



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R36:1979

**Utformningsanalys
av ytterväggar.
En metodstudie**

**Lars-Eric Janson
Staffan Lagergren**

Byggforskningen

R36:1979

UTFORMNINGSANALYS AV YTTERVÄGGAR.
EN METODSTUDIE

Lars-Eric Janson
Staffan Lagergren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
760088-2 från Statens råd för byggnadsforskning
till VBB Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm.

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R36:1979

ISBN 91-540-2997-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 952010

INNEHÅLL

A	INLEDNING	7
B	UTFORMNINGSANALYS ALLMÄNT	9
C	UTFORMNINGSANALYS AV YTTERVÄGGAR	15
D	NÅGRA OLIKA YTTERVÄGGAR	23
E	KRAVUPPFYLLELSE AV YTTERVÄGGARNA I KAPITEL D, KRAVINDEKX	31
F	KONSTRUKTIONSFÖRSLAG FÖR NÅGRA PLASTYTTERVÄGGAR	37
G	KRAVUPPFYLLELSE FÖR YTTERVÄGGAR ENLIGT KONSTRUKTIONSFÖRSLAG, KRAVINDEKX	41
H	REPARATION OCH UNDERHÅLL	45
I	JÄMFÖRELSE AV KOSTNADER FÖR YTTERVÄGGARNA	47
K	JÄMFÖRELSE AV KRAVINDEKX OCH KOSTNAD, KÄNSLIGHETSANALYS	53
L	JÄMFÖRELSE AV ENERGIINSATS I YTTERVÄGGARNA	57
M	DISKUSSION, SLUTSATSER	67
N	LITTERATURFÖRTECKNING	71
O	SAMMANFATTNING	73

FÖRORD

I föreliggande rapport utvecklas en metod för hänsynstagande till brukarkrav vid produktutveckling för byggnadsbranschen. Man ser ofta invändningen att våra byggbestämmelsers utformning försvårar utvecklingen av nya produkter genom att de anger krav som är lösningsberoende. Målet med rapporten är att finna riktlinjer för produktutvecklingen som tar hänsyn till brukarkrav och som även om möjligt medverkar till en lösningsoberoende utformning av byggbestämmelserna. Rapporten har utarbetats av en grupp på VBB bestående av professor Lars-Eric Janson, civilingenjör Staffan Lagergren och ingenjör Bengt Westergren. I frågor om tillämpning av den utformningsanalytiska metoden har även civilingenjör Jan Lundgren medverkat.

A INLEDNING

Produktutvecklingen i byggbranschen sker hastigt. För lekmannen märks det bl a genom att många nya produkter bjuds ut till försäljning i byggvaruhusen. Även de som är yrkesverksamma i byggbranschen upplever ett stort antal nya produkter och nya material som årligen lanseras på byggmarknaden. Ett av skälen till den snabba produktutvecklingen i branschen hänger ihop med att normer och bestämmelser för byggandet ändras, varigenom produkterna måste anpassas till nya villkor. Här kan man exempelvis referera till de nya energibyggnormerna, som kraftigt ökat produktutvecklingstakten i branschen.

Undersökningar har emellertid visat att ett stort antal av de produkter och byggsystem som lanseras under ett år försvinner ur marknaden redan efter några år. Ett av skälen till detta faktum är sannolikt att produkterna inte uppfyller de kvalitetskrav som marknaden ställer. Ett annat skäl kan vara att produkterna bara skiljer sig från övriga redan etablerade produkter t ex genom annan färg eller på ett modebetonat sätt. Om produktutvecklingen i byggbranschen kan göras ännu effektivare, skulle detta sannolikt innebära resursbesparingar.

Produktutvecklingen i byggbranschen kan göras rationellare och effektivare, om metoder som systematiskt analyserar krav och funktion för produkterna kan användas. Det förekommer t ex att man anger de krav som man ställer på materialet eller produkten genom en "kravprofil". Därefter prövar man hur väl "egen-skapsprofilen" för ett material eller en föreslagen produktutformning motsvarar kravprofilen.

En metod som är vanlig i bl a verkstadsindustrin kallas värdeanalys. Värdeanalys innebär att man tar reda på vilken roll en viss detalj spelar för en kon-

struktions mest väsentliga funktion, t ex förmågan att bära last eller uppta ett vridmoment etc. Denna roll eller nytta jämförs med detaljens kostnad. Värde- det är kvoten mellan nyttan och kostnaden.

I denna rapport prövas i vilken utsträckning en metod för effektivare produktutveckling i byggbranschen är möjlig att åstadkomma.

VBB har av Byggforskningsrådet (BFR) fått ett anslag (BFR-anslag 760088-2) för att undersöka, om ett systematiskt uppställande av funktionskrav på en produkt, med utgångspunkt från brukarnas behov, är en användbar metod i samband med att nya produkter utvecklas. Metodstudien skulle avse ytterväggar i småhus eller flerfamiljshus. Skälet till att byggnadsdelen yttervägg valdes var att ett tidigare arbete utförts på likartat sätt för byggnadsdelen fönster. Därvid visade det sig att fönstret och ytterväggen egentligen borde ses som en integrerad del i samband med utvecklingen av produkter.

Arbetet har bedrivits på följande sätt. En systematisk förteckning över de krav som kan ställas på en yttervägg i olika avseenden har upprättats. Åtskilliga krav är specificerade i t ex Svensk Byggnorm, men kravlistan har också beaktat sådana krav som kan uppställas på en yttervägg under andra tidsskeden än den normala driftstiden. Ett antal befintliga ytterväggar, vanliga i småhus eller flerfamiljshus, har granskats med avseende på kravuppfyllelse. Dessa existerande ytterväggar har också undersökts med avseende på kostnader och frekvens av reparations- och underhållsarbeten samt med avseende på energiinsats. Därefter har två förslag till helplastkonstruktioner utarbetats. Det ena förslaget baserat på termoplast och det andra på hårdplast. De föreslagna plast-ytterväggskonstruktionerna har granskats med avseende på kravuppfyllelse och energiinsats.

B UTFORMNINGSANALYS ALLMÄNT

Allmänt

Den metod för bedömning av ytterväggsutformningar som används i denna rapport utgår från brukarens behov och med tiden förändrade krav.

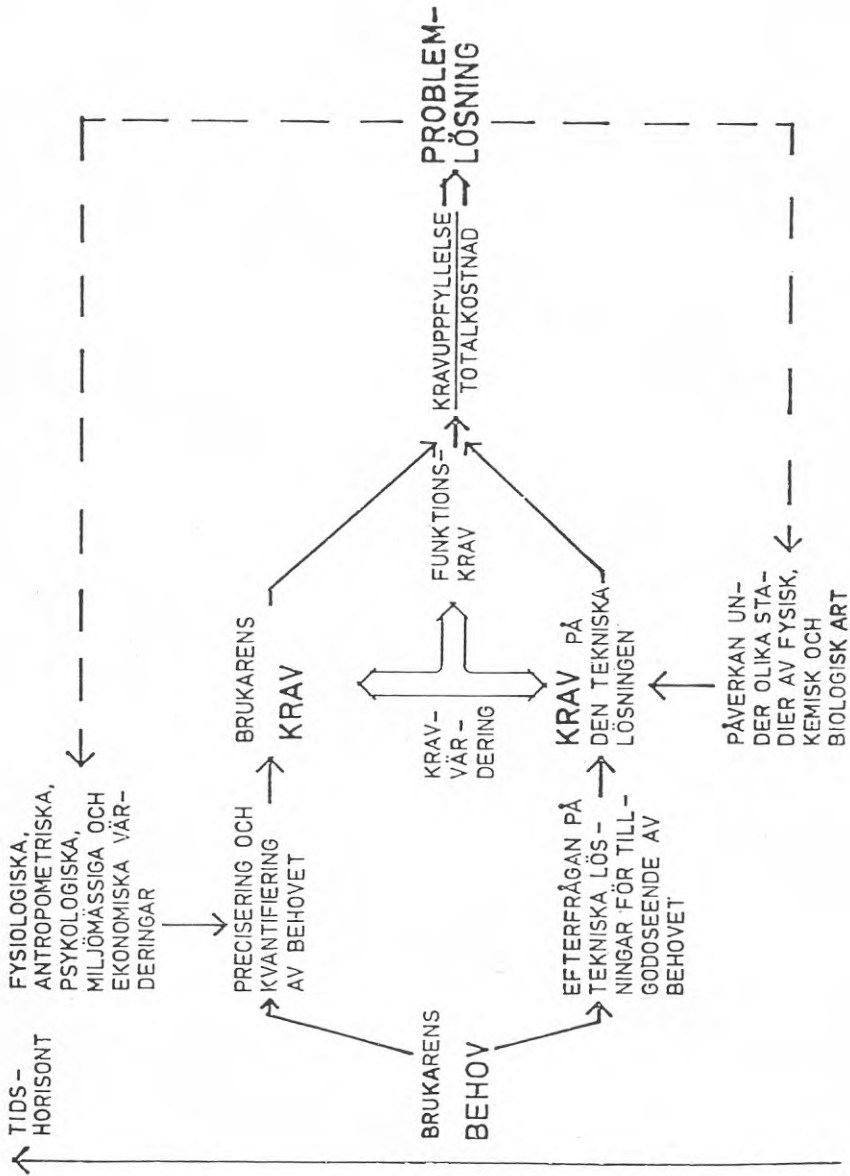
I FIG 1 visas i schematisk form de samband som råder mellan brukarens behov och de alternativa tekniska lösningar som på bästa sätt kan påvisas uppfylla formulerade krav.

Principiellt sett kan alla krav på en produkt ledas tillbaka till behov hos en brukare, om brukaren definieras i vid bemärkelse. Ytterväggars ljudisolering svarar t ex mot ett behov hos brukaren/bostadsinnehavaren av avskildhet. I en byggnad kan man härleda brukarens behov och krav till hans eller hennes aktiviteter. Även allmänheten och samhället är emellertid "brukare" av ytterväggen och har behov och krav på denna.

För denna senare brukare är det emellertid svårare att leda tillbaka behov och krav till aktiviteter. I FIG 1 sammanfattas dessa därför som krav på den tekniska lösningen till följd av påverkan av något slag. Figuren skiljer mellan behov och krav, så att krav utgör ett behov som är preciserat och kvantifierat. Preciseringen görs som en följd av olika värderingar, bl a psykologiska, miljömässiga och ekonomiska.

Brukaraktiviteterna leder enligt den övre slingan i figuren fram till krav. Som nämnts ovan finns andra typer av brukare som också för fram krav, som dock inte utgår från en verksamhet eller aktivitet. Dessa "omvärldskrav" ställs på den tekniska lösning som efterfrågas för att tillgodose behovet och samordnas enligt den nedre slingan med krav på lösningen till

FIG 1



följd av att den påverkas på olika sätt under sin livstid.

Enligt figuren sker också en värdering av såväl brukarkraven som kraven på den tekniska lösningen. I värderingen tas hänsyn till på vilken grund som kravet formuleras. Vidare beaktas vilka möjligheter som finns att kontrollera att kravet uppfylls. Värderingen av kraven är en betydelsefull del i uppställandet av funktionskraven.

Man får därefter pröva hur olika alternativ uppfyller funktionskraven. För varje lösning bedöms kravuppfyllelsen i förhållande till alternativets "life-cycle cost". Det är sannolikt att det alternativ man vill välja finns bland dem som har ett högt värde på denna kvot.

I FIG 1 finns även en vertikal tidsaxel. Axeln markerar att behov och krav på tekniska lösningar är starkt tidsberoende. Det bör därför vara till fördel med en arbetsmetod där man urskilja betydelsen av en förändring av det enstaka kravet.

Kravspecifikationen för den produkt som man arbetar med kan upprättas på olika sätt. Inom ett företags produktutveckling bör det finnas utrymme för en undersökning av brukarnas krav, t ex genom intervjuer med slumpvis utvalda grupper. I den här rapporten har dock av tids- och kostnadsskäl valts att formulera kraven baserat på erfarenhet hos de medverkande i utredningen.

Man kan specificera kraven på produkten under de olika skeden som den genomgår:

S.1	Före användning	S.2	Under användning
S.1.1	Tillverkning	S.2.1	Drift
S.1.2	Lagring	S.2.2	Skötsel, underhåll
S.1.3	Transport	S.2.3	Reparation
S.1.4	Byggande	S.2.4	Destruktion eller återanvändning

Under varje skede kan krav av olika art formuleras:

- | | | |
|----|----------------------|--|
| K1 | Fysiologiska krav | - krav av hygienisk-medicinsk karaktär |
| K2 | Psykiska krav | - krav på trygghet och säkerhet |
| K3 | Sociala krav | - standardmässiga, miljömässiga, ekologiska krav |
| K4 | Antropometriska krav | - krav som bestäms av människans mått (storlek och vikt) |
| K5 | Tekniska krav | - krav på grund av fysisk, kemisk och biologisk påverkan |

Brukaren

Brukarnas krav är viktiga inom bostadsbyggandet. En brukarkategori är den som skall bo i huset eller lägenheten, och hans eller hennes rätt att ställa krav på bostaden vinner alltmer gehör. Utöver den boende finns också andra brukare som har krav och intressen som berör bostadsbyggandet. När det gäller ytterväggar kan man urskilja följande olika kategorier:

- den boende
- intressenter, fastighetsägare
- drift- och underhållspersonal för fastigheten
- personer som i övrigt vistas i området - allmänheten
- tillverkare, byggare.

Man kan göra listan längre, men den torde i ovanstående skick innehålla alla kategorier för normalfallet.

Brukarnas krav kan systematiseras med hänsyn till vilken art (K) de har samt med hänsyn till det stadium av produktens/anläggningens livstid då de uppträder. I tabell 1 anges denna systematik över var kraven uppträder för ytterväggar.

Tabell 1

Stadium	Brukarkategori				
	Boende	Intressenter	Drift- och underhålls- personal	Allmänhet	Tillverkare, byggare
S.1.1	Tillverkning				K1,K5
S.1.2	Lagring				K1,K5
S.1.3	Transport				K5
S.1.4	Byggande				K1,K4,K5
S.2.1	Drift	K1,K2,K3,K5	K1,K4	K5	
S.2.2	Skötsel, underhåll	K1,K4,K5	K4,K5		
S.2.3	Reparation	K5	K4,K5		
S.2.4	Utbyte		K4,K5		
S.2.5	Destruktion eller åter- användning			K5	

C UTFORMNINGSANALYS AV YTTERVÄGGAR

Mot bakgrund av den tidigare introduktionen till utformningsanalys upprättas i detta avsnitt en specifikation av krav som kan uppställas på ytterväggar i byggnader. Detaljeringsgraden i en sådan kravspecifikation kan vara olika beroende på det problem som man söker lösa. Denna rapport är en metodstudie där olika ytterväggar jämförs och där underlag för konstruktionsutkast till ytterväggar av plast tas fram. Kravens formulering hålls därför allmänt. Flertalet av de tekniska kraven finns relativt detaljerat angivna i olika byggbestämmelser.

I nedanstående sammanställning medtas de kravgrupper som bedöms vara mest väsentliga för att få en bild av kravprofilen.

Med yttervägg avses hela ytterväggen med ytbeklädnad samt fönster och dörrar.

S.1.1 TILLVERKNING

K1	Fysiologiska krav	Av medicinska och hygieniska skäl bör tillverkningen av ytterväggarna eller de delar som senare bildar ytterväggen utföras så att de som är samsatta med denna ej utsätts för hög värme, skadligt buller, ångor från lösningsmedel etc. Hygieniska gränsvärden beaktas.
K5	Tekniska krav	Tillverkningsmetoderna bör vara sådana att påkänningar under tillverkningen ej t ex ger inbyggda spänningar som senare orsakar skada på produkten. Krav på måttnoggrannhet i tillverkningen anpassas till motsvarande krav på avslutande byggnadsdelar.

S.1.2 LAGRING

- | | | |
|----|-------------------|--|
| K1 | Fysiologiska krav | Ångor som är giftiga, illaluktande eller medför explosionsrisk bör ej avges av ytterväggen (eller dess ingående delar) vid lagring. Kanter och hörn bör ej vara vassa. |
| K5 | Tekniska krav | Låga krav på lagringsmiljö vad gäller temperatur och fuktighet. |

S.1.3 TRANSPORT

- | | | |
|----|---------------|---|
| K5 | Tekniska krav | Produktens utformning skall beakta belastningar av olika slag under transporterna. Förpackningsstorlekar, emballage m m skall anpassas till hanteringen på byggplatsen. |
|----|---------------|---|

S.1.4 BYGGANDE

- | | | |
|----|----------------------|---|
| K1 | Fysiologiska krav | Installation och byggande bör ske utan att hälsovådliga lösningsmedel, tillsatsmedel etc kommer till användning. En produktutformning som minskar arbetsinsatsen på arbetsplatsen är gynnsam. |
| K4 | Antropometriska krav | Ytterväggens (eller dess delars) mått och vikter bör vara sådana att montering, lyftning och inpassning kan utföras smidigt på byggplatsen. |
| K5 | Tekniska krav | Materialet skall tåla de påkänningar som normalt uppkommer vid byggandet. Lyftöglor etc bör finnas för att underlätta installation. |

S.2.1 DRIFT

- K1 Fysiologiska krav Luftläckage och ljudisolering skall uppfylla de krav som normerna anger, se nedan under K5. Störande ljud, "knäppningar" genom solstrålning, skall beaktas.
- K2 Psykiska krav Ytterväggen skall ^{ge} ~~sk~~ skydd mot klimatet och annan yttre påverkan. Genom fönstren vill man uppleva solljus och få en utsikt. Vissa ventilationsluckor eller fönster i ytterväggen bör vara öppningsbara för vädring och kontakt med ytterluften. Ytterväggens färg, form och struktur liksom fönstrens storlek och form och färgsättning av karmar bör kunna varieras för att tillfredsställa önskemål från boende och allmänhet om omväxling i den estetiska upplevelsen.
- K3 Sociala krav Ytterväggar skall medge social kontakt ute-inne genom t ex öppningsbara fönster men också möjlighet till avskärmning från t ex trafikbuller.
- K4 Antropometriska krav Stora väggdjocklekar kan försvåra t ex vädring av kläder genom stora bröstningsdjup.
- K5 Tekniska krav
- K5.1 Belastning och deformationer En yttervägg utsätts för utifrån kommande och inifrån kommande belastningar vid sidan av egenvikten. Vädret förorsakar olika belastningar genom påverkan av vind, snö, temperatur och fukt.
- Belastningarna på ytterväggen förorsakar deformationer och rörelser i fasaden samt medför spänningar mellan olika material och/eller mellan olika "element" i fasaden.

Yttre mekaniska belastningar (slag, stötar) förekommer företrädesvis i nedre delarna av en yttervägg. Andra belastningar, t ex stuprörs-skramlor, stegar, markiser etc, påverkar hela ytterväggen. Belastningar genom vibrationer förekommer också. Dessa överförs till ytterväggen antingen genom luften eller genom grunden.

K5.2 Vatten och fukt

Vatten och fukt kan uppträda till följd av regn, ytvatten, grundvatten, fukt innanför liggande utrymmen eller fukt i själva konstruktionen ("byggfukt"). Ursprungskällan torde vara uppenbar för alla utom när det gäller byggfukten. Denna kommer in i konstruktionen vid alla skeden som ligger före nyttjandeskedet, dvs tillverkning, lagring och transport, och är särskilt påtaglig vid betongkonstruktioner.

Regnvatten, som "tvättar ur" atmosfären från smuts och sot, förorsakar en (ojämn) nedsmutsning av fasaden. Därutöver blir regnvattnet surt genom de förbränningsgaser som finns i luften (svaveloxider, kväveoxider). Detta kan leda till korrosion av metaller och kalkhaltiga byggnadsmaterial.

Transporten av vatten och fukt är i regel av stor betydelse på ytterväggen. Ansamling av fukt kan innebära risk för frostsprängning vid temperaturer omkring fryspunkten.

K5.3 Värme och kyla

Inverkan av värme och kyla ger deformationer och rörelser i ytterväggen, se R5.1. Temperaturskillnader mellan in- och utsida påverkar fukttransporten i konstruktionen, se R5.2.

Ytterväggen kan utsättas för värme och kyla på följande sätt:

- variationer under kortare tid (dygn)
- variation under året
- snabba variationer (chocker).

Ytterväggens och speciellt fönstrens utförande och konstruktion är av stor betydelse för byggnadens tekniska inomhusklimat. Särskilda krav finns i SBN avseende isoleringsstandard m m.

K5.4 Eld

Med hänsyn till krav på brandskydd enligt Svensk Byggnorm 1975 skall en ytterväggskonstruktion beakta krav på åtgärder för att

- a) förebygga uppkomst av brand
- b) möjliggöra trygg utrymning vid brand
- c) minska risken för spridning av brand
- d) underlätta släckning av brand.

K5.5 Luft och gas

Med hänsyn till önskemålet att hushålla med energi finns föreskrifter i SBN om byggnadens lufttätethet. Täthetskraven i SBN gäller t ex hela väggkonstruktionen inklusive eventuella fogar och fönster.

K5.6 Elektricitet

Statisk elektricitet kan tänkas vara en anledning till nedsmutsning av fasadytor. Det behöver emellertid klarläggas om det är ett problem.

K5.7 Ljud

I ytterväggen utgör normalt fönstren och eventuella luftintag den svaga länken i ljudisoleringshänseende. Kraven på ytterväggens väggdel respektive fönsterdel måste därför samordnas. Allmänna krav på ljudklimat finns i SBN 34:1.

Ytterväggen bör utföras så att vibrationer till följd av t ex trafik ej uppstår.

- K5.8 Strålning
Solstrålning (UV-strålning) kan ge förändringar i färg, form, struktur, hållfasthet eller funktion hos material eller ytbehandling. Färgförändring är huvudsakligen ett estetiskt problem men kan dock innebära att materialet är sprödare.
- K5.9 Material och produkter
Man bör beakta att ytterväggen under brukstiden kan bli föremål för uppsättning av olika föremål, som stuprör, TV-antennerna, vädringsställningar etc. Ytterväggen bör kunna klara rimliga påfrestningar från beslag av detta slag.
- K5.10 Djur, växter, mikroorganismer
Djur, växter och mikroorganismer kan påverka eller ge förändringar i färg, form, struktur, hållfasthet eller funktion.
- S.2.2 SKÖTSEL, UNDERHÅLL
- K1 Fysiologiska krav
Ytterväggar i småhus bör kunna underhållas och rengöras av den boende och utan användning av rengöringsmedel eller färger som är vådliga. I flerfamiljshus bör man kunna räkna med att driftpersonal utför underhållet.
- K2 Antropometriska krav
Belastningar från t ex stegar och fönsterhissar som används vid underhållsarbete får ej ge skador på ytterväggen. Utvändiga fönsterputs skall kunna utföras (inifrån).
- K5 Tekniska krav
Ytterväggen skall vara utformad för att underlätta fasadtvätt.

D NÅGRA OLIKA YTTERVÄGGAR

I detta kapitel beskrivs fem olika ytterväggar. Alla dessa ytterväggar är i dag allmänt förekommande.

Ytterväggarna är likvärdiga vad beträffar värmeisolerings. De har alla ett k-värde mellan 0,26 och 0,30 W/m² · °C.

Ytterväggarna uppfyller byggnormens krav på ytterväggar i bostäder som skall uppvärmas till mer än +18°C i temperaturzon III och IV (SBN 1975).

I kap E kontrolleras, med hjälp av utformningsanalys, hur ytterväggarna uppfyller de krav som ställs på dem under hela livscykeln. Vidare jämförs de med varandra.

I kap H redovisas de olika fasadtypernas reparations- och underhållskostnader under nyttjandetiden.

I kap I redovisas de olika ytterväggarnas kostnader under hela livscykeln.

I kap L görs en sammanställning över energiinsatsen för produktion av de olika ytterväggarna.

Yttervägg a

Detta är en platsbyggd regelvägg. Två lager regler, ett liggande och ett stående, ger erforderligt utrymme för isoleringen. Isoleringen utgörs av två lager mineralullsskivor. Utsidan består av lockpanel med innanför liggande vindskydd av gipsskiva. På väggens insida finns en plastfolie som diffusions-spärr och en gipsskiva.

Yttervägg b

Även detta är en platsbyggd regelvägg. Reglarna är stående och mellan dessa finns ett lager mineralullsskivor. Utsidan består av murat fasadtegel. Innanför teglet finns en luftspalt och en gipsskiva som vindskydd. Väggens insida består av plastfolie och en gipsskiva.

Yttervägg c

Denna yttervägg består av fabrikstillverkade sandwichelement. I mitten finns en cellplastskiva som är limmad mot ytterdelar av gasbetong (Ytong lätt-element). Elementen, som är våningshöga, reses och limmas mot varandra på byggplatsen.

Väggens utsida putsas med tjockputs (Terrasit ädelputs). Väggens insida spacklas.

Yttervägg d

Den här ytterväggen är, förutom utsidan, identisk med yttervägg a. Utsidan består här av stående sponstad panel i slagseg genomfärgad PVC-plast.

Fasadtyp e

Denna yttervägg består av fabrikstillverkade betongelement med insidan gjuten mot slät form. På byggnadsplatsen isoleras elementen utvändigt med ett lager mineralull. Utanför isoleringen muras fasadtegel. Betongelementens insida spacklas.

De olika ytterväggarna. Teknisk beskrivning

- a) Regelvägg med stomme av stående 48 x 95 mm regler c/c 600 + 48 x 45 mm liggande spikläkt c/c 800, isolering med mineralull tj 95 + 45 mm, utvändigt 22 mm stående lockpanel + 9 mm gipsskiva GNU samt invändigt 13 mm gipsskiva med diffusions-spärr. k = 0,26
- b) Regelvägg med stomme av stående 48 x 120 mm regler c/c 600, isolering med mineralull tj 120 mm, utvändigt 1/2-sten fasadtegel med luftspalt och 9 mm gipsskiva GNU samt invändigt 13 mm gipsskiva med diffusions-spärr. k = 0,30
- c) Lättbetongvägg i sandwichkonstruktion (lbtg 70 + cellplast 110 + lbtg 70 mm, tj 250 mm, elementbredd 600 mm. Utvändigt tjockputs. k = 0,30
- d) Enligt a) men utvändigt med plastpanel (liggande spikläkt c/c 600). k = 0,30
- e) Betongvägg tj 150, invändigt med spacklad yta, utvändigt beklädnadsmurning med 1/2-sten fasadtegel, 95 mm mineralullsisolering. k = 0,30

K-värden i $W/m^2 \cdot ^\circ C$

Enligt byggnormen skall ytterväggar i bostäder som skall uppvärmas till mer än $+18^\circ C$ ha k-värde $\geq 0,30$ i temperaturzon III och IV (Svensk Byggnorm).

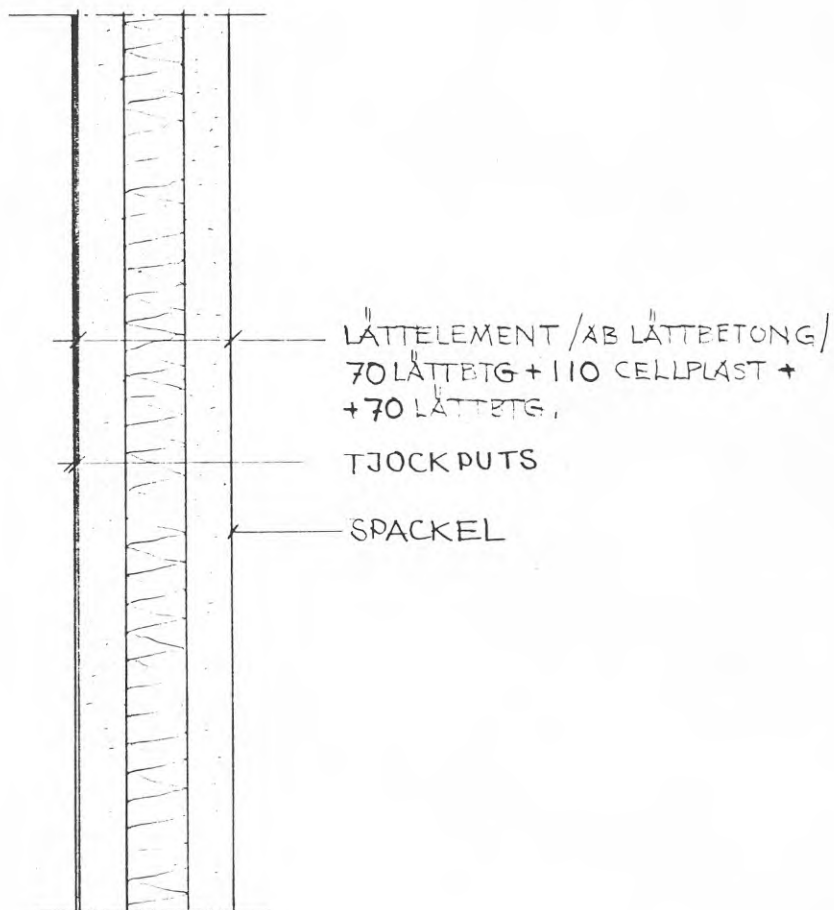
YTTERVÄGG a



$$K = 0,26 \text{ W/M}^2\text{°C}$$

YTTERVÄGG b

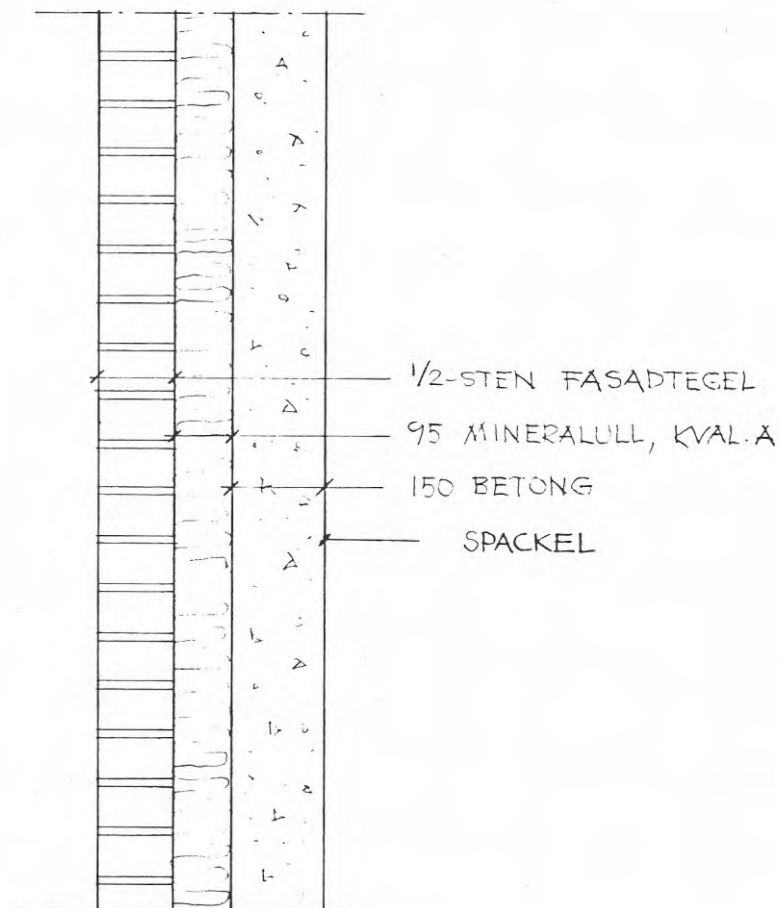
$$K = 0,30 \text{ W/M}^2\text{°C}$$

YTTERVÄGG C

$$K = 0,30 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

YTTERVÄGG d

$$K = 0,26 \text{ W/M}^2\text{°C}$$

YTTERVÄGG e

$$K = 0,30 \text{ W/M}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

E KRAVUPPFYLLELSE AV YTTERVÄGGARNA
I KAPITEL D, KRAVINDEKX

Viktning av kraven

I ett tidigare avsnitt har ett antal krav (se kap C) på ytterväggar formulerats. Vid utvärderingen av hur väl olika lösningar klarar kraven är ett första steg att sätta en vikt på varje krav. I den här rapporten har vikterna fastställts av utredarna men bör fastställas i samråd med olika brukare genom t ex intervjuer. Med hjälp av en vikt som knyts till ett krav kan man markera kravens betydelse sinsemellan. I BFR-projekt 760150-7, "VA-system i glesbygd" Lägesrapport maj 1978, har man angivit några olika sätt att vikta kraven. I denna rapport har kraven viktats i tre klasser och givits vikterna 0,2, 0,5 och 1,0.

Kravuppfyllelse

I tidigare arbeten har man använt några olika sifferskalor för att värdera hur ett krav uppfylls av en viss teknisk lösning. Exempel på dessa skalor anges i den nämnda rapporten från BFR-projekt 7601 50-7. I denna rapport har använts en skala 1-4, där varje värderingstal givits följande betydelse:

Värderingstal 1	Skada eller olägenhet av ifrågavarande slag inträffar med största sannolikhet
Värderingstal 2	Viss risk för skada eller olägenhet av ifrågavarande slag
Värderingstal 3	Normalt accepterad risk för skada eller olägenhet av ifrågavarande slag
Värderingstal 4	Extra liten risk för skada eller olägenhet av ifrågavarande slag.

Tillförlitlighet

I samband med att man undersöker kravuppfyllelsen för alternativen finns också anledning att bedöma hur säker den metod är som man använder för att undersöka kravuppfyllelsen, med andra ord tillförlitligheten. I sammanhanget bedöms också den kunskapsnivå som ligger till grund för formuleringen av kravet.

I den här rapporten har följande skala använts, som huvudsakligen anknyter till tillförlitligheten i kravuppfyllelsen:

- 4 Beräkningar baserade på vetenskapliga principer och/eller mätningar
- 3 Värderingar enligt principer, som bygger på lång erfarenhet, eller undersökning i full skala
- 2 Ställningstagande baserat på viss erfarenhet
- 1 Ställningstagande baserat på otillräcklig erfarenhet.

Kravindex

För de studerade alternativa konstruktionerna beräknas produkterna av värderingstalen för kravuppfyllelsen K_i och vikten för motsvarande krav V_i . Kravindex K för den aktuella lösningen beräknas därefter på följande sätt:

$$K = \frac{K_1 \cdot V_1 + K_2 \cdot V_2 + K_3 \cdot V_3 + \dots}{\Sigma V}$$

Det alternativ som ger det högsta värdet utgör alltså den bästa lösningen.

I tabell 1 redovisas bedömningen av hur de olika befintliga ytterväggarna uppfyller kraven. Kravindex, K , har därefter beräknats och fått följande värde:

Alt a	träregelvägg med lockpanel	3,46
Alt b	träregelvägg med tegel	3,46
Alt c	lättbetongvägg	3,33
Alt d	träregelvägg med plastpanel	3,12
Alt e	betongvägg med tegel	3,59

Med användning av ovanstående skalor skulle den ideala ytterväggen ha fått ett kravindex $K_{\max} = 4,00$ medan den sämsta tänkbara skulle ha fått ett kravindex $K_{\min} = 1,00$.

Vid bedömningen av de olika ytterväggarna bör man komma ihåg att siffervärdena på kravindex endast ger möjlighet att bedöma den inbördes ordningen mellan alternativen.

Denna bedömning visar att betongväggen med tegelbeklädning har den högsta kravuppfyllelsen. Särskilt vad gäller de tekniska kraven har denna yttervägg bedömts vara bättre än de övriga. Tillförlitligheten i bedömningen av kravens uppfyllande har genomgående fått ett högt värde. En viss osäkerhet för träregelväggar med plastpanel markeras dock.

KRAVUPPFYLLELSE FÖR BEFINTLIGA YTTERVÄGGAR

Tabell 1

- a = Träregelvägg, träpanel
 b = Träregelvägg, tegelfasad
 c = Lättbetongvägg
 d = Träregelvägg, plastpanel
 e = Betongvägg, tegelfasad

SKEDE	KRAVGRUPP	VIKT (V)	VÄRDERING (K)					TILLFÖRLITLIG- HET					V · K				
			a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
S1.1 Tillverkn.	Fysiologiska	0,5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2
	Tekniska	0,5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2
S1.2 Lagring	Fysiologiska	0,2	4	4	4	4	4	3	3	3	2	3	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3
	Tekniska	0,2	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3
S1.3 Transport	Tekniska	0,2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
S1.4. Byggande	Fysiologiska	0,5	3	3	4	3	3	3	3	2	3	3	1,5	1,5	2	1,5	1,5
	Antropometr.	0,5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
	Tekniska	1,0	3	3	4	3	4	3	3	3	2	3	3	3	4	3	4
S2.1 Drift	Fysiologiska	0,5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2
	Psykiska	0,5	4	4	4	3	4	3	3	3	3	3	2	2	2	1,5	2
	Sociala	1,0	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
	Antropometr.	0,5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Tekniska																
	-Belastn. Def.	1,0	4	4	3	2	4	3	3	3	2	3	4	4	3	2	4
	-Vatten, fukt	1,0	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3
-Värme, kyla	1,0	3	3	4	3	4	3	3	3	2	3	3	3	4	3	4	
- Eld	1,0	2	3	3	2	4	3	3	3	3	3	2	3	3	2	4	

SKEDE	KRAVGRUPP	VIKT (V)	VÄRDERING (K)					TILLFÖRLITLIG- HET					V·K				
			a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
	- Luft, gas	0,5	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	1,5	1,5	1,5	1,5	2
	- Elektricitet	0,5	4	4	4	3	4	3	3	3	2	3	2	2	2	1,5	2
	- Ljud	0,5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
	- Strålning	0,5	3	4	3	2	4	3	3	3	2	3	1,5	2	1,5	1	2
	- Matr., prod.	0,5	4	4	3	3	4	3	3	3	2	3	2	2	1,5	1,5	2
	- Djur, växler mikroorg	0,5	3	3	4	3	4	3	3	3	2	3	1,5	1,5	2	1,5	2
S 2.2 Skötsel underhåll	Fysiologiska	0,5	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	1,5	1,5	2	1,5
	Antropometr.	0,2	4	4	3	2	4	3	3	3	3	3	0,8	0,8	0,6	0,4	0,8
	Tekniska	0,2	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
S 2.3 Reparation utbyte	Tekniska	1,0	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4
S 2.5 Destruktion	Tekniska	1,0	4	4	3	3	2	3	3	3	2	3	4	4	3	3	2
	Σ	16,0											55,3	53,3	57,5		
													55,3	49,9			

$$a : \frac{V \cdot K}{\Sigma V} = 3,46$$

$$b : \frac{V \cdot K}{\Sigma V} = 3,46$$

$$c : \frac{V \cdot K}{\Sigma V} = 3,33$$

$$d : \frac{V \cdot K}{\Sigma V} = 3,12$$

$$e : \frac{V \cdot K}{\Sigma V} = 3,59$$

F KONSTRUKTIONSFÖRSLAG FÖR NÅGRA PLASTYTTERVÄGGAR

I denna utformningsanalys av ytterväggar har två helplastytterväggar framtagits och jämförts med olika ytterväggar av mera konventionell utformning. Det bör påpekas att de framtagna plastytterväggarna ej på något sätt är definitiva utan endast utgör två möjliga helplastytterväggar. Bl a kan fasadytans struktur och mönster enkelt ändras genom att framställningsmetoden är okomplicerad.

Vid val av plastmaterial har strävan varit att välja sådana plaster som i dag är vanligast förekommande och som samtidigt kan framställas till en rimlig kostnad. Vid en genomgång av olika material finner man att PVC, polyvinylklorid, och GAP, glasfiberarmerad polyester, är de två plastmaterial som i första hand kommer i fråga. Råvarorna för de bägge materialen är förhållandevis billiga och tillverkningsproceduren till produkt enkel. Analys av material och krav har därför lett till följande två helplastytterväggar.

Plastyttervägg f

är tillverkad av extruderade U-formade PVC-profiler som fylls med polyuretanskum. PVC-profilerna kapas i längder som motsvarar en våningshöjd och kan limmas samman till olika bredder. I ytterväggen ingår även ett fönster vars båge och karm likaså är tillverkade av extruderade PVC-profiler. Ytterväggens insida utgörs av pålimmade gipsskivor.

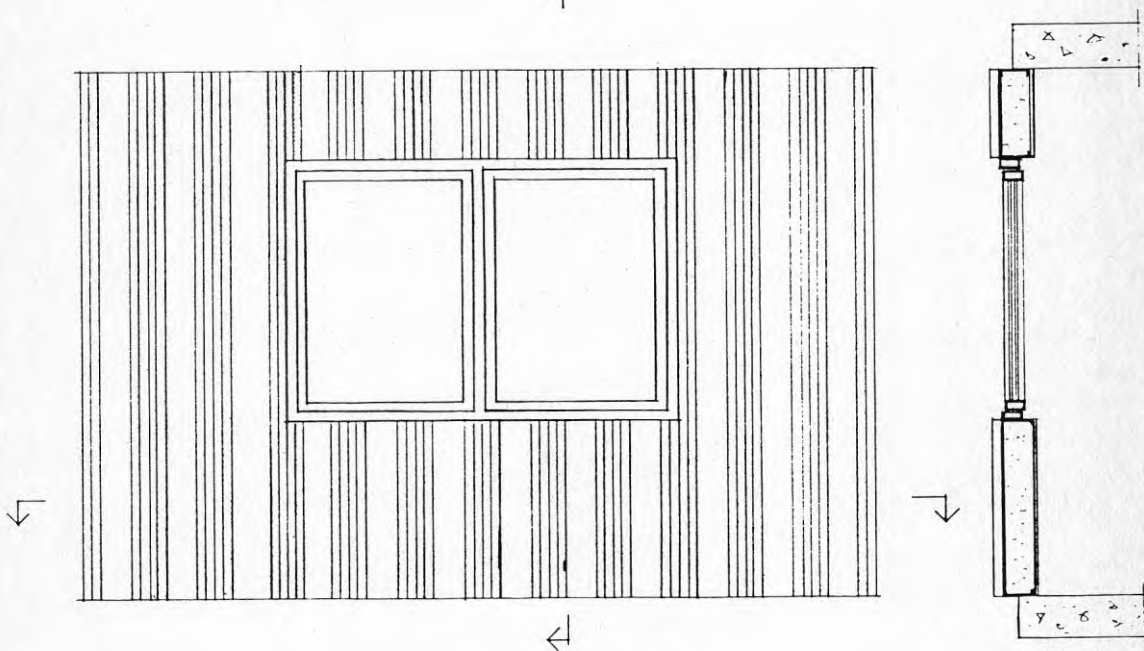
Plastyttervägg g

utgörs i stället för PVC-profiler av ett antal lådformade kassetter tillverkade av glasfiberarmerad polyester. Kassetterna kan tillverkas i standardstorlekar som gör det möjligt att montera ihop ytterväggselementen till önskade längder och bredder.

För övrigt är ytterväggen uppbyggd av samma material som plastyttervägg f.

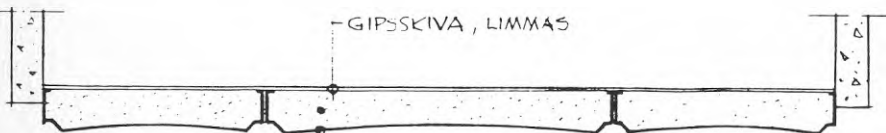
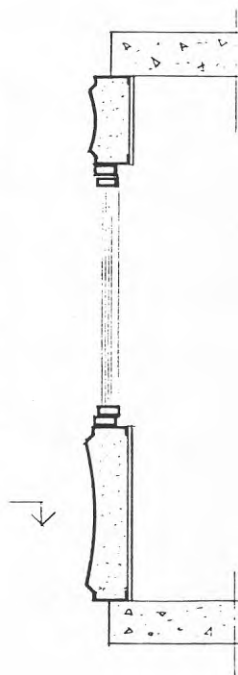
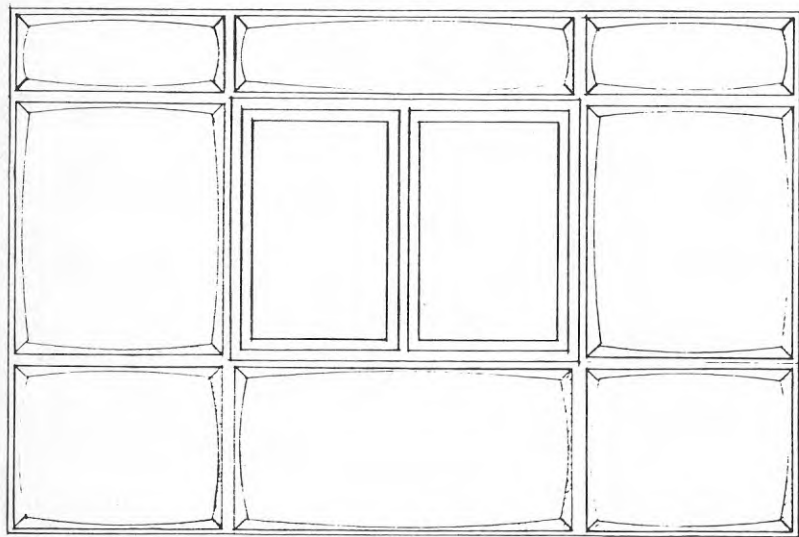
Som framgår av skisserna är de bägge plastytterväggarna mycket schematiskt redovisade. Endast mycket översiktliga beräkningar har utförts. Härvid har antagits att ytterväggens höjd är våningshög, dvs ca 2,4 m, och att bredden ej är större än ca 3,6 m.

YTTERVÄGG f



STÅNGSPRUTADE PROFILER AV PVC. I ÄNDARNA
FASTLIMMAS "LOCK" AV FOEMPRESSAD PVC.
PROFILERNA LIMMAS MOT VARANDRA OCH MOT FÖNSTRET.
FYLNING AV POLYURETANSKUM.

YTTERVÄGG g-



GIPSSKIVA, LIMMAS

KASSETTER AV GLASFIBERARMERAD
POLYESTER FYLLS MED POLYURETANSKUM.
LIMMAS MOT VARANDRA OCH MOT FÖNSTRET.

G KRAVUPPFYLLELSE FÖR YTTERVÄGGAR
ENLIGT KONSTRUKTIONSFÖRSLAG,
KRAVINDEKX

På motsvarande sätt som i kap F har de två föreslagna ytterväggarna av plast bedömts enligt de krav som formulerats i tabell 1. Kravindex K har därefter beräknats och fått följande värden:

Alt f	termoplast (PVC)	2,91
Alt g	hårdplast (GAP)	2,13

Av de här och i kap D studerade alternativen visar sig således PVC-ytterväggen ha lägsta kravindex enligt denna bedömning. Hårdplastytterväggen utfaller bättre än alt d, träreglar + plastpanel, men i övrigt sämre än de konventionella ytterväggarna.

Ordningsföljden mellan ytterväggarna i den här jämförelsen är alltså följande:

betongvägg med tegel
lättbetongvägg
träregelvägg med tegel
träregelvägg med lockpanel
hårdplast
träregelvägg med plastpanel
termoplast.

Av de tekniska kraven, där plastytterväggarna bedömts ha en lägre kravuppfyllelse, framstår särskilt kraven med hänsyn till värme och kyla, eld samt strålning som svåra att klara med den kunskap som i dag finns om plastytterväggen. Den låga kravuppfyllelsen i dessa avseenden bör ses tillsammans med ett lågt värde på tillförlitligheten. Detta bör ses som att plastytterväggarna kan visa sig ge bättre resultat när praktisk erfarenhet från användning i skandinaviskt klimat finns.

KRAVUPPFYLLELSE FÖR YTTERVÄGGARNA
 ENLIGT KONSTRUKTIONSFÖRSLAG

Tabell 1

 f = Termoplastvägg (PVC)
 g = Härdplastvägg (GAP)

SKEDE	KRAVGRUPP	VIKT (V)	VÄRDERING (K)		TILLFÖRLITLIG- HET		V · K	
			f	g	f	g	f	g
S1.1 Tillverkn.	Fysiologiska	0,5	3	3	2	2	1,5	1,5
	Tekniska	0,5	4	4	2	2	2	2
S1.2 Lagring	Fysiologiska	0,2	3	3	2	2	0,6	0,6
	Tekniska	0,2	3	3	3	3	0,6	0,6
S1.3 Transpalt	Tekniska	0,2	3	3	2	2	0,6	0,6
S1.4 Byggande	Fysiologiska	0,5	4	4	2	2	2	2
	Antropometr.	0,5	4	4	2	2	2	2
	Tekniska	1,0	3	3	2	2	3	3
S2.1 Drift	Fysiologiska	0,5	4	4	2	2	2	2
	Psykiska	0,5	3	4	3	3	1,5	2
	Sociala	1,0	3	3	2	2	3	3
	Antropometr	0,5	3	3	3	3	1,5	1,5
	Tekniska							
	- Belastn, def.	1,0	2	3	2	2	2	3
	- Vatten, fukt	1,0	4	4	2	2	4	4
- Värme, kyla	1,0	2	3	2	2	2	3	
- Eld	1,0	1	1	2	2	1	1	

SKEDE	KRAVGRUPP	VIKT (V)	VÄRDERING (K)		TILLFÖRLITLIG HET		V · K	
			f	g	f	g	f	g
	- Luft, gas	0,5	4	4	2	2	2	2
	- Elektricitet	0,5	3	3	2	2	1,5	1,5
	- Ljud	0,5	4	4	2	2	2	2
	- Strålning	0,5	2	2	2	2	1	1
	- Matr., prod	0,5	3	3	2	2	1,5	1,5
	- Djur, växter mikroorg.	0,5	4	4	2	2	2	2
S. 2.2 Skötsel underhåll	Fysiologiska	0,5	4	4	3	3	2	2
	Antropometr.	0,2	2	2	3	3	0,4	0,4
	Tekniska	0,2	4	4	3	3	0,8	0,8
S. 2.3 Reparation utbyte	Tekniska	1,0	2	3	2	2	2	3
S. 2.5 Destruktion	Tekniska	1,0	2	2	2	2	2	2
	Σ	16,0					46,5	50,0

$$f : \frac{V \cdot K}{\Sigma V} = 2,91$$

$$g : \frac{V \cdot K}{\Sigma V} = 3,13$$

H REPARATION OCH UNDERHÅLL

De kostnader som förekommer för en yttervägg under en byggnads livslängd kan förutom själva byggkostnaden delas upp i underhållskostnader och reparationskostnader. I denna rapport har underhållskostnader definierats som kostnader för underhållsarbeten av naturligt slitage (målning av träfasad t ex) medan reparationskostnader är kostnader för nödvändiga arbeten orsakade av onaturligt slitage. I nedanstående tabell har en kostnadsuppskattning för det naturliga slitaget gjorts. Då någon egentlig statistik ej förekommer är det svårt att beräkna någon exaktare kostnad, varför presenterade siffror måste betraktas som ungefärliga.

Vid beräkning av underhållskostnaderna för en ytterväggs hela livslängd är det i första hand två faktorer som påverkar dessa, nämligen kostnaden för underhållsåtgärden i fråga och med vilka tidsintervaller som åtgärden behöver upprepas. I nedanstående tabell har följande antagits för de olika ytterväggarna:

Yttervägg	Åtgärd	Antagen kostnad, kr/m ²	Tidsintervall, år	
Träyttervägg, a) och b)	Uppskrapning, pågrundning, strykning, färdig strykning	19:-	7	
Putsad yttervägg, c)	Lagning, putsning, färgning	55:- inkl ställning	28	2
Tegelyttervägg, b) och e)	Omfogning	15:-	15	?
Fönster	Tvättning, uppskrapning, påbättring, strykning, färdig strykning	10:-/lm karm och båge ger ca 35:-/m ² fönster	7	

Till ovannämnda kostnader för träytterväggen och fönstret kan kostnader för ställningar tillkomma. I nedanstående sammanställning har dock antagits att träytterväggen kan åtgärdas utan ställning och att fönsterunderhållet kan ske inifrån huset. Fönsterarean har antagits till ca 20 % av den totala fasadytan.

Trävägg	2,50 kr/m ² · år
Putsad vägg	2,00 kr/m ² · år
Tegelvägg	1,00 kr/m ² · år

I de följande kostnadsberäkningarna är kostnader för fönster ej medtagna.

Som en jämförelse till ovannämnda kostnader kan sägas att om underhållet av fönstren inte sker i tillräcklig omfattning, kan man räkna med en livslängd på 10-20 år för dessa. Kostnaden i dag att byta ut ett gammalt fönster mot ett nytt ligger på ca 2 000 kronor, vilket ger en kostnad på ca 20-40 kr/m² · år.

Som framgått ovan räknar man med att fönstren behöver underhållas vart 7:e år. Om detta underhåll efter-sätts eller om fönstren varit av dålig kvalitet kan utbyte av fönster behöva ske redan efter 10 år eller kortare tid. Detta är exceptionellt men ger en kostnad av minst 40 kr/m² yttervägg och år.

I JÄMFÖRELSE AV KOSTNADER FÖR YTTERVÄGGARNA

I detta kapitel redovisas de olika ytterväggarnas (kap E och G) kostnader under livscykeln. Kostnaderna anges i kostnadsläget vintern-våren 1978 och är uppdelade på

- investeringskostnader
- nyttjandekostnader
- underhållskostnader
- rivningskostnader.

Kostnaderna för de kända ytterväggarna (a-e) har baserats på verkliga entreprenadkostnader för ett antal objekt. För plastytterväggarna är kostnaderna av naturliga skäl ej baserade på erfarenheter av färdiga byggnader. Kostnaderna för dessa plastytterväggar (f, g) skall betraktas som kvalificerade gissningar av kostnaderna vid en framtida serietillverkning.

Investeringskostnader

Med investeringskostnader menas här kostnader för den färdigbyggda ytterväggen, alltså summa kostnader för byggnadsmaterialtillverkning, transport av byggnadsmaterial och byggande . Det är alltså den kostnad byggherren får betala entreprenören för material och arbete.

Investeringskostnaderna, specificerade i material och arbete, återfinns i nedanstående tabell. Kostnaderna är baserade på entreprenadkostnader för ett antal objekt.

Investeringskostnader för ytterväggarna:

	<u>Material</u>	<u>Arbete</u>	<u>Σkostnad/m² färdig vägg</u>
Yttervägg a	101:-	123:-	224:-
Yttervägg b	109:-	168:-	277:-
Yttervägg c	125:-	128:-	253:-
Yttervägg d	111:-	107:-	218:-
Yttervägg e	163:-	297:-	460:-
Yttervägg f	150:-	100:-	250:-
Yttervägg g	200:-	100:-	300:-

De olika ytterväggarna har olika livslängd. Olika delar av varje yttervägg har dessutom olika livslängd. T ex har stommen i ytterväggarna a-d en livslängd av ca 60 år medan stommen i yttervägg e har livslängden 70 år. Träpanelen i yttervägg a beräknas hålla i 30 år medan fasadteglet i yttervägg b och e håller i 70 år. Livslängden för plastytterväggarna f och g har bedömts försiktigt till 20 respektive 25 år.

Tar man hänsyn till ovanstående faktorer och slår ut investeringskostnaderna på antalet nyttjandeår, blir kostnaderna enligt nedanstående tabell.

Investeringskostnad per nyttjandeår:

	<u>Årskostnad/m² väggyta</u>
Yttervägg a	5,10:-
Yttervägg b	4,20:-
Yttervägg c	4,40:-
Yttervägg d	6,20:-
Yttervägg e	6,60:-
Yttervägg f	12,50:-
Yttervägg g	12,00:-

Kostnadsskillnaderna mellan de konventionella ytterväggarna är avsevärt mindre i den senare tabellen. Detta beror på att de ytterväggar som är dyrare i inköp har längre livslängd.

Nyttjandekostnader

Med nyttjandekostnader menas här kostnader för värmeförluster genom väggen under nyttjandetiden. Värmeförlusten är delvis beroende av väggens värmeisoleringsförmåga (k-värde). De ytterväggar som här diskuteras är likvärdiga beträffande värmeisolering. Värmeförlusten beror även av ventilation genom ytterväggen, frivillig (vädring, ventilation) eller ofrivillig (otätheter). Förutsatt att ytterväggarna är korrekt byggda, finns inte heller här några skillnader.

Energiinsatsen för nyttjande blir alltså lika stor per år för de olika ytterväggarna.

En normalstor nyproducerad villa med någon av ovanstående ytterväggar förbrukar ungefär 14 000 kWh per år för uppvärmning. Av dessa 14 000 kWh utgör ca 50 % värmeförluster - genom ytterväggarna, som upptar en yta av ca 140 m². Detta ger en årlig värmeförlust om ca 50 kWh genom varje m² yttervägg.

Vid ett energipris om 0,15 kr/kWh blir nyttjandekostnaden enligt nedanstående tabell.

Nyttjandekostnader för ytterväggarna:

	<u>Årlig nyttjandekostnad per m² yttervägg</u>
Yttervägg a	
Yttervägg b	50 kWh x 0,15:- =
Yttervägg c	= 7,50:-
Yttervägg d	
Yttervägg e	
Yttervägg f	
Yttervägg g	

Underhållskostnader

En redogörelse för ytterväggarnas underhållskostnader finns i kap H. Nedanstående tabell är en sammanfattning av detta kapitel. I tabellen är dock kostnader för fönsterunderhåll ej medtagna. Kostnaderna för underhåll av plastytterväggarna har bedömts vara praktiskt taget obefintliga (jfr kap K).

Ytterväggarnas underhållskostnader:

	<u>Kostnad/m²</u>	<u>Tidsintervall</u>	<u>Årskostnad/m² väggyta</u>
Yttervägg a	19:-	7 år	2,70:-
Yttervägg b	15:-	15 år	1,00:-
Yttervägg c	55:-	28 år	2,00:-
Yttervägg d	-	-	-
Yttervägg e	15:-	15 år	1,00:-
Yttervägg f	0	-	0
Yttervägg g	0	-	0

Rivningskostnader för ytterväggarna

Kostnader för rivning återfinns i nedanstående tabell. Kostnaderna är baserade på erfarenhetsvärden för ett antal rivningsobjekt.

Rivningskostnader för ytterväggarna:

	<u>Rivningskostnad, kr/m² väggyta</u>
Yttervägg a	45:-
Yttervägg b	85:-
Yttervägg c	117:-
Yttervägg d	81:-
Yttervägg e	255:-
Yttervägg f	100:-
Yttervägg g	100:-

Yttervägg a är billigast, den rivs genom uppeldning. Yttervägg d bedöms bli dyrare genom att plastytskiktet måste monteras ned och eventuellt brännas i förbränningsugn. Yttervägg e har den största rivningskostnaden. Det är betongväggen som ger det stora kostnadsbidraget. Eventuella intäkter från försäljning av rivningsmaterial är ej inräknade i rivningskostnaden.

Som tidigare nämnts har ytterväggarna olika livslängd. Tar man hänsyn till detta och slår ut rivningskostnaden på antalet nyttjandeår, blir kostnaderna enligt nedanstående tabell.

Rivningskostnad per nyttjandeår:

	<u>Årskostnad/m² väggyta</u>
Yttervägg a	1,00:-
Yttervägg b	1,30:-
Yttervägg c	2,00:-
Yttervägg d	3,00:-
Yttervägg e	3,70:-
Yttervägg f	5,00:-
Yttervägg g	4,00:-

Kostnader för ytterväggarna

En sammanställning av de olika ytterväggarnas kostnader under livscykeln visas i nedanstående tabell.

Ytterväggarnas kostnad:

	Investeringskostnad beräknad som årskost- nad/m ² vägg	Nyttjandekostnad beräknad som årskost- nad/m ² vägg	Underhållskostnad beräknad som årskost- nad/m ² vägg	Rivningskostnad beräknad som årskost- nad/m ² vägg	Σ kostnad beräknad som årskost- nad/m ² vägg
Yttervägg a	5,10:-	7,50:-	2,70:-	1,00:-	16,30:-
Yttervägg b	4,20:-	7,50:-	1,00:-	1,30:-	14,00:-
Yttervägg c	4,40:-	7,50:-	2,00:-	2,00:-	15,90:-
Yttervägg d	4,90:-	7,50:-	-	3,00:-	15,40:-
Yttervägg e	6,60:-	7,50:-	1,00:-	3,70:-	18,80:-
Yttervägg f	12,50:-	7,50:-	-	5,00:-	25,00:-
Yttervägg g	12,00:-	7,50:-	-	4,00:-	23,50:-

K JÄMFÖRELSE AV KRAVINDEKX
OCH KOSTNAD, KÄNSLIGHETSANALYS

Det är uppenbart att frågan om hur väl en yttervägg uppfyller vissa krav är ointressant, om man inte samtidigt tar in kostnaden i jämförelsen. Ett slags livscykelkostnader för ytterväggarna har beräknats i föregående kapitel. Kvoten K/C mellan kravindex, K, och kostnaden, C, är ett bättre jämförelsetal än enbart själva kravindex. Det alternativ som ger största värde på kvoten K/C utgör således den bästa lösningen. Beräkningen utförs enligt nedanstående tabell.

Alternativ	K	Rang	C	Rang	K/C	Rang
a träregelvägg, träpanel	3,46	2	16,30	4	0,212	2
b träregelvägg, tegelfasad	3,46	2	14,00	1	0,247	1
c lättbetongvägg	3,33	4	15,90	3	0,209	3
d träregelvägg, plastpanel	3,12	6	15,40	2	0,203	4
e betongvägg, tegel	3,59	1	18,80	5	0,191	5
f termoplast	2,91	7	25,00	7	0,116	7
g hårdplast	3,13	5	23,50	6	0,133	6

Även här gäller att siffervärdena på K/C endast anger den inbördes ordningen mellan ytterväggarna och inte kvantifierar skillnaderna. När livscykelkostnaden beaktas visar det sig således att träregelväggen med tegelfasad får den högsta värderingen medan plastytterväggarna enligt konstruktionsförslagen hamnar sist i värderingen, bl a genom de höga kostnaderna.

Formuleringen och värderingen av krav på ovanstående sätt gör det möjligt att enkelt undersöka hur resul-

tatet beror av förutsättningarna. Om man t ex ger samtliga krav vikten 1,0 får man följande värde på kvoten K/C, beräknat på samma sätt som tidigare:

	K/C	Rang
Alt a	0,218	2
b	0,256	1
c	0,221	3
d	0,209	4
e	0,197	5
f	0,12	7
g	0,14	6

Förhållandet mellan de olika konstruktionerna ändras inte nämnvärt. Den enda skillnaden är att lättbetongväggen (c) går om träregelväggen med träpanel (a).

Om man i stället antar att de båda plastytterväggarna f och g skulle uppfylla samtliga krav med betyget 4, blir kvoten K/C för dessa båda och med den ursprungliga viktningen:

Alt f	termoplast (PVC)	0,16
g	hårdplast (GAP)	0,17

Plastytterväggarna skulle alltså vid denna jämförelse fortfarande vara de minst fördelaktiga alternativen.

Kostnaderna för produkten eller materialet har i den använda metoden en mycket tung genomslagskraft på rangordningen. Detta är i sig inget anmärkningsvärt utan återspeglar snarast verkligheten i en situation då en byggherre skall starta ett projekt. Man kan enkelt se hur kvoten K/C påverkas av kostnaden. Den uppskattade årskostnaden för ytterväggarna av plast är 40-50 % högre i jämförelse med övriga alternativ, bl a

beroende på att plastytterväggarnas förväntade livslängd bedömts försiktigt. För att kravindex skall komma upp i nivå med index för konventionella ytterväggar måste kostnaderna minskas med 10-12 kr/år. Så länge som kravindex för plastytterväggarna är sämre än för övriga ytterväggar räcker det alltså inte att plastytterväggarnas kostnader går ned till samma nivå som för övriga kostnader.

Om plastytterväggarna kunde ges en livslängd av 50 år, skulle årskostnaden för båda väggarna sänkas till ca 15 kr. Kvoten K/C skulle då bli 0,194 för yttervägg f och 0,200 för yttervägg g. Yttervägg g skulle alltså avancera till delad tredje plats i ranglistan. Yttervägg f skulle hamna på sjätte plats.

Några områden där plastytterväggarna skulle behöva förbättras är motstånd mot påverkan genom eld, värme och kyla samt strålning.

Om energipriset skulle öka från 0,15 kr/kWh till 0,40 kr/kWh, men med oförändrade produktionsmetoder, skulle rangtabellen bli enligt följande:

	C	Rang	K/C	Rang
Yttervägg a	16,90	4	0,205	2
b	15,40	1	0,225	1
c	16,70	3	0,199	3
d	16,40	2	0,190	4
e	21,00	5	0,171	5
f	29,90	7	0,097	7
g	26,70	6	0,117	6

Rangordningen mellan ytterväggarna ändras alltså ej i detta fall.

Val eller bedömning av alternativ bör därefter ske mot bakgrund av övergripande värderingar som kan eliminera olika lösningar. I matematiska termer kan sådana begränsningar uttryckas på följande sätt:

$K \geq$ minimikrav för enskilt krav

$K \geq$ minsta värde på kravindex

$C \leq$ en viss högsta tillåten kostnad.

För ytterväggarna skulle exempelvis en begränsning kunna vara att minimikrav sätts till 2. Detta skulle då innebära att plastytterväggarna måste förbättra sin förmåga att motstå eld för att ifrågakomma i en jämförelse. En annan också närliggande övergripande värdering, som något belysts ovan i känslighetsanalysen, är en begränsning av kostnaden, antingen inventeringskostnaden eller årskostnaden. För att vara attraktiva skulle sannolikt den uppskattade kostnaden för plastytterväggarna behöva sänkas kraftigt för att dessa ytterväggar skulle bli konkurrenskraftiga.

L JÄMFÖRELSE AV ENERGIINSATS I YTTERVÄGGARNA

Sveriges energianvändning är ca 400 TWh per år (1976).
Energianvändningen för drift och produktion av bostäder och lokaler är ca 145 TWh per år. Av dessa 145 TWh utgör driften ca 134 TWh och produktionen ca 11 TWh.

Med drift menas här uppvärmning, belysning, varmvattenberedning och elapparatanvändning.

Produktionen utgörs av tillverkning av byggnadsmaterial, transporter av byggnadsmaterial och själva byggandet.

Räknat i procent utgör produktionen ca 8 % av den totala energianvändningen för byggnader per år. Resterande ca 92 % utgörs alltså av driften. Den största delen av driftenergin, ca tre fjärdedelar, används till uppvärmning.

I detta kapitel skall närmare granskas energiinsatsen för produktion av de sju olika ytterväggarna.

Byggproduktionen kan delas upp i byggnadsmaterialtillverkning, transport av byggnadsmaterial och byggande. Den årliga energiåtgången i dessa skeden för hela landet är:

- Byggnadsmaterialtillverkning	8,0 TWh
- Transport av byggnadsmaterial	0,2 TWh
- Byggande	2,5 TWh
	(SOU 1974:74)

Byggnadsmaterialtillverkning

För var och en av de fem ytterväggarna har alla ingående material specificerats och deras vikt per m² färdig yttervägg beräknats. Därefter har den specifika energiinsatsen för tillverkning av varje material

fastställt, varefter de ingående materialens energiinsatser per m² yttervägg erhållits.

Slutligen har dessa värden adderats för att få fram energiinsatsen vid materialtillverkning per m² yta för alla ytterväggarna.

Energiinsats för tillverkning av ingående material:

Trävirke	0,2 kWh/kg	
Mineralull	1,4	"
Gipsskivor	1,0	"
Plast	11,0	"
Tegel	1,2	"
Kalk	1,2	"
Cement	1,4	"
Sand	0,0	"
Lättbetong	0,5	"
Stål	10,5	"
Betong	0,2	"
Färg	10,0	"
Spackel	5,0	"
Krossad sten	0,1	"
Förzinkad spik	15,0	"

Värdena (avrundade) för trävirke t o m betong är hämtade ur SOU 1974:74. Samma värde antas här gälla för all plast (styv PVC, plastfolie och cellplast).

Värdena för färg t o m förzinkad spik är uppskattade med hjälp av övriga värden. Felprocenten kan här vara stor, men dessa materials tillägg är totalt sett små.

Två av byggnadsmaterialen i tabellen, trä och plast, innehåller utvinningsbar energi. Denna energi ingår inte i tabellen. Här kan dock nämnas att trä har ett värmevärde av 5 kWh/kg och att vid tillverkning av plast binds en energi av ca 10 kWh/kg i plastmaterialet. Energiinnehållet i dessa material kan ses som ett "lån" som betalas tillbaka när materialet förbränns.

Värdena i tabellen skall tolkas som ungefärliga riktvärden och avser dagens tillverkningsmetoder. Energiinsatsen vid tillverkning varierar kraftigt beroende på vilken process som används.

Tabell 1 redovisar beräkningen av energiinsatsen för material som ingår i de olika fasaderna.

Sammanfattning och kommentarer

Energiinsatsen i byggmaterialen för de olika ytterväggarna är:

Yttervägg a	Träregelstomme med träpanel	35 kWh/m ²	färdig vägg
Yttervägg b	Träregelstomme med fasadtegel	220	-"-
Yttervägg c	Gasbetongelement med cellplast	90	-"-
Yttervägg d	Träregelstomme med plastpanel	70	-"-
Yttervägg e	Betongelement med fasadtegel	345	-"-
Yttervägg f	PVC med polyuretanskum	245	-"-
Yttervägg g	GAP med polyuretanskum	185	-"-

Yttervägg a, med trästomme och träpanel, är alltså den minst energikrävande vid materialtillverkningen. Det största energibidraget kommer här från gipsskivorna.

Yttervägg d, där träpanelen i a bytts mot en plastpanel, har dubbelt så stor energiinsats som yttervägg a.

Yttervägg c kräver ännu mer energi vid materialtillverkningen. De största energibidragen här kommer från gasbetongen och cellplasten.

Yttervägg b har större energiinsats än a, c och d tillsammans. Det är teglet med sin höga vikt per m² som ger det stora bidraget.

Yttervägg e kräver den största tillverkningsenergin av de fem konventionella ytterväggarna. Den har tio gånger så stor energiinsats som den "rena" träytterväggen. Teglet och betongen utgör här de största posterna. Det är intressant att notera att i betongelementen svarar armeringsstålet för över halva energiinsatsen.

Plastytterväggarna f och g har relativt låga energiinsatsvärden, främst genom sin låga vikt.

Transport av byggnadsmaterial

Transport av byggnadsmaterial till byggnadsplatsen kräver mycket lite energi jämfört med tillverkning av materialen. Som framgått ovan används ca 0,2 Twh per år för transport av byggmaterial i landet. Detta ökar byggnadsmaterialens energiinsats med ca 2,5 %.

Energiinsatsen för transport är naturligtvis olika för olika material beroende på volymvikt, transportavstånd m m. I denna rapport görs ingen ingående analys av de studerade ytterväggarnas transportenergi.

Här antas att transportenergin är proportionell mot respektive ytterväggs volym per m² ytterväggsyta.

Ytterväggarnas transportenergiinsats blir då enligt nedanstående tabell.

Energiinsats för transport av byggnadsmaterial till de olika ytterväggarna:

Yttervägg a	3 kWh/m ² färdig vägg
Yttervägg b	4 "-"
Yttervägg c	4 "-"
Yttervägg d	3 "-"
Yttervägg e	5 "-"
Yttervägg f	4 "-"
Yttervägg g	4 "-"

Byggande

Som tidigare nämnts i detta kapitel är den årliga energiinsatsen för byggnadsmaterialtillverkning i Sverige ca 8,0 TWh. Motsvarande energiinsats för byggande är ca 2,5 TWh. Energiinsatsen för byggande är alltså ca 30 % av energiinsatsen för byggnadsmaterialtillverkning. Denna energiinsats fördelas enligt nedanstående tabell.

Energiförbrukning på byggnadsplatsen:
(Från SoU 1974:74)

Interna transporter	0,1 TWh
Egna maskiner	0,5 TWh
Belysning och boduppvärmning	0,4 TWh
Byggtorkar	<u>1,5 TWh</u>
	Σ 2,5 TWh

I denna rapport görs inte någon analys av energiinsatsen på byggnadsplatsen för de olika ytterväggarna.

Här antas att energiförbrukningen för ytterväggsbyggande är proportionell mot den totala energiförbrukningen på arbetsplatsen. Dvs energiinsatsen i ytterväggarna tillsammans ökar totalt med 30 % vid byggandet på arbetsplatsen.

Vidare antas att energiinsatsen för byggande av varje yttervägg är proportionell mot arbetskostnaden vid byggandet och därmed tidsåtgången för ytterväggens byggande.

Med ovan nämnda antaganden blir energiinsatsen för byggande enligt nedanstående tabell.

Energiinsats för byggnation
av de olika ytterväggarna:

Yttervägg a	36 kWh/m ² färdig vägg
Yttervägg b	48 "-"
Yttervägg c	37 "-"
Yttervägg d	31 "-"
Yttervägg e	86 "-"
Yttervägg f	35 "-"
Yttervägg g	35 "-"

Energiinsats för byggproduktion

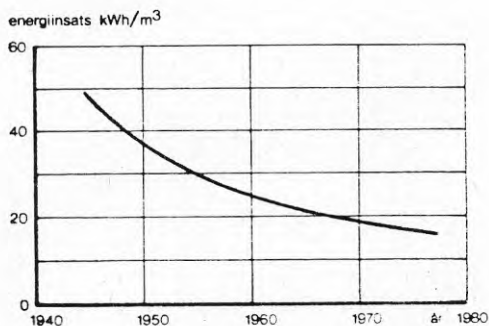
Sammanställning av energiinsatsen för byggnadsmaterialtillverkning, transport av byggnadsmaterial och byggande för de olika ytterväggarna framgår nedan.

Energiinsats för produktion
av de olika ytterväggarna:

	Material- tillverk- ning	Trans- port	Byggande	Σ kWh/m ² väggyta (avrundat)
Yttervägg a	35	3	36	70
Yttervägg b	220	4	48	270
Yttervägg c	90	4	37	130
Yttervägg d	70	3	31	100
Yttervägg e	345	5	86	440
Yttervägg f	245	4	35	280
Yttervägg g	186	4	35	230

Energiinsatsen för byggproduktion för ytterväggar representerar dock en liten kostnad i förhållande till vad ytterväggen totalt kostar. Vid energipriset 15 öre per kWh kostar energin för byggproduktion av yttervägg a ca 10,50 kr per m². För yttervägg e blir kostnaden ca 66 kr per m². Investeringskostnaderna för dessa ytterväggar är 224 kr respektive 460 kronor.

Trots dessa relativt sett låga energimängder har energiåtgången sjunkit väsentligt de sista 30 åren genom nya tillverkningsmetoder. År 1945 krävdes tre gånger större energiinsats per m^3 byggvolym för materialtillverkning än år 1975, se nedanstående figur.



Energiinsats för byggmaterialen (stomme och stomkomplettering). Värdena avser ett bostadshus med 36 lägenheter

Energiinsats för drift

Som ovan nämnts motsvarar värmeförlusterna genom en yttervägg ca 50 kWh per m^2 och år. I jämförelse med energiinsatsen för produktion av ytterväggarna är alltså driftenergin 20-70 %. Detta stämmer med uppgifter i litteraturen om att den investerade energin i byggnader motsvarar storleksordningen 10 års energiförbrukning för drift, uppvärmning och ventilation.

Kommentarer

Ovanstående jämförelse visar att energiinsatsen för produktion av ytterväggarna är liten jämfört med driftenergin. Det framgår vidare att energiinsatsen i plastytterväggarna är av samma storleksordning som för träregelväggen med tegelbeklädnad och mindre än motsvarande betongvägg.

Tabell 1 Energiinsatsen för byggnadsmaterial
i de olika fasadtyperna

Yttervägg a

<u>Material</u>	<u>kg/m²</u>	<u>kWh/kg</u>	<u>kWh/m²</u>
Färg	0,2	~10,0	2,0
Trävirke	19,7	0,2	3,9
Mineralull	5,2	1,4	7,3
Gipsskivor	17,2	1,0	17,2
Plastfolie	0,1	11,0	1,1
Spik	0,1	~15,0	1,5
	Σ 42,5		Σ 33,0

Yttervägg b

<u>Material</u>	<u>kg/m²</u>	<u>kWh/kg</u>	<u>kWh/m²</u>
Tegel	153,6	1,2	184,3
Bruk			
kalk	2,3	1,2	2,8
cement	4,3	1,4	6,0
sand	36,6	0,0	-
Trävirke	4,8	0,2	1,0
Mineralull	4,4	1,4	6,2
Gipsskivor	17,2	1,0	17,2
Plastfolie	0,1	11,0	1,1
Spik	-	~15,0	-
	Σ 223,3		Σ 218,6

Yttervägg c

<u>Material</u>	<u>kg/m²</u>	<u>kWh/kg</u>	<u>kWh/m²</u>
Tjockputs			
kalk	3,2	1,2	3,8
cement	3,7	1,4	5,2
ballast	36,1	~0,1	3,6
Lättbetong	84,0	0,5	42,0
Armeringsstål	1,0	10,5	10,5
Cellplast	1,7	11,0	18,7
Spackel	1,5	~5,0	7,5
	Σ 131,2		Σ 91,3

Yttervägg d

<u>Material</u>	<u>kg/m²</u>	<u>kWh/kg</u>	<u>kWh/m²</u>
Plastpanel	3,5	11,0	38,5
Trävirke	5,6	0,2	1,0
Mineralull	5,2	1,4	7,3
Gipsskivor	17,2	1,0	17,2
Plastfolie	0,1	11,0	1,1
Spik	0,1	~15,0	1,5
	Σ 31,7		Σ 66,6

Yttervägg e

<u>Material</u>	<u>kg/m²</u>	<u>kWh/kg</u>	<u>kWh/m²</u>
Tegel	153,6	1,2	184,3
Bruk			
kalk	2,3	1,2	2,8
cement	4,3	1,4	6,0
sand	36,6	0,0	0,3
Mineralull	3,8	1,4	5,2
Betong	345,0	0,2	69,0
Armeringsstål	6,6	10,5	69,7
Spackel	1,5	~5,0	7,5
	Σ 553,7		Σ 344,8

Yttervägg f

<u>Material</u>	<u>kg/m²</u>	<u>kWh/kg</u>	<u>kWh/m²</u>
PVC	14,0	11,0	154,0
PU-skum	7,5	11,0	82,5
Gipsskiva	8,6	1,0	8,6
	Σ 30,1		Σ 245,1

Yttervägg g

<u>Material</u>	<u>kg/m²</u>	<u>kWh/kg</u>	<u>kWh/m²</u>
GAP	8,6	11,0	94,6
PU-skum	7,5	11,0	82,5
Gipsskiva	8,6	1,0	8,6
	Σ 24,7		Σ 185,7

M DISKUSSION, SLUTSATSER

Syftet med den här rapporten är att belysa hur en metod där man systematiskt förtecknar olika krav på en produkt skulle kunna användas för produktutveckling. Metoden kallas utformningsanalys eller "performance analysis".

I en användning är metoden ett hjälpmedel vid t ex val av alternativ. Utgångspunkten är därvid att några olika tekniska lösningar föreslagits, och uppgiften består i att välja eller rangordna alternativen. Metoden ger då en systematisk överblick av problemet, varigenom de olika intressenter som kommer att beröras enkelt kan se var hans eller hennes viktiga punkter kommer in och på vilket sätt de värderas. Strävan är också att med siffror uttrycka hur väl lösningarna uppfyller kraven. Detta leder till att en matematisk behandling ofta är möjlig och lämplig i komplicerade fall.

En annan användning av metoden är i samband med utveckling av nya produkter. Skillnaden gentemot ovanstående användning är att man då söker en ny utformning och/eller ett nytt material för att uppfylla uppställda krav. Formerna för hur metoden används i det sammanhanget provas i den här rapporten.

Brukarens krav skall beaktas. Här har de olika brukarna identifierats, varefter man försökt föreställa sig de krav respektive brukare vill ställa. Ett bättre sätt bör rimligen vara att brukarna själva får komma till tals genom t ex en enkät. Detta förfarande har dock inte kunnat inrymmas inom ramen för detta projekt. Vid användning i ett industriföretags produktutveckling är det sannolikt vanligare att man försöker att enbart föreställa sig brukarkraven i stället för att gå ut och fråga.

Produktutvecklingen kan antingen vara en fråga om att hitta nya material eller att göra en helt ny produkt (design) eller bådadera. Utformningsanalysen är därvid lämplig vid starten av utvecklingsarbetet för att systematisera de aktuella kraven. Det finns en del tankegångar som man kan fästa uppmärksamhet på i utformningsanalysen. En av dessa tankegångar är att brukarnas krav förändras med tiden. Det kan ha större betydelse i fråga om produkter med lång livslängd, exempelvis ytterväggar. En annan är ett önskemål om att kunna värdera konsekvenser som ligger långt fram i tiden eller konsekvenser som inte kan värderas enbart i tekniska termer. Utformningsanalysen är emellertid ännu inte ett praktiskt och operativt hjälpmedel att användas av konstruktören vid utvecklingsarbetet. Detta beror väsentligen på svårigheten att formulera kraven med hjälp av siffror och kvantiteter i stället för kvalitet. I huvudsak saknas också provningsmetoder där man snabbt kan se om ett krav kan uppfyllas, vilket man skulle önska göra parallellt med att produkten växer fram på ritbordet eller i verkstaden. Sådana provningsmetoder bör vara generella och alltså ej anpassade för att prova vissa traditionella lösningar eller metoder.

Den analys av olika ytterväggar som redovisats i den här rapporten visar att plastytterväggar inte når samma värderingstal som traditionella ytterväggar. Andra bedömare kan se annorlunda på kravuppfyllelse och kostnader och man kan, som framgått ovan, enkelt kontrollera slutresultatet. Den metod som redovisats här är i princip väl användbar i dator. Där skulle hanteringen av siffror ske snabbt, varför en mängd alternativ skulle kunna bedömas på kort tid.

De två föreslagna plastytterväggarna bör kunna ligga till grund för ett fortsatt arbete, t ex i byggmaterialindustrin, där man försöker att motverka den låga

kravuppfyllelsen när det gäller eld, värme, kyla och strålning. Produktionsmetoder och framställningskostnader bör även kunna utvecklas positivt.

N LITTERATURFÖRTECKNING

BFR-rapporter

- o Bendel, Erik, Nedbrytning hos plast och målningsfärgers ytskikt, R14:1974
- o Carlsson, Axel, Inventering av byggsador, 13/66
- o Eliasson, Björn, Cellplaster i samverkanskonstruktioner, R42:1976
- o Hagman, Folke, Isolerande fasader, 35/69
- o Hasselblad, Valter, Fogar i betongelementfasader, R42:1972
- o Janson, Lars-Eric, Utformningsanalys av fönster, R18:1977
- o Lyng, Odd, Ytterväggar, 28/69
- o Nylund, Per-Olof, Temperaturrelater hos fasadskivor, R60:1975
- o Ugander, Mikael, Transporter av byggelement, R36:1971
- o Lundgren, Jan, VA-system i glesbygd. Lägesrapport BFR-projekt 760150-7

Övriga skrifter

- o Analys av energiinsatser i produkter och funktion, IVA-rapport nr 92
- o Byggandets energiprofil, Byggeforskningsrådet
- o Energihushållning i befintlig bebyggelse, Statens Planverk, rapport 41 1977
- o Näringslivets energianvändning, SOU 1974:74
- o Plast i bygge, Plastgruppen 1976
- o Plast inom byggnadstekniken, Statens råd för byggnadsforskning, 1971
- o Tal om energi, Ångpanneföreningen, 1978
- o Ytterväggar, Tore Glass, KBS-rapport 58 1971

Tidningsartiklar

- o Abel, Enno, Byggsektorns energiförbrukning, Väg- och vattenbyggaren nr 4 1974
- o Börlemark, Ingvar, Energiförbrukning för armerade betongkonstruktioner, Nordisk betong nr 3 1976
- o Fredrikssen, Rune, Byggmaterial av plast problem för brandskyddet, Byggmästaren nr 6 1975
- o Gartner, E M, Energy costs of house construction, June 1976
- o Fasaden är utsatt och måste tåla mycket, Byggnadsindustrin nr 22 1974
- o von Gegerfelt, Georg, Polymera material inom byggnadstekniken, Väg- och vattenbyggaren nr 2 1972
- o Jacobson, Lars, Regn både tvättar och smutsar fasaden, Byggnadsindustrin nr 22 1972
- o Jacobsson, Sten, Energiförbrukning inom byggsektorn, Arkitektur nr 4 1976
- o Kegel, Robert, The energi intensity of building materials, Heating/Piping/Airconditioning, June 1975
- o Kreiger, P C, Environment, pollution, energy and materials, Matériaux et constructions vol 6 1973
- o Lundborg, Anders, Inget fasadmaterial kan uppfylla alla fordringarna, Byggnadsindustrin nr 33 1975
- o Fasader och fasadelement i plast, Plastvärlden nr 4 1974
- o Stein, Richard, Energy cost of building construction, Energy and Buildings nr 1 1977
- o Ödeen, Kai, Allt bättre byggmaterial, Teknisk Tidskrift nr 5 1976
- o Pettersson, Lars Fingal och Samuelsson, Sture, Innovationströghet och byggsystemutveckling, Väg- och vattenbyggaren nr 6-7 1978

O SAMMANFATTNING

Denna rapport kan ses som en fortsättning av en tidigare BFR-rapport R18:1977 Fönster. Utformningsanalys av fönster. Studie av plastfönsters lämplighet.

Syftet med denna rapport är att undersöka en metod för rationellare produktutveckling i byggnadsmaterialbranschen. Metoden utgår från ett systematiskt uppställande av funktionskrav på en produkt/byggnadsdel med utgångspunkt från de olika brukarnas behov. Kraven viktas och de olika tänkbara tekniska lösningarnas kravuppfyllelse bedöms och får därefter ingå i ett sammanfattande kravindex för lösningen. Kravindex jämfört med kostnaden för den aktuella lösningen utgör ett mått på hur bra lösningen är. Kostnaderna för produkterna har beräknats utifrån hela livscykeln, från materialtillverkning till rivning. Ytterligare en jämförelsegrund har varit energiinsatsen i ytterväggen i olika skeden.

Metoden har använts för att jämföra några befintliga ytterväggskonstruktioner med två i utredningen framtagna ytterväggar av plast. Denna jämförelse utfaller till fördel för befintliga ytterväggskonstruktioner. Genom att metoden är systematiskt uppbyggd kan emellertid andra bedömningar av olika lösningars kravuppfyllelse lätt sättas in och man kan därigenom se inverkan på slutresultatet. En begränsad sådan känslighetsanalys visas i rapporten.

Plastytterväggarna har bedömts ha en lägre kravuppfyllelse främst när det gäller värme, kyla, eld och strålning. Största kravuppfyllelse har den studerade betongväggen med tegelbeklädnad. När hänsyn tas till ytterväggens kostnad, räknad som kr/m²·år, får träregelväggen med tegelfasad den högsta rangen. Den jämförelsevis höga kostnaden för plastytterväggarna medför att de även i denna jämförelse kommer längst ner.

I jämförelsen av energiinsats i ytterväggarna kommer plastytterväggarna ungefär mitti skaran. Den största energiinsatsen har betongväggen med tegelbeklädnad, där tegel, armering och betong svarar för de största bidragen. Den minsta energiinsatsen, ungefär 1/10 av den största, har träregelväggen med lockpanel.

En av svårigheterna vid tillämpning av metoden är att definierade provningsmetoder saknas för flera av kraven. Detta gör att metoden fortfarande kan ses som tung i det praktiska arbetet på ritbordet. Värdet av metoden bedöms emellertid som stort genom att man systematiserar kraven på en produkt och enkelt kan beakta att kraven ofta förändras med tiden eller att konsekvenser inte kan värderas enbart i tekniska termer.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760088-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till VBB Vattenbyggnads-
byrån, Stockholm.**

R36:1979

ISBN 91-540-2997-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600936

**Abonnemangsgrupp:
Konstruktioner o. material**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms