



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

R53 :1991

Effektiva tak

**Teknisk-ekonomisk analys av
livscykelkostnader**

**Rune Hanson
Bertil G Johnson
Sune Nilsson**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135532

Byggforskningsrådet

R53:1991

EFFEKTIVA TAK

Teknisk-ekonomisk analys
av livscykelkostnader

Rune Hanson
Bertil G Johnson
Sune Nilsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 880290-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Byggnads-
firman Viktor Hanson AB, Stockholm.

REFERAT

Rapporten redovisar en översiktlig analys av taks långtids-egenskaper med ett livscykeleekonomiskt angreppssätt på byggnadsdelsnivå. Ett speciellt inslag är att även en riskkostnad för fel och skador kalkyleras utifrån enkäter bland fastighetsförvaltare.

Trots vissa osäkerheter i dataunderlaget är det tydligt att LCE-metoder kan tillämpas på byggnadsdelsnivå och ge resultat som är användbara vid både nybyggnad och renovering. Även metoden att använda enkätdata som underlag för en kalkylerad riskkostnad fungerar tillfredsställande. Tillvägagångssättet bör därmed kunna användas även för andra byggnadsdelar.

Väl fungerande långtidskalkyler som beslutsunderlag fordrar emellertid enklare tillgång till data än vad som nu är fallet.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R53:1991

ISBN 91-540-5380-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab 94439, Stockholm 1991

Innehåll

Sammanfattning	4
Projektets bakgrund och syfte	6
Effektiva förvaltningsbeslut	7
Byggnadsförvaltningens ekonomiska dignitet	7
Effektivitetsbegreppet	7
Långsiktigheten i centrum	9
Beslutsperspektivet	9
Behovet av beslutsunderlag	10
Beslutskriterier	11
Livscykeekonomisk analys - LCE	13
Kalkylmetoder	13
Kalkylnivåer	16
Tillgången till kalkyldata	19
Erfarenhetsdata	19
Möjligheter till generell datafångst	21
Byggnadsdiagnostiska enkätstudier	22
Kostnadsdata	23
Kapitalkostnaden	23
Skötselkostnader	24
Kostnader för planerat underhåll	27
Kostnader för oplanerat underhåll	29
Kalkylexempel för val av taklösning	33
Slutsatser	37
Riskanalys	37
Kostnadsavvägningar	37
Alternativjämförelser och riskbedömning	38
Norm- och regelverket	38
Erfarenhetsåterföring	39
Funktionskrav för flacka tak	39
Referenser	41
Bilaga: underlagsdata	43-53

Sammanfattning

Detta projekt ingår i en serie studier av tekniska och ekonomiska aspekter på olika taklösningar.

Ett första projekt (Lyckade och misslyckade tak. BFR R100:1987) utgjorde en genomgång av funktionen hos ca 1 800 befintliga tak av olika typer. I ett andra projekt studerades ombyggnadsmetoder för flacka tak. I båda fallen användes enkäter som medel för att införskaffa uppgifter om takens utförande, funktion och ekonomi.

Det första projektet visade att de horisontella eller nästan horisontella taken normalt innebar en hög grad av funktionsproblem. Den centrala slutsatsen blev att tak utan lutning såväl på takytan som i rännor och ränn达尔 bör undvikas. En lägre taklutning än ca 1:20 borde därför undvikas vid nyproduktion.

I det andra projektet (Renoverade flacka tak. BFR R86:1990) studerades den stora gruppen redan omlagda tak i syfte att utreda i vilken grad olika metoder gav skilda resultat. Resultatet blev beträffande behovet av lutning i princip detsamma, även om taklutningen vid ombyggnad kunde hållas något lägre än vid nybyggnad. Vidare utkristalliserade sig ett antal uppenbara risklösningar.

I detta tredje projekt har syftet varit att göra en översiktlig analys av takens långtidsegenskaper och att pröva ett livscykelekoniskt angreppssätt på byggnadsnivå som metod för jämförelser. Enkätdata ur de tidigare projekten har för detta ändamål kompletterats med uppgifter om produktions-, energi-, skötsel- och underhållskostnader.

Under byggprocessen - från projekteringen, över förvaltningen och fram till ombyggnad och rivning - fattas ett stort antal beslut stor funktionell och ekonomisk betydelse. Flertalet beslut fattas på grundval av den omedelbara utgiften - byggkostnaden - eventuellt med överslagsmässiga beräkningar av intäkter och kostnader vid ianspråktagandet.

Från kostnadssynpunkt är emellertid byggnadens förvaltnings-egenskaper helt avgörande för det långsiktiga resultatet. Kalkyler över livstidskostnaderna för en byggnad visar att kapitalkostnaderna ofta utgör mindre än hälften och att drift- och underhållskostnaderna stadigt ökat sin andel. Metoderna för rationella val på långtidsekonomiska grunder behöver därför förbättras.

En metod att hantera de långsiktiga effekterna är livscykel-ekonomiska (LCE) kalkyler. Dessa innebär att fastigheten, byggnaden eller dess delar studeras för hela den bedömda livslängden. Metoden används för att göra prognoser om det långsiktiga ekonomiska resultatet i form av kapitalkostnader, drift- och underhållskostnader samt intäkter.

Normalt används LCE för hela fastigheter. Flertalet ställningstaganden vid nybyggnad och förnyelse sker dock för

byggnadsdelar. Det har därför varit intressant att studera i vilken utsträckning LCE kan tillämpas även på denna nivå.

Underlagsdata för LCE-kalkylerna har hämtats från befintliga produktionsdata, ur de tidigare projektens enkätuppgifter samt från diskussioner med erfarna förvaltare. Omdömen ur enkätstudierna har använts för att bestämma de fel- och skaderisker, som visat sig vara av stor betydelse.

Trots de osäkerheter som redovisats i resonemang och kalkyl-exempel är det tydligt att LCE-metoder kan tillämpas på byggnadsdelsnivå och ge resultat som är användbara vid både nybyggnad och renovering. Tillvägagångssättet bör därmed kunna användas även för andra byggnadsdelar.

Väl fungerande långtidskalkyler som beslutsunderlag fordrar emellertid enklare tillgång till data än vad som nu är fallet. Detta borde ofta kunna uppnås genom en ändrad redovisning i fastighetsförvaltningen.

Produktionskostnaden är den största delposten även i ett livslängdsperspektiv. Kostnaderna för skötsel, energi och risk får dock stor betydelse i de fall när skillnaden i anläggningskostnad mellan olika alternativ är måttlig.

Särskilt påfallande är det i vilken utsträckning risken för bristande funktion påverkar det långtidsekonomiska resultatet. Vissa taktyper och tätskikt uppvisar så frekventa problem att en riskkostnadsbedömning gör dem långtidsekononiskt tvivelaktiga.

På ett planbärverk av betong är alla varianter med uppbyggd träkonstruktion långtidsekononiskt fördelaktigare än ett det "bästa" flacka taket. Profilerad stålplåt är i normalfallet den mest ekonomiska lösningen.

I de fall man väljer ett flackt tak har alla slags plåtskikt påtagligt bättre långtidsprestanda än papp och dukar. Med denna konstruktion lönar det sig tydligt att satsa på ett dyrare men säkrare och mindre underhållskrävande ytskikt.

I valet mellan reparation och renovering är en omläggning att föredra så snart reparationsbehoven bedöms bli tätare återkommande än vart 8-9 år.

Vid omläggning av ett flackt papptak är ett sträng- eller punktklistrat bitumenskikt direkt på den gamla pappen tillsammans med tilläggsisolering utan falluppbyggnad mest ekonomiska. Om den befintliga isoleringen är tjockare än 100 mm minskar dock tilläggsisoleringens lönsamhet. Om det råder risk för kvarstående vatten, framstår ett uppstolpat plåttak som den klart bästa lösningen.

De olika kostnadsfaktorernas inverkan framhäver det angelägna i att ägna omsorg åt produktbestämningen. Förvaltarens benägenhet att acceptera drift- och underhållskostnader och funktionella risker måste klarläggas genom att flera lösningsalternativ diskuteras. Särskilt riskkänsligheten hos olika lösningar är en viktig faktor.

1. Projektets bakgrund och syfte

Detta projekt ingår i en serie studier av tekniska och ekonomiska aspekter på olika taklösningar. Ett första projekt utgjorde en genomgång av funktionen hos ca 1 800 befintliga tak av olika typer. I ett andra projekt studerades ombyggnadsmetoder för flacka tak. I båda fallen användes enkäter som medel för att införskaffa uppgifter om takens utförande, funktion och ekonomi.

Det första projektet visade att de horisontella eller nästan horisontella taken normalt innebar en hög grad av funktionsproblem (ref 1). Den centrala slutsatsen blev att tak utan lutning såväl på takytan som i rännor och rännodalar bör undvikas. En lägre taklutning än ca 1:20 borde därför undvikas vid nyproduktion.

I det andra projektet studerades den stora gruppen redan omlagda tak i syfte att utröna i vilken grad olika metoder gav skilda resultat (ref 2). Resultatet blev beträffande behovet av lutning i princip detsamma, även om taklutningen vid ombyggnad kunde vara lägre. Vidare utkristalliserade sig ett antal uppenbara risklösningar.

I detta tredje projekt har syftet varit att göra en översiktlig analys av takens långtidsegenskaper och att pröva ett livscykelekonomiskt angreppssätt på byggnadsnivå. Enkätdata ur de tidigare projekten har för detta ändamål kompletterats med uppgifter om produktions-, energi-, skötsel- och underhållskostnader.

Skötsel- och underhållskostnaderna har bedömts efter ingående diskussioner med en grupp erfarna fastighetsförvaltare med stora fastighetsbestånd. För denna medverkan vill vi särskilt tacka Dag Björklund, Bengt Olsson, S-E Norman och Bengt Rundqvist. Håkan Bejrum, KTH Fastighetsekonomi har bidragit till diskussionen om tillämpning av LCE.

2. Effektiva förvaltningsbeslut

I bygg- och förvaltningsprocessen fattas många beslut av stor funktionell och ekonomisk betydelse. Det är knappast någon överdrift att påstå att åtskilliga av dessa beslut fattas på otillräckligt underlag.

Byggnadsförvaltningen sker ofta "på känn" - t ex som reaktion på klagomål. Även vid projektering och nybyggnad är det långt ifrån alltid som långsiktiga överväganden och förvaltningserfarenheter styr byggnadsutformningen. Fastighetsägare och förvaltare tvingas ofta välja tekniska lösningar utan att ha rimlig möjlighet att bedöma alternativen - särskilt deras långsiktiga egenskaper.

Byggnadsförvaltningens ekonomiska dignitet

Totalt utgör det svenska byggnadsbeståndet mellan 500 och 700 miljoner m² utnyttjad yta. Landets samlade byggnadsvärden kan därmed uppskattas till mer än 2000 miljarder kronor. Räknar man med kostnader för drift och underhåll på ca 200,- per m² och år, blir den totala kostnaden för teknisk förvaltning 100-140 miljarder kronor per år.

Därtill kommer sådana större förändringar som ombyggnader, byte av användning, ändring av lägenhetsindelning, inbyggnad av vind etc. Även sådana åtgärder - som kan värderas till ca 20 miljarder kronor per år - ingår som en viktig del i fastighetsförvaltningen.

Förvaltningsbesluten har därmed troligen en högre ekonomisk dignitet än nybyggandet. Med stor säkerhet blir sådana åtgärder allt vanligare i takt med att brukandet skiftar snabbare och byggnadens praktiska livslängd därmed tenderar att förkortas.

Det finns således en stor potential för rationellare förvaltning. Redan en besparing på 1% skulle ge inemot en miljard kronor årligen. Ett rimligt antagande är att effektivitetsökningar i storleksordningen 10% är möjliga.

Erfarenheten visar att tekniska felgrepp kostar stora pengar. Vi vet också att stora delar av byggnadsbeståndet - särskilt bostäder från 1960- och 1970-talen - lider av eftersatt underhåll och är renoveringsmoget. De teknisk/ekonomiska åtgärderna har således en stor samhälls-ekonomisk och bostadspolitisk betydelse. Det ligger således i hela samhällets intresse att byggnaderna förvaltas väl och med ett långsiktigt perspektiv.

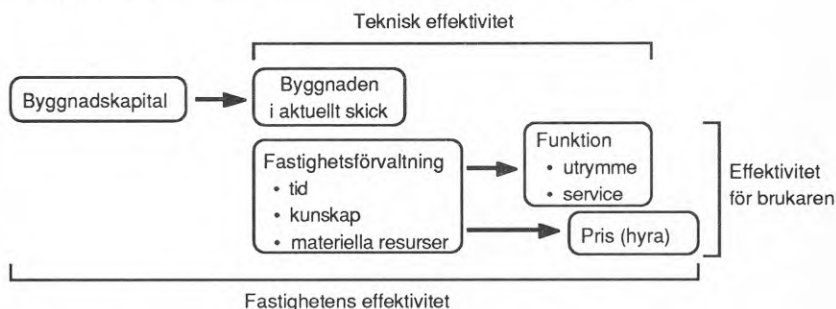
Effektivitetsbegreppet

Effektivitet kan definieras som den samlade avvägningen mellan nytta och upppoffringar. För en fastighet utgör nyttan

fastighetens värde, inklusive vad brukarna upplever och dokumenterar genom viljan att betala hyra. Uppoffringarna utgörs av kostnaderna för anläggning, drift och underhåll.

Som övergripande mål för all byggnadsförvaltning gäller att byggnaden är effektiv i den meningen att nyttan är större än uppoffringarna. God förvaltning är därmed att vidta åtgärder för att bibehålla eller öka denna effektivitet. Detta kräver en anpassning till de förhållanden som råder både på kort och lång sikt, såväl samhällets krav som brukarnas krav och önskemål.

Fastighetsförvaltning är en process där arbete, kapital och kunnande omvandlas till utrymme och service.



Effektiviteten kan således ses i olika perspektiv. Begreppen "nytta" och "insats" är ingalunda entydiga. För ägaren kan nyttan bedömas på både kort och lång sikt och dessutom påverkas av skatteförhållanden. För den som bygger inverkar likviditet, kapacitet etc. För brukaren finns en primär koppling till den egna verksamhetens mål.

Förekomsten av flera olika effektivitetsbegrepp innebär givetvis en komplikation – särskilt som "funktion" kan vara svår att mäta såväl tekniskt som i brukarperspektivet. En gemensam plattform är emellertid byggnadens tekniska och ekonomiska status – dess värde. Detta är neutralt i förhållande till intressenternas specifika förhållanden och kan åsättas hanterbara mått. Även om hyresintäkten inte är något exakt mått på fastighetens totala nytta, kan det hanteras av parterna: ägare, förvaltare och brukare.

Jämfört med flertalet andra typer av service är fastighetsförvaltningen styrd av en synnerligen kapitalkrävande, lägesbunden och varaktig produktionsfaktor: fastigheten. Dess kondition och funktionsduglighet blir därför avgörande för servicegraden.

En rationell fastighetsförvaltning kan således sägas ha till syfte att förädla sin centrala tillgång, fastigheten. Åtgärder skall vara effektiva i den meningen att de ökar funktionsvärdet hos byggnaden. Detta värde skapas av den förväntade livslängden, de framtida intäkterna och livstidskostnaderna för drift och underhåll.

Långsiktigheten i centrum

"Fastighet" definieras som ett stycke mark - en tomt - med därpå liggande byggnader. I sin vidaste bemärkelse blir därmed fastighetsförvaltning alla de åtgärder som vidtas med mark och byggnader under evinnerlig tid: anskaffning, detaljplanläggning, nybyggnad, drift och underhåll, ombyggnad, rivning och återuppbyggnad samt försäljning.

En byggnad kan bestå under hundratals år. Flertalet av dess delar har dock en livslängd som stannar vid 10-30 år. Under brukstiden genomgår byggnaden förändringar av olika skäl: slitage, nya samhälls- eller brukarkrav, ny användning etc. Den kan i detta perspektiv aldrig betraktas som ett dött föremål utan måste fortlöpande anpassas till samhällsförändringar, ny teknik och nya önskemål.

Från kostnadssynpunkt är byggnadens förvaltningsegenskaper helt avgörande för det långsiktiga resultatet. Kalkyler över livstidskostnaderna för en byggnad visar att kapitalkostnaderna ofta utgör mindre än hälften och att drift- och underhållskostnaderna stadigt ökat sin andel. Eftersom de omfattande saneringarna dessutom minskar till förmån för begränsade förändringar i nyare hus, blir initialkostnaden allt mindre relevant.

Med *progressiv förvaltning* menar vi att synsättet om självklar successiv förändring avspeglas i byggnadsförvaltningens organisation och arbetssätt. Därmed måste också förändringar budgeteras och följas upp. Likaså måste projekteringen vid nybyggnad baseras på att förändringar är ofrånkomliga.

Beslutsperspektivet

Effektiva åtgärder måste normalt bygga på rationella beslut. Med beslut menar vi då ett val mellan olika alternativ, varvid olika kriterier och begränsningar inverkar på valet. Rationella beslut kräver att kriterierna och begränsningarna är välgrundade.

Under byggprocessen - från projekteringen, över förvaltningen och fram till ombyggnad och rivning - fattas ett stort antal förvaltningsbeslut, såväl stora som små. De självklara lösningarna är få, eftersom det ofta är fråga om komplicerade åtgärdspaket, där renodlat tekniska aspekter (t ex ifråga om grund och stomme) blandas med höggradigt brukarberoende insatser.

Det är rimligt att anta att de yttre kraven efterhand ändras allt snabbare och att behovet av anpassning till dem således stegas.

Tillkomsten av nya och förändringar av befintliga produkter innebär ständigt nya val mellan olika material och komponenter. Gäller det okomplicerade produkter med förhållandevis kort livslängd, kan förvaltaren lätt använda den egna erfarenheten som grund för valet. Ju längre livslängden är, ju mer komplicerad produkten är och ju fler som handhar den,

desto svårare blir det att samla och väga erfarenheterna. Därmed ökar också valets slumpmässighet - såvida det inte finns genomtänkta metoder för att kompensera svårigheterna.

Allt vanligare är att flera byggnadsdelar av rationalitets-skäl renoveras samtidigt. Det blir således fråga om hela åtgärdspaket, där även delar med kvarvarande livslängd byts ut. Från ekonomisk synpunkt är det givetvis oförnuftigt att göra större tekniska förändringar än erforderligt. Även för de boende innebär överdrivna åtgärder en onödig störning. Varje renovering bör således föregås av en noggrann bedömning, vilken i sin tur kräver erfarenheter av liknande situationer.

Flertalet beslut fattas på grundval av den omedelbara utgiften - byggkostnaden - eventuellt med överslagsmässiga beräkningar av intäkter och kostnader vid ianspråktagandet. Synsättet dominerar även vid underhåll och ombyggnad.

Fixeringen till produktionsskedet är från total kostnads-synpunkt omotiverad. Drift och underhåll står för en betydligt större andel av kostnaderna under fastighetens livslängd.

Efterhand har satsningen på ombyggnader och systematiskt underhåll ökat. Det säger sig självt att nybyggnadskalkylerna därmed får mindre användbarhet. För byggnadsförvaltaren säger de föga om bärkraften av förändringar och moderniseringar.

Behovet av beslutsunderlag

Beslut om byggandet fattas av många olika organ och med skilda syften. Samhället styr byggandet med hjälp av stimulanser och restriktioner. Ägaren och förvaltaren måste bedöma finansiering och lönsamhet. Byggaren skall välja teknik och metoder som är rationella. Oavsett om det är samhället, ägaren eller förvaltaren som fattar besluten, måste de dock vila på ett solitt underlag. Därför fordras också kalkyl- och värderingsmetoder som kan förstås av alla parter och erbjuda säkert beslutsunderlag.

Kunskaperna om byggnaders långtidsegenskaper är idag bristfälliga och metoderna för ett rationellt val på tekniska och ekonomiska grunder outvecklade - såväl vid nyproduktion som vid ombyggnad.

Alla beslut bygger i stor utsträckning på erfarenheter - om den aktuella byggnaden eller från motsvarande tidigare projekt. Det centrala problemet är att erfarenheterna ofta är slumpmässiga och ibland helt missvisande. Givetvis vore det från teknisk-ekonomisk synpunkt önskvärt med en mer systematisk ansats, åtminstone för de större insatserna, eftersom samordningsvinster kan finnas och den ekonomiska nyttan av varje åtgärd borde vara klarlagd.

En väsentlig del av rationell fastighetsförvaltning är därför att ha tillgång till ett sakligt tekniskt och ekonomiskt beslutsunderlag. Med fastighetens funktionsvärde i centrum

bör den tekniska förvaltningen styras med hjälp av kalkyler på motsvarande sätt som produktionskalkylen numera styr produktionen. Varje beslut bör understödjas av en budget för olika alternativ, där värdeförändringen sätts i relation till ingångskostnaden för åtgärden. Kalkylerna måste väga samman kostnader för anläggning, skötsel, underhåll och ombyggnad samt ta hänsyn till livslängd etc.

Även om resultaten av sådana kalkyler i första hand är avsedda för byggnadsförvaltaren, är det uppenbart att de även kan användas för andra ändamål:

- Entreprenörens bedömning av kostnaderna för ett total-åtagande.
- Bedömning av en skälig försäkringspremie.
- Erforderlig garantiavsättning för framtida skador.
- Underlag för beställarens funktionskrav.

Kalkylmetoder som ger denna sammanvägda kunskap är dock inte vanliga. I förvaltningarna finns sällan en sådan informationshantering att viktiga fakta kan inhämtas och systematiseras - åtminstone inte till rimliga arbetsinsatser. Detta innebär i praktiken att fastighetsägaren/förvaltaren inte har förutsättningar att välja lösningar med de tekniska och ekonomiska prestanda som svarar mot hans speciella förhållanden, förvaltningsorganisation etc.

Beslutskriterier

Vid både projektering och förnyelse står det teknisk-ekonomiska sambandet i centrum. Det är uppenbart att olika förändringsåtgärder har skilda nytto- och kostnadsprofiler. Skillnaderna kan gälla anläggningskostnadens betydelse i förhållande till drift- och underhållskostnaderna, livslängden samt påverkan på intäkterna.

Beslutet om en förändring består av att dels välja graden av insats (t ex reparation, renovering eller ombyggnad), dels välja hur insatsen skall genomföras. Valet sker utifrån önskemålet att uppnå såväl en tilltalande och ändamålsenlig utformning som en tekniskt och ekonomiskt effektiv lösning.

I viss mån är förväntningarna givetvis subjektiva. Detta betyder dock inte att valet enbart behöver baseras på känslomässiga erfarenheter. Effektiviteten kan sägas vara ett samlingsbegrepp för ett antal faktorer:

- hög användbarhet (god funktion)
- enkel och billig skötsel
- låga underhållskostnader
- låg energianvändning
- maximal livstid för investeringen
- liten risk för oförutsedda fel

För funktionen kan objektiva kriterier vara svåra att fastställa, men en återspeglning är naturligtvis brukarens värdering, som bland annat tar sig uttryck i hyresintäkterna. Andra tänkbara mått är formulerade funktions- eller kvalitetskrav.

Övriga parametrar kan relativt lätt översättas till ekonomiska termer. Varje lösnings effektivitet kan sålunda uttryckas i relationen mellan framtida intäkter och kostnader.

3. Livscykeleconomisk analys - LCE

En kalkylmodell som skall underlätta förändringsbeslut kan utvecklas på skilda sätt och med olika grader av komplexitet. För ett genomslag i praktisk tillämpning fordras att förutsättningarna framstår som realistiska, att tillämpningen är rimligt enkel och att tillförlitliga referensdata finns att tillgå.

Kalkylmetoder som ger erforderliga data är ännu inte vanliga. En viktig anledning till detta är att något enhetligt synsätt inte utvecklats. I avsaknad av grundläggande principer är heller inte redovisningen utformad så att kostnaderna kan följas upp och tillförlitliga kostnadsdata kan återföras till fastighetsägarens beslutssituation.

En metod att hantera de långsiktiga effekterna är livscykel-ekonomiska kalkyler. Dessa innebär att fastigheten, byggnaden eller dess delar studeras för hela den bedömda livslängden. Metoden används för att göra prognoser om det långsiktiga ekonomiska resultatet i form av kapitalkostnader, drift- och underhållskostnader samt intäkter.

Kalkylmetoder

LCC - Life Cycle Costing

Världen över har ett ökande intresse för långsiktiga kalkylmetoder förmärkts. Den första och hittills dominerande ansatsen är Life Cycle Costing (LCC) som försöker definiera framtida kostnader som ett hjälpmedel för dagens beslut.

LCC bygger på modeller för olika förlopp och besvarar kostnadsfrågor utifrån dessa. Arbete med denna inriktning har i Sverige bedrivits sedan slutet av 1970-talet. Det finns därmed ett teoretiskt ramverk och färdiga kalkylmodeller. I sin vanligaste form bygger de på nuvärdesberäkning av framtida intäkter och kostnader enligt den välkända formeln:

$$F = \sum_{t=0}^n \frac{x_t}{(1+r)^t}$$

där F = fastighetsvärdet
 r = kalkylräntan
 t = aktuellt år av n (livslängd eller annan period)
 x = betalningsnetto

Formeln är som sagt allmänt känd. Däremot finns ingen allmänt accepterad modell för dess användning i praktiska kalkyler.

Tillämpningarna av LCC har också varit begränsat framgångsrika i praktiken. Anledningarna är flera. Dels har ränterörelser en störande effekt och dels uppfattas metoderna

ofta som alltför abstrakta och svårtillämpade. En annan viktig anledning är att enhetliga tillämpningar som passar för normala beslutssituationer inte utvecklats. I avsaknad av allmänt accepterade principer är heller inte redovisningen utformad så att kostnaderna kan följas upp och tillförlitliga kostnadsdata kan återföras till beslutssituationen.

LCE - Life Cycle Economy

LCC-metoden har efterhand utvecklats i teoretiskt avseende och vidgats till en breddad tillämpning: Life Cycle Economy. LCE beskrivs i sin nuvarande form av Bejrum (ref 3) och innebär att byggnadsvärdet, definierat som summan av de framtida kostnaderna och inkomsterna, sätts i centrum.

Rapporten betonar långsiktigheten i alla beslut om byggnader och hävdar att den framtida lönsamheten är den självklara strategin i alla beslutssituationer. Naturligtvis kan enstaka parter ha andra intressen - åtminstone på kort sikt. Detta måste emellertid ses som underordnade särfall. I längden kan ingen verksamhet anses som effektiv om den förslösar realvärden.

Resonemanget betyder att nybyggnadskostnaden påverkar värdet enbart genom de framtida kostnader som intecknas. I gengäld skapas en resurs som ger avkastning i form av hyror etc. Är summan av framtida kostnader mindre än summan av framtida inkomster, är skillnaden byggnadens faktiska värde:

$$F = \sum_{k=1}^n (I_k - U_k)$$

där F är värdet, I_k är den årliga intäkten, medan U_k är årskostnaden. Beräkningen görs för byggnadens ekonomiska livslängd n. Om kostnaderna dominerar, blir värdet negativt.

För en mer djupgående diskussion hänvisas till den nämnda skriften.

Värde och marginalvärde

LCE-modellen definierar således fastighetsvärdet som något helt annat än ett möjligt försäljningspris. Det senare är relevant bara i en säljsituation, medan fastighetsvärdet skall fungera som bas för en allmän kalkylmodell.

Funktionella förändringar (reparation, ombyggnad etc) skall givetvis höja fastighetsvärdet. En åtgärd är befogad bara om

$$F_1 = \sum_{k=1}^n (I_k - U_k) > F_0 = \sum_{k=1}^n (I_k - U_k)$$

där F_1 är värdet när åtgärden vidtagits och F_0 är värdet utan åtgärd. Därmed beaktas samspelet mellan ekonomi och teknik.

Eftersom insatsen görs i dagens kostnadsläge, medan utgifter och intäkter är framtida, måste värdena göras likvärdiga. Detta sker enklast genom en omräkning till nuvärdet av alla kostnads- och inkomstdata. Därvid används den välkända ränteformeln:

$$P_0 = \frac{P_k}{(1+r)^k}$$

där P_0 är nuvärdet av kostnaden P_k år k vid ett avkastningskrav på r . I professionell förvaltning skall kapitalet givetvis förräntas, vilket innebär att r överstiger prisutvecklingen (realränta > 0).

Det är givetvis svårt att bedöma det faktiska värdet av en fastighet före och efter en åtgärd. Problemet kan undvikas genom att man bara ser till värdeförändringen. Kan man för en åtgärd uppskatta effekten på framtida inkomster och utgifter, är detta *marginalvärde* en måttstock på åtgärdens berättigande. Marginalvärdet kan uttryckas genom formeln

$$\Delta F = \sum_{k=1}^n (\Delta I - \Delta U)$$

där ΔF är värdeförändringen. Beräkningen görs för en tid n som minst är åtgärdens ekonomiska livslängd. Om ΔF är positivt, är åtgärden ekonomiskt motiverad. Vid valet mellan två alternativ är det gynnsammaste det som har det högsta värdet på ΔF .

För en enstaka åtgärd kan en komplett marginalvärdeskalkyl därmed se ut på följande sätt:

$$\Delta F = \sum_{k=1}^n \frac{\Delta H_k - \Delta D_k - \Delta R_k}{(1+r)^k} + \Delta T_n$$

där Δ markerar effekten av den förändring som görs,
 H_k = intäkten år k
 D_k = driftkostnad år k
 R_k = underhållskostnad år k
 n = beräkningsperioden (livslängden)
 r = avkastningskravet (realräntan)
 T_n = restvärde år n

Ett exempel

Ett räkneexempel får illustrera tillvägagångssättet:

Antag att en modernisering av badrum kostar 900 kronor per m^2 lägenhetsyta och att den föranleder en hyreshöjning om 40 kronor. Driftkostnaden bedöms öka med 5 kronor/ m^2 , medan underhållet minskar med samma belopp. Ändringen antas ha en varaktighet av 30 år.

Marginalförändringen av intäkter och kostnader blir $40 - 5 + 5 = 40$ kronor, vilket sätts in i ränteformeln. Vid ett

avkastningskrav (realränta = r) på 3% blir den marginella förändringen i fastighetsvärdet 784 kronor per m^2 . Detta är mindre än insatsen 900 kronor och åtgärden är således inte lönsam.

Kalkylnivåer

En väsentlig fråga är på vilken nivå som värdeförändringar kan bedömas. Givetvis varierar detta med kalkylens syfte. En nybyggnad innebär att hela byggnaden hanteras vid ett tillfälle. Förnyelse omfattar normalt begränsade delar av byggnaden, de som utsätts för väder och vind samt de som belastas av nötning eller vatten. Reparationer kan omfatta enstaka komponenter och material.

Tre kalkylnivåer som stämmer väl överens med byggnadsförvaltningens problemvärld är följande:

Kalkylnivån *byggnad* lämpar sig för bedömningar vid nybyggnad och försäljning, vid omläggning av lån, för hyresförhandlingar, när en ändrad användning eller förbättrad tillgänglighet är aktuell samt när energibesparing skall övervägas. I dessa fall är det främst effekterna vid olika tidpunkter som är intressanta. Däremot är den knappast tillämplig för normala tekniska förändringsbeslut, eftersom flertalet av dessa omfattar begränsade åtgärder.

Kalkylnivån *byggnadsdel* (tak, fasad, kök, badrum, elinstallationer etc) är lämplig för flertalet ställningstaganden vid nybyggnad och förnyelse. Byggnadsdelen som kalkylbas har fördelen att antalet data blir begränsat och att överensstämmelsen med traditionell kalkylering vid nybyggnad är hög.

Kalkylnivån *komponenter* är tillämplig vid val mellan olika material och komponenter, t ex nya ytskikt på golv, väggar och tak samt vid utbyte av maskiner etc.

Hur de olika kalkylnivåerna kan tillämpas framgår av följande exempel.

Exempel 1. Byggnadsnivån

I en viss situation finns tre olika förvaltningsalternativ för en fastighet:

1. Ingen renoveringsåtgärd
2. Partiell ombyggnad (nytt tak och nya badrum) till en kostnad av 2 500 kronor/ m^2 .
3. Fullständig ombyggnad men med samma användning till en kostnad av 7 000 kronor/ m^2 .

Vi gör de antaganden om årliga hyresintäkter h , driftkostnader d och underhållskostnader u som framgår av följande tabell. Beloppen antas öka i takt med inflationen. Åtgärds-kostnaden B är den ovan angivna. Realräntan sätts till 4% och kalkylperioden till 15 år med restvärdet T enligt tabellen, baserat på bedömd livslängd.

"netto" är det årliga driftnettot och f_{15} är nuvärdet av detta netto summerat för kalkylperioden och omräknat med hänsyn till realräntan. F är nuvärdet av åtgärdens resultat.

Alt	h	d	u	netto	f_{15}	T	B	F
1	500	220	60	220	2 566	2 400	0	4 966
2	650	200	20	430	5 016	3 000	2 500	5 516
3	750	200	20	530	6 182	5 000	7 000	4 182

Den begränsade ombyggnaden (alt 2) är fördelaktigast om inga bostadssubventioner är aktuella.

Exempel 2. Byggnadsdelsnivån

Ett horisontellt lättbetongtak med papp som ytskikt och invändigt avlopp är efter ca 20 år renoveringsmoget. Följande alternativ studeras:

Alt 1 Ny papp till en kostnad av 170 kronor per m^2 .

Alt 2 Nytt tegeltak på brant träkonstruktion. Kostnad 725 kronor per m^2 .

Alt 3 Ny snedskuren tilläggsisolering mot befintligt avlopp och ny papp, Kostnad 405 kronor per m^2 .

För drift- och underhållskostnaderna nöjer vi oss med att bedöma skillnaderna gentemot alternativ 1. Taket påverkar inte hyresintäkterna. Beloppen antas öka i takt med inflationen. Åtgärdskostnaden B är den ovan angivna. Realräntan är 4% och kalkylperioden 10 år. Papptakets livslängd är kortare (30 år) än tegeltakets (50 år), vilket avspeglar sig i restvärdet T vid kalkylperiodens slut.

Alt	Δd	Δu	Δnetto	Δf_{10}	T	B	ΔF
1	0	0	0	0	100	170	-70
2	-5,50	5	0,50	4	550	725	-171
3	-2,50	0	2,50	21	250	405	-134

Den enklaste åtgärden ger den bästa ekonomin. Ingen hänsyn har dock tagits till läckagerisker etc.

Exempel 3. Komponentnivån

För omläggning av ett golv jämförs tre material:

Alt 1 Linoleum, 100 kronor per m^2 .

Alt 2 Korkoplast, 200 kronor per m^2 .

Alt 3 Trä, 300 kronor per m^2 .

Även här sätter vi alternativ 1 som jämförelsebas för underhållskostnaderna (driftkostnaderna kan försummas). Korkoplast kräver inget underhåll, medan trägolvet fordrar mer än linoleum. Golvvalet bedöms påverka hyran. Realräntan är 4% och kalkylperioden 10 år. Livslängderna antas vara respektive ca 10, 15 och 25 år.

Alt	Δh	Δu	Δ_{netto}	Δf_{10}	T	B	ΔF
1	0	0	0	0	0	100	-100
2	40	-10	50	419	50	200	269
3	60	10	50	419	150	300	269

Linoleum har den sämsta livslängdsekonomin, medan de båda andra alternativen är likvärdiga.

4. Tillgången till kalkyldata

Livscykeleekonomiska bedömningar fordrar data om livslängd, skötsel- och underhållsbehov m m. Under byggnadens eller byggnadsdelens livscykel är följande uppgifter relevanta:

- Kapitalkostnaden
- Kostnaden för drift, t ex uppvärmning.
- Planerade skötsel- och underhållskostnader.
- Oplanerade underhålls- eller utbyteskostnader, inklusive eventuella följskador.
- Intäkterna.

Kapitalkostnaden är en funktion av anläggningskostnaden och livslängden. Den förstnämnda faktorn kan lätt räknas fram från befintliga kalkyldata. Den ekonomiska livslängden varierar naturligtvis för olika konstruktioner och material och bör om möjligt fastställas utifrån faktiska prestanda.

Kostnaderna för drift, skötsel och underhåll är utpräglade exempel på erfarenhetsdata (se nedan). Detsamma gäller för de oplanerade underhålls- eller utbyteskostnaderna, som uppstår på grund av att delar av konstruktionen har en kortare livscykel än förväntat, att det förekommer brister i material eller utförande eller att konstruktionen utsatts för oförutsedd påverkan.

Erfarenhetsdata

Alla fastighetsbeslut bygger ju i stor utsträckning på erfarenheter - om den aktuella byggnaden eller från motsvarande tidigare projekt. Det befintliga byggnadsbeståndet är således en viktig uppgiftskälla. Ofta har byggnadsförvaltarna en omfattande kunskap om hur byggnader, byggnadsdelar och komponenter fungerat. Med ett tillräckligt stort fastighetsbestånd och en god kostnadsredovisning borde mycket tillförlitliga kalkyldata kunna erhållas.

I princip skulle varje ställningstagande bygga på en förvaltningskalkyl. När åtgärden är genomförd, följer man kontinuerligt upp kalkylen mot de faktiska kostnaderna. Med denna metod får man så småningom en tillförlitlig bank av erfarenhetsbaserade livslängdsdata. Dessa kan användas både vid projektering av nybyggen och vid planering av underhålls- och ombyggnadsåtgärder.

I praktiken finns dock vissa hinder. Förändringarna i teknik, material och metoder är ofta så snabba att ett tillräckligt underlag inte hinner samlas. Förvaltande företag med små fastighetsbestånd kan knappast få data med erforderlig bredd. Att bygga upp en bank av erfarenhetsbaserade kalkyldata tar dessutom tid. Därtill kommer att ekonomiredovisningen sällan har en tillräcklig detaljeringsnivå.

På kalkylnivån *byggnaden* ger den normala årsredovisningen uppgifter om de totala intäkterna och kostnaderna under året. Dessa kan kompletteras med en fastighetsvärdering, baserad på framtida intäkter och kostnader i reella värden samt räntor. Om denna värdering årligen följs upp, ger den en bild av förvaltningens effektivitet. Däremot ger den inte de detaljuppgifter som erfordras för nya projekt eller förändringsåtgärder.

Som underlag vid ny- och ombyggnad fordras information om de *byggnadsdelar* som är aktuella för åtgärd. Sådana uppgifter förekommer idag endast sporadiskt i redovisningen, vars normala indelning (tabell 4.1) inte är tillräcklig som grund för alternativval.

Tabell 4.1. Normal ekonomisk redovisning för en fastighet.

hyror
vatten
ventilation
uppvärmning
elektricitet
försäkring
städning och skötsel
förbrukningsvaror
förvaltning
skatter
finansiering
reparationer och underhåll

Önskvärt vore en redovisning som strukturerats efter de delar av byggnaden som utgör naturliga enheter för ställningstaganden, exempelvis enligt tabell 4.2.

Tabell 4.2. Byggnadsdelar av långtidsekonomisk betydelse.

grund
stomme
fasader, fönster och balkonger
yttertak
uppvärmningssystem
ventilationssystem
vatten- och avloppssystem
elsystem
våtrumsinstallationer
trappor och hissar
sophanteringssystem
indelning och inredning

För material och komponenter saknas också väsentliga erfarenhetsdata om skötsel, underhåll och livslängd. Däremot föreligger ofta uppgifter - om än praktiskt oprövade - från materialindustrin. En särskild svårighet är i gengäld att nya material ständigt lanseras och att en rättvisande jämförelse därför kan vara problematisk.

Särskilt på byggnadsdels- och komponentnivåerna är tillgången till kostnads- och intäktsdata således ett problem.

Möjligheter till generell datafångst

Ett problem med företagsinterna erfarenhetsdata är att erfarenheterna ofta är slumpmässiga och ibland helt missvisande. Företag med små fastighetsbestånd kan knappast bygga upp data med erforderlig projektbredd. Uppbyggnaden tar dessutom lång tid. Av dessa skäl vore det önskvärt med en mer systematisk ansats, åtminstone för de vanligare, större projekttyperna.

En mer generell och systematisk datauppbyggnad kan ske på flera sätt:

- Sammanställning av uppgifter ur litteratur, normer etc.
- Bedömningar av enstaka experter.
- Besiktning av befintliga byggnader.
- Förfrågningar bland fastighetsförvaltare.

Litteraturmaterialet är vanligen inte systematiserat på ett sätt som stämmer överens med förvaltningens behov av beslutsunderlag – åtminstone inte på byggnadsdelsnivån. Det är heller inte komplett eller lättöverskådligt. Den erforderliga bearbetningen blir alltför omfattande.

För material och komponenter kan materialfabrikanterna spela en betydande roll genom systematisk uppföljning av drift- erfarenheterna och information om dessa. Dessa uppgifter borde vara minst lika viktiga som priser och hållfasthets- egenskaper. En sådan utveckling kan drivas fram genom att förvaltarna i framtiden ställer krav på redovisade lång- tidserfarenheter. Problemet är naturligtvis att materialen ständigt ändras och säker erfarenhet ofta tar minst tio år att få fram.

Expertbedömningar kan utföras av konsulter, förvaltare och besiktningsmän. Resultatet kan trots en god kompetens bli skönsmässigt, främst därför att det inte är baserat på en tillräcklig mängd objekt. Risken för allmänt tyckande, traditionspåverkan och fördomar är således stor. Normalt är heller inte detta slags erfarenheter systematiserade och dokumenterade.

Besiktningar kräver stora resurser för ett tillräckligt brett underlag. De tar tid och de kräver hög kompetens om det inte bara skall bli observationer utan också användbara slutsatser.

Förfrågningar kan ske i enkätform och då ge avsevärda data- mängder. Detta minskar felriskerna enligt de stora talens lag. Med datorbearbetning är det möjligt att söka och belysa komplicerade samband. Sådana *byggnadsdiagnostiska enkät- studier* har använts i de aktuella takprojekten.

Byggnadsdiagnostiska enkätstudier

Metoden bygger på att tekniska och ekonomiska data ställs mot den värderade funktionen. Data inhämtas med hjälp av enkäter bland byggnadsförvaltare eller brukare. De kan avse förhållanden vid en given tidpunkt eller både före och efter en åtgärd.

Analysens syfte är att finna samband - mellan teknik och kostnad, teknisk lösning och funktion etc. Där sambanden antyder att kritiska faktorer finns, görs djupare bearbetningar. Resultatet blir att bra och dåliga lösningar eller speciella problem kan identifieras.

Risken med en enkätstudie är givetvis att uppgifterna inte är representativa och att svarspersonernas omdömen inte är tillräckligt tillförlitliga. Den är beroende av personliga referensramar och förväntningar - och av den information som svarspersonerna har tillgång till.

Den grundläggande frågan på denna punkt är naturligtvis i vilken utsträckning mätnoggrannheten spelar en roll. För övergripande bedömningar är den av mindre betydelse under förutsättning att slutsatserna baseras på tydliga utslag. Det stora antalet objekt kompenserar att det inte är fråga om statistiskt korrekta urval.

I tekniskt hänseende utgör de större byggnadsförvaltningarnas tekniska kompetens att bedömningarna är väl underbyggda.

Enkätmetoden ställer emellertid krav i främst tre avseenden:

- Ju mer komplicerat problemet är, desto större enkätmaterial erfordras.
- Medverkan från stora fastighetsförvaltningar är nödvändig för att trygga ett tillräckligt stort material och erforderligt förvaltarkunnande.
- Frågeformulären måste vara väl genomarbetade så att frågorna ger användbara svar och besvarandet underlättas. Detta kräver allmänt byggkunnande, specialkunskap om den byggnadsdel som studeras samt kunskap om lämpliga bearbetningsmetoder.

Sammanställning och bearbetning av ett sådant erfarenhetsunderlag utgör ett omfattande arbete. Därtill kommer att dess praktiska användning fordrar allmän åtkomst, en genomtänkt struktur etc.

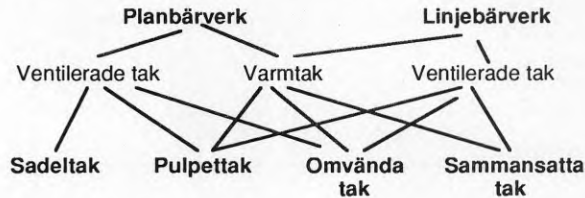
5. Kostnadsdata

Vi definierar taket som hela den byggnadsdel som ligger ovanför inner- och ytterväggarnas murkrön, inklusive ventilation och andra installationer. Några intäkter från taket förekommer normalt inte.

Kapitalkostnaden

Anläggningskostnaden för olika taktyper (figur 5.1) har beräknats med hjälp av befintliga kalkyldata (ref 5).

Figur 5.1. Principer för taklösningar.



Anläggningskostnaden beräknas med hjälp av befintliga produktionsdata (ref 5):

Beräkningen omfattar bjälklagskonstruktion, takkonstruktion, eventuell isolering, underlag, ytskikt och detaljer (fotplåtar, hängrännor, stuprör, fotrännor, vinkelrännor, rännदार, gesimsrännor, ståndskivor, hängskivor och krönbeslag). Ett exempel redovisas i tabell 5.1. Ett mer omfattande material återfinns i bilagan "Underlagsdata".

Tabell 5.1. Anläggningskostnad kr/m² för brant tak (≥ 1:4) med planbärverk av trä och träkonstruktion.

	bjälklag	isolering	takkonstr	underlag	ytskikt	detaljer	Totalt
-betongpannor på råspons	289	82	213	86	289	30	989
-profilerad plåt på träfiber	289	82	213	57	339	30	1010
-ytbelagd plåt	289	82	213	97	701	30	1412
-aluminiumplåt	289	82	213	97	822	30	1533
-kopparplåt	289	82	213	97	1037	70	1788
-papp	289	82	213	196	234	30	1044
-takduk	289	82	213	196	260	30	1070
-tegelpannor	289	82	213	86	324	30	1024

Den årliga kapitalkostnaden är en funktion av anläggningskostnaden och den teknisk-ekonomiska livslängden samt eventuellt förräntningskrav.

Med livslängd menar vi den tid som förflyter innan större åtgärder som omtäckning, ändrat sätt för avvattning etc behöver företas. Endast i undantagsfall görs hela konstruktionen om, varför livslängden för grundkonstruktionen och tätskiktet är olika.

I tabell 5.2 redovisas ett exempel, där förräntningskravet (realräntan) är noll. Tätskiktskostnaden inkluderar underlag och detaljer. Antaganden om livslängd bygger på enkätmaterial från tidigare projekt (ref 1 och 2) och innebär för papp 30-40 år, för tegel- och betongpannor beroende på underlagets åldrande ≈ 50 år samt för stålplåt 80 år.

Tabell 5.2. Årlig kapitalkostnad (Åk) kr/m² för brant tak (lutning $\geq 1:4$) med planbärverk av trä och träkonstruktion. Olika beräknade livslängder för grundkonstruktion {liv(k)} och tätskikt {liv(t)}.

	Σ konstr	Σ tätskikt	liv(k)	liv(t)	Åk
-betongpannor på råspont	584	405	75	50	15,89
-profilerad plåt på träfiber	584	426	100	80	11,17
-ytbelagd plåt	584	828	100	80	16,19
-aluminiumplåt	584	949	100	80	17,70
-kopparplåt	584	1204	100	100	17,88
-papp	584	460	100	30	21,17
-takduk	584	486	100	30	22,04
-tegelpannor	584	440	100	50	14,64

Årskapitalkostnaden avser felfria tak. Kostnadsaspekter på risken för skador och defekter diskuteras nedan.

Skötselkostnader

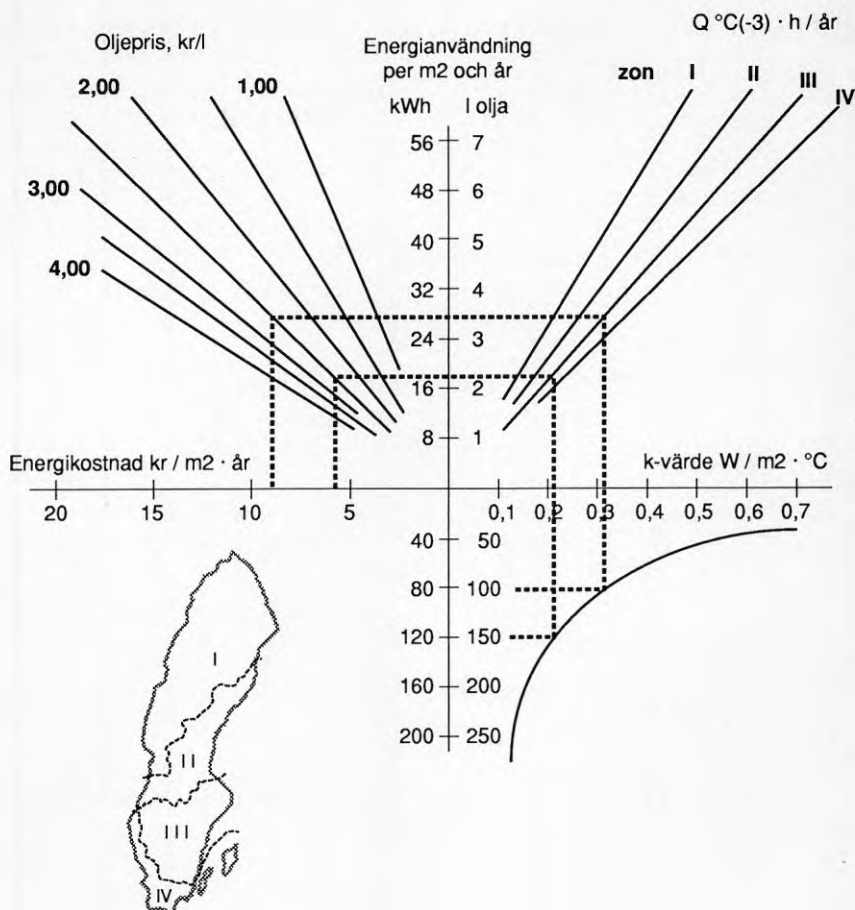
Drift- och skötselkostnaderna omfattar dels energikostnaden, dels insatserna ifråga om inspektioner, renhållning av tak- ytor, rännalar, rännor och avlopp samt snöskottning och borttagning av istappar.

Energikostnaden beräknas enklast med hjälp av värmegenomgångstalen för olika materialkombinationer.

Övriga skötselkostnader kan inte på samma sätt kalkyleras utan måste hämtas från praktisk erfarenhet. Fastighetsförvaltningarnas kostnadsredovisning är normalt inte tillräckligt detaljerad och rikhaltig, varför de olika skötselmomenten har analyserats och diskuterats med ett antal erfarna fastighetsförvaltare.

Energikostnad

Årskostnadspåverkan av ett isolerskikt beräknas ur följande diagram (sammanställt av Sune Nilsson på uppdrag av Byggnadsstyrelsen):



I figuren ges två exempel på isolering med 100 och 150 mm mineralull och årskostnaden för värmeförluster ca 6 respektive ca 9 kronor. Tilläggsisolering med 50 mm utöver befintliga 100 mm innebär således en besparing om ca 3,-/m². Följande tabell innehåller några riktvärden:

Isolertjocklek	årskostnad
70 mm	12,18
100 mm	9,09
120 mm	7,60
150 mm	6,03
170 mm	5,22
220 mm	3,93

Inspektioner och renhållning

Inspektioner erfordras för alla tak utom enkla industritak. Renhållning sker normalt samtidigt. Frekvensen bedöms vara en gång årligen. Insatsen beräknas omfatta 2h (= 600,-) för

tak upp till 500 m² yta, vilket ger en årskostnad om 1,20 per m². För större tak tillkommer 0,60 per m² utöver de 500.

Branta tak kräver en något större insats per tillfälle men frekvensen kan hållas lägre. Tunna ytskikt med större skaderisk fordrar tillsyn två gånger per år, liksom tak med invändigt avlopp. När lövträd saknas i omgivningen, räcker en gång vart tredje år.

Borttagning av istappar

Borttagning av istappar erfordras för alla utåt lutande och oisolerade tak under 2000 m². Större tak förutsätts ha ventilation eller andra lösningar för att förhindra isbildning. Frekvensen bedöms vara 3-4 gånger vartannat år.

Kostnaden beräknas för 3 man och 3h per tillfälle - sammanlagt 4700,- per år eller 9,40 per m² upp till 500 m² takyta. För varje m² därutöver beräknas 3,00.

För byggnader utanför innerstad kan 20% av insatsen hållas betydligt lägre - uppskattningsvis en femtedel. I norra Sverige är klimatväxlingarna mindre och insatsen kan halveras.

Snöskottning

Snöskottning erfordras för alla utåt lutande tak i norra och mellersta Sverige, erfarenhetsmässigt en gång vart fjärde år.

Kostnaden beräknas för 2 man och 8h per tillfälle, vilket ger 1200,- per år eller 2,40 per m² upp till 500 m² takyta. För varje m² därutöver beräknas 1,20.

Följdskadorna av snöskottning

Hål och hack uppstår ofta vid snö- och isröjning, främst på grund av otillräckligt utbildad personal. En extra besiktning i slutet av vintern erfordras alltid, eftersom allvarliga problem snabbt kan uppstå. För tunna ytskikt kan den extra besiktningen sammanfalla med den extrainsats som tidigare nämnts. För vissa detaljer och delar av ytskiktet halveras livslängden.

Kostnaden beräknas för en besiktning vart fjärde år. Insatsen bedöms omfatta 2h, vilket ger 150,- per år eller 0,30 per m² upp till 500 m² takyta. För varje m² därutöver beräknas 0,15. Skador bedöms motsvara 10% av ytskiktet vid varje tillfälle och lagningarna kostar då genomsnittligt 4,00 per m².

Problemet gäller enbart norra och mellersta Sverige.

Tabell 5.3. Skötselkostnad för ett urval taktyper (se även bilagan "Underlagsdata").

	<i>insp/renh</i>	<i>is</i>	<i>snö</i>	<i>följd</i>	Σ skötsel
Normaltak	1,20				1,20
Tillägg för:					
Takduk	1,20				1,20
Invändigt avlopp	1,20				1,20
Varma, utåtlutande:					
• innerstad ej Götaland		4,00	2,00	4,00	10,00
– <500 m ² , tillägg		3,90	1,00	0,40	5,30
– 500-2000 m ² , tillägg		0,70			0,70
• innerstad Götaland ej Skåne		4,00			4,00
• innerstad Skåne		2,00			2,00
• ytterområden		0,80			0,80
Varma, inåtlutande		2,00			2,00
Ventilerade utåtlutande					
• innerstad ej Götaland			2,00	3,00	5,00
• ytterområden b -1972			2,00	3,00	5,00

Elslingor

Elslingor kan användas för att undvika behovet av istapps-borttagning och åtföljande lokala skador.

Kostnaden utgörs av en kapitalinsats om ca 50 000,- med en beräknas livslängd av 20 år. För ett tak om 1000 m² innebär detta 2,50 per m². För större tak är marginalkostnaden 0,50 per m². Driftkostnaden uppgår till 6 kW * 650 drifttimmar * 0,70 = 2,73 per m².

Den sammanlagda kostnaden om drygt 5 kronor per m² gör åtgärden väl motiverad i de flesta fall.

Kostnader för planerat underhåll

Med planerat underhåll menar vi de förutsedda åtgärder som erfordras för att vidmakthålla den teknisk-ekonomiska livslängden. Till underhåll hänförs därmed för alla taktyper:

- lagning eller utbyte av kompletteringar av planplåt, t ex fotplåtar, hängrännor, stuprör, fotrännor, vinkelrännor, rännalar, gesimsrännor, ståndsivor, hängskivor och krönbeslag
- målning av plåtdetaljer
- komplettering eller byte av takbrunnar
- justering av takets ventilation

Därtill kommer åtgärder som är specifika för vissa taktyper:

för papptäckta tak

- lagning av sprickor och hål
- nertagning av blåsor och veck samt ilagning
- tätning av skarvsläppor
- justering och lagning av detaljer som kappor och anslutningar till plåtflänsar
- behandling med takmassa

för folietäckta tak

- lagning av sprickor och hål
- tätning av skarvsläppor
- justering och lagning av detaljer som kappor och anslutningar till plåtflänsar

för plåttäckta tak med plan plåt

- utbyte av skadade plåtar
- falstätning
- målning

för plåttäckta tak med profilerad plåt

- utbyte av skadade plåtar
- tätning av skarvar samt skruv- och nitgenomföringar
- målning

för tegel- eller betongpannetäckta tak

- utbyte av skadade pannor
- lagning av läkt eller underlagstäckning

Det bör noteras att de defekter som avses i detta sammanhang är mycket begränsade och främst orsakade av slitage i samband med servicearbeten etc. Brister som beror på materialdefekter, bristfälligt arbetsutförande m m betraktas som oplanerat underhåll. För flertalet åtgärder är årskostnaden för planerat underhåll därmed låg och bedöms inte variera med taktypen.

Målning av plåtdetaljer och anslutningar

Krönbeslag, fotplåtar och hängskivor behöver målas om för att bibehålla skick och utseende. Normalt sker detta en gång efter 15 år och därefter vart femte år.

Kostnaden beräknas enligt följande:

- Krönbeslag 105,- per lm med en längd i löpmeter motsvarande 13% av takets yta i m² och tre gånger under en livslängd på 30 år ger ca 1,40 per m².
- Fotplåtar 40,- per m² och 7% av takets yta ger 0,28 per m².
- Hängskivor 40,- per lm motsvarande 13% av takets yta i m² ger 0,50 per m².

Det kan dock ifrågasättas om man därigenom uppnår en ekonomiskt försvarbar ökning av livslängden.

Målning/utbyte av tätskikt

Takplåt måste normalt målas om för att uppnå högre livslängd än 15-20 år. Målningen beräknas kosta 70,- per m². Tegel- och betongpannetak fordrar utbyte av skadade takpannor.

Frekvens och årskostnad förutsätts vara följande:

- Äldre (70-tal) profilerad plåt målas en gång efter 15 år och därefter vart femte år till en årskostnad av 7,00 per m².
- Ny fabriksmålade plåt målas en gång efter 20 år och därefter vart femte år till en årskostnad av 4,70 per m².
- Äldre galvaniserad plåt målas en gång efter 8 år och därefter vart femte år till en årskostnad av 11,00 per m².
- Takpannor omsätts en gång på 50 år, vilket betyder 5,00 per m².

Tabell 5.4. Exempel på planerade underhållskostnader (se även bilagan "Underlagsdata").

	U
Normaltaket	2,18
Tillägg för:	
Planplåt 1975-	4,70
Planplåt -1975	11,00
Profilerad plåt -1975	7,00
Profilerad plåt1975-	4,70
Takpannor	5,00

Kostnader för oplanerat underhåll

En väsentlig aspekt på kostnadsbilden är i vilken grad taket motsvarar förväntningarna. En mindre lyckad taklösning får större underhållskostnader eller kortare livslängd, vilket påverkar årskostnaden. Det vi kallar riskkostnaden är således kostnaden för oplanerat underhåll eller reinvestering.

Till detta slags oplanerade underhållsåtgärder hänförs följande:

för papp- och folietäckta tak

- ny taktäckning eller större reparationer av ytskiktet
- ny taktäckning och ändrade detaljer
- ny taktäckning och kompletterande takbrunnar
- ny taktäckning och falluppbyggnad i rännदार
- ny taktäckning och ökad taklutning med takfallsskivor
- ny taktäckning på utvändig tilläggsisolering
- ny taktäckning på uppstolpat vattentak

för plåttäckta samt takpannetäckta tak

- omtäckning eller större utbyten med samma eller annat material
- omtäckning samt ombyggnad av underlaget, t ex höjt takfall

Att kalkylera med risk

Varje byggnad är resultatet av människors insatser. Felhandlande kan aldrig uteslutas, hur bra teknik och material än är. Valet av taklösning är därför i betydande utsträckning en fråga om att hantera risk.

Därmed finns ett behov att kunna värdera risker. Detta kan göras med olika grader av precision. För praktisk tillämpning får en sådan metod inte vara alltför komplicerad. Det måste också gå att formulera en risknivå efter den kompetens och kapacitet som den tekniska förvaltningen besitter. En högre risk kan ju kompenseras av fortlöpande inspektion och noggrann skötsel.

Vid bedömningen av risk måste också hänsyn tas till effekterna av läckage och följdskador. Antar man att ett läckage förr eller senare uppstår för varje problemtak, blir kostnaden för läckaget en del av takets livslängdskostnad.

Av de tidigare delprojekten har framgått att felfrekvensen för tak är ganska hög och att vissa lösningar oftare medför problem än andra. Enkätmaterialet ger uppgifter om förekomsten av sådana problem. Den sannolika frekvensen av problem för varje taklösning kan sägas utgöra ett mått på lösningens risknivå.

Enkätundersökningens data om förekomsten av problem kan omräknas till en riskfaktor för varje lösning. Utgångspunkten för kostnadsbedömningen är fastighetsförvaltarnas värdering på en skala från 4 (= bra) till 1 (misslyckat). Varje taklösning som inte fått genomsnittet 4 innebär en risk för skador och oplanerat underhåll.

För att få ett mått på riskfaktorn har vi gjort följande antaganden om skadeeffekterna:

- Vid betyg 1 ("misslyckat"): tätskiktet måste läggas om efter 4 år och omläggningen förutsätts ge fullgott resultat.
Kostnadstillägget blir då ett extra tätskikt till 1,5 gånger nyproduktionskostnaden (t), fördelat på den sammanlagda livslängden (L+4). Därtill kommer kostnaden för service och mindre reparationer före omläggningen, uppskattad till sammanlagt 0,5 t.
Årskostnad = $2 * t / (L+4)$.
- Vid betyg 2 ("med problem"): tätskiktet läggs om efter garantitiden 10 år.
Kostnadstillägget blir 1,5 t, fördelat på L+10 år. Service och mindre reparationer under de tio åren uppskattas till sammanlagt 0,5 t.
Årskostnad = $2 * t / (L+10)$.
- Betyg 3 ("acceptabelt"): en extra reparation görs år 2 till en kostnad av 0,5 t.
Årskostnad = $0,5 * t / L$.

Någon hänsyn till försäkringsgarantier tas inte i kalkylerna. Kostnaderna för dessa kommer ju åtminstone med tiden att föras tillbaka till fastighetsägarna i form av höjda priser för produktionen.

Som exempel på tillvägagångssättet kan vi ta en hypotetisk situation där valet står mellan två tätskikt med kostnaderna (A) 180 respektive (B) 250 kronor per m² och samma livslängd 30 år. För tätskikt A har konstaterats att uppenbara problem uppstår i 25% av fallen. För tätskikt B gäller att samma andel uppfattas som "godtagbara" men inte "bra".

Den årliga riskkostnaden för A blir då
 $0,25 * 2 * 180 / (30+4) = 2,65$.

Den årliga riskkostnaden för B blir
 $0,25 * 0,5 * 250 / 30 = 1,04$.

En jämförelse med både kapital- och riskkostnad ger för A $180/30 + 2,65 = 8,65$ och för B $250/30 + 1,04 = 9,37$.

Noteras bör att riskkostnaden med denna beräkning inte innefattar följdskador på inventarier eller driftstörningar och driftavbrott i verksamheter i byggnaden, eftersom dessa varierar. En lägre risktolerans bör givetvis tillämpas för verksamheter som är känsliga för fukt eller andra störningar.

En väsentlig utgångspunkt för de riskfrekvenser som redovisats i bilagan "Underlagsdata" är att de helt horisontella taken utelämnats, eftersom de mot bakgrund av tidigare studier får betraktas som alltför riskfyllda för att vara tekniskt acceptabla.

Risikanalys

Risker är svåra att överblicka i förväg. Det enda tänkbara underlaget är erfarenheter av liknande lösningar och de problem som vidlåder dem. En stor andel misslyckanden dömer naturligtvis ut lösningar som i övriga avseenden är tilltalande. Mot denna bakgrund är det naturligt att använda sannolikheten för skador som utgångspunkt för riskkostnaden.

De riskfria alternativen är få om ens några. Även om det skulle vara tekniskt möjligt att konstruera ett absolut säkert tak, blir kostnaden orimlig. I praktiken väljs därför en ekonomiskt rimlig lösning som å andra sidan innebär en viss risktagning.

Att en taklösning inte är riskfri betyder inte nödvändigtvis att den inte bör utföras. Den kan ha så stora fördelar att risken är värd att tas. Det idealiska förhållandet är naturligtvis att detta sker medvetet, så att rätt risk väljs i förhållande till kostnaden.

Exempelvis kan risken vara acceptabel därför att omläggningsmetoden är billig. En lösning i kostnadsklassen 150 kronor per m² med 50 procents risk för omläggning är ekonomiskt försvarbar – om följdskador inte uppstår – framför en utmärkt lösning till priset 500 kronor per m².

Den acceptabla risknivån påverkas givetvis av den verksamhet som skall bedrivas i byggnaden. En lagerbyggnad för väl emballerat gods kan ha läckage utan att detta medför höga kostnader. Taket över en datacentral får däremot i princip kosta vad som helst, eftersom kostnaderna för ett läckage blir oerhört höga.

Vid sidan av verksamheten i byggnaden är också påfrestningarna på taket intressanta. Om takytan måste användas för servicearbeten av olika slag, är det angeläget att ha en systemlösning som har hög tålighet mot detta slags påverkan. Tätskiktet måste då hålla för gångtrafik, tappade föremål etc. Underlaget måste vara så stabilt att belastningen inte skapar rörelser och nedböjningar som sliter på infästning och skarvar.

Ännu ett synsätt kan vara att komplettera en billig risklösning med skärpt noggrannhet. Ett horisontellt tak kan antingen ges en ökad lutning till högre investeringskostnad eller ett extremt noggrant arbetsutförande, också till högre pris.

6. Kalkylexempel för val av taklösning

Inför ett beslut om taklösning görs en samlad kalkyl för de alternativ som är aktuella. I bilagan "Kalkyldata" finns en sammanställning av kostnadsdata för ett antal konstruktioner och tätskikt. Materialet är strukturerat efter konstruktionstyp:

- Brant tak på planbärverk
- Varmt flackt tak på planbärverk
- Varmt flackt tak på linjebärverk
- Ventilerat flackt tak på planbärverk

Siffrorna bygger på att inflationen är lika med låneräntan och att den verkar likformigt på alla kostnadsslag. Räntesubventioner och skatteeffekter har inte beaktats, eftersom dessa varierar med slaget av objekt, ägarförhållanden m m. Skötsel- och underhållskostnader samt riskkostnad, beräknad på det sätt som framgår av kapitel 5, har lagts in i sammanställningen men däremot inte energikostnaden.

I bilagan finns också en särskild översikt av skötsel- och underhållskostnader samt några vanliga renoveringsalternativ.

Det måste framhållas att detaljeringsgraden i bilagens kostnadsposter är alltför hög med tanke på dataunderlagets relativa osäkerhet. Vi har dock sett det som angeläget att redovisa alla siffror med samma detaljering för att underlätta för läsaren att följa beräkningarna.

Naturligtvis innehåller materialet osäkerheter, särskilt ifråga om riskkostnaden, som åtminstone för vissa konstruktioner och material bygger på alltför få uppgifter. Kalkylresultaten måste därför behandlas med en viss försiktighet.

Även om siffrorna måste betraktas som ungefärliga, ger de emellertid en någorlunda rättvisande bild av hur olika tak fungerar på lång sikt.

I det följande illustreras tillvägagångssättet med ett antal rimligt realistiska beslutssituationer. Exempelen A-D är nybyggnadsfall, medan F-G avser åtgärder med befintliga tak.

A. Vilken kostnadsskillnad råder mellan typer av planbärverk om taket skall vara ventilerat med papp på uppbyggd träkonstruktion?

I detta fall är det enbart produktionskostnaden som inverkar, eftersom taket är detsamma från drift- och underhållssynpunkt och någon funktionell skillnad inte föreligger. (Åk = årlig kapitalkostnad, DoU = årlig kostnad för drift och underhåll, R = riskkostnad).

	Åk	DoU	R	Summa
Planbärverk av trä	21,17	1,41	6,05	28,63
Planbärverk av betong	23,21	1,41	6,05	30,67

I normalfallet blir träkonstruktionen mer ekonomisk. Om taket förväntas bli utsatt för större påfrestningar, torde riskfaktorn dock ge utslag till betongbärverkets fördel. I samma riktning verkar brandrisken.

B. Vilka kostnadsskillnader råder mellan olika konstruktionstyper för papptak på ett linjebärverk av stål?

	Åk	DoU	R	Summa
Lättbetongelement, inåtlutande	25,01	4,61	12,64	42,26
Lättbetongelement, utåtlutande	29,34	2,21	14,01	45,57
Betongelement, inåtlutande	25,05	4,61	11,46	41,12
Betongelement, utåtlutande	29,38	2,21	12,83	44,42

De utåtlutande konstruktionerna är dyrare att utföra men billigare i drift och underhåll samt har en lägre risk. Skillnaden i de senare avseendena är dock inte tillräckligt stor för att kompensera byggnadskostnaden. Däremot är betongelementens något större säkerhet tillräcklig för att ge en skillnad.

Jämför man med exempel A, framgår det tydligt att linjebärverket får en avsevärt högre årskostnad än motsvarande planbärverk. Linjebärverket är därmed försvarbart enbart då spännvidden kräver det.

C. Vilka kostnadsskillnader råder för olika slag av papptak på ett planbärverk av betong?

I detta fall uppstår olika energikostnader. Med falluppbbyggd isolering utan annat isolerskikt används 20-120 mm isoleringsmaterial, dvs ett genomsnitt på 70 mm. Jämfört med de båda andra alternativens normala 150 mm innebär detta en högre årskostnad för energi med ca 6,15.

	Åk	DoU	R	Summa
Brant ventilerat på träkonstruktion	21,17	1,41	6,05	28,63
Flackt ventilerat, invändigt avlopp	19,05	2,61	8,03	29,69
Flackt varmt, falluppbbyggd isolering, invändigt avlopp	17,01	8,76	12,08	34,10

Tättskikt direkt på isoleringsmaterial har visat sig vara en ganska riskfylld lösning. Detta, tillsammans med den högre energikostnaden gör alternativet markant mindre fördelaktigt.

D. Vilka kostnadsskillnader råder mellan ytskikt för ett brant tak med träkonstruktion på ett planbärverk av betong?

	Åk	DoU	R	Summa
papp	21,17	1,41	6,05	28,63
profilerad plåt	11,17	6,11	2,45	19,73
ytbelagd plåt	16,19	6,11	4,23	26,53
betongpannor	15,89	6,41	1,77	24,07
kopparplåt	17,88	1,41	3,10	22,39
aluminiumplåt	17,70	1,41	2,53	21,65

Profilerad plåt väljs ofta för den låga anläggningskostnaden. Skillnaderna ifråga om drift och underhåll samt risk förändrar inte situationen, även om de övriga metalltaken kryper närmare.

E. Vilka kostnadsskillnader råder mellan ytskikt för ett flackt tak med träkonstruktion på ett planbärverk av betong?

	Åk	DoU	R	Summa
papp	21,29	1,41	9,42	32,12
takduk	22,09	2,61	5,87	30,57
ytbelagd plåt	17,13	6,11	5,00	28,24
aluminiumplåt	18,52	1,41	2,58	22,51
kopparplåt	18,65	1,41	3,14	23,20
rostfri plåt	22,25	1,41	2,27	25,93

För flacka tak är risken genomgående större än för de branta. Riskfaktorn avgör till fördel för aluminium- och kopparplåt.

F. Vilka kostnadsskillnader råder mellan metoder för att applicera ett nytt ytskikt på ett flackt tak med papp om inga andra åtgärder planeras?

Vid omläggning av ett befintligt tak är risken lägre än vid nybyggnad. Anledningen är främst att takkonstruktionens funktion inte erbjuder några överraskningar. En förutsättning för de lägre riskkostnaderna är dock att taket har ett fall som förhindrar kvarstående vatten.

	Åk	DoU	R	Summa
"Sammansmälta" bitumentätskikt	7,50	1,41	1,71	10,62
Sträng- eller punktklistrade bitumentätskikt	7,50	1,41	0,89	9,80
Mekaniskt infäst tätskikt	7,50	1,41	1,71	10,62

Det sträng- eller punktklistrade bitumensskiktet är kostnads- mässigt ett föredra. Är den tidigare pappen fukthållande, ökar riskdifferensen ytterligare.

G. Vilket metod skall väljas för renovering av ett flackt papptak om tillkommande isolering är nödvändig?

I denna valsituation finns tre olika energikostnadsnivåer att ta hänsyn till. Normalfallet med 120 mm tilläggsisolering på befintliga 100 mm gäller för alternativen 2 och 4 och ger en årlig besparing på ca 5,16. I fallet avjämnande board uppnås 20 mm tilläggsisolering med en besparing på ca 5,50. Falluppbyggd isolering ger 70 mm tilläggsisolering och en sänkt årskostnad om ca 3,87.

	Åk	DoU	R	Summa
Avjämnande board	8,75	-0,08	4,01	12,76
Tilläggsisolering utan falluppbyggnad	10,03	-3,75	3,61	9,89
Tilläggsisolering med uppbyggt fall	13,53	-2,46	3,50	14,58
Nytt uppstolpat vattentak + plåt	10,21	0,95	0,24	11,40

Den enkla tilläggsisoleringen är kostnadsmässigt fördelaktigast. En förutsättning för den angivna riskfaktorn är emellertid att kvarstående vatten inte förväntas. Skillnaden gentemot det uppstolpade taket är inte större än att valet måste ske med utgångspunkt från de underliggande lokalernas känslighet. Om följskadorna kan bli dyra, bör det uppstolpade taket föredras.

H. Lönar det sig att reparera ett flackt papptak jämfört med att lägga om det?

Även relativt enkla reparationer medför avsevärda kostnader och åtgärdens livslängd är i allmänhet begränsad. Antar man att en reparation omfattar 10% av taket, antas kostnaden bli ca 20% av vad en omläggning kostar. Livslängden för reparationen kan normalt uppskattas till 5-10 år.

	Åk	DoU	R	Summa
Reparation, livslängd 5 år	11,00	1,41	3,12	15,53
Reparation, livslängd 10 år	5,50	1,41	1,93	8,84
Renovering med sträng- eller punktklistrat bitumentätskikt	7,50	1,41	0,89	9,80

Även vid 10 års livslängd för reparationen är den ekonomiska fördelen liten.

7. Slutsatser

Trots de osäkerheter som redovisats i resonemang och kalkyl-exempel är det tydligt att LCE-metoder kan tillämpas på byggnadsdelsnivå och ge resultat som är användbara vid både nybyggnad och renovering. Tillvägagångssättet bör därmed kunna användas även för andra byggnadsdelar.

Hittills har låg anläggningskostnad vid nybyggnad eller omläggning i allmänhet fått väga tyngre än goda långtidsegenskaper. Kalkylexemplen torde visa att denna tradition måste förändras. När hänsyn tas till livslängd, drift- och underhållskostnader samt risken för läckage blir kostnads-bilden i flera situationer en annan än om enbart produktionskostnaden kalkylerats.

Väl fungerande långtidskalkyler som beslutsunderlag fordrar emellertid enklare tillgång till data än vad som nu är fallet. Detta kan uppnås genom en ändrad redovisning i fastighetsförvaltningen. Det handlar då om att bygga upp ett helt synsätt, där begrepp som omloppstider och livslängder är självklara inslag.

Ett förvaltningsanpassat byggande förutsätter dessutom återföring av information från förvaltningsledet till projektering och byggande. Hur denna information skall utformas och struktureras är avgörande för resultatet.

Risakanalys

Metoden att använda enkätdata som underlag för en kalkylerad riskkostnad fungerar tillfredsställande. De värden som erhålls stämmer väl med de spontana bedömningar som erfarna fastighetsförvaltare gör. Det är påfallande vilken storlek den framräknade riskkostnaden har - mellan 5% och 25 % av den totala årskostnaden. Om man dessutom tar hänsyn till följdskostnaderna kan effekten bli betydligt högre.

Det bör noteras att inga horisontella tak ingår i material och beräkningar, eftersom vi i tidigare rapporter konstaterat att dessa bör betraktas som rent felaktiga, lösningar. Om dessa tagits med, hade risksiffrorna stigit högst väsentligt.

Kostnadsavvägningar

Projektet har inte syftat till att klarlägga vilka taktyper och material som bör föredras. Kalkylexemplen är enbart avsedda att illustrera metoden. Detta hindrar dock inte att kostnadsrelationerna får anses trovärdiga.

Produktionskostnaden är den största delposten även i ett livslängdsperspektiv. Kostnaderna för skötsel, energi och risk får dock stor betydelse i de fall när skillnaden i anläggningskostnad mellan olika alternativ är måttlig.

Särskilt påfallande är det i vilken utsträckning risken för bristande funktion påverkar det långtidsekonomiska resultatet. Vissa taktyper och tätskikt uppvisar så frekventa problem att en riskkostnadsbedömning gör dem långtidsekononiskt tvivelaktiga.

På ett planbärverk av betong är alla varianter med brant träkonstruktion långtidsekononiskt fördelaktigare än de flacka taken. Profilerad plåt är i normalfallet den mest ekonomiska lösningen.

I de fall man väljer ett flackt tak har alla slags plåtskikt påtagligt bättre långtidsprestanda än papp och dukar. Med denna konstruktion lönar det sig tydligt att satsa på ett dyrare men säkrare och mindre underhållskrävande ytskikt.

I valet mellan reparation och renovering är en omläggning att föredra så snart reparationsbehoven bedöms bli tätare återkommande än vart 8-9 år.

Vid omläggning av ett flackt papptak är ett sträng- eller punktklistrat bitumensskikt direkt på den gamla pappen tillsammans med tilläggsisolering utan falluppbbyggnad mest ekonomiska. Om den befintliga isoleringen är tjockare än 100 mm minskar dock tilläggsisoleringens lönsamhet. Om det råder risk för kvarstående vatten, framstår ett uppstolpat plåttak som den klart bästa lösningen.

Alternativjämförelser och riskbedömning

Utvecklingen på takområdet har letts av materialfabrikanter och entreprenörer. Fastighetsförvaltarna har inte kunnat överblicka mångfalden av metoder och material. Många av dem har låtit sig nöja med de garantier som utfärdats men i praktiken kan försäkringarna naturligtvis inte ersätta en fullgod funktion.

För en bättre situation måste förvaltarna bättre kunna formulera sina funktionskrav och kontrollera hur dessa krav uppfylls. Ett exempel på en sådan kravformulering, grundad på de tre takprojekten redovisas nedan.

De olika kostnadsfaktorernas inverkan framhäver det angelägna i att ägna omsorg åt produktbestämningen. Förvaltarens benägenhet att acceptera drift- och underhållskostnader och funktionella risker måste klarläggas genom att flera lösningalternativ diskuteras.

Särskilt riskkänsligheten hos olika lösningar är en viktig faktor. Den är resultatet av en kombination av teknisk konstruktion, materialegenskaper och entreprenörens kvalitets-säkring. Ett förstklassigt arbetsutförande kan minska riskkostnadsfaktorn avsevärt. Kan utförandekvaliteten inte garanteras, kan riskfaktorn behöva multipliceras 2-3 gånger.

Norm- och regelverket

Många beslut om byggnadsbeståndet fattas i realiteten av myndigheter och politiska organ. Detta gäller exempelvis

sådana faktorer som räntor och stimulansåtgärder. Besluten får långtgående styrande effekter, men är ingalunda alltid lyckosamma. I åtskilliga fall har otillräcklig vetskap om de faktiska effekterna lett till oönskade resultat.

Hittills har låg anläggningskostnad vid nybyggnad i allmänhet fått väga tyngre än goda långtidsegenskaper. Den statliga belåningen har också i stor utsträckning styrt valet av renoveringsåtgärder. Utan tvivel har dessa förhållanden medverkat till att minska intresset för en närmare granskning av hur ekonomiskt riktiga förändringsåtgärderna och hur rationella besluten faktiskt är.

Detta innebär i och för sig inte att normer, finansierings-system etc motverkar ändamålsenliga och ekonomiska byggnads-lösningar. Däremot är det naturligtvis angeläget att de i större utsträckning grundar sig på en saklig analys av byggnadens nytta på lång sikt.

Erfarenhetsåterföring

En effektivare byggprocess förutsätter att kunskaper och erfarenheter om byggnadens användning och skötsel kan återföras till projekteringen.

Det är uppenbart att stora delar av dagens datamängder i tekniska beskrivningssystem och ekonomisystem inte svarar mot rimliga kvalitativa krav på beslutsunderlaget. Inte minst stämmer de dåligt med de faktiska beslutssituationerna.

Vidare är det önskvärt att alla led i byggprocessen tillämpar ett likartat sätt att kalkylera och följa upp kostnader. En sammanhängande informationsstruktur för fastigheten - från tomtköp till rivning - är nödvändig för kalkyler och beslut i hela byggnadsprocessen.

Funktionskrav för flacka tak

Beställarens funktionskrav måste givetvis variera med arten av byggnad och den verksamhet som skall försiggå i byggnaden. Vill man uppnå hög säkerhet, kan funktionskraven ställas enligt följande:

1. Takets tekniska livslängd skall vara minst 30 år.
2. Taket skall – utöver renhållning – inte fordra något underhåll under de första 15 åren.
3. Taket skall vara dimensionerat för förekommande snölast och ha sådan takfotsutformning att snöskottning inte behöver utföras.
4. Takytor och vattengångar skall ha sådant fall att vattensamlingar inte kan bildas.
5. Avlopp skall med hänsyn till värmeegenomgång och eventuell ventilation anordnas så att svallis och istappar inte kan bildas.
6. Tätskiktet skall motstå ett vattentryck på minst 150 mm som säkerhet vid stopp i avloppet. Detta krav gäller även takets detaljer, såsom tätskiktets anslutning till takbrunnar och andra genomföringar samt dess uppdragning mot sargar o d.
7. Ytdefekter i tätskiktet, såsom blåsor eller veck som menligt kan påverka tätheten eller försämra motståndsförmågan mot yttre påverkan, får inte förekomma.
8. Tätskiktet skall vara så robust att det på aktuellt underlag, utan särskilda säkerhetsåtgärder, tål allmänt förekommande påverkan, t ex vid servicearbeten.
9. Tätskiktet och eventuell värmeisolering skall vara så infästa i takets bärande del att skada inte kan uppstå av vindpåverkan.
10. Eventuella mekaniska fästdon skall vara korrosionssäkra och så utformade att taket inte skadas vid påverkan av vind, gångtrafik eller rörelser i konstruktionen.
11. Taket skall utformas med hänsyn till fuktpåverkan inifrån så att skadlig kondens inte kan uppstå.
12. Tätskiktets motståndsförmåga mot flygbrandsspridning skall uppfylla gällande krav på aktuellt underlag.
13. Om – trots allt – skada uppstår, skall den vara lätt att lokalisera och åtgärda.

När det är fråga om omläggning kan det visa sig att vissa av funktionskraven blir orimligt dyra att uppnå. Revideringar av följande punkter är därför motiverade:

2. Taket skall utformas så att inga onödiga vattensamlingar bildas, framför allt inte intill avloppsbrunnar.
3. Tätskiktet skall utformas så att takets alla delar tål ett vattentryck på minst 150 mm.

Referenser

- (1) Hanson, Rune & Nilsson, Sune: Lyckade och misslyckade tak. BFR R 100:1987.
- (2) Hanson, Rune, Johnson, Bertil G & Nilsson, Sune: Renoverade flacka tak. BFR R 86:1990.
- (3) Bejrum Håkan: Livscykeleekonomiska bedömningar för hyres- och industrifastigheter. Stockholm 1991.
- (4) Lundström, Stellan: meddelande 5:20
- (5) Söderqvist, Nils-Olov: Takutredning. AB Bygganalys, 1990.11-29 (opubl).

Bilaga

Underlagsdata

Varmt flackt tak, linjebärverk		biälslag	isolering	takkonstr	underlag	ytskikt	detaljer	Σ konstr	Σ tätskikt	liv(k)	liv(t)	Åk
Betong med lättbetongelement, inåtlutande												
-papp på isolering	420			481	253	213	14	901	480	100	30	25,01
-takduk på isolering	420			481	253	239	14	901	506	100	30	25,88
-rostfri plåt på isolering	420			481	253	908	5	901	1166	100	80	23,59
Betong med lättbetongelement, utåtlutande												
-papp	490			481	253	213	123	971	589	100	30	29,34
-profilerad plåt	490			204	253	339	123	694	715	100	80	15,88
-takduk	490			481	253	239	123	971	615	100	30	30,21
-rostfri plåt	490			481	253	908	176	971	1337	100	80	26,42
Tillägg för:												
Bärverk av stål, inåtlut	333							333		100		3,33
Bärverk av stål, utåtlut	430							430		100		4,30
Bärverk av limträ, inåtlut	37							37		100		0,37
Bärverk av limträ, utåtlut	350							350		100		3,50
Bärverk av profilerad plåt	70			-277				-207		80		-2,59
Betongelement				4				4		100		0,04

Varmt flackt tak, linjebärverk		Åk	DoU	Σ exkl R	R	Summa	Betyg, %-fördelning	
Betong med lättbetongelement, inåtluftande								
-papp på isolering	25,01	4,61	29,62	12,64		42,26	12,6	29,1
-takduk på isolering	25,88	4,61	30,49	12,80		43,29	5,4	34,8
-rostfri plåt på isolering	23,59	4,61	28,20	4,71		32,91	0,0	18,2
Betong med lättbetongelement, utåtluftande								
-papp	29,34	2,21	31,55	14,01		45,57	11,5	26,2
-profilerad plåt	15,88	6,91	22,79	5,72		28,51	6,1	21,4
-takduk	30,21	3,41	33,62	14,13		47,75	5,2	31,2
-rostfri plåt	26,42	2,21	28,63	2,24		30,87	0,0	5,9
Tillägg för:								
Bärverk av stål, inåtut	3,33		3,33			3,33		
Bärverk av stål, utåtut	4,30		4,30			4,30		
Bärverk av limträ, inåtut	0,37		0,37			0,37		
Bärverk av limträ, utåtut	3,50		3,50			3,50		
Bärverk av profilerad plåt	-2,59		-2,59			-2,59		
Betongelement	0,04		0,04	-1,18		-1,14		

Ventilerat flackt tak med planbärverk av trä											
	bjällklag	isolering	takkonstr.	underlag	ytskikt	detaljer	Σ konstr	Σ tätskikt	liv(k)	liv(t)	Åk
Tråkonstruktion											
-papp	289	82	177	116	267	30	548	413	100	30	19,25
-takduk	289	82	177	116	291	30	548	437	100	30	20,05
-ytbelagd plåt	289	82	177	97	642	30	548	769	100	80	15,09
-aluminiumplåt	289	82	177	97	753	30	548	880	100	80	16,48
-kopparplåt	289	82	177	97	946	70	548	1113	100	100	16,61
-rostfri plåt	289	82	177	97	1007	74	548	1178	100	80	20,21
Tillägg för:											
Planbärverk, betong	204						204		100		2,04
Planbärverk, lättbetong	65						65		100		0,65
Invändigt avlopp (utåtlutande):											
-papp					-63	123		60	100	30	2,00
-takduk					2	125		127	100	30	4,23
-ytbelagd plåt			-33	-19	325	125	-33	431	100	80	5,06
-aluminiumplåt			-33	-19	446	143	-33	570	100	80	6,80
-kopparplåt			-33	-19	639	188	-33	808	100	100	7,75
-rostfri plåt			-33	-19	689	176	-33	846	100	80	10,25
Invändigt avlopp (inåtlutande):											
-papp					-63	-3		-66	100	30	-2,20
-takduk					2	-3		-1	100	30	-0,03
-ytbelagd plåt			-33	-19	325	-21	-33	285	100	80	3,23
-aluminiumplåt			-33	-19	446	-21	-33	406	100	80	4,75
-kopparplåt			-33	-19	639	-21	-33	599	100	100	5,66
-rostfri plåt			-33	-19	689	-21	-33	649	100	80	7,78
Paralleltak:											
-papp	41	5	-177		-10	-15	-131	-25	100	30	-2,14
-takduk	41	5	-177		-11	-15	-131	-26	100	30	-2,18
-ytbelagd plåt	41	5	-177	-19	-55	-15	-131	-89	100	80	-2,42
-aluminiumplåt	41	5	-177	-19	-45	-15	-131	-79	100	80	-2,30
-kopparplåt	41	5	-177	-19	-47	5	-131	-61	100	100	-1,92
-rostfri plåt	41	5	-177	-19	-58	7	-131	-70	100	80	-2,19

Ventilerat flackt tak med planbärverk av trä									
	Åk	DoU	Σ exkl R	R	Summa	Betyg, %-fördelning			
Träkonstruktion									
-papp	19,25	1,41	20,66	9,42	30,08	6,7	27,7	30,1	35,5
-takduk	20,05	2,61	22,66	5,87	28,53	8,3	13,1	11,9	66,7
-ybelagd plåt	15,09	6,11	21,20	5,00	26,20	11,1	11,1	22,2	55,6
-aluminiumplåt	16,48	1,41	17,89	2,58	20,47	0,0	7,1	21,4	71,4
-kopparplåt	16,61	1,41	18,02	3,14	21,16	0,0	10,0	20,0	70,0
-rosfri plåt	20,21	1,41	21,62	2,27	23,89	0,0	5,6	11,1	83,3
Tillägg för:									
Planbärverk, betong	2,04		2,04	-1,18	0,86				
Planbärverk, lättbetong	0,65		0,65		0,65				
Invändigt avlopp (utåtlutande):									
-papp	2,00	1,20	3,20	0,52	3,72	7,1	23,2	31,3	38,4
-takduk	4,23	1,20	5,43	5,98	11,42				
-ybelagd plåt	5,06	1,20	6,26	5,57	11,83				
-aluminiumplåt	6,80	1,20	8,00	10,20	18,20				
-kopparplåt	7,75	1,20	8,95	10,61	19,56				
-rosfri plåt	10,25	1,20	11,45	15,56	27,01				
Invändigt avlopp (inåtlutande):									
-papp	-2,20	1,20	-1,00	-1,39	-2,39				
-takduk	-0,03	1,20	1,17	1,16	2,33				
-ybelagd plåt	3,23	1,20	4,43	2,51	6,94				
-aluminiumplåt	4,75	1,20	5,95	3,58	9,52				
-kopparplåt	5,66	1,20	6,86	4,20	11,06				
-rosfri plåt	7,78	1,20	8,98	0,86	9,84				
Parallelltak:									
-papp	-2,14		-2,14	-3,04	-5,18	2,5	15,4	23,7	58,3
-takduk	-2,18		-2,18	1,65	-0,52	12,5	12,5	12,5	62,5
-ybelagd plåt	-2,42		-2,42	-11,70	-14,12	1,2	9,3	44,2	45,3
-aluminiumplåt	-2,30		-2,30	-0,21	-2,51	0,0	7,7	15,4	76,9
-kopparplåt	-1,92		-1,92	1,06	-0,86	0,0	11,1	11,1	77,8
-rosfri plåt	-2,19		-2,19	-1,30	-3,48	0,0	5,6	11,1	83,3

R53 : 1991

ISBN 91-540-5380-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6811053

Abonnemangsgrupp:
R. Byggandets ekonomi och organisation
Z. Konstruktioner och material

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 48 kr exkl moms