

BELOK Totalprojekt

Energieffektivisering av befintliga lokalbyggnader

Ekonomisk bedömning

Enno Abel
oktober 2010

Bakgrund	3
Lokalbyggnader	4
Internränta	4
Kalkylränta	5
Framtida relativa ändringar av energipriset	6
Brukstidens inverkan	7
Reinvestering	9
Kriterium på lönsamhet	11
Kalkylunderlag	11
Ett exempel	11
Ett annat exempel	13
Energiberäkningar	13
Kostnadskalkyler	14
Tabell 1 $P(r,n)$	16
Tabell 2 $i(r,n)$	17

Bakgrund

I lokalsektorn råder normalt ett rätt tydligt marknadsmässigt förhållande mellan å ena sidan fastighetsägare eller förvaltare och å andra sidan hyresgäst eller brukare. Då det gäller kontor, är det i grunden hyresgästens marknad. I såväl storstadsområden som på mindre orter, kan ett företag oftast finna ett annat bra alternativ då hyrestiden går ut. Då det gäller lokaler av mer specialiserad karaktär är hyresgästen eller brukaren ofta mer bunden då det dels kan krävas en för verksamheten anpassad utformning, dels kan vara fråga om hyreskontrakt som löper längre. I grunden gäller dock även här att hyresgästen eller brukaren på sikt kan söka alternativa lösningar. Det är viktigt att fastigheten sköts, underhålls och förnyas fortlöpande så att man inte förlorar hyresgäster och att, när så är aktuellt, lokalerna är attraktiva för nya hyresgäster.

Ett framsynt fastighetsföretag måste därför arbeta för att lokalerna bibehåller, och helst ökar, sin attraktivitet. En allt viktigare del i detta är minskning av byggnadens energibehov samtidigt som dess funktion bibehålls eller förbättras. Det är oundvikligt att energipriserna kommer att öka framdeles och att en minskning av energibehovet blir en allt viktigare förutsättning för att hålla driftkostnader på en konkurrenskraftig nivå. Vidare är det hög sannolikhet för att samhällseliga krav på hög energieffektivitet, kommer att skärpas alltmer, även för befintliga byggnader. Här kan fastighetsägare som inte genomför möjliga energieffektiviserande åtgärder de närmaste åren, bli tvungna att i framtiden ta till kostsamma ad hoc åtgärder, som hade kunnat klaras tidigare på ett mer lönsamt sätt.

I många fall krävs det så mycket som en halvering av värme- och elbehov. Det förutsätter oftast en rätt stor investering, som det knappast är realistiskt att förvänta nämnvärt samhällseligt stöd till. Det åtgärder som är nödvändiga måste således i allt väsentligt finansieras av fastighetsägaren. Förutsättningen är då i praktiken

1. att den för åtgärderna erforderliga investeringen är lönsam, dvs klarar fastighetsägarens eller fastighetsföretagets villkor för långsiktiga investeringar;
2. att de uppgifter om erforderliga investeringar och framtida årliga besparingar som ligger till grund för ett investeringsbeslut, är verkligen att lita på.

I det följande beskrivs en enkelt gripbar ekonomisk modell för lönsamhetsbedömningar i samband med energieffektivisering av befintliga byggnader. Med ett exempel visas också hur den tillämpas i Beställargruppens för lokaler, BELOK:s, energieffektiviseringsprojekt.

BELOK:s verksamhet är främst inriktad på lokalbyggnader, dvs på sådana som inte är bostadshus eller renodlade industribyggnader. Metodiken som sådan är dock givetvis tillämpbar på alla slag av byggnader.

Kortfattat beskrivs också ett angreppssätt, som visat sig ge ett tillförlitligt beslutsunderlag.

Lokalbyggnader

Lokalbyggnaderna i Sverige omfattar ca 150 miljoner m² golvarea.

Arean ökar med 1 à 2 miljoner m² per år, dvs med ca 1% av beståndet

Lokalfastigheter använder årligen drygt 20 TWh värmeenergi och drygt 20 TWh elektrisk energi. Det finns ett uttalat mål satt av EU och svenska regeringar att energianvändningen i bland annat byggnadsbeståndet skall i stort halveras till 2050.

Det är viktigt att nya hus utformas så att deras energibehov blir lågt. Det innebär dock endast att energibehovets ökningstakt minskar, inte att energibehovet totalt sett minskar.

För att ens komma i närheten av det nämnda målet – halvering av byggnadsbeståndets energianvändning - är det därför helt nödvändigt att energianvändningen i en stor del av de hus som redan finns sänks drastiskt

När man vidtar energiåtgärder i befintliga byggnader är det viktigt att detta sker så att

1. att byggnadens kvalitet och användbarhet bibehålls eller förbättras;
2. att man får största möjliga besparingseffekt av de resurser som satsas

I stort sett alla befintliga lokalbyggnader kan man med litet ansträngning identifiera rätt många åtgärder som en kan minska energibehovet. Varje åtgärd i sig ger en viss större eller mindre energibesparing till en viss större eller mindre kostnad. Om man väljer ut och efterhand genomför endast ur energisynpunkt lönsammaste åtgärder, blir det oftast fråga om, visserligen lönsamma, men ur energisynpunkt rätt begränsade åtgärder. Om man i stället bildar och genomför ett paket av åtgärder, som tillsammans uppfyller fastighetsägarens krav på investeringars lönsamhetskrav, kan minskningen av energibehovet bli betydande. I det följande behandlas en metodik för urval av åtgärder och bildandet av åtgärds paket

Internränta

Om man investerar ett belopp B_0 kr som skall återbetalas under de följande n åren, kan årskostnaden för detta, b kr/år, beräknas ur det grundläggande sambandet.

$$b = \left(\frac{r/100}{1 - (1 + r/100)^{-n}} \right) \cdot B_0 = P(r, n) \cdot B_0 \quad (1)$$

där $P(r, n)$ är *annuitetsfaktorn* vid räntan r och brukstiden n .

Annuitetsfaktorn $P(r, n)$ och dess invers nuvärdesfaktor $I(r, n)$ finns tabellerade i en mängd ekonomiböcker och är inlagda i de flesta ekonomiska beräkningsprogram.

Ett sätt att bedöma lönsamheten av investeringskrävande åtgärder är att utgå från den faktiska avkastning, räknad i räntemått, som en investering ger.

Om den årliga driftkostnadsminskningen är a kr/år för en åtgärd som kräver investeringen B_o kr, innebär detta en faktisk ränta som anger vilken avkastning den aktuella investeringen ger. Denna *internränta* r_i fås ur:

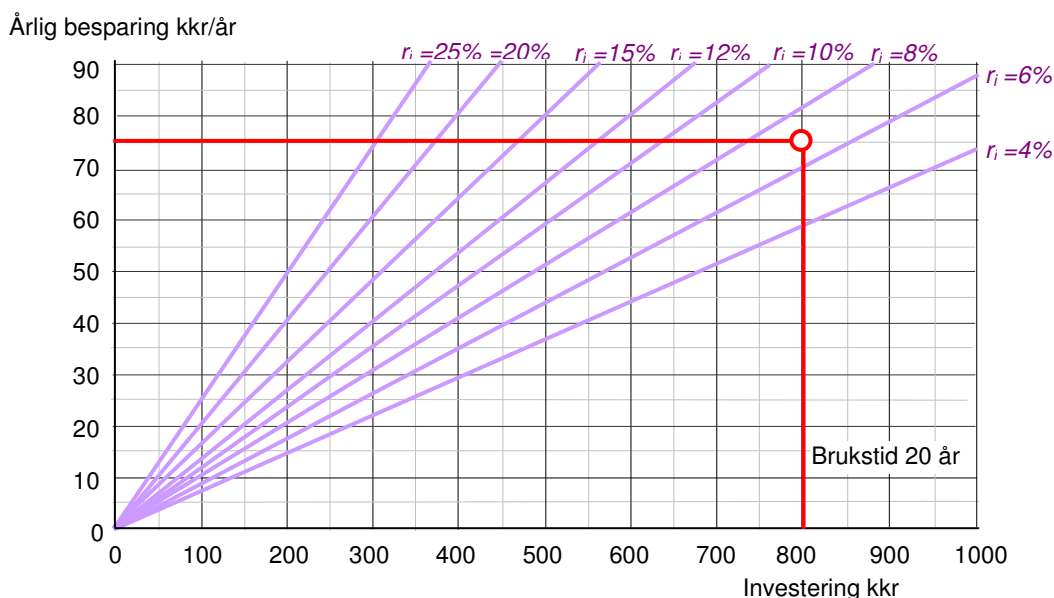
$$a = P(r_i, n) B_o$$

I ett diagram med axlarna investering A_o kr och minskad årskostnad b kr/år är

$$\frac{a}{B_o} = P(r_i, n) = \operatorname{tg} v_i \quad (2)$$

där v_i är lutningsvinkeln för en linje från origo.

I ett sådant diagram kan man således för en viss brukstid lägga in linjer med de lutningar som gäller för olika räntevärden. Om man i detta diagram prickar in den investering en viss åtgärd kräver och den besparing som fås, kan man direkt avläsa den internränta åtgärden ger.



Figur 1 Investerings - besparings diagram
Exempel: En investering på 800 kkr i energibesparande åtgärder bedöms minska energikostnaden med 75 kkr/år. Detta innebär en internränta på ca 7%.

Kalkylränta

Ett sätt att uttrycka ett företags ekonomiska krav på långsiktiga investeringar är att bestämma storleken av den ränta, den kalkylränta, som skall användas vid bedömning av lönsamheten. Detta kan kombineras med kompletterande styrande villkor, men valet av kalkylränta är det kanske mest grundläggande styrmedlet för att säkerställa den med hänsyn till företagets förutsättningar nödvändiga investeringsdisciplinen. Man kan då antingen välja en verklig kalkylränta, dvs en ränta som ligger konstant oberoende av inflation, eller real kalkylränta, dvs en ränta som är rensad från den genomsnittliga inflationen.

Om man utgår från den verkliga kalkylräntan, måste hänsyn tas till inflationen vid en bedömning av investeringens lönsamhet. Emellertid kan inflationen ses som en ändring av en skalfaktor och man slipper ha med den om man i stället använder en ränta som är rensad från den. Den från inflationen rensade räntan kallas realränta och är approximativt den verkliga räntan minskad med den procentuella årliga ändringen av den genomsnittliga kostnadsnivån. I det följande är det konsekvent real kalkylränta som används.

Framtida relativa ändringar av energipriset

Det som sagts ovan gäller endast om alla priser följer i stort inflationen. Om något har en prisförändring som påtagligt avviker från den genomsnittliga inflationen, måste man ta hänsyn till detta. Det är rimligt att anta att just energipriserna framdeles kommer att stiga mer än den genomsnittliga inflationen. Sådana antaganden finns också normalt med då man bedömer kostnadseffektiviteten av energirelaterade åtgärder.

En ekonomisk modell för värdering och sammanställning av energisparande åtgärder bör vara enkel och lättöverskådlig. Då man värderar energisparåtgärder i en befintlig byggnad finns alltid en osäkerhet i bedömningen av vad en enskild åtgärd kommer att kosta och vad den kommer att ge i energi. Det syns därför försvarbart att acceptera några matematiska approximationer i den ekonomiska hanteringen, om de bidrar påtagligt till enkelheten. En sådan är lämplig då man skall ta hänsyn till energins framtida relativa prisändring.

Om man antar att den årliga energiprisökningen blir q % utöver den genomsnittliga prisändringen, gäller:

$$a = \left(\frac{\frac{1+r/100}{1+q/100} - 1}{1 - \left(\frac{1+r/100}{1+q/100}\right)^{-n}} \right) \cdot A_o = P(r, q, n) \cdot A_o \quad (3)$$

eller

$$\frac{a}{A_o} = P(r, q, n) \quad (4)$$

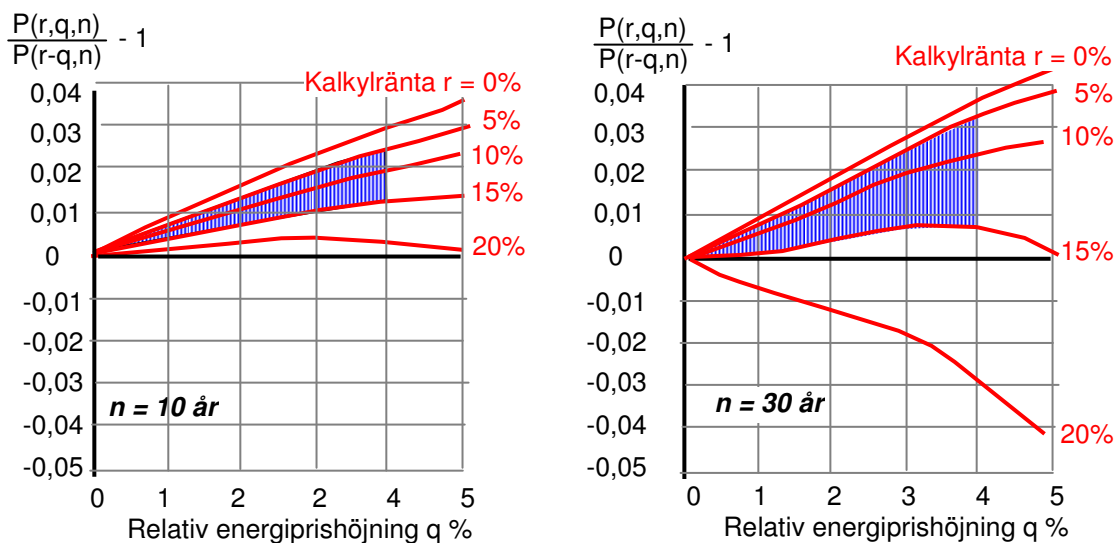
där $P(r, q, n)$ är en annuitetsfaktor, som inkluderar även en relativ prisändring. Annuitetsfaktorn $P(r, q, n)$ finns inte tabellerad i vanliga ekonomiskrifter eller finns i enkelt åtkomliga. Den kan dock fås relativt enkelt ur sambandet:

$$P(r, q, n) = P(r, n) \cdot \frac{1+q/100}{1+r/100}$$

Ännu enklare blir det genom att approximativt sätta

$$P(r, q, n) \approx P(r-q, n) \quad (5)$$

Figur 2 visar det matematiska fel som ligger i denna approximation.



Figur 2 Felet i approximationen $P(r,q,n) \approx P(r-q,n)$
De streckade ytorna anger de områden där energisparande åtgärder brukar ligga.

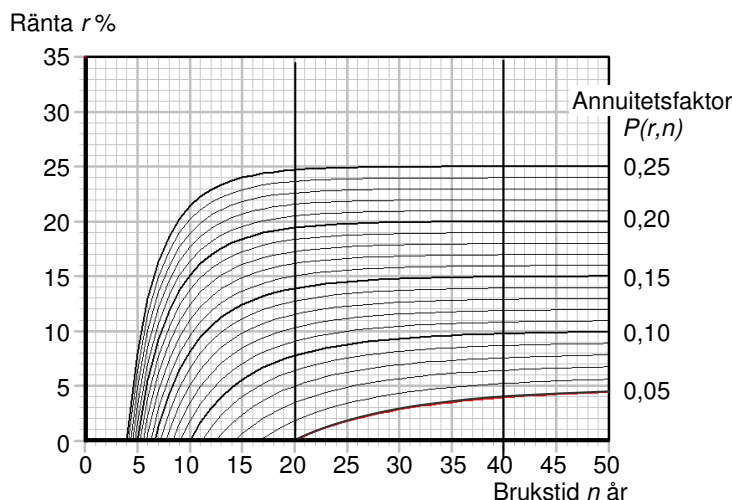
Som figuren visar, är felet mindre än 3% av annuitetsfaktorn $P(r,q,n)$, för de värden på ränta r och relativ energiprisändring q som kan vara aktuella för energiåtgärder i lokalbyggnader.

Överfört till det i fig 1 visade investerings- besparingsdiagrammet, innebär det mindre än 0,2% procentenhet fel i räntan representerad av linjerna från origo.

Brukstidens inverkan

Olika åtgärder för energihushållning kan ha kortare eller längre livslängd, beroende på vad det är för åtgärd. Livslängden anger hur många år åtgärden fungerar rent tekniskt. Brukstiden väljs normalt kortare än livslängden, genom att det kommer fram ny teknik, det kommer förändringar på grund av byten av hyresgäster mm, som leder till att speciellt installationer kan komma att bytas ut innan de är uttjänta. I det följande används begreppet brukstid enbart. Figur 3 belyser brukstidens inverkan på bedömningen av en investerings lönsamhet.

Då det gäller lokalbyggnader är oftast två brukstider aktuella, en för tekniska fastighetsinstallationer och en för byggnadsdelar. För tekniska installationer väljs ofta en tid mellan 15 och 20 år. För byggnadsdelar rör det sig om ca 40 år.



Figur 3. Internräntans beroende av brukstiden

Investerings – besparingsdiagrammet, interräntediagrammet, enligt fig. 1 gäller för en viss brukstid. Har man energisparåtgärder med olika brukstid i samma byggnad, måste man ändå kunna visa dem i samma diagram. Detta underlättas av att, som fig. 3 visar, brukstidens längd efter 15 - 20 år har rätt liten inverkan på internräntan.

Man kan se att om internräntan ligger över ca 7% innebär en ökning av brukstiden från 20 år till 40 år endast 2 procentenheters ökning av internräntan, så här behöver investerings - besparingsdiagrammet egentligen inte korrigeras. Det gäller rätt väl för alla åtgärder med brukstider från 20 år och uppåt. Steget från 15 år till 40 innebär dock en större påverkan och behov av korrigering för brukstiden. Det bör därför vara möjligt att väga samman åtgärder med olika brukstider.

När man har två brukstider, syns det försvarbart att välja en "medelbrukstid" som ett efter respektive investerings storlek viktat medelvärde av de två slagen av investeringar.

Om summan av alla investeringar ned brukstiden n_1 är B_{n1} och summan av alla investeringar med brukstiden n_2 är B_{n2} blir medelbrukstiden n_m

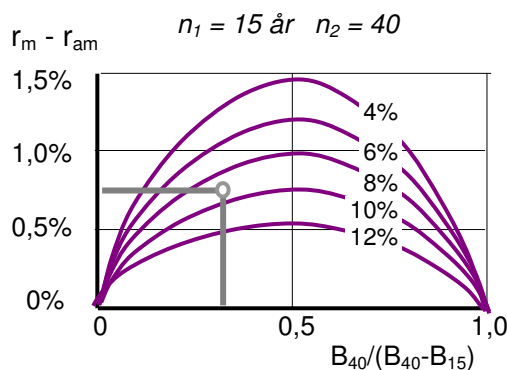
$$n_m = \frac{B_{n1} \cdot n_1 + B_{n2} \cdot n_2}{B_{n1} + B_{n2}} \quad (6)$$

Man kan också tänka sig att ta fram en medelamorteringstid n_{am}

$$n_{am} = \frac{\frac{B_{n1} + B_{n2}}{n_1} + \frac{B_{n1} + B_{n2}}{n_2}}{\frac{B_{n1}}{n_1} + \frac{B_{n2}}{n_2}} \quad (7)$$

De två sätten enligt sambanden (6) och (7) kan ge en rätt stor skillnad i beräkningsmässig brukstid, speciellt om investeringarna med kortare och de med längre brukstid är ungefär lika stora. Skillnaden mellan internräntan r_m , som fås med medelbrukstiden

n_m och r_{am} , som fås med medelamorteringstiden n_{am} , blir ändå ganska liten. Figur 4 belyser detta.



Exempel

Summan av investeringar med 15 års brukstid är 700.000 kr. Summan av investeringar med 40 års brukstid är 300.000 kr.

Utgår man från medelbrukstid n_m blir internräntan $r_m=7\%$.

Utgår man från medelamorteringstid n_{ma} , blir internräntan $r_m - (r_m - r_{am}) = 7 - 0,7 = 6,3\%$.

Figur 4 Skillnad i internränta om man utgår från medelbrukstid n_m , ränta r_m , respektive från medelamorteringstid n_{ma} , ränta r_{ma} .

Som exemplet visar blir skillnaden i internränta rätt liten mellan de två sätten att bilda medelbrukstid, då man utgår från brukstiderna 15 år och 20 år. Om man skulle se på motsvarande sätt på investeringar med brukstiden 20 respektive 40 år, blir det praktiskt taget ingen skillnad alls i internränta.

Det här bör ses mot bakgrund av att energiberäkningar och kostnadskalkyler som görs vid en genomgång av en befintlig lokalbyggnad, kan svårligen få en träffsäkerhet som är bättre än $\pm 10\%$. Den sammansatta onoggrannheten i beräkningen av energier och kostnader, och därmed även i $P(r,n)$, kan ligga vid $\pm 15\%$ av det aktuella $P(r,n)$ -värdet. Detta innebär att internräntan kan bli $\pm 1,5$ procentenhet fel då $P(r,n)$ är 0,1 och mer om $P(r,n)$ är större

Sammanfattningsvis innebär detta att sättet att bilda en gemensam medelbrukstid för investeringar med inom byggnadsområdet gällande korta och långa brukstider har en rätt underordnad inverkan på den internränta investeringen resulterar i. BELOK:s beräkningsprogram Totalverktyg www.belok.se bygger på den enkla medelbrukstiden ekv (6).

Reinvestering

När delar i byggnaden har olika brukstider måste de med kortare brukstid ersättas när de inte längre fyller sin uppgift. Utgår man exempelvis från att de tekniska installationerna har brukstiden 15 år, medan byggnaden som sådan skall fungera i 45 år, måste installationerna ersättas efter 15 respektive efter 30 år. Det krävs en reinvestering.

Nuvärdet B_{or} av en reinvestering B_{nr} , som sker om n år, är

$$B_{or} = B_n \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n} = B_{nr} \cdot i(r, n) \quad (8)$$

Man kan ta hänsyn till de framtida reinvesteringarna genom att addera nuvärdet av reinvesteringarna till den inledande investeringen och sedan bestämma internräntan utgående från reinvesteringarnas sammanlagda brukstid. Med två reinvesteringar gäller:

$$\Sigma B_o = B_o \cdot (1 + i(r, n_{r1}) + i(r, n_{r2}))$$

Två reinvesteringar innebär att hela den ekonomiska processen löper under tre brukstider $n+n_{r1}+n_{r2}$. Detsamma gäller den årliga kostnadsbesparingen. Om den årliga kostnadsbesparingen är a kr/år, fås internräntan för hela processen genom att beräkna internräntan utgående från ΣB_o och a för $n+n_{r1}+n_{r2}$ eller genom att lägga in ΣB_o och a i ett internräntediagram för brukstiden $n+n_{r1}+n_{r2}$.

Inverkan på internräntan av att ta hänsyn till reinvesteringar jämfört med att inte göra det, kan belysas enkelt med ett exempel.

En investering B_o beräknas ha en brukstid på 15 år. Investeringen svarar för en del av en byggnad, som i sin helhet har brukstiden 45 år. Det måste således ske två reinvesteringar, en efter 15 år och en efter 30 år. I tabellen nedan finns annuitetsfaktorn $P(r, 15)$ med olika internräntor för olika investeringar med 15 års brukstid. I tabellen finns också annuitetsfaktorn för samma investeringar men med hänsyn tagen till två reinvesteringar och med 45 års brukstid $P(r, 45)$. Faktorena $i(r, n)$ och $P(r, n)$ är tagna ur de avslutande tabellerna 1 och 2.

Ur ekvation (2) fås

$$\frac{a}{B_o} = P(r_i, n)$$

och för en process med reinvesteringar

$$\frac{a}{B_o(1 + i(r_i, n_{r1}) + i(r_i, n_{r2}))} = P(r_i, n + n_{r1} + n_{r2})$$

eller

$$\frac{P(r_i, n)}{(1 + i(r_i, n_{r1}) + i(r_i, n_{r2}))} = P(r_{ir}, n + n_{r1} + n_{r2})$$

För exemplet med två reinvesteringar, efter 15 respektive 30 år fås

Utan hänsyn till reinvesteringar		Med hänsyn till reinvesteringar		
r_i %	$P(r_i, 15)$	$1+i(r_{ir}, 15)+i(r_{ir}, 30)$	$P(r_{ir}, 45)$	r_{ir} %
4	0,090	1,87	0,048	4
6	0,103	1,59	0,065	6
8	0,117	1,42	0,082	8
10	0,132	1,30	0,102	10
12	0,145	1,21	0,119	12

Som syns ur tabellen ovan blir internräntan i stort densamma om man tar hänsyn till reinvesteringarna eller inte. Det finns en skillnad först i internräntans andra decimal. Det innebär att man med hänsyn till enkelheten kan bortse från reinvesteringarna.

Kriterium på lönsamhet

Om kalkylräntan väljs korrekt, är kriteriet på en investerings lönsamhet att den internräntan investeringen ger är högre än den kalkylränta som gäller för fastighetsföretaget.

När det gäller energibesparande åtgärder kan man som nämnts förvänta sig en större framtida prisökning än den genomsnittliga inflationen. Detta kan man ta hänsyn till genom att korrigera kalkylräntan för detta enligt samband (8). Kalkylräntan r ersätts således med en korrigerad kalkylränta r_{korr}

$$r_{korr} \approx r - q \quad (8)$$

Kalkylunderlag

Som inledningsvis nämnts är det främst fråga om att ta fram ekonomiskt underlag för beslut om energieffektiviserande åtgärder i befintliga lokalbyggnader. En utgångspunkt har varit att välja en ekonomisk modell, som är enkel och överskådlig.

Ekonomiska modeller i all ära, men i grunden är det tillförlitligheten av de grunduppgifter som används vid kalkylen, som är avgörande. Förutsättningen för att den energieffektivisering som eftersträvas skall komma till stånd i verkligheten är emellertid att de som skall besluta om genomförande kan lita på att de verkliga energibesparingarna kommer att bli som de beräknade.

Ett exempel

För att tydliggöra metodiken kommer här ett exempel. Det baseras på uppgifter från en av de kontorsfastigheter som ingår i BELOK:s Totalprojekt för energieffektivisering av befintliga lokalbyggnader. Detta syftar till att praktiskt prova hur mycket energianvändningen kan minskas inom ramen för fastighetsföretagens villkor för långsiktiga investeringar. Projektet påbörjades hösten 2007 och är genomfört eller på väg att genomföras i tre kontorsfastigheter. Det har påbörjats i två sjukhusbyggnader och kommer att påbörjas i fyra skolbyggnader under våren.

I BELOK:s totalprojekt sker en detaljerad inventering av möjliga energieffektiviserande åtgärder. Dessa kostnadskalkyleras och deras energipåverkan bedöms genom beräkningar och simuleringar. Åtgärderna sammanställs i ett åtgärdspaket som genomförs i dess helhet med detaljerad kostnadsuppföljning. Efter färdigställandet sker en uppföljning av energianvändningen under ett år. Resultaten används för verifiering och förfining av den i det inledande skedet tillämpade metodiken för kostnads- och energiberäkningar.

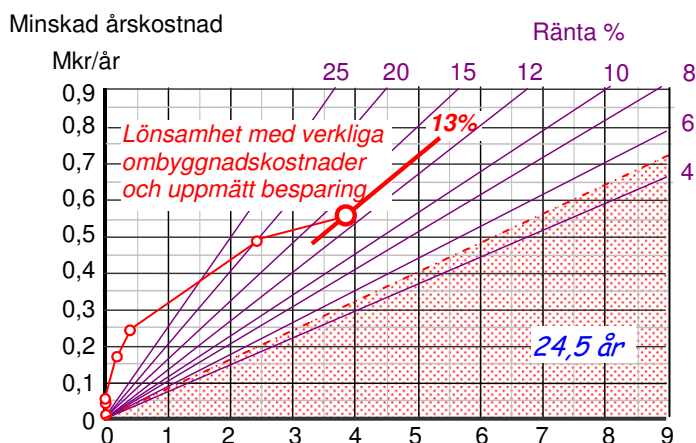
För att illustrera metodiken visas här kortfattat resultat för en kontorsfastighet om $8.500 \text{ m}^2_{\text{BTA}}$, där Totalprojektet genomförts i dess helhet. De redovisade kostnaderna är de verkliga kostnaderna från ombyggnaden. Den totala besparingen är den under ett år uppmätta. Besparingarna för olika åtgärder är fördelade efter beräkningar och är därmed inte bekräftade med mätningar, men deras summa är således uppmätt.

Genomförda energisparåtgärder
 kvarteret Getholmen, Skärholmen

	Brukstid år	Kostnad Kkr	Besparing Kkr/år
Reducerad baslast, värme	15	0	ca 70
Nattkyla	15	0	ca 10
Ny fastighetsbelysning	15	220	ca 140
Ombyggt ventilationssystem	40	180	ca 80
Nya ventilationsaggregat	15	2.020	ca 240
Fönster	40	1.200	ca 40
Summa (Verkliga värden)		3.920	580

I ett internräntediagram representeras varje åtgärd av en linje med en viss längd och lutning. Genom att ordna de olika åtgärdernas linjer efter fallande lutning kan man bilda ett åtgärdspaket, som totalt sett uppfyller företagets lönsamhetskrav. Detta visas i figur 5 i ett diagram som i det här fallet gäller för medelbrukstiden $n_m = 24.5$ år.

I diagrammet är även inlagt det här gällande lönsamhetskravet, dvs den reala kalkylräntan 7% minus energiprisets ökning 2% utöver inflationen.



Figur 5 Åtgärdspaketet och dess lönsamhet. Kvarteret Getholmen. Kontor 8.500 m²_{BTA}

Verkligt ekonomiskt utfall av energisparåtgärder, som halverat energibehovet

Lönsamhetskravet anges som en kalkylränta. Internräntan måste ligga högre än kalkylräntan, i det här fallet $7-2 = 5\%$.

I det fall som visas i figur 4 har åtgärdspaketet avslutats när nästa tänkbara åtgärd skulle vara så kostsam och ge så litet besparing att åtgärdspaketet skulle hamna under lönsamhetskravet 5%. Ändå innebär åtgärdspaketet i figur 5 en halvering av energibehovet (värmeenergi + elektrisk energi). Det innebär en sänkning från drygt 200 kWh/(m²·år) till ca 100 kWh/(m²·år). Detta sker med en investering av storleksordningen 500 kr/m²_{BTA}.

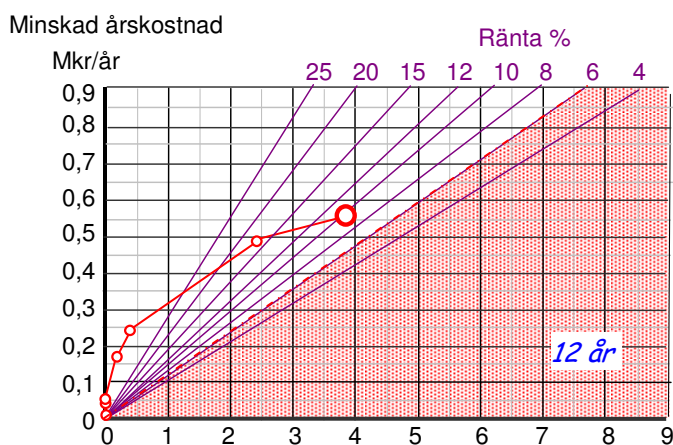
Det måste dock starkt betonas att förutsättningen för att nå denna rätt stora besparing till en så pass rimlig kostnad är att man bildar det visade åtgärdspaketet och *genomför hela paketet på en gång*.

Investeringen ger interräntan ca 13%, dvs lönsamheten ligger betydligt högre än lönsamhetskravet 5%.

Ett annat exempel

Fastighetsföretagets lönsamhetskrav kan uttryckas på andra sätt än i form av en minsta som det ovannämnda kravet på interränta. Oftast är det emellertid ändå möjligt att rätt enkelt uttrycka kravet i internränta i stället och därmed visa det i internräntediagram. Här visas ett exempel på detta.

Ett fastighetsdiagram har som villkor för att genomföra en investering att den med en återbetalningstid på 12 år skall vara lönsamt enligt ett visst beräkningsprogram. Man kan då prova vad lönsamhetskravet enligt beräkningsprogrammet innebär i form av internränta. Det kan exempelvis ske genom att välja en godtycklig investering, exempelvis 5 Mkr, och testa hur stor besparing som krävs för att investeringen skall bli genomförd. Antag att det visar sig att det krävs en besparing på minst 0,6 Mkr/år. Går man in med investeringen 5 Mkr och besparingen 0,6 Mkr/år i ett internräntediagram för 12 års brukstid, ser man att det krävs minst 6% internränta vid brukstiden 12 år. Figur 6 visar samma åtgärds paket som det i figur 5 visade utgående från detta krav., dvs 12 års brukstid och lägst 6% internränta.



Figur 6 Samma åtgärds paket som det i figur 5 visade, men med kravet 12 års återbetalningstid och lägst 6% internränta.

Energiberäkningar

En grundläggande förutsättning för att det i praktiken skall vara möjligt för fastighetsföretag att besluta om att genomföra ett ofta kostnadskrävande energibesparingsprojekt, är att man kan lita på beslutsunderlaget. Framst gäller det de beräknade energibesparingarna.

Erfarenheterna från energibesparing i lokalbyggnader visar klart att de stora besparingarna återfinns i de tekniska systemen som belysningsystemen, ventilationsystemen, värmesystemen, styr- och reglerystemen och kylsystemen. Utformningen av byggnadens klimatskärm och den byggnadstekniska utformningen i övrigt är av

avgörande betydelse från första början då huset projekteras och byggs. När en lokalbyggnad väl är byggd blir det emellertid svårt att finna byggnadstekniska åtgärder som inte kostar alldeles för mycket i förhållande till de energibesparingar de kan ge.

För att kunna bedöma effekten av olika energisparåtgärder kan det krävas rätt många beräkningar eller simuleringar för att få ett tillförlitligt grepp om varje åtgärds inverkan på energianvändningen.

Det är därmed absolut nödvändigt att man använder beräkningsprogram eller simuleringsprogram som, när det gäller lokaler, är utformat för att behandla sådana och att det dessutom går att med rimliga arbetsinsatser analysera enskilda åtgärds inverkan.

Givetvis måste program som används vara validerade och den som genomför beräkningarna måste förstå hur beräkningsmodellen knyter an till den verkliga byggnad som skall simuleras.

Följande simuleringsmetodik¹ har gett resultat som visat sig ge en god överensstämmelse med den efter åtgärdernas genomförande uppmätta energianvändningen.

- Byggnaden modelleras och behovet av värme, el och kyla beräknas med antagna värden om drifttider, beläggning och belysningsanvändning mm. Dessa antagna ingångsvärden justeras sedan tills beräkningsresultatet stämmer med tidigare energistatistik

Härigenom fås en kalibrerad beräkningsmodell, som så långt möjligt efterliknar byggnadens verkliga användningsmönster.

- Med den efter tidigare uppmätta energiuppgifter korrigerade modellen simuleras energibehovet steg för steg för varje sparåtgärd.
 - åtgärd 1
 - åtgärder 1 och 2
 - åtgärder 1, 2 och 3
 - osv

Härigenom säkerställs att man får med den inverkan på varandra som olika sparåtgärder kan ha.

Kostnads kalkyler

Kostnaden för de olika åtgärderna måste beräknas av en erfaren kalkylator. Kostnaden för varje åtgärd måste beräknas för sig, men hänsyn tas till hur de olika åtgärdernas samtidiga genomförande kan påverka kostnaden.

Det är alltid fastighetsägaren som bestämmer såväl de ekonomiska villkoren som förutsättningarna för kostnads kalkylen. Bland annat måste fastighetsägaren innan kostnads kalkylen påbörjas ange om projekteringskostnader skall ingå och om eventuella byggherrekostnader skall ingå i kostnads kalkylen. Givetvis måste det klart framgå i kalkylrapporten vad som har medräknats.

¹ Bergsten. E&M 8/2010

Det är inte ovanligt att energibesparande åtgärder genomförs samtidigt som man ändå genomför en renovering eller allmän upprustning av en fastighet. I kalkylerna är det då endast de kostnader som är direkt förknippade med de energieffektiviserande åtgärderna som ska tas med.

Om exempelvis fönster ändå skall bytas på grund av att de är i dåligt skick eller på grund av att inneklimatet är dåligt vintertid, skall endast extrakostnaden för speciellt energieffektiva fönster tas med i kalkylen.

Om en ventilationsanläggning måste bytas ut på grund av att anläggningen är nedgången eller inte uppfyller dagens krav på luftkvalitet, skall endast extrakostnaden för att nå speciellt hög energieffektivitet tas med.

Det är lämpligt att före projektets påbörjande rådgöra med fastighetsägaren, som får fastställa vad som skall inkluderas i kostnadskalkylen.

Tabell 1 $P(r,n)$

$$P(r,n) = \frac{r/100}{1 - (1 + r/100)^{-n}}$$

Annuitetsfaktor $P(r,n)$

År	4%	6%	8%	10%	12%	15%	20%	25%
1	1,0400	1,0600	1,0800	1,1000	1,1200	1,1500	1,2000	1,2500
2	0,5302	0,5454	0,5608	0,5762	0,5917	0,6151	0,6545	0,6944
3	0,3603	0,3741	0,3880	0,4021	0,4163	0,4380	0,4747	0,5123
4	0,2755	0,2886	0,3019	0,3155	0,3292	0,3503	0,3863	0,4234
5	0,2246	0,2374	0,2505	0,2638	0,2774	0,2983	0,3344	0,3718
6	0,1908	0,2034	0,2163	0,2296	0,2432	0,2642	0,3007	0,3388
7	0,1666	0,1791	0,1921	0,2054	0,2191	0,2404	0,2774	0,3163
8	0,1485	0,1610	0,1740	0,1874	0,2013	0,2229	0,2606	0,3004
9	0,1345	0,1470	0,1601	0,1736	0,1877	0,2096	0,2481	0,2888
10	0,1233	0,1359	0,1490	0,1627	0,1770	0,1993	0,2385	0,2801
11	0,1141	0,1268	0,1401	0,1540	0,1684	0,1911	0,2311	0,2735
12	0,1066	0,1193	0,1327	0,1468	0,1614	0,1845	0,2253	0,2684
13	0,1001	0,1130	0,1265	0,1408	0,1557	0,1791	0,2206	0,2645
14	0,0947	0,1076	0,1213	0,1357	0,1509	0,1747	0,2169	0,2615
15	0,0899	0,1030	0,1168	0,1315	0,1468	0,1710	0,2139	0,2591
16	0,0858	0,0990	0,1130	0,1278	0,1434	0,1679	0,2114	0,2572
17	0,0822	0,0954	0,1096	0,1247	0,1405	0,1654	0,2094	0,2558
18	0,0790	0,0924	0,1067	0,1219	0,1379	0,1632	0,2078	0,2546
19	0,0761	0,0896	0,1041	0,1195	0,1358	0,1613	0,2065	0,2537
20	0,0736	0,0872	0,1019	0,1175	0,1339	0,1598	0,2054	0,2529
25	0,0640	0,0782	0,0937	0,1102	0,1275	0,1547	0,2021	0,2509
30	0,0578	0,0726	0,0888	0,1061	0,1241	0,1523	0,2008	0,2503
35	0,0536	0,0690	0,0858	0,1037	0,1223	0,1511	0,2003	0,2501
40	0,0505	0,0665	0,0839	0,1023	0,1213	0,1506	0,2001	0,2500
45	0,0483	0,0647	0,0826	0,1014	0,1207	0,1503	0,2001	0,2500
50	0,0466	0,0634	0,0817	0,1009	0,1204	0,1501	0,2000	0,2500

Tabell 2 $i(r,n)$

$$i(r,n) = \frac{I}{(1+r)^n}$$

Nuvärdesfaktor för ett enstaka belopp $i(r,n)$

År	4%	6%	8%	10%	12%	15%	20%	25%
1	0,9615	0,9434	0,9259	0,9091	0,8929	0,8696	0,8333	0,8000
2	0,9246	0,8900	0,8573	0,8264	0,7972	0,7561	0,6944	0,6400
3	0,8890	0,8396	0,7938	0,7513	0,7118	0,6575	0,5787	0,5120
4	0,8548	0,7921	0,7350	0,6830	0,6355	0,5718	0,4823	0,4096
5	0,8219	0,7473	0,6806	0,6209	0,5674	0,4972	0,4019	0,3277
6	0,7903	0,7050	0,6302	0,5645	0,5066	0,4323	0,3349	0,2621
7	0,7599	0,6651	0,5835	0,5132	0,4523	0,3759	0,2791	0,2097
8	0,7307	0,6274	0,5403	0,4665	0,4039	0,3269	0,2326	0,1678
9	0,7026	0,5919	0,5002	0,4241	0,3606	0,2843	0,1938	0,1342
10	0,6756	0,5584	0,4632	0,3855	0,3220	0,2472	0,1615	0,1074
11	0,6496	0,5268	0,4289	0,3505	0,2875	0,2149	0,1346	0,0859
12	0,6246	0,4970	0,3971	0,3186	0,2567	0,1869	0,1122	0,0687
13	0,6006	0,4688	0,3677	0,2897	0,2292	0,1625	0,0935	0,0550
14	0,5775	0,4423	0,3405	0,2633	0,2046	0,1413	0,0779	0,0440
15	0,5553	0,4173	0,3152	0,2394	0,1827	0,1229	0,0649	0,0352
16	0,5339	0,3936	0,2919	0,2176	0,1631	0,1069	0,0541	0,0281
17	0,5134	0,3714	0,2703	0,1978	0,1456	0,0929	0,0451	0,0225
18	0,4936	0,3503	0,2502	0,1799	0,1300	0,0808	0,0376	0,0180
19	0,4746	0,3305	0,2317	0,1635	0,1161	0,0703	0,0313	0,0144
20	0,4564	0,3118	0,2145	0,1486	0,1037	0,0611	0,0261	0,0115
25	0,3751	0,2330	0,1460	0,0923	0,0588	0,0304	0,0105	0,0038
30	0,3083	0,1741	0,0994	0,0573	0,0334	0,0151	0,0042	0,0012
35	0,2534	0,1301	0,0676	0,0356	0,0189	0,0075	0,0017	0,0004
40	0,2083	0,0972	0,0460	0,0221	0,0107	0,0037	0,0007	0,0001
45	0,1712	0,0727	0,0313	0,0137	0,0061	0,0019	0,0003	0,0000
50	0,1407	0,0543	0,0213	0,0085	0,0035	0,0009	0,0001	0,0000