrand, Uno, (2003) *Byggprocessen,* Liber AB, Stockholm, 2003, Tryck: Elanders Gummessons, Falköping 2004, ISBN: 91-47-01169-6

Repab AB, (2008) *Underhållskostnader 2008 – Mark, Bygg, Målerier och Installationer,* Repab AB, Mölndal, 2008, Tryck: Livrena AB, Kungälv, 2008, ISSN: 1404-6377

Reppen, L, Vidén, S, (2006) *Att underhålla bostadsdrömmen,* Formas, Stockholm

Sandin, Kenneth, (2004) *Praktiskt husbyggnadsteknik*, KFS Förlag, Lund, 2004, Tryck: KFS, ISBN: 91-8855830-4

Skanska PM 1, (2009) *Tänk efter före – Vägg alla byggnader bärande med tegelfasad*, VAB12

Skanska PM 2, (2009) *Tänk efter före – Vägg alla byggnader bärande med yttre betongskiva*, VAB20

Skanska PM 3, (2009) *Tänk efter före – Vägg alla byggnader utfackning med puts på skiva*, VAU14

Skanska PM energi, (2010) *Energi PM*

Statens Planverk, (1980) *SBN 1980,* Libris Förlag /Allmänna förlaget, Stockholm, 1980, ISBN: 91-38-05209-1

Svensk Byggtjänst, (2009) *Renoveringshandboken för hus byggda 1950-1975,* Svensk Byggtjänst, Stockholm, 2009,Tryck: Wallén Grafiska AB, ISBN: 978-91-976619-3-5

Svensk Byggtjänst, (2005) Handboken *Rätt murat och putsat,* SPEF – Svensk Murnings och Putsentreprenörsförening, Stockholm, Tryck: Carlshamns Tryck & Media AB, 2005, ISBN: 91-7333-126-0

Wikells, (1974) *Wikells sektionsfakta – NYB 7475, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 1974, Tryck: Tabergs Boktryckeri AB, Taberg

Wikells, (1980) *Wikells sektionsfakta – NYB 8081, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 1980, Tryck: Snabbkopia KB, Kalmar

Wikells, (1986) *Wikells sektionsfakta – NYB 8687, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 1986, Tryck: Lenanders Tryckeri AB, Kalmar

Wikells, (1990) *Wikells sektionsfakta – NYB 9091, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 1990, Tryck: Lenanders Tryckeri AB, Kalmar

Wikells, (1996) *Wikells sektionsfakta – NYB 9697, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 1996, Tryck: Svenskt Tryck, Surte

Wikells, (2000) *Wikells sektionsfakta – NYB 0001, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 2000, Tryck: Elanders Svenskt Tryck, Surte

Wikells, (2004) *Wikells sektionsfakta – NYB 0405, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 2004, Tryck: Infologistics Väst AB, Mölnlycke

Wikells, (2010) *Wikells sektionsfakta – NYB 1011, Teknisk-ekonomisk sammanställning av byggdelar,* Wikells byggberäkningar AB, Växjö, 2010, Tryck: Elanders i Mölnlycke

Intervjuer

Kajsa Flodberg, NCC teknik i Malmö, 2010-06-22

Lars Jensen, Installationsteknik LTH, 2010-06-22

Lars Damstedt, Skanska Stomsystem i Lund, 2010-06-28

Peter Svenmar, Skanska Stomsystem i Lund, 2010-06-28

Mejlkonversation

Kent Hankvist, samordningsansvarig på Sto Scandinavia AB, 2010-09-01

Föredrag

Öberg, Svante,(2006)Föredrag: 2006-03-21, Föredrag på Stockholms Universitet, *Sverige – en låginflationsekonomi,* http://www.riksbank.se/templates/Page.aspx?id=20974

Bilaga 1 - Intervjuer

Under en intervju, den 22 juni 2010, med Kajsa Flodberg, anställd på NCC Teknik samt industridoktorand vid LTH, framkom följande punkter:

- Viktiga faktorer som påverkar en byggnads energieffektivitet är transmissionsförluster, täthet, köldbryggor samt värmekapacitet.

- Gradtimmemetoden är en bra metod för att snabbt få en ungefärlig uppfattning av byggnadens energianvändning. Vid noggrannare beräkningar används datorprogram som även tar hänsyn till andra faktorer, bland annat solinstrålning.

- Det är viktigt att redogöra för vilka köldbryggor som tagits hänsyn till i beräkningen av U-värdet.

- Problem med täthet och köldbryggor uppkommer främst vid anslutningar mellan byggdelar. Väggens utformning kan påverka hur lätt det är att utföra anslutningen.

- Betong ger en tät konstruktion. För prefabricerade betongelement uppstår täthetsproblem endast vid fogarna. För regelväggar är skarvar i plastfolien den svaga punkten. I äldre hus kan skarvarna vara utformade med endast överlappande plast, vilket ger dålig täthet. Skarvar fästa med överliggande regel och allra helst tejpade skarvar gör väggen tät.

- Då tätningen för regelväggar är mer komplicerad och tar längre tid att utföra blir kostnaden för att få en regelvägg tät högre.

- För att ta hänsyn till värmetrögheten kan en tidskonstant tas fram, varefter huset kan klassat som lätt, medel eller tung konstruktion. Om konstruktionen är tung kan man räkna på ett lägre antal gradtimmar. Vid beräkning av tidskonstanten skall hänsyn endast tas till det material som finns innanför klimatskalet.

En intervju genomfördes också med Lars Jensen, den 22 juni 2010, professor i installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Då framkom följande:

- Idag används både ventilationssystem av typen F-system och FT-system. Vid FT-ventilationssystem är mycket känsliga för otätheter och ställer därför höga krav på täta konstruktioner.

- Läckage sker längs kontaktlinjen mellan ytterväggselementen och längs fönsterkarmarna, varför läckage skulle kunna beräknas genom att räkna på längden skarv per elementarea.

- Om håltagning i plastfolien för elinstallationer behöver göras bidrar detta till ökat läckage.

- Värmetröghet har låg betydelse för fasaden, det är framför allt bjälklag och innerväggar som avgör byggnadens värmetröghet.

- För äldre byggnader är 17 ˚C en lämplig gränstemperatur för gradtimmeberäkningen. För nya, välisolerade och täta, byggnader är 11 ˚C en mer realistisk gränstemperatur. För en noggrann beräkning bör dock gränstemperaturen beräknas individuellt för varje byggnad. För att undersöka gränstemperaturens betydelse kan olika temperaturer användas i modellen.

Intervjuer genomfördes också med Peter Svenmar, som arbetar med teknik centralt på Skanska Stomsystem, och Lars Damstedt, som arbetar med projektsäljning och stomlösningar på Skanska Stomsystem. Intervjun genomfördes den 28 juni 2010. Då framkom följande punkter:

- Det är svårt att avgöra skillnaden i tidsåtgång för projekteringen mellan olika ytterväggstyper eftersom att arkitektens gestaltning är individuell för varje projekt. Detta beroende på att det är utifrån arkitektens handlingar som husets vägg (skiva, isolering och ytskikt) utformas.

- De hus som byggs inom Skanskas ”Moderna hus”-koncept med sandwichelementväggar erhåller täthet genom att innerskivorna gjuts ihop på plats. Detta ger också en fuktsäker konstruktion. En grov uppskattning på tätheten är oftast 0,2-0,3 l/s, m^2. Läckagets storlek

beror till stor del på fönstermontaget. Sandwichelementväggar är en av de tätaste konstruktionstyperna och kan likställas vid en platsgjuten konstruktion.

- Inget material i elementet är fuktkänsligt. Det är istället inredningen som kan vara fuktkänslig och därför är det inte bra om betongen är blöt då exempelvis köksinredning monteras. Skanskas elementväggar är fuktsäkra eftersom en hög betongkvalitet används vilket gör att betongen torkar snabbt. En måsvinge sätts på plats vid montering av elementen vilket bidrar till att ingen fukt adderas. Elementbyggda byggnader kan uppföras mycket snabbt vilket ger låg möjlig regnmängd som huset exponeras för och kortare uttorkningstid.

- Värmetröghet har större betydelse för termisk komfort och innemiljö än för energianvändningen. Vid byggnation av kontor kan värmetröghet bidra till minskade kylinsatser.

- Vid beräkning av U-värde är det främst balkonger, bjälklag och fönster som ger upphov till köldbryggor.

- För att en jämförelse mellan olika ytterväggar skall vara intressant måste den bärande konstruktionen tas i beaktning. Annars blir jämförelsen missvisande.

- Det kan vara svårt att göra en jämförelse på detaljnivå mellan olika väggtyper eftersom det är lätt att glömma någon post. En del av projekteringskostnaden kan exempelvis vara inbakad i formkostnaden för platsgjutna konstruktioner.

- För sandwichelement minskar projekteringskostnaden för elementen ju fler gånger de används i byggnaden. Detta eftersom samma tillverkningsritning då kan användas flera gånger, vilket är en av tankarna bakom konceptet ”Moderna hus”.

Bilaga 2.1 – Sammanställning, stålregel

Sammanställning effektivitsmått

Testad vägg:	Stålregelvägg med ventilerad puts					Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad		Resultat	Referens
OUTPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Poäng	Poäng
2.1.1 Väggtjocklek			m	-	kr/m,år	-	-	-	-	-	-
2.1.2 Energieffektivitet	U-värde	0,24	W/m^2°C	33,46	kr*°C/W*år	7,93	178,53	5,82	131,07	-	-
	Otäthetsfaktor	0,30	l/m^{2}s	43,50	kr*s/år*l	13,05	293,79	6,52	146,89	-	-
2.1.3 Underhållsbehov	Omputsning 25 %	230,00	kr/m^2	30,00	år (intervall)	7,67	156,14	5,75	22,36	-	-
	2 ggr strykning	89,00	kr/m^2	10,00	år (intervall)	8,90				-	
2.1.4 Avbrottseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.5 Risker				-		-	-	-	-	-	-
2.1.6 Innemiljö				-		-	-	-	-	-	-
2.1.7 Arkitektonisk kvalitet				-		-	-	-	-	-	-
2.1.8 Samhällseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.9 Robusthet	Utvändig robusthet	3,00	poäng	-		-	-	-	-	3,00	5,00
	Invändig robusthet	3,00	poäng	-		-	-	-	-	3,00	5,00
	Fuktsäkerhet	4,00	poäng	-		-	-	-	-	4,00	5,00
2.1.10 Övriga outputeffekter				-		-	-	-	-	-	-
Drift- och underhållskostnad						**37,55**	**628,46**	**18,10**	**300,33**	**10,00**	**15,00**

						Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad			
INPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2		
2.2.1 Arbetstid	På fabrik	0,00	tim/m^2	299,25	kr/h	-	0,00	-	0,00		
	På byggarbetsplats	2,22	tim/m^2	299,25	kr/h	-	664,34	-	1059,35		
2.2.2 Material	Kostnad material	1271,26	kr/m^2	1,00	-	-	1271,26	-	1225,09		
2.2.3 Energi & Etableringskostnader	Energi	42,74	kr/m^2	1,00	-	-	42,74	-	68,15		
	Arbetsledning	126,26	kr/m^2	1,00	-	-	126,26	-	201,34		
	Maskintjänster	124,32	kr/m^2	1,00	-	-	124,32	-	198,24		
	Material	62,16	kr/m^2	1,00	-	-	62,16	-	99,12		
	Övrigt	347,71	kr/m^2	1,00	-	-	347,71	-	554,45		
2.2.4 Tjänster						-	-	-	-		
2.2.5 Miljöeffekter (ej energi)						-	-	-	-		
Investeringskostnad						-	**2638,78**	**-**	**3405,73**		
LCC							**3267**		**3706**		

Bilaga 2.2 – Sammanställning, sandwichelement

Sammanställning effektivitsmått

Testad vägg:	Sandwichelementvägg, 200 mm cellplast						Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad		Resultat	Referens
OUTPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor		Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Poäng	Poäng
2.1.1 Väggtjocklek			m	-	kr/m,år		-	-	-	-	-	-
2.1.2 Energieffektivitet	U-värde	0,18	$W/m^2°C$	33,46	kr*°C/W*år		6,02	135,59	5,82	131,07	-	-
	Otäthetsfaktor	0,20	l/m^2s	43,50	kr*s/år*l		8,70	195,86	6,52	146,89	-	-
2.1.3 Underhållsbehov	Lagning 5 % av ytan	750,00	kr/m^2	20,00	år (intervall)		37,50	206,09	5,75	22,36	-	-
	2 ggr strykning	76,00	kr/m^2	20,00	år (intervall)		3,80					
2.1.4 Avbrottseffekter				-			-	-	-	-	-	-
2.1.5 Risker				-			-	-	-	-	-	-
2.1.6 Innemiljö				-			-	-	-	-	-	-
2.1.7 Arkitektonisk kvalitet				-			-	-	-	-	-	-
2.1.8 Samhällseffekter				-			-	-	-	-	-	-
	Utvändig robusthet	5,00	poäng	-			-	-	-	-	5,00	5,00
2.1.9 Robusthet	Invändig robusthet	5,00	poäng	-			-	-	-	-	5,00	5,00
	Fuktsäkerhet	4,00	poäng	-			-	-	-	-	4,00	5,00
2.1.10 Övriga outputeffekter				-			-	-	-	-	-	-
Drift- och underhållskostnad							**56,02**	**537,54**	**18,10**	**300,33**	**14,00**	**15,00**

						Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad			
INPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2		
2.2.1 Arbetstid	På fabrik	1,26	tim/m^2	299,25	kr/h	-	377,06	-	0,00		
	På byggarbetsplats	0,69	tim/m^2	299,25	kr/h	-	206,48	-	1059,35		
2.2.2 Material	Kostnad material	1235,00	kr/m^2	1,00	-	-	1235,00	-	1225,09		
2.2.3 Energi & Etableringskostnader	Energi	13,28	kr/m^2	1,00	-	-	13,28	-	68,15		
	Arbetsledning	39,24	kr/m^2	1,00	-	-	39,24	-	201,34		
	Maskintjänster	38,64	kr/m^2	1,00	-	-	38,64	-	198,24		
	Material	19,32	kr/m^2	1,00	-	-	19,32	-	99,12		
	Övrigt	108,07	kr/m^2	1,00	-	-	108,07	-	554,45		
2.2.4 Tjänster						-	-	-	-		
2.2.5 Miljöeffekter (ej energi)						-	-	-	-		
Investeringskostnad						-	**2037,10**	-	**3405,73**		
LCC						-	**2575**	-	**3706**		

Sammanställning effektivitsmått

Testad vägg:	Träregelvägg med puts på cellplast utan luftspalt					Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad		Resultat	Referens
OUTPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Poäng	Poäng
2.1.1 Väggtjocklek			m	-	kr/m,år	-	-	-	-	-	-
2.1.2 Energieffektivitet	U-värde	0,15	$W/m^{2\circ}C$	33,46	kr*°C/W*år	5,02	112,99	5,82	131,07	-	-
	Otäthetsfaktor	0,30	l/m^2s	43,50	kr*s/år*l	13,05	293,79	6,52	146,89	-	-
2.1.3 Underhållsbehov	Omputsning 100 %	750,00	kr/m^2	30,00	år (intervall)	25,00	262,44	5,75	22,36	-	-
	2 ggr strykning	89,00	kr/m^2	10,00	år (intervall)	8,90				-	
2.1.4 Avbrottseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.5 Risker				-		-	-	-	-	-	-
2.1.6 Innemiljö				-		-	-	-	-	-	-
2.1.7 Arkitektonisk kvalitet				-		-	-	-	-	-	-
2.1.8 Samhällseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.9 Robusthet	Utvändig robusthet	1,00	poäng	-		-	-	-	-	1,00	5,00
	Invändig robusthet	3,00	poäng	-		-	-	-	-	3,00	5,00
	Fuktsäkerhet	1,00	poäng	-		-	-	-	-	1,00	5,00
2.1.10 Övriga outputeffekter				-		-	-	-	-	-	-
Drift- och underhållskostnad						**51,97**	**669,22**	**18,10**	**300,33**	**5,00**	**15,00**

						Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad			
INPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2		
2.2.1 Arbetstid	På fabrik	0,00	tim/m^2	299,25	kr/h	-	0,00	-	0,00		
	På byggarbetsplats	2,01	tim/m^2	299,25	kr/h	-	601,49	-	1059,35		
2.2.2 Material	Kostnad material	983,20	kr/m^2	1,00	-	-	983,20	-	1225,09		
2.2.3 Energi & Etablerings-kostnader	Energi	38,69	kr/m^2	1,00	-	-	38,69	-	68,15		
	Arbetsledning	114,32	kr/m^2	1,00	-	-	114,32	-	201,34		
	Maskintjänster	112,56	kr/m^2	1,00	-	-	112,56	-	198,24		
	Material	56,28	kr/m^2	1,00	-	-	56,28	-	99,12		
	Övrigt	314,82	kr/m^2	1,00	-	-	314,82	-	554,45		
2.2.4 Tjänster						-	-	-	-		
2.2.5 Miljöeffekter (ej energi)						-	-	-	-		
Investeringskostnad						-	**2221,36**	-	**3405,73**		
LCC							**2891**		**3706**		

Bilaga 2.4 – Sammanställning, äldre tegelvägg

Sammanställning effektivitsmått

Testad vägg:	Betongvägg med tegelfasad, 70 mm mu					Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad		Resultat	Referens
OUTPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Poäng	Poäng
2.1.1 Väggtjocklek			m	-	kr/m,år	-	-	-	-	-	-
2.1.2 Energieffektivitet	U-värde	0,60	$W/m^2°C$	60,95	kr*°C/W*år	36,57	823,32	5,82	131,07	-	-
	Otäthetsfaktor	0,15	l/m^2s	79,23	kr*s/år*l	11,89	267,58	6,52	146,89	-	-
2.1.3 Underhållsbehov	Renovering exkl fönster och dörrar	230,00	kr/m^2	40,00	år (intervall)	5,75	22,36	5,75	22,36	-	-
2.1.4 Avbrottseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.5 Risker				-		-	-	-	-	-	-
2.1.6 Innemiljö				-		-	-	-	-	-	-
2.1.7 Arkitektonisk kvalitet				-		-	-	-	-	-	-
2.1.8 Samhällseffekter				-		-	-	-	-	-	-
2.1.9 Robusthet	Utvändig robusthet	3,00	poäng	-		-	-	-	-	3,00	5,00
	Invändig robusthet	3,00	poäng	-		-	-	-	-	3,00	5,00
	Fuktsäkerhet	4,00	poäng	-		-	-	-	-	4,00	5,00
2.1.10 Övriga outputeffekter						-	-	-	-	-	-
Drift- och underhållskostnad						**54,21**	**1113,25**	**18,10**	**300,33**	**10,00**	**15,00**

						Resultat - testad vägg		Referens - betongvägg med tegelfasad		
INPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr.-faktor	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	Årskostnad kr/m2,år	Nuvärdeskostnad kr/m2	
2.2.1 Arbetstid	På fabrik	0,00	tim/m^2	164,40	kr/h	-	0,00	-	0,00	
	På byggarbetsplats	3,05	tim/m^2	164,40	kr/h	-	501,42	-	1059,35	
2.2.2 Material	Kostnad material	882,83	kr/m^2	1,00	-	-	882,83	-	1225,09	
2.2.3 Energi & Etableringskostnader	Energi	53,38	kr/m^2	1,00	-	-	53,38	-	68,15	
	Arbetsledning	74,73	kr/m^2	1,00	-	-	74,73	-	201,34	
	Maskintjänster	80,06	kr/m^2	1,00	-	-	80,06	-	198,24	
	Material	0,00	kr/m^2	1,00	-	-	0,00	-	99,12	
	Övrigt	181,48	kr/m^2	1,00	-	-	181,48	-	554,45	
2.2.4 Tjänster						-	-	-	-	
2.2.5 Miljöeffekter (ej energi)						-	-	-	-	
Investeringskostnad						-	**1773,89**	-	**3405,73**	
LCC							**2887**		**3706**	

Bilaga 3 - Användarinstruktioner och förutsättningar

Användarinstruktioner

Här finns instruktioner för var uppgifter skall matas in.

Fliken Referensvägg behöver aldrig ändras. Om referensväggen skall ändras, bygg i sådana fall upp en helt ny flik.

INPUT	
2.1.1 Väggtjocklek - behandlas ej	**2.1.8 Samhällseffekter - behandlas ej**
Reduktion av nyttig area.	Tillgänglighetskrav.
2.1.2 Energieffektivitet	**2.1.9 Robusthet**
U-värde och otäthetsfaktor skrivs in i fliken Sammanställning.	Med robusthet avses invändig robusthet, utvändig robusthet samt fuktsäkerhet.
Energipris, energiprisutveckling och gradtimmeberäkning kan ändras nedan i denna flik.	Dessa parametrar poängbedöms under fliken Robusthet.
Beräkningarna sker automatiskt.	**2.1.11 Övriga outputeffekter - behandlas ej**
2.1.3 Underhållsbehov	Förutsättningar för rivning och återanvändning av materialen.
Kostnader för underhåll samt med vilket intervall det skall ske skrivs in under fliken Sammanställning.	
Nuvärdeskostnaden för underhållet under hela livslängden beräknas under fliken Underhållsbehov	**OUTPUT**
2.1.4 Avbrottskostnader - behandlas ej	**2.2.1 Arbetstid**
Byggherrrar kan tänkas betala mer för metoder som minskar risken för störningar på annan verksamhet.	Arbetstidsåtgången skrivs in under fliken 2.2.1 Arbetstid, 2.2.2 Material
2.1.5 Risker - behandlas ej	**2.2.2 Material**
Reduktion av risk under byggtiden - byggherrar kan tänkas betala mer för säkrare produktionssätt.	Materialåtgången skrivs in under fliken Arbetstid, Material, Etablering.
Brandklass	**2.2.3 Energi och etableringsomkostnader**
Risk för radon.	Beräknas under fliken 2.2.1 Arbetstid, 2.2.2 Material.
2.1.6 Innemiljö - behandlas ej	Energianvändning kan i ett senare skede delas in i tillverkning, transport, byggplats.
Komfort för användare - termiskt klimat, ljus- och ljudmiljö, luftkvalitet.	**2.2.4 Köpta tjänster - behandlas ej**
	Kostnader för: konstruktörer, arkitekter, planering, anbud, administration osv.
Flexibilitet - möjlighet till ommöblering.	**2.2.5 Miljöeffekter förutom energianvändning - behandlas ej**
2.1.7 Arkitektonisk kvalitet - behandlas ej	Behandlas ej.
Brukare kan tänkas betala mer för en attraktivare utformning. God miljö ger ökad trivsel och livskvalitet.	

Förutsättningar

Här väljs de förutsättningar som beräkningarna baseras på.

Livslängd - alla nuvärdesberäkningar är utförda utifrån en beräknad livslängd på **60** år.				
För att genomföra beräkningar med annan livslängd - ändra formeln som använts för summa nuvärde under Energieffektivitet, Underhållsbehov samt Referensvägg.				
Kalkylränta - real kalkylränta tillämpas.				
Kalkylränta (real)	Låg	5%	%	Resultatet för medelhög kalkylränta redovisas i sammanställningen.
	Medel	6%	%	För att se resultat för de andra alternativen - se respektive flik
	Hög	7%	%	
Energipris				
Det antas att byggnaden värms med fjärrvärme.				
Fjärrvärmepris, år 1		737,00	SEK/MWh	
Energiprisutveckling	Låg	1%	%	Resultat för medelhög energiprisutveckling redovisas i sammanställningen.
	Medel	2%	%	
	Hög	4%	%	För att se resultat för de andra alternativen - se respektive flik
Gradtimmeberäkning				
Alla nybyggda väggar betraktas som välisolerade, dvs. gradtimmeberäkningen har utförts på gränstemperaturen 11 ˚C.				
För att testa väggen för ett annat gradtimmetal, ändra i raden "Välisolerat"				
För normalisolerade byggnader räknas antalet gradtimmar på 17 ˚C				
Antal gradtimmmar	Välisolerat (Tg= 11˚C)	45400,00	˚Ch/år	
	Normalisolerat (Tg= 17 ˚C)	82700,00	˚Ch/år	

Energieffektivitet

Användarinstruktioner

1. Under denna flik behöver inga värden skrivas in. Alla parametrar är länkade från fliken Sammanställning alternativt fliken Användarinstruktioner.
2. De mörka rutorna redovisas under fliken Sammanställning.
3. För att ändra den beräknade livslängden vid nuvärdesberäkningen - ändra alla rader med rubriken "Summa nuvärde"

Beräkning av omräkningsfaktor U-värde W/m2˚C--> kr/m2år	**Värde**	**Enhet**
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	45400,00	˚Ch/år
Mega	0,000001	MWs/kg˚C
Omräkningsfaktor	33,46	kr*˚C/W*år
Beräkning av omräkningsfaktor otäthetsfaktor l/m2,s --> kr/m2år		
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	45400,00	˚Ch/år
Luftens värmekapacitet	0,001	MWs/kg˚C
Luftens densitet	0,0013	kg/l
Omräkningsfaktor	43,50	kr*s/år*l

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2		Kalkylränta		
		Låg	Medel	Hög
Energiprisutveckling	Låg	473	396	339
	Medel	576	**472**	396
	Hög	916	714	572

Beräkning av energianvändning

NUVÄRDESBERÄKNING

Förutsättningar - ändra ej! Länkas från fliken Förutsättningar	Förutsättning	Värde	Enhet
U-värde		0,24	$W/m^2°C$
Otäthetsfaktor		0,30	l/m2,s
Kalkylränta (real)	Låg	5%	%
	Medel	6%	%
	Hög	7%	%
Fjärrvärmepris		737,00	SEK/MWh
Energiprisutveckling	Låg	1%	%
	Medel	2%	%
	Hög	4%	%
Antal gradtimmmar	Välisolerad byggnad	45400,00	°Ch/år
Korrektion för MW		0,000001	-
Luftens värmekapacitet		0,001000	MWs/kg°C
Luftens densitet		0,001300	kg/l
Uppvärmningskostnad år 1 - transmission		**7,9299726**	kr/m2
Uppvärmningskostnad år 1 - läckage		**13,049322**	kr/m2

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,01	8,09	8,17	8,25	8,33	8,42	8,50	14,26
Nuvärdesberäkning transmission	7,55	7,26	6,99	6,72	6,47	6,22	5,98	5,75	0,76
Summa nuvärde transmission	178,97								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,18	13,31	13,44	13,58	13,71	13,85	13,99	23,47
Nuvärdesberäknig läckage	12,43	11,95	11,50	11,06	10,64	10,23	9,84	9,47	1,26
Summa nuvärdesberäkning läckage	294,50								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,09	8,25	8,42	8,58	8,76	8,93	9,11	25,51
Nuvärdesberäkning transmission	7,55	7,34	7,13	6,92	6,73	6,53	6,35	6,17	1,37
Summa nuvärde transmission	217,90								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,31	13,58	13,85	14,13	14,41	14,70	14,99	41,98
Nuvärdesberäkning läckage	12,43	12,07	11,73	11,39	11,07	10,75	10,44	10,15	2,25
Summa nuvärde läckage	358,57								
Förutsättningar: Låg kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,25	8,58	8,92	9,28	9,65	10,03	10,44	80,21
Nuvärdesberäkning transmission	7,55	7,48	7,41	7,34	7,27	7,20	7,13	7,06	4,29
Summa nuvärde transmission	346,40								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,57	14,11	14,68	15,27	15,88	16,51	17,17	131,99
Nuvärdesberäknig läckage	12,43	12,31	12,19	12,08	11,96	11,85	11,73	11,62	7,07
Summa nuvärdesberäkning läckage	570,03								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,01	8,09	8,17	8,25	8,33	8,42	8,50	14,26
Nuvärdesberäkning transmission	7,48	7,13	6,79	6,47	6,17	5,88	5,60	5,33	0,43
Summa nuvärde transmission	149,87								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,18	13,31	13,44	13,58	13,71	13,85	13,99	23,47
Nuvärdesberäkning läckage	12,31	11,73	11,18	10,65	10,15	9,67	9,21	8,78	0,71
Summa nuvärde läckage	246,61								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,09	8,25	8,42	8,58	8,76	8,93	9,11	25,51
Nuvärdesberäkning transmission	7,48	7,20	6,93	6,67	6,41	6,17	5,94	5,72	0,77
Summa nuvärde transmission	178,53								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,31	13,58	13,85	14,13	14,41	14,70	14,99	41,98
Nuvärdesberäknig läckage	12,31	11,85	11,40	10,97	10,56	10,16	9,77	9,40	1,27
Summa nuvärdesberäkning läckage	293,79								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Medel kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,25	8,58	8,92	9,28	9,65	10,03	10,44	80,21
Nuvärdesberäkning transmission	7,48	7,34	7,20	7,07	6,93	6,80	6,67	6,55	2,43
Summa nuvärde transmission	270,06								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,57	14,11	14,68	15,27	15,88	16,51	17,17	131,99
Nuvärdesberäkning läckage	12,31	12,08	11,85	11,63	11,41	11,19	10,98	10,77	4,00
Summa nuvärde läckage	444,40								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,01	8,09	8,17	8,25	8,33	8,42	8,50	14,26
Nuvärdesberäkning transmission	7,41	7,00	6,60	6,23	5,88	5,55	5,24	4,95	0,25
Summa nuvärde transmission	128,02								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,18	13,31	13,44	13,58	13,71	13,85	13,99	23,47
Nuvärdesberäknig läckage	12,20	11,51	10,87	10,26	9,68	9,14	8,63	8,14	0,41
Summa nuvärdesberäkning läckage	210,67								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,09	8,25	8,42	8,58	8,76	8,93	9,11	25,51
Nuvärdesberäkning transmission	7,41	7,06	6,73	6,42	6,12	5,83	5,56	5,30	0,44
Summa nuvärde transmission	149,62								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,31	13,58	13,85	14,13	14,41	14,70	14,99	41,98
Nuvärdesberäkning läckage	12,20	11,63	11,08	10,56	10,07	9,60	9,15	8,72	0,72
Summa nuvärde läckage	246,21								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	7,93	8,25	8,58	8,92	9,28	9,65	10,03	10,44	80,21
Nuvärdesberäkning transmission	7,41	7,20	7,00	6,81	6,61	6,43	6,25	6,07	1,38
Summa nuvärde transmission	216,35								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,57	14,11	14,68	15,27	15,88	16,51	17,17	131,99
Nuvärdesberäknig läckage	12,20	11,85	11,52	11,20	10,88	10,58	10,28	9,99	2,28
Summa nuvärdesberäkning läckage	356,01								

Energieffektivitet

Användarinstruktioner

1. Under denna flik behöver inga värden skrivas in. Alla parametrar är länkade från fliken Sammanställning alternativt fliken Användarinstruktioner.
2. De mörka rutorna redovisas under fliken Sammanställning.
3. För att ändra den beräknade livslängden vid nuvärdesberäkningen - ändra alla rader med rubriken "Summa nuvärde"

Beräkning av omräkningsfaktor U-värde W/m2˚C--> kr/m2år	**Värde**	**Enhet**
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	45400,00	˚Ch/år
Mega	0,000001	MWs/kg˚C
Omräkningsfaktor	33,46	kr*˚C/W*år
Beräkning av omräkningsfaktor otäthetsfaktor l/m2,s --> kr/m2år		
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	45400,00	˚Ch/år
Luftens värmekapacitet	0,001	MWs/kg˚C
Luftens densitet	0,0013	kg/l
Omräkningsfaktor	43,50	kr*s/år*l

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2		Kalkylränta		
		Låg	Medel	Hög
Energiprisutveckling	Låg	332	278	238
	Medel	405	**331**	278
	Hög	643	501	402

Beräkning av energianvändning

NUVÄRDESBERÄKNING

Förutsättningar - ändra ej! Länkas från fliken Förutsättningar	Förutsättning	Värde	Enhet
U-värde		0,18	$W/m^{2*}C$
Otäthetsfaktor		0,20	l/m2,s
Kalkylränta (real)	Låg	5%	%
	Medel	6%	%
	Hög	7%	%
Fjärrvärmepris		737,00	SEK/MWh
Energiprisutveckling	Låg	1%	%
	Medel	2%	%
	Hög	4%	%
Antal gradtimmmar	Välisolerad byggnad	45400,00	°Ch/år
Korrektion för MW		0,000001	-
Luftens värmekapacitet		0,001000	MWs/kg°C
Luftens densitet		0,001300	kg/l
Uppvärmningskostnad år 1 - transmission		**6,022764**	kr/m2
Uppvärmningskostnad år 1 - läckage		**8,699548**	kr/m2

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,08	6,14	6,21	6,27	6,33	6,39	6,46	10,83
Nuvärdesberäkning transmission	5,74	5,52	5,31	5,11	4,91	4,72	4,54	4,37	0,58
Summa nuvärde transmission	135,93								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	8,79	8,87	8,96	9,05	9,14	9,23	9,33	15,65
Nuvärdesberäknig läckage	8,29	7,97	7,67	7,37	7,09	6,82	6,56	6,31	0,84
Summa nuvärdesberäkning läckage	196,34								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,14	6,27	6,39	6,52	6,65	6,78	6,92	19,37
Nuvärdesberäkning transmission	5,74	5,57	5,41	5,26	5,11	4,96	4,82	4,68	1,04
Summa nuvärde transmission	165,50								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	8,87	9,05	9,23	9,42	9,61	9,80	9,99	27,98
Nuvärdesberäkning läckage	8,29	8,05	7,82	7,60	7,38	7,17	6,96	6,76	1,50
Summa nuvärde läckage	239,05								
Förutsättningar: Låg kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,26	6,51	6,77	7,05	7,33	7,62	7,93	60,92
Nuvärdesberäkning transmission	5,74	5,68	5,63	5,57	5,52	5,47	5,42	5,36	3,26
Summa nuvärde transmission	263,09								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	9,05	9,41	9,79	10,18	10,58	11,01	11,45	88,00
Nuvärdesberäknig läckage	8,29	8,21	8,13	8,05	7,97	7,90	7,82	7,75	4,71
Summa nuvärdesberäkning läckage	380,02								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,08	6,14	6,21	6,27	6,33	6,39	6,46	10,83
Nuvärdesberäkning transmission	5,68	5,41	5,16	4,92	4,68	4,46	4,25	4,05	0,33
Summa nuvärde transmission	113,82								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	8,79	8,87	8,96	9,05	9,14	9,23	9,33	15,65
Nuvärdesberäkning läckage	8,21	7,82	7,45	7,10	6,76	6,45	6,14	5,85	0,47
Summa nuvärde läckage	164,41								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,14	6,27	6,39	6,52	6,65	6,78	6,92	19,37
Nuvärdesberäkning transmission	5,68	5,47	5,26	5,06	4,87	4,69	4,51	4,34	0,59
Summa nuvärde transmission	135,59								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	8,87	9,05	9,23	9,42	9,61	9,80	9,99	27,98
Nuvärdesberäknig läckage	8,21	7,90	7,60	7,31	7,04	6,77	6,52	6,27	0,85
Summa nuvärdesberäkning läckage	195,86								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Medel kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,26	6,51	6,77	7,05	7,33	7,62	7,93	60,92
Nuvärdesberäkning transmission	5,68	5,57	5,47	5,37	5,27	5,17	5,07	4,97	1,85
Summa nuvärde transmission	205,11								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	9,05	9,41	9,79	10,18	10,58	11,01	11,45	88,00
Nuvärdesberäkning läckage	8,21	8,05	7,90	7,75	7,61	7,46	7,32	7,18	2,67
Summa nuvärde läckage	296,27								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,08	6,14	6,21	6,27	6,33	6,39	6,46	10,83
Nuvärdesberäkning transmission	5,63	5,31	5,02	4,73	4,47	4,22	3,98	3,76	0,19
Summa nuvärde transmission	97,23								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	8,79	8,87	8,96	9,05	9,14	9,23	9,33	15,65
Nuvärdesberäknig läckage	8,13	7,67	7,24	6,84	6,45	6,09	5,75	5,43	0,27
Summa nuvärdesberäkning läckage	140,45								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,14	6,27	6,39	6,52	6,65	6,78	6,92	19,37
Nuvärdesberäkning transmission	5,63	5,37	5,11	4,88	4,65	4,43	4,22	4,03	0,33
Summa nuvärde transmission	113,63								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	8,87	9,05	9,23	9,42	9,61	9,80	9,99	27,98
Nuvärdesberäkning läckage	8,13	7,75	7,39	7,04	6,71	6,40	6,10	5,82	0,48
Summa nuvärde läckage	164,14								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	6,02	6,26	6,51	6,77	7,05	7,33	7,62	7,93	60,92
Nuvärdesberäkning transmission	5,63	5,47	5,32	5,17	5,02	4,88	4,75	4,61	1,05
Summa nuvärde transmission	164,31								
Uppvärmningskostnad läckage	8,70	9,05	9,41	9,79	10,18	10,58	11,01	11,45	88,00
Nuvärdesberäknig läckage	8,13	7,90	7,68	7,47	7,26	7,05	6,86	6,66	1,52
Summa nuvärdesberäkning läckage	237,34								

Energieffektivitet

Användarinstruktioner

1. Under denna flik behöver inga värden skrivas in. Alla parametrar är länkade från fliken Sammanställning alternativt fliken Användarinstruktioner.
2. De mörka rutorna redovisas under fliken Sammanställning.
3. För att ändra den beräknade livslängden vid nuvärdesberäkningen - ändra alla rader med rubriken "Summa nuvärde"

Beräkning av omräkningsfaktor U-värde W/m2˚C--> kr/m2år	**Värde**	**Enhet**
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	45400,00	˚Ch/år
Mega	0,000001	MWs/kg˚C
Omräkningsfaktor	33,46	kr*˚C/W*år
Beräkning av omräkningsfaktor otäthetsfaktor l/m2,s --> kr/m2år		
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	45400,00	˚Ch/år
Luftens värmekapacitet	0,001	MWs/kg˚C
Luftens densitet	0,0013	kg/l
Omräkningsfaktor	43,50	kr*s/år*l

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2		Kalkylränta		
		Låg	Medel	Hög
Energiprisutveckling	Låg	408	341	292
	Medel	496	**407**	341
	Hög	789	615	493

Beräkning av energianvändning

NUVÄRDESBERÄKNING

Förutsättningar - ändra ej! Länkas från fliken Förutsättningar	Förutsättning	Värde	Enhet
U-värde		0,15	$W/m^{2*}C$
Otäthetsfaktor		0,30	l/m2,s
Kalkylränta (real)	Låg	5%	%
	Medel	6%	%
	Hög	7%	%
Fjärrvärmepris		737,00	SEK/MWh
Energiprisutveckling	Låg	1%	%
	Medel	2%	%
	Hög	4%	%
Antal gradtimmmar	Välisolerad byggnad	45400,00	°Ch/år
Korrektion för MW		0,000001	-
Luftens värmekapacitet		0,001000	MWs/kg°C
Luftens densitet		0,001300	kg/l
Uppvärmningskostnad år 1 - transmission		**5,01897**	kr/m2
Uppvärmningskostnad år 1 - läckage		**13,049322**	kr/m2

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,07	5,12	5,17	5,22	5,27	5,33	5,38	9,03
Nuvärdesberäkning transmission	4,78	4,60	4,42	4,25	4,09	3,94	3,79	3,64	0,48
Summa nuvärde transmission	113,27								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,18	13,31	13,44	13,58	13,71	13,85	13,99	23,47
Nuvärdesberäknig läckage	12,43	11,95	11,50	11,06	10,64	10,23	9,84	9,47	1,26
Summa nuvärdesberäkning läckage	294,50								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,12	5,22	5,33	5,43	5,54	5,65	5,77	16,14
Nuvärdesberäkning transmission	4,78	4,64	4,51	4,38	4,26	4,14	4,02	3,90	0,86
Summa nuvärde transmission	137,91								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,31	13,58	13,85	14,13	14,41	14,70	14,99	41,98
Nuvärdesberäkning läckage	12,43	12,07	11,73	11,39	11,07	10,75	10,44	10,15	2,25
Summa nuvärde läckage	358,57								
Förutsättningar: Låg kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,22	5,43	5,65	5,87	6,11	6,35	6,60	50,77
Nuvärdesberäkning transmission	4,78	4,73	4,69	4,64	4,60	4,56	4,51	4,47	2,72
Summa nuvärde transmission	219,24								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,57	14,11	14,68	15,27	15,88	16,51	17,17	131,99
Nuvärdesberäknig läckage	12,43	12,31	12,19	12,08	11,96	11,85	11,73	11,62	7,07
Summa nuvärdesberäkning läckage	570,03								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,07	5,12	5,17	5,22	5,27	5,33	5,38	9,03
Nuvärdesberäkning transmission	4,73	4,51	4,30	4,10	3,90	3,72	3,54	3,38	0,27
Summa nuvärde transmission	94,85								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,18	13,31	13,44	13,58	13,71	13,85	13,99	23,47
Nuvärdesberäkning läckage	12,31	11,73	11,18	10,65	10,15	9,67	9,21	8,78	0,71
Summa nuvärde läckage	246,61								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,12	5,22	5,33	5,43	5,54	5,65	5,77	16,14
Nuvärdesberäkning transmission	4,73	4,56	4,38	4,22	4,06	3,91	3,76	3,62	0,49
Summa nuvärde transmission	112,99								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,31	13,58	13,85	14,13	14,41	14,70	14,99	41,98
Nuvärdesberäknig läckage	12,31	11,85	11,40	10,97	10,56	10,16	9,77	9,40	1,27
Summa nuvärdesberäkning läckage	293,79								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Medel kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,22	5,43	5,65	5,87	6,11	6,35	6,60	50,77
Nuvärdesberäkning transmission	4,73	4,65	4,56	4,47	4,39	4,30	4,22	4,14	1,54
Summa nuvärde transmission	170,92								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,57	14,11	14,68	15,27	15,88	16,51	17,17	131,99
Nuvärdesberäkning läckage	12,31	12,08	11,85	11,63	11,41	11,19	10,98	10,77	4,00
Summa nuvärde läckage	444,40								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,07	5,12	5,17	5,22	5,27	5,33	5,38	9,03
Nuvärdesberäkning transmission	4,69	4,43	4,18	3,94	3,72	3,51	3,32	3,13	0,16
Summa nuvärde transmission	81,03								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,18	13,31	13,44	13,58	13,71	13,85	13,99	23,47
Nuvärdesberäknig läckage	12,20	11,51	10,87	10,26	9,68	9,14	8,63	8,14	0,41
Summa nuvärdesberäkning läckage	210,67								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,12	5,22	5,33	5,43	5,54	5,65	5,77	16,14
Nuvärdesberäkning transmission	4,69	4,47	4,26	4,06	3,87	3,69	3,52	3,36	0,28
Summa nuvärde transmission	94,70								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,31	13,58	13,85	14,13	14,41	14,70	14,99	41,98
Nuvärdesberäkning läckage	12,20	11,63	11,08	10,56	10,07	9,60	9,15	8,72	0,72
Summa nuvärde läckage	246,21								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	5,02	5,22	5,43	5,65	5,87	6,11	6,35	6,60	50,77
Nuvärdesberäkning transmission	4,69	4,56	4,43	4,31	4,19	4,07	3,95	3,84	0,88
Summa nuvärde transmission	136,93								
Uppvärmningskostnad läckage	13,05	13,57	14,11	14,68	15,27	15,88	16,51	17,17	131,99
Nuvärdesberäknig läckage	12,20	11,85	11,52	11,20	10,88	10,58	10,28	9,99	2,28
Summa nuvärdesberäkning läckage	356,01								

Energieffektivitet

Användarinstruktioner

1. Under denna flik behöver inga värden skrivas in. Alla parametrar är länkade från fliken Sammanställning alternativt fliken Användarinstruktioner.
2. De mörka rutorna redovisas under fliken Sammanställning.
3. För att ändra den beräknade livslängden vid nuvärdesberäkningen - ändra alla rader med rubriken "Summa nuvärde"

Beräkning av omräkningsfaktor U-värde W/m2˚C--> kr/m2år	**Värde**	**Enhet**
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	82700,00	˚Ch/år
Mega	0,000001	MWs/kg˚C
Omräkningsfaktor	60,95	kr*˚C/W*år
Beräkning av omräkningsfaktor otäthetsfaktor l/m2,s --> kr/m2år		
Fjärrvärmepris	737,00	SEK/MWh
Antal gradtimmar/år	82700,00	˚Ch/år
Luftens värmekapacitet	0,001	MWs/kg˚C
Luftens densitet	0,0013	kg/l
Omräkningsfaktor	79,23	kr*s/år*l

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2		Kalkylränta		
		Låg	Medel	Hög
Energiprisutveckling	Låg	1094	916	782
	Medel	1331	**1091**	914
	Hög	2117	1650	1322

Beräkning av energianvändning

NUVÄRDESBERÄKNING

Förutsättningar - ändra ej! Länkas från fliken Förutsättningar	Förutsättning	Värde	Enhet
U-värde		0,60	W/m^{2}°C
Otäthetsfaktor		0,15	l/m2,s
Kalkylränta (real)	Låg	5%	%
	Medel	6%	%
	Hög	7%	%
Fjärrvärmepris		737,00	SEK/MWh
Energiprisutveckling	Låg	1%	%
	Medel	2%	%
	Hög	4%	%
Antal gradtimmmar	Välisolerad byggnad	82700,00	°Ch/år
Korrektion för MW		0,000001	-
Luftens värmekapacitet		0,001000	MWs/kg°C
Luftens densitet		0,001300	kg/l
Uppvärmningskostnad år 1 - transmission		**36,56994**	kr/m2
Uppvärmningskostnad år 1 - läckage		**11,8852305**	kr/m2

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	36,94	37,30	37,68	38,05	38,44	38,82	39,21	65,78
Nuvärdesberäkning transmission	34,83	33,50	32,23	31,00	29,82	28,68	27,59	26,54	3,52
Summa nuvärde transmission	825,33								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,00	12,12	12,25	12,37	12,49	12,62	12,74	21,38
Nuvärdesberäknig läckage	11,32	10,89	10,47	10,07	9,69	9,32	8,97	8,62	1,14
Summa nuvärdesberäkning läckage	268,23								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Låg kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	37,30	38,05	38,81	39,58	40,38	41,18	42,01	117,63
Nuvärdesberäkning transmission	34,83	33,83	32,87	31,93	31,02	30,13	29,27	28,43	6,30
Summa nuvärde transmission	1004,88								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,12	12,37	12,61	12,86	13,12	13,38	13,65	38,23
Nuvärdesberäkning läckage	11,32	11,00	10,68	10,38	10,08	9,79	9,51	9,24	2,05
Summa nuvärde läckage	326,59								
Förutsättningar: Låg kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	38,03	39,55	41,14	42,78	44,49	46,27	48,12	369,91
Nuvärdesberäkning transmission	34,83	34,50	34,17	33,84	33,52	33,20	32,89	32,57	19,80
Summa nuvärde transmission	1597,47								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,36	12,86	13,37	13,90	14,46	15,04	15,64	120,22
Nuvärdesberäknig läckage	11,32	11,21	11,10	11,00	10,89	10,79	10,69	10,59	6,44
Summa nuvärdesberäkning läckage	519,18								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	36,94	37,30	37,68	38,05	38,44	38,82	39,21	65,78
Nuvärdesberäkning transmission	34,50	32,87	31,32	29,84	28,44	27,10	25,82	24,60	1,99
Summa nuvärde transmission	691,12								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,00	12,12	12,25	12,37	12,49	12,62	12,74	21,38
Nuvärdesberäkning läckage	11,21	10,68	10,18	9,70	9,24	8,81	8,39	7,99	0,65
Summa nuvärde läckage	224,61								
Förutsättningar: Medel kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	37,30	38,05	38,81	39,58	40,38	41,18	42,01	117,63
Nuvärdesberäkning transmission	34,50	33,20	31,95	30,74	29,58	28,46	27,39	26,36	3,57
Summa nuvärde transmission	823,32								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,12	12,37	12,61	12,86	13,12	13,38	13,65	38,23
Nuvärdesberäknig läckage	11,21	10,79	10,38	9,99	9,61	9,25	8,90	8,57	1,16
Summa nuvärdesberäkning läckage	267,58								

År	1	2	3	4	5	6	7	8	60
Förutsättningar: Medel kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	38,03	39,55	41,14	42,78	44,49	46,27	48,12	369,91
Nuvärdesberäkning transmission	34,50	33,85	33,21	32,58	31,97	31,37	30,77	30,19	11,21
Summa nuvärde transmission	1245,40								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,36	12,86	13,37	13,90	14,46	15,04	15,64	120,22
Nuvärdesberäkning läckage	11,21	11,00	10,79	10,59	10,39	10,19	10,00	9,81	3,64
Summa nuvärde läckage	404,75								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, låg energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	36,94	37,30	37,68	38,05	38,44	38,82	39,21	65,78
Nuvärdesberäkning transmission	34,18	32,26	30,45	28,74	27,13	25,61	24,17	22,82	1,14
Summa nuvärde transmission	590,39								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,00	12,12	12,25	12,37	12,49	12,62	12,74	21,38
Nuvärdesberäknig läckage	11,11	10,48	9,90	9,34	8,82	8,32	7,86	7,42	0,37
Summa nuvärdesberäkning läckage	191,88								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, medel energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	37,30	38,05	38,81	39,58	40,38	41,18	42,01	117,63
Nuvärdesberäkning transmission	34,18	32,58	31,06	29,61	28,22	26,90	25,65	24,45	2,03
Summa nuvärde transmission	689,99								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,12	12,37	12,61	12,86	13,12	13,38	13,65	38,23
Nuvärdesberäkning läckage	11,11	10,59	10,09	9,62	9,17	8,74	8,34	7,95	0,66
Summa nuvärde läckage	224,25								
Förutsättningar: Hög kalkylränta, hög energiprisutveckling									
Uppvärmningskostnad transmission	36,57	38,03	39,55	41,14	42,78	44,49	46,27	48,12	369,91
Nuvärdesberäkning transmission	34,18	33,22	32,29	31,38	30,50	29,65	28,82	28,01	6,38
Summa nuvärde transmission	997,70								
Uppvärmningskostnad läckage	11,89	12,36	12,86	13,37	13,90	14,46	15,04	15,64	120,22
Nuvärdesberäknig läckage	11,11	10,80	10,49	10,20	9,91	9,64	9,37	9,10	2,07
Summa nuvärdesberäkning läckage	324,25								

Underhållsbehov

Användarinstruktioner

1. Kostnaden för underhållet skrivs in med rätt intervall nedan.
2. Den mörka rutan exporteras till fliken Sammanställning. Siffran avser nuvärdet av de totala underhållskostnaderna.
2. För att räkna på ett kortare tidsintervall än 60 år, gör om summeringen till önskat antal år.
3. För att räkna på ett längre tidsintervall än 60 år, lägg till fler år och gör om summeringen.
4. **Kalkylräntan ändras under fliken Förutsättningar.**

Nuvärdesberäkning av kostnader för underhåll

Förutsättningar		**Värde**
Kalkylränta (real)	Låg	5%
	Medel	6%
	Hög	7%

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2			
Kalkylränta	Låg	Medel	Hög
Kostnad	199	**156**	125

År	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	30	60
Omputsning 25 % vart 15:e år																	230,00	230,00
Ommålning 2 ggr vart 5:e år										89,00							89,00	89,00
Totalt underhåll	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	319,00	319,00
Låg kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,81	17,08
Summa nuvärde	199,47																	
Medel kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,54	9,67
Summa nuvärde	156,14																	
Hög kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,91	5,51
Summa nuvärde	124,62																	

Underhållsbehov

Användarinstruktioner

1. Kostnaden för underhållet skrivs in med rätt intervall nedan.
2. Den mörka rutan exporteras till fliken Sammanställning. Siffran avser nuvärdet av de totala underhållskostnaderna.
2. För att räkna på ett kortare tidsintervall än 60 år, gör om summeringen till önskat antal år.
3. För att räkna på ett längre tidsintervall än 60 år, lägg till fler år och gör om summeringen.
4. **Kalkylräntan ändras under fliken Förutsättningar.**

Nuvärdesberäkning av kostnader för underhåll

Förutsättningar		Värde
Kalkylränta (real)	Låg	5%
	Medel	6%
	Hög	7%

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2			
Kalkylränta	Låg	Medel	Hög
Kostnad	280	**206**	154

År	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	30	60
Lagning 5%																	750,00	750,00
2 ggr strykning															76,00		76,00	76,00
Totalt underhåll	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,00	0,00	826,00	826,00
Låg kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,56	0,00	191,12	44,22
Summa nuvärde	280,35																	
Medel kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,71	0,00	143,81	25,04
Summa nuvärde	206,09																	
Hög kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,55	0,00	108,51	14,25
Summa nuvärde	153,93																	

Underhållsbehov

Användarinstruktioner

1. Kostnaden för underhållet skrivs in med rätt intervall nedan.
2. Den mörka rutan exporteras till fliken Sammanställning. Siffran avser nuvärdet av de totala underhållskostnaderna.
2. För att räkna på ett kortare tidsintervall än 60 år, gör om summeringen till önskat antal år.
3. För att räkna på ett längre tidsintervall än 60 år, lägg till fler år och gör om summeringen.
4. **Kalkylräntan ändras under fliken Förutsättningar.**

Nuvärdesberäkning av kostnader för underhåll

Förutsättningar		**Värde**
Kalkylränta (real)	Låg	5%
	Medel	6%
	Hög	7%

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2			
Kalkylränta	Låg	Medel	Hög
Kostnad	348	**262**	202

År	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**30**	**60**
Omputsning 25 % vart 15:e år																	750,00	750,00
Ommålning 2 ggr vart 5:e år										89,00							89,00	89,00
Totalt underhåll	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	839,00	839,00
Låg kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	194,13	44,92
Summa nuvärde	347,63																	
Medel kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,08	25,43
Summa nuvärde	262,44																	
Hög kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	110,22	14,48
Summa nuvärde	201,90																	

Underhållsbehov

Användarinstruktioner

1. Kostnaden för underhållet skrivs in med rätt intervall nedan.
2. Den mörka rutan exporteras till fliken Sammanställning. Siffran avser nuvärdet av de totala underhållskostnaderna.
2. För att räkna på ett kortare tidsintervall än 60 år, gör om summeringen till önskat antal år.
3. För att räkna på ett längre tidsintervall än 60 år, lägg till fler år och gör om summeringen.
4. **Kalkylräntan ändras under fliken Förutsättningar.**

Nuvärdesberäkning av kostnader för underhåll

Förutsättningar		**Värde**
Kalkylränta (real)	Låg	5%
	Medel	6%
	Hög	7%

Jämförelse energikostnad under livslängden (60 år), kr/m2			
Kalkylränta	Låg	Medel	Hög
Kostnad	33	**22**	15

År	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**40**	**60**
Renovering exkl fönster och dörrar																	230,00	
Totalt underhåll	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	230,00	0,00
Låg kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,67	0,00
Summa nuvärde	32,67																	
Medel kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,36	0,00
Summa nuvärde	22,36																	
Hög kalkylränta																		
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,36	0,00
Summa nuvärde	15,36																	

Bilaga 6 – Robusthet

Robusthet

Utvändig robusthet - mekanisk påverkan		Skriv in ditt resultat här:	3
Material		**Poäng**	
Betong		5	
Tegel		5	
Träpanel	Lockpanel	3	
	Lockläktpanel	2	
	Fjällpanel	3	
	Liggande spontad	3	
	Profilspontad panel	3	
Tjockputs	Betong	4	
	Tegel	4	
	Lättbetong	3	
	Cellplast	2	
	Mineralull	2	
	Ventilerad skiva	2	
Tunnputs	Betong	4	
	Tegel	4	
	Lättbetong	4	
	Cellplast	1	
	Mineralull	1	
	Ventilerad skiva	3	
Skivor	Steniskiva	3	
	Sillurskiva	3	
	Glasalskiva	3	
	Mineritskiva	3	
	PP-skiva	3	
Plåt	Korrugerad	3	
	Slät	3	

Invändig robusthet - mekanisk påverkan		Skriv in ditt resultat här:	3
Material		**Poäng**	
Betong		5	
Putsat tegel		5	
Putsad lättbetong		5	
Gipsskiva	Enkel	3	
	Dubbla	4	
	Gipsskiva + spånskiva	4	
Träpanel		4	

Fuktsäkerhet Skriv in ditt resultat här: 4

Yttre material oorganiskt?	Luft-spalt ?	Skikt som försvårar uttorkning ?	Inre material oorganiskt ?	Enkelhet i detaljer och anslutningar ?	Skydd av ångspärr ?	Poäng	Exempel
Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		
			Nej	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja	3	Träregelvägg med tegelfasad, luftspalt och vindskiva samt indragen ångspärr
					Nej		
		Nej	Ja	Ja	Ja	5	Betongvägg med tegelfasad
					Nej	5	Kanalmur av tegel eller murad lättbetongvägg med tegelfasad
				Nej	Ja	4	Stålregelvägg med oorganisk puts på ventilerad skiva och indragen ångspärr
					Nej	3	Stålregelvägg med oorganisk puts på ventilerad skiva, ej indragen ångspärr
			Nej	Ja	Ja		
					Nej	3	Murad lättbetongvägg med fasadputs och invändig gips monterad på träreglar
				Nej	Ja	3	Träregelvägg med oorganisk puts på ventilerad skiva eller tegelfasad och indragen ångspärr

					Nej	2	Träregelvägg med oorganisk puts på ventilerad skiva eller tegelfasad, ej indragen ångspärr
	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	4	Sandwichelementvägg
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		
			Nej	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja	3	
					Nej	1	Träregelvägg med oorganisk puts på cellplast, ej indragen ångspärr
		Nej	Ja	Ja	Ja	4	Betongvägg eller murad lättbetongvägg med oorganisk puts på isolering
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		
			Nej	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		
Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		
			Nej	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		
		Nej	Ja	Ja	Ja		
					Nej		

				Nej	Ja	4	Stålregelvägg med organisk puts på ventilerad skiva och indragen ångspärr
					Nej		
			Nej	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja	3	Träregelvägg med träfasad eller ventilerad organisk puts och indragen ångspärr
					Nej	2	Träregelvägg med träfasad eller ventilerad organisk puts, ej indragen ångspärr.
	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	4	Lättbetong- / Lecablock- / Betongvägg med organisk puts på cellplast
					Nej		
				Nej	Ja	4	Stålregelvägg med organisk puts på cellplast och indragen ångspärr
					Nej	3	Stålregelvägg med organisk puts på cellplast, ej indragen ångspärr
			Nej	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej	1	Träregelvägg med organisk puts på cellplast, ej indragen ångspärr
		Nej	Ja	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		
			Nej	Ja	Ja		
					Nej		
				Nej	Ja		
					Nej		

Bilaga 7.1 – Arbetstid, material, etablering för stålregel

Arbetstids- och materialåtgång

Arbetstid på fabrik	0

Arbetstid på byggplats

195 + 95 Stålregelvägg med ventilerad fasadputs - Wikells 10/11 nr 7075						
BSAB 96	Material	Tidsåtgång h	Mängd/m2	Mängdenhet	Pris/mängdenhet	Kostnad/m2
AFH.61	Hakställning (2 mån)	-	1,15	m2	165	189,75
LBS.21	StoVentec fasadsystem med detaljer		0	m2	0	0
LBS.21	Armerat putssystem StoLotusan K1,5	0,6	1	m2	230	230
LBS.21	12 Ventecskiva med infästning	0,2	1	m2	270	270
HSD.151	28x70 Läkt c 600	0,09	3	m	6,4	19,2
HSD.151	45 Distanshylsor	0,04	4	st	1	4
IBE.23	45 Våningshög fasadskiva-34	0,11	1	m2	55,3	55,3
KBC.41111	13 Glasrocskiva vindskydd	0,18	1	m2	86	86
HSB.1121	RY 195-1,2 Stålregel	0,23	2,5	m	55,352	138,38
HSB.1121	SKYP 195-1,0 Golv-takskena	0,11	1	m	61,2	61,2
IBE.24	195 Mineralullsskiva-37	0,09	1	m2	78,35	78,35
JSF.54	0,2 Plastfolie	0,05	1	m2	5,65	5,65
HSB.1121	ER 95 Stålregel	0,18	3	m	13,6	40,8
HSB.1121	SK 95/55 Golvskena	0,04	0,5	m	18,4	9,2
HSB.1121	SK 95 Takskena	0,04	0,5	m	12,56	6,28
IBE.24	95 Mineralullsskiva-37 (B=455)	0,08	1	m2	45,35	45,35
KBC.321	13 Gipsskiva (B=900)	0,18	1	m2	31,8	31,8

Summa tidsåtgång:	2,22	Summa materialkostnader:	1271,26

Etableringskostnader

En uppskattning görs med utgångspunkt från fakta från Wikells Byggberäkningar AB
I Etableringsomkostnader räknas följande poster in:

	Procent av kostnad för arbetstid på byggplats	Kostnad i kr
Energi	11%	42,74
Arbetsledning	32,50%	126,26
Maskintjänster	32%	124,32
Material	16%	62,16
Övrigt	89,50%	347,71

Motsvarar 181 % av kostnaderna för arbetslön.

Bilaga 7.2 – Arbetstid, material, etablering för sandwichelement

Arbetstids- och materialåtgång

Arbetstid på fabrik	1,26

Arbetstid på byggplats

195 + 95 Stålregelvägg med ventilerad fasadputs - Wikells 10/11 nr 7075

BSAB 96	Material	Tidsåtgång h	Mängd/m2	Mängdenhet	Pris/mängdenhet	Kostnad/m2
-	Transport	-	0	-	75	75
-	Montering	0,69	0	m2	-	-
	Material på fabrik	*	*	m2	1160	1160

Summa tidsåtgång:	0,69	Summa materialkostnader:	1235

Etableringskostnader

En uppskattning görs med utgångspunkt från fakta från Wikells Byggberäkningar AB
I Etableringsomkostnader räknas följande poster in:

	Procent av kostnad för arbetstid på byggplats	Kostnad i kr
Energi	11%	13,28
Arbetsledning	32,50%	39,24
Maskintjänster	32%	38,64
Material	16%	19,32
Övrigt	89,50%	108,07

Motsvarar 181 % av kostnaderna för arbetslön.

Bilaga 7.3 – Arbetstid, material, etablering för träregel

Arbetstids- och materialåtgång

Arbetstid på fabrik	0

Arbetstid på byggplats

195 + 95 Stålregelvägg med ventilerad fasadputs - Wikells 10/11 nr 7075

BSAB 96	Material	Tidsåtgång h	Mängd/m2	Mängdenhet	Pris/mängdenhet	Kostnad/m2
AFH.61	Hakställning (2 mån)	0	1,15	m2	165,00	189,75
LBS.213	Sto Guard Vario dränerat isolersystem med detaljer, inkl rollat fukt- och vindmembran StoLotusan K1,5 + 150 Top31	1,15	1	m2	530,00	530,00
KBC.41111	13 Glasrocskiva vindskydd (B=900)	0,18	1	m2	94,80	94,80
IBE.24	145 Mineralullsskiva-37	0,09	1	m2	59,60	59,60
HSD.113	45x145 Reglar c 450	0,36	4	m	17,90	71,60
JSF.54	0,20 Plastfolie	0,05	1	m2	5,65	5,65
KBC.321	13 Gipsskiva (B=900)	0,18	1	m2	31,80	31,80

Summa tidsåtgång:	2,01	Summa materialkostnader:	983,2

Etableringskostnader

En uppskattning görs med utgångspunkt från fakta från Wikells Byggberäkningar AB
I Etableringsomkostnader räknas följande poster in:

	Procent av kostnad för arbetstid på byggplats	Kostnad i kr
Energi	11%	38,69
Arbetsledning	32,50%	114,32
Maskintjänster	32%	112,56
Material	16%	56,28
Övrigt	89,50%	314,82
Motsvarar 181 % av kostnaderna för arbetslön.		636,67

Bilaga 7.4 – Arbetstid, material, etablering för äldre tegelvägg

Arbetstids- och materialåtgång

Arbetstid på fabrik 0

Arbetstid på byggplats Omräkningsfaktor till 2010 års nivå, enl BPI 10,96

195 + 95 Stålregelvägg med ventilerad fasadputs - Wikells 10/11 nr 7075

BSAB 96	Material	Tidsåtgång h	Mängd/m2	Mängdenhet	Pris/mängdenhet	Kostnad/m2
	Fasadställning	0,2	-	m2	43,48	43,84
F4.2	1/2-sten fasadtegel, färgat fogbruk inkl fra	0,9	1	m2	356,2	356,2
F4.2	Rostfria kramlor	0,05	4	st	5,48	21,92
E1.3	Gles form	0,75	1	m2	115,08	115,08
K2	70 mm mineralullsskiva, ingjuten	0,1	1	m2	41,648	41,648
E3	150 betong	0,15	1	m2	172,62	172,62
E1.2	Slät form	0,9	1	m2	131,52	131,52

Summa tidsåtgång: 3,05 **Summa materialkostnader:** 882,828

Etableringskostnader

En uppskattning görs med utgångspunkt från fakta från Wikells Byggberäkningar AB

I Etableringsomkostnader räknas följande poster in: **Påslag på kostnad för arbetstid 1974**

	Procent av kostnad för arbetstid på byggplats	Kostnad i kr	i %	i kr
Energi	11%	58,71	10%	53,38
Arbetsledning	32,50%	173,47	14%	74,73
Maskintjänster	32%	170,80	15%	80,06
Material	16%	85,40	0%	0,00
Övrigt	89,50%	477,71	34%	181,48

Motsvarar 181 % av kostnaderna för arbetslön.

Referensvägg

Ändra aldrig i denna flik!

Betongvägg med tegelfasad - 150 mm btg, 200 mm mu, 40 mm luftspalt, 120 mm tegel

OUTPUT	Rubrik	Värde	Enhet	Omräknings-faktor	Sort omr. fakt	Årskostnad kr/m2,år	Livslängds-kostnad kr/m2
2.1.1 Väggtjocklek			m				
2.1.2 Energieffektivitet	U-värde	0,17	W/m^2°C	33,46	kr*°C/W*år	5,82	131,07
	Otäthetsfaktor	0,15	l/m^{2}s	43,50	kr*s/år,l	6,52	146,89
2.1.3 Underhållsbehov	Renovering exkl fönster, dörrar	230,00	kr/m^2	40,00	år (intervall)	5,75	22,36
2.1.4 Avbrottskostnader							
2.1.5 Risker							
2.1.6 Innemiljö							
2.1.7 Arkitektonisk kvalitet							
2.1.8 Samhällseffekter							
2.1.9 Robusthet	Utvändig robusthet	5,00	poäng			-	-
	Invändig robusthet	5,00	poäng			-	-
	Fuktsäkerhet	5,00	poäng			-	-
2.1.10 Övriga outputeffekter						-	-
Driftskostnad						**18,10**	**300,33**
INPUT							
2.2.1 Arbetstid	På fabrik	0,00	tim/m2	299,25	kr/h	-	0,00
	På byggarbetsplats	3,54	tim/m2	299,25	kr/h	-	1059,35
2.2.2 Material	Kostnad material	1225,09	kr/m2	1,00	-	-	1225,09
2.2.3 Energi och Etableringsomkostnader	Energi	68,15	kr /m2	1,00	-	-	68,15
	Arbetsledning	201,34	kr /m2	1,00	-	-	201,34
	Maskintjänster	198,24	kr /m2	1,00	-	-	198,24
	Material	99,12	kr /m2	1,00	-	-	99,12
	Övrigt	554,45	kr /m2	1,00	-	-	554,45
2.2.4 Tjänster			tim/m2		kr/h	-	-
2.2.5 Miljöeffekter (ej energi)						-	-
Investeringskostnad						-	**3405,73**

Förutsättningar

Beräkningsförutsättningar

Förutsättningar		Värde	Enhet
Kalkylränta (real)	Låg	5%	%
	Medel	6%	%
	Hög	7%	%
Fjärrvärmepris		737,00	SEK/MWh
Energiprisutveckling	Låg	1%	%
	Medel	2%	%
	Hög	4%	%
Antal gradtimmmar	Välisolerat	45400,00	Kh/år
Korrektion för MW		0,00	-
Luftens värmekapacitet		0,001000	MWs/kg°C
Luftens densitet		0,001300	kg/l
Uppvärmningskostnad år 1 - transmission		**5,82**	kr/m2
Uppvärmningskostnad år1 - läckage		**6,52**	kr/m2

Beräkning av underhållsbehov

År	1	2	3	4	5	6	7	40
Renovering, exkl fönster och dörrar								230,00
Låg kalkylränta								
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,67
Summa nuvärde	32,67							
Medel kalkylränta								
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,36
Summa nuvärde	22,36							
Hög kalkylränta								
Nuvärdesberäkning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,36
Summa nuvärde	15,36							

Beräkning av energianvändning

År	1	2	3	4	5	6	7	40
Förutsättningar: Låg kalkylränta, låg energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	5,88	5,94	6,00	6,06	6,12	6,18	8,58
Nuvärdesberäkning transmission	5,54	5,33	5,13	4,93	4,75	4,57	4,39	1,22
Summa nuvärde transmission	131,39							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,59	6,66	6,72	6,79	6,86	6,93	9,62
Nuvärdesberäknig läckage	6,21	5,98	5,75	5,53	5,32	5,12	4,92	1,37
Summa nuvärdesberäkning läckage	147,25							
Förutsättningar: Låg kalkylränta, medel energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	5,94	6,06	6,18	6,30	6,43	6,56	12,60
Nuvärdesberäkning transmission	5,54	5,39	5,23	5,08	4,94	4,80	4,66	1,79
Summa nuvärde transmission	159,98							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,66	6,79	6,92	7,06	7,20	7,35	14,12
Nuvärdesberäkning läckage	6,21	6,04	5,86	5,70	5,53	5,38	5,22	2,01
Summa nuvärde läckage	179,29							
Förutsättningar: Låg kalkylränta, hög energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	6,05	6,30	6,55	6,81	7,08	7,37	26,88
Nuvärdesberäkning transmission	5,54	5,49	5,44	5,39	5,34	5,29	5,24	3,82
Summa nuvärde transmission	254,32							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,79	7,06	7,34	7,63	7,94	8,26	30,12
Nuvärdesberäknig läckage	6,21	6,15	6,10	6,04	5,98	5,92	5,87	4,28
Summa nuvärdesberäkning läckage	285,01							
Förutsättningar: Medel kalkylränta, låg energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	5,88	5,94	6,00	6,06	6,12	6,18	8,58
Nuvärdesberäkning transmission	5,49	5,23	4,99	4,75	4,53	4,31	4,11	0,83
Summa nuvärde transmission	110,03							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,59	6,66	6,72	6,79	6,86	6,93	9,62
Nuvärdesberäkning läckage	6,16	5,86	5,59	5,32	5,07	4,83	4,61	0,94
Summa nuvärde läckage	123,31							

År	1	2	3	4	5	6	7	40
Förutsättningar: Medel kalkylränta, medel energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	5,94	6,06	6,18	6,30	6,43	6,56	12,60
Nuvärdesberäkning transmission	5,49	5,29	5,09	4,89	4,71	4,53	4,36	1,23
Summa nuvärde transmission	131,07							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,66	6,79	6,92	7,06	7,20	7,35	14,12
Nuvärdesberäknig läckage	6,16	5,92	5,70	5,48	5,28	5,08	4,89	1,37
Summa nuvärdesberäkning läckage	146,89							
Förutsättningar: Medel kalkylränta, hög energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	6,05	6,30	6,55	6,81	7,08	7,37	26,88
Nuvärdesberäkning transmission	5,49	5,39	5,29	5,19	5,09	4,99	4,90	2,61
Summa nuvärde transmission	198,27							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,79	7,06	7,34	7,63	7,94	8,26	30,12
Nuvärdesberäkning läckage	6,16	6,04	5,93	5,81	5,70	5,60	5,49	2,93
Summa nuvärde läckage	222,20							
Förutsättningar: Hög kalkylränta, låg energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	5,88	5,94	6,00	6,06	6,12	6,18	8,58
Nuvärdesberäkning transmission	5,44	5,14	4,85	4,58	4,32	4,08	3,85	0,57
Summa nuvärde transmission	93,99							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,59	6,66	6,72	6,79	6,86	6,93	9,62
Nuvärdesberäknig läckage	6,10	5,76	5,43	5,13	4,84	4,57	4,31	0,64
Summa nuvärdesberäkning läckage	105,34							
Förutsättningar: Hög kalkylränta, medel energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	5,94	6,06	6,18	6,30	6,43	6,56	12,60
Nuvärdesberäkning transmission	5,44	5,19	4,94	4,71	4,49	4,28	4,08	0,84
Summa nuvärde transmission	109,85							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,66	6,79	6,92	7,06	7,20	7,35	14,12
Nuvärdesberäkning läckage	6,10	5,81	5,54	5,28	5,04	4,80	4,58	0,94
Summa nuvärde läckage	123,10							

År	1	2	3	4	5	6	7	40
Förutsättningar: Hög kalkylränta, hög energiprisutveckling, välisolerad byggnad								
Uppvärmningskostnad transmission	5,82	6,05	6,30	6,55	6,81	7,08	7,37	26,88
Nuvärdesberäkning transmission	5,44	5,29	5,14	5,00	4,86	4,72	4,59	1,79
Summa nuvärde transmission	158,84							
Uppvärmningskostnad läckage	6,52	6,79	7,06	7,34	7,63	7,94	8,26	30,12
Nuvärdesberäknig läckage	6,10	5,93	5,76	5,60	5,44	5,29	5,14	2,01
Summa nuvärdesberäkning läckage	178,01							

Beräkning av material- och arbetstidsåtgång

Betongvägg med tegelfasad - Wikells 10/11 nr 7001

BSAB	Material	Mängd	Enhet	Kostnad	Tidsåtgång [h]
AFH.61	Hakställning (2 mån)	1,15	m2	189,75	0
FSG.22	120 Fasadtegel, rött slätt	1	m2	261,45	1,15
FSG.22	Frakt tegel (t=120)	1	m2	63	0
FSG.22	Vanligt bruk (t=120)	1	m2	97,5	0,1
FS	Armering Bs85 Bi37R (0,22 kg/m)	1	m2	21,5	0,01
IBE.23	150 mineralull-skalmursskiva-33	1	m2	83,6	0,1
FS	fi4 kramla	4	st	109,6	0,2
ESB	Luckform	1	m2	57	0,75
ESB	Tillägg för utvändig gjutbrygga	1	m2	20	0,1
ESE.21	150 Betong C25/30	1	m2	185,25	0,1
ESC.1	Armering B500BT fi12 (0,89 kg/m)	1	m2	9,4	0,03
ESC.1	Armering B500BT fi10 (0,62 kg/m)	6,6	kg	62,04	0,2
ESB	Skivform	1	m2	65	0,8
Summa tidsåtgång:					3,54
Kostnader material:				1225,09	

Poäng robusthet

Testet utförs under fliken Robusthet

Utvändig robusthet	5
Invändig robusthet	5
Fuktsäkerhet	5