

3 Totalkoncept-metodens økonomiske principper



Dette kapitel beskriver de økonomiske principper og terminologien, som Totalkoncept-metoden er baseret på. Her forklares udvælgelsen af input-data og deres indvirkning på resultaterne, samt hvordan forrentningsmetoden, der anvendes til rentabilitetsberegninger i Totalkoncept-metoden, virker.

Kapitlet indgår i den samlede Guidebog (*Guidebook for Implementation and Quality assurance – Version 1.6, januar 2017*) med tilhørende bilag (Appendix).

3.1 Introduktion

Økonomiske beregninger er nødvendige for at træffe beslutninger om investeringer, fordele ressourcer og vælge mellem forskellige løsninger. I en energisammenhæng er sparet energi i en bygning lig med sparede driftsudgifter, og rentabilitetsberegninger er derfor et naturligt udgangspunkt for beslutninger om energibesparende foranstaltninger.

For at afgøre om en energiløsning eller en energibesparende foranstaltning har en rimelig effekt, må de fremtidige energibesparelser således sammenholdes med de nødvendige omkostninger til at nå dem i form af økonomiske ressourcer og dermed investeringer. Dette kan ske ved at anvende almindeligt anerkendte økonomiske modeller.

Disse modeller bygger på de grundlæggende principper for økonomisk teori og kan findes i den meste litteratur om grundlæggende erhvervsøkonomi. I det følgende beskrives kun beregningsmodel og principper, der er afgørende for vurderingen af rentabilitet i Totalkoncept-metoden.

3.2 Grundlæggende begreber og terminologi anvendt i rentabilitetsberegninger

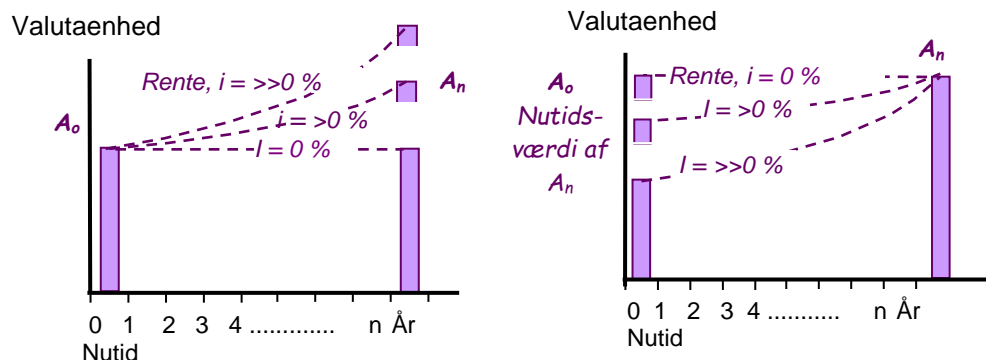
Der er nogle grundlæggende begreber ved rentabilitetsberegninger, der har en stor indflydelse på det samlede resultat, fx valg af beregningsrente (kapitalomkostninger), skøn over relativ prisændring og valg af en beregningsperiode for investeringen m.m. Det er vigtigt at forstå disse grundlæggende begreber og input-data.

3.2.1 Rente, nutidsværdi af besparelser og kapitalomkostninger

For at afgøre, om en investering er rentabel eller ej, bør alle omkostninger og besparelser i forbindelse med et investeringsforslag være kendte. Men hvis spørgsmålet om rentabilitet skal besvares korrekt, skal det også være muligt at tage hensyn til værdien af penge over et tidsforløb. Penge, der er til rådighed i dag, har en aktuel værdi, der er højere end fremtidige indtægter. Forholdet mellem den nuværende værdi af penge og fremtidige indtægter er bestemt af *renten*.

Renten i beregningerne giver et billede af, hvordan en virksomhed vurderer fremtidige aktiver i forhold til nutidige aktiver. Ejeren af et pengebeløb kan beslutte, om han skal sætte pengene i banken, investere dem eller låne dem ud for at have et profitabelt afkast over en årrække. Renten skal være attraktiv for at en investor vil foretage en investering eller yde et lån. Der skal være et interessant perspektiv i forhold til at holde pengene i banken eller bruge dem til andre formål.

Hvordan renten påvirker nutidsværdien af pengene er illustreret i figur 3.1. For eksempel: Ved investering af et givet beløb, A_0 DKK, i dag, med et årligt afkast af det deponerede beløb i , vil beløbet efter n år være vokset til et beløb A_n (DKK). Hvor højt beløbet A_n (DKK) vil være, afhænger af renten, i . Jo højere rente - jo højere beløb A_n (DKK). Hvis i stedet et givet beløb A_n (DKK) er udbetalt efter n år, så ville værdien af det i dag være A_0 (DKK). Denne værdi vil være lavere, hvis renten er høj. Værdien A_0 (DKK) i dag af et beløb A_n (DKK), der vil blive udbetalt efter n år, kaldes *nutidsværdien af et enkelt beløb*.



Figur 3.: Illustration af hvordan renten påvirker nutidsværdien af penge.

Nutidsværdien A_0 (DDK) af et enkelt beløb A_n (DDK), som udbetales efter n år i fremtiden, kan beregnes som følger:

$$A_0 = A_n \cdot i(i, n)$$

Faktor for nettonutidsværdien for de enkelte udbytter $i(i, n)$ til en rente i og økonomisk beregningsperiode n kan beregnes eller findes i en tabel (se Guidebogens bilag 2).

Eksempel:

Ved lån af et beløb $A_0 = 1.000$ DKK til rente på 10 % betyder det, at summen af tilbagebetalingen af lånet efter 10 år vil være:

$$A_n = A_0 \times 1/i(10, 10) = 1.000 \times (1/0.3855) \approx 2.600 \text{ DKK.}$$

Værdien af det tilbagebetalte beløb $A_n = 1.000$ DKK er efter 10 år med en rente på 10 % i dag:

$$A_0 = A_n \times i(10, 10) = 1.000 \times 0.3855 \approx 390 \text{ DKK.}$$

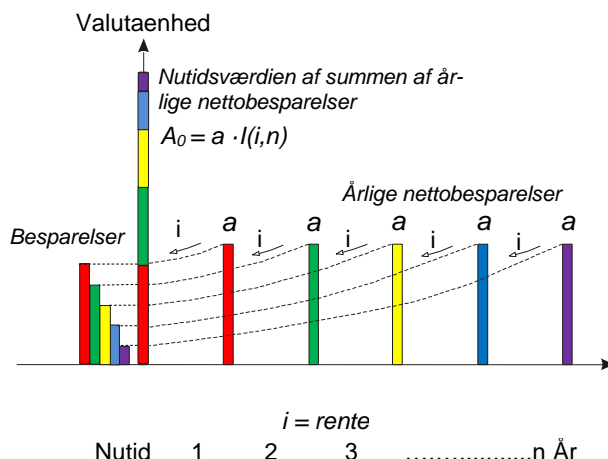
I dette eksempel er faktor for nettonutidsværdien for de enkelte udbytter $i(10, 10) = 0,3855$.

Hver energibesparende foranstaltning fører til bestemte besparelser i årlige driftsomkostninger over en vis økonomisk levetid. Ved vurdering af hvad nutidsværdien af de årlige besparelser er i fremtiden, diskonteres hver årlig besparelse til det nuværende tidspunkt og summeres. Summen af nutidsværdien af hver årlig nettobesparelse defineres her som summen af nettoopsparingens nutidsværdi. Dette er illustreret i figur 3.2.

Nutidsværdien A_0 (DKK) af summen af de årlige nettobesparelser a (DKK / år), der spares hvert år indtil n år i fremtiden, kan beregnes som følger:

$$A_0 = a \cdot l(i, n)$$

Nettonutidsværdifaktoren $l(i, n)$ for en rente i og økonomisk beregningsperiode n kan beregnes eller findes i en tabel (se Guidebogens bilag 2).



Eksempel:

Eksisterende vinduer ønskes skiftet til vinduer med trelagsglas. Netto(energi)besparelsen er beregnet til at være 10.000 DKK pr. år.

Med en beregningsrente på 4 % over en økonomisk beregningsperiode på 20 år vil faktor for nettonutidsværdien være $I(4,20) = 13.6$

Nutidsværdien af summen af de årlige nettobesparelser vil herefter være:

$$A_0 = 10.000 \times 13.6 = 136.000 \text{ DKK}$$

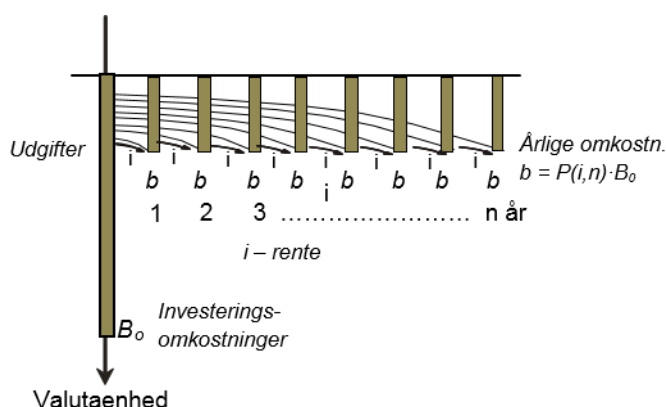
Figur 3.2: Illustration af nutidsværdien af de årlige nettobesparelser. For hver årlig besparelse kan nutidsværdien beregnes til det givne tidspunkt i nutiden og summeres.

Forudsættes det, at investeringen i energibesparelserforanstaltning(er) sker ved optagelse af et banklån med rente i , er det almindeligt, at lånet betales løbende tilbage til banken. For at vurdere disse betalinger til banken må investeringen regnes om til en årlig omkostning jævnt fordelt i løbet af beregningsperioden. Vurdering af de årlige kapitalomkostninger er illustreret i figur 3.3.

Hvis et beløb B_0 (kr) er investeret og skal tilbagebetales over de følgende n år, så kan de årlige omkostninger til investeringen (årlig kapitalomkostning) b (DKK/år) beregnes som følger:

$$B = B_0 \cdot P(i, n)$$

Annuitetsfaktoren $P(i, n)$ for en rente i og økonomisk beregning periode n kan beregnes eller hentes fra en tabel, (se Guidebogens bilag 2).



Eksempel:

En investering på 10.000 DKK skal betales tilbage inden for 10 år med den rente 6 %. Hvad bliver de årlige udgifter til investeringen?

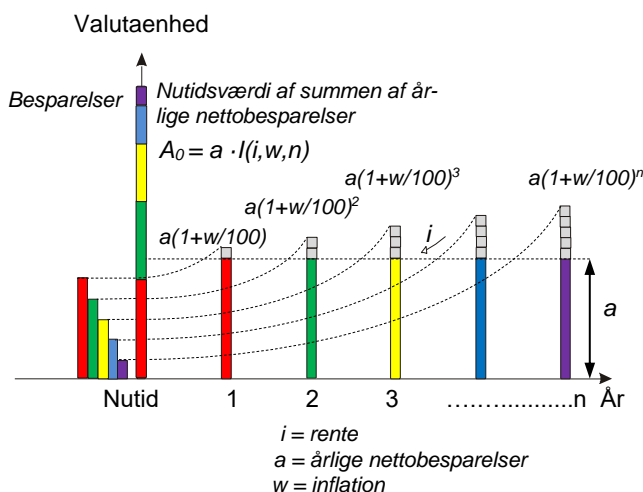
Annuitetsfaktoren er $P(6,10) = 0.13597$

De årlige omkostninger til investeringen er:
 $b = 10.000 \times 0.13597 \approx 1.360 \text{ DKK/år}$

Figur 3.3: Illustration af årlige udgifter til investeringen. En investering B_0 (DKK) genberegnes til en årlig omkostning b (DKK/år), jævnt fordelt over beregningsperioden.

3.2.2 Nominel rente og realrente

Investeringerne er normalt foretaget ud fra den forudsætning, at de vil blive tilbagebetalt ved hjælp af fremtidige indtægter eller besparelser. Men i faktiske beløb vil de fremtidige indtægter eller besparelser blive større på grund af de fremtidige relative prisændringer, inflation. Dette er illustreret i figur 3.4. I en normalt fungerende økonomi er der en løbende stigning i priserne på varer og tjenesteydelser og dermed en konstant reduktion i værdien af penge. I Europa er inflationen på omkring 2 til 3 % om året.



Figur 3.4: Illustration af fremtidige relative prisændringer, inflation. Nutidsværdien af summen af net-tobesparelser A_0 stiger med størrelsen af de fremtidige prisændringer.

Men kapitalomkostningerne (DKK / år), afdrag og renter, vil forblive de samme som deres nominelle værdi. Dette er der taget højde i den *nominelle rente* i_n , hvilket er renten på investeringstidspunktet (i dag), og som derfor er højere, end den ville have været, hvis der ikke havde været nogen inflation. Den nominelle rente er for eksempel renten, som kræves på banklån.

Hvis den nominelle rente bruges som udgangspunkt, så skal inflationen overvejes ved bestemmelse af rentabiliteten af en investering. På den anden side, kan inflation ses som en ændring i en skaleringsfaktor. Hensyn til inflationen kan tages på følgende måde:

$$A_o = \left(\frac{1 - \left(\frac{1 + i_n/100}{1 + w/100} \right)^{-n}}{\frac{1 + i_n/100}{1 + w/100} - 1} \right) \cdot a = I(i_n, w, n) \cdot a$$

hvor $I(i_n, w, n)$ er en nettonutidsværdifaktor, som også omfatter inflationen.

Nettonutidsværdifaktoren $I(i_n, w, n)$ er ikke medtaget i tabellerne i almindelige finansielle publikationer og er heller ikke let tilgængelige. Men når man arbejder praktisk med rentabilitetsberegninger under hensyntagen til fremtidige prisændringer, kan det samtidig gøres med en god tilnærmelse:

$$l(i_n, w, n) \approx l(in - w, n)$$

Usikkerheden i denne tilnærmelse afhænger af den nominelle rente i_n , størrelsen af inflationen w og den økonomiske beregningsperiode n og er mindre end 3 % for nominelle renter mellem 5 til 15 %, for inflationsrater mindre end 4 %, og for økonomiske beregningsperioder på op til 30 år [3]. De finansielle grænser for investeringer sænkes en smule, hvis tilnærmelse $I(i_n, w, n) \approx I(i_n - w, n)$ anvendes, men forskellen er lille i forhold til de usikkerheder, der altid er forbundet med vurderinger af investeringer. Når energibesparende foranstaltninger i en eksisterende bygning vurderes, er der altid en vis usikkerhed ved vurderingen af omkostningerne ved den enkelte foranstaltning, og hvad det vil medføre af energibesparelser. Det er derfor rimeligt at acceptere en række matematiske tilnærmelser ved håndtering finansielle spørgsmål, hvis de bidrager væsentligt til forenkling af forholdene. En sådan tilnærmelse er også relevant, når der tages hensyn til de fremtidige relative prisændringer.

Den rentesats, der udelukker inflationen kaldes *realrente* i_r og er omtrent den nominelle rente i_n reduceret med den årlige ændring af det gennemsnitlige omkostningsniveau w udtrykt i procent: $i_r \approx i_n - w$ %.

3.2.3 Fremtidige relative prisændringer på energi

Ræsonnementet i foregående afsnit er kun rigtigt, hvis alle priser nogenlunde følger inflationen. Hvis nogle af gevinsterne af en investering ikke følger den generelle inflation, så skal dette tages med i beregningen. Det er rimeligt at forudsætte, at den fremtidige pris på energi vil stige mere end den gennemsnitlige inflation, og dette skal løses ved fastsættelse af omkostningseffektiviteten af energibesparende foranstaltninger. Og det er oftest tilfældet.

De samme argumenter kan anvendes her som for inflation. Hvis det forudsættes, at den årlige relative prisstigning på energi er q % større end den gennemsnitlige stigning i priserne, så kan realrenten r korrigeres ved at fratrække q %: $i_{adj} \approx i_r - q$ %. Realrenten, der tager hensyn til relative prisændringer på energi udover inflationen q % kaldes her *den justerede realrente* i_{adj} .

Note: Justeringer i beregningen af renten med energiprisændring over inflationen anvendes i de situationer, hvor størstedelen af de årlige nettobesparelser består af energibesparelser og besparelser på andre årlige omkostninger, fx vedligeholdelsesomkostninger, er en marginal del af de samlede årlige nettobesparelser. Men når besparelser på andre driftsomkostninger end energiforbruget bliver en vigtig del af de samlede besparelser, så vær opmærksom på, at effekten af relative prisændringer kræver mere detaljeret beregninger. Dette kan nemt gøres med beregningsværktøjet, Totalværktøjet (TotalTool).

Læs mere herom i kapitel 3.4 og i Guiden til Totalværktøjet. Totalværktøjet er frit tilgængeligt på Internettet og kan downloades via linket i værktøjsoversigten.

Forudsætningen om fremtidige relative prisændringer på energi, der er højere end inflationen q %, skal beslattes af bygningsejer/investor. Prisændring på energi estimeres forskelligt i de forskellige lande i EU. Der er fx ingen fælles nationale retningslinjer i Sverige for hvilke relative prisændringer på energi, der bør tages i betragtning. Nogle svenske bygningsejere anslår denne prisændring til at være omkring 2 %.

3.2.4 Beregningsrente (kapitalomkostninger)

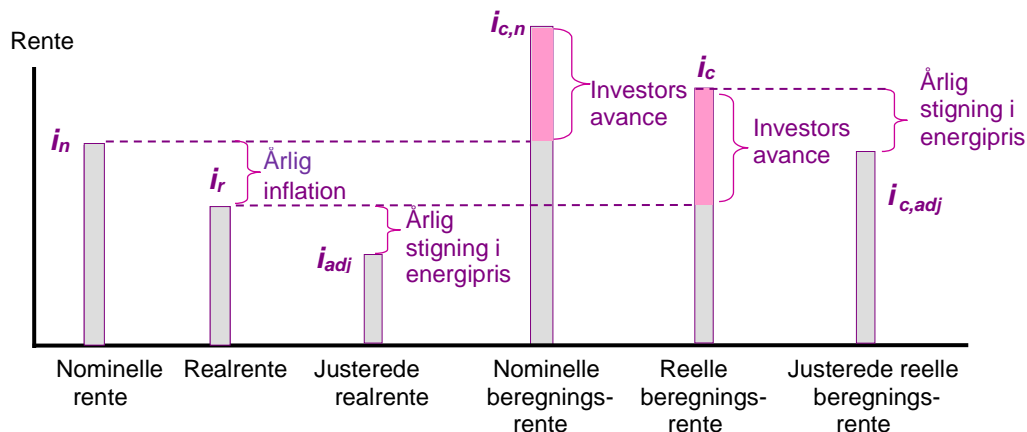
En måde, som en virksomheds finansielle behov kan udtrykkes på, er ved at angive niveauet for renten, *beregningsrenten* (*kapitalomkostningerne*), der skal anvendes ved vurdering af rentabiliteten.

Kravet om rentabilitet kan kombineres med supplerende vilkår og betingelser. Men at definere beregningsrenten er måske den mest grundlæggende form for kontrol for at sikre rentabiliteten, når der tages hensyn til en virksomheds økonomiske situation og investeringsdisciplin. Beslutninger om beregningsrenten er derfor altid et ledelsesanliggende. Kun ledelsen af et selskab/en virksomhed, undertiden i samråd med bestyrelsen, kan træffe beslutning om beregningsrenten og enhver ændring, som er afhængig af den.

Sagt mere enkelt, er beslutningen om beregningsrenten baseret dels på selve renten på den investerede kapital, fx et banklån, og dels på selskabets generelle økonomiske situation og langsigtede planer. Beregningsrenten er derfor den rentesats, der skal betales af investeringen med en investeringsavance, der er bestemt af selskabets soliditet, likviditet, lånekapacitet, alternative investeringsmuligheder, langsigtet ejerskab osv.

Beregningsrenten kan være den *nominelle kalkulationsrente* $i_{c,n}$, dvs. den omfatter forudsætninger om inflation, eller den *reelle beregningsrente* i_c , dvs. den udelukker virkninger af inflation. Hvis der anvendes en nominal rente, så skal inflation indgå i en investeringsanalyse. Hvis der forventes prisstigninger på energi større end inflationen, anvendes den *justerede reelle beregningsrente*, dvs. $i_{c,adj} = i_c - q$ %, hvor q % er den relative prisstigning på energi sammen med den gennemsnitlige ændring i priserne (inflation).

Figur 3.5 opsummerer de forskellige rentebegreber, og hvordan de er relateret til hinanden.



Figur 3.5: Forskellige typer af renter. Den reelle beregningsrente eller justerede reelle beregningsrente anvendes i rentabilitetsberegninger.

Eksempel:

Nedenstående numeriske eksempel illustrerer forholdet mellem de forskellige rentetyper. Det er kunden, investoren, der bestemmer hvilke værdier, der skal anvendes i hvert tilfælde.

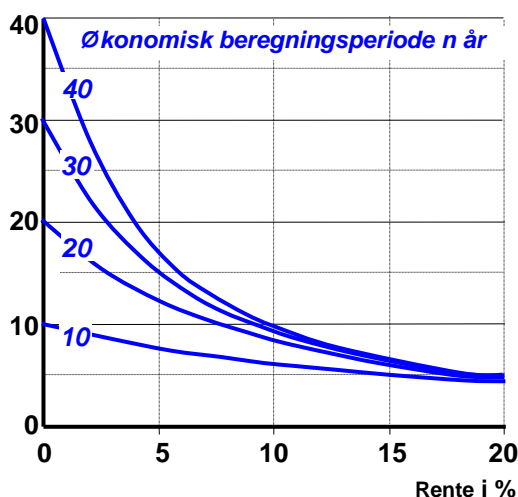
Rente	Værdi
Nominal rente i_n , i dette tilfælde bankens rente	$i_n = 4\%$
Nominal beregningsrente $i_{c,n}$ med 3% avance til investor	$i_{c,n} = 4\% + 3\% = 7\%$
Realrente i_r med forudsætning om 2% årlig inflation	$i_r = 4\% - 2\% = 2\%$
Reelle beregningsrente i_c med 3% avance til investor	$i_c = 2\% + 3\% = 5\%$
Justerede reelle beregningsrente $i_{c,adj}$ med 2% fremtidig relativ stigning i energipris	$i_{c,adj} = 5\% - 2\% = 3\%$

3.2.5 Udvalgelse af beregningsrente

Valg af rente samt økonomisk beregningsperiode har en stor indflydelse på rentabiliteten af en investering ved en forhåndsberegning.

Figur 3.6 illustrerer størrelsen af nettonutidsværdifaktoren $I(i,n)$, og hvordan den varierer afhængigt af renten i og den økonomiske beregningsperiode n . Det kan ses, at en lav rente betyder, at fremtidige besparelser vil have en høj værdi i forhold til en besparelse på det samme beløb i dag. Det kan også ses, at indflydelsen af den økonomiske beregningsperiode reduceres, når renten stiger. En lav rente er til gavn for investeringer med lange økonomiske beregningsperioder, selv om afkastet er lavt. En høj rente vil have en tendens til at blive brugt til investeringer med et højt afkast, selv om den økonomiske beregningsperiode er kort.

Nettonutidsværdifaktor $I(i,n)$

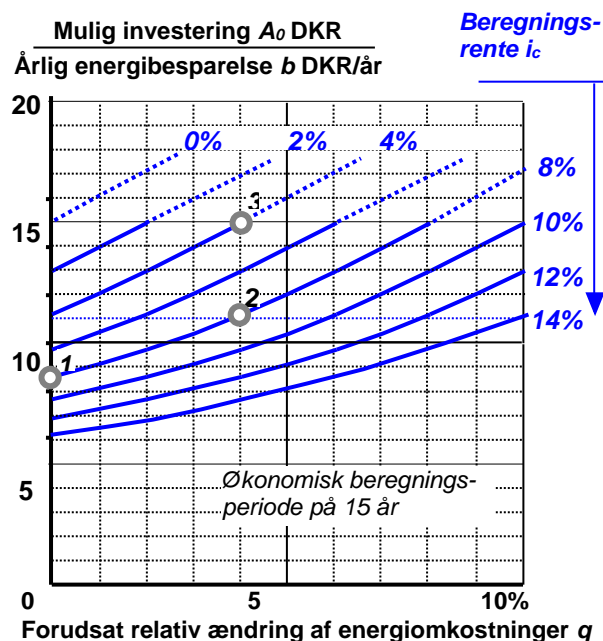


Vigtigste bemærkninger:

- En lav rente betyder, at fremtidige besparelser vil have en høj værdi i forhold til en besparelse på det samme beløb i dag.
- Betydningen af den økonomiske beregningsperiode reduceres som renten stiger.
- En lav rente er til gavn for investeringer med lange økonomiske beregningsperioder, selv om afkastet er lavt.
- En høj rente vil have en tendens til at blive brugt til investeringer med et højt afkast, selv om den økonomiske beregningsperiode er kort.

Figur 3.6: Hvordan nettonutidsværdifaktoren $I(i,n)$ varierer afhængigt af renten i og den økonomiske beregningsperiode n .

Derudover betyder forudsætningen om, at en indtægt eller besparelse, der bruges til at afbetale en investering, vil stige mere i værdi end inflationen, i praksis, at beregningsrenten reduceres. Dette har stor effekt ved beregning af rentabiliteten af en investering. Som et eksempel viser figur 3.7, hvordan valget af beregningsrente og forudsætninger om fremtidige relative stigninger i energipriserne påvirker rentabilitetsvurderingen.



Eksempel:

En bestemt foranstaltning vil spare 20 000 DKR / år med nuværende energipriser.

1. Hvis *beregningsrenten* er 8%, vil det være rentabelt at investere op til:
 $8.5 \cdot 20\,000 = 170\,000 \text{ DKR}$
2. Med samme *beregningsrente*, 8%, men under forudsætning af, at energipriserne vil stige med 4% mere om året end den gennemsnitlige inflation, vil det være rentabelt at investere op til:
 $11 \cdot 20\,000 = 220\,000 \text{ DKR}$
3. Hvis *beregningsrenten* er 4%, og det forudsættes, at energipriserne vil stige med 4% mere om året end den gennemsnitlige inflation, vil det være rentabelt at investere op til:
 $15 \cdot 20\,000 = 300\,000 \text{ DKR}$

Figur 3.7: Effekt på rentabilitetsberegningen afhængig af valg af beregningsrente og forudsætninger om fremtidige stigninger i energiprisen.

Diagrammet i figur 3.7 gælder for en energiforanstaltning, der har en økonomisk beregningsperiode på 15 år. For en foranstaltning med en længere periode, vil kurverne være stejle, dvs. forudsætninger om fremtidige stigninger i energipriserne vil have en større effekt.

Som i tilfældet med beregningsrente, er det ledelsen af selskabet/virksomheden, der foretager investeringen, som afgør, om investeringsberegningerne også skal tage højde for fremtidige relative ændringer i energipriserne - og i så fald, hvor store de skal være. I en rentabilitetsberegning, der bruges som grundlag for en beslutning om at gennemføre en investering, skal det være helt klart, hvilken beregningsrente og forudsætninger om fremtidige energiprisstigninger, der er blevet anvendt.

Valg af beregningsrente og forudsætninger om de fremtidige prisstigninger vil bestemme rentabiliteten. En rentabilitetsberegning, hvor det ikke er klart angivet, hvilken beregningsrente og relative prisændringer, som er anvendt, kan ikke bruges som grundlag for en investeringsbeslutning.

3.2.6 Typer af tid anvendt i rentabilitetsberegninger

Når der foretages rentabilitetsberegninger, anvendes ofte forskellige betegnelser for tid. Tidsbetegnelserne kan have helt forskellige betydninger, når de anvendes i bygge- og ejendomssektoren og ved vurdering af energiforanstaltninger. Ved anvendelse af Totalkoncept-metoden er det derfor nødvendigt at forklare, hvordan forskellige perioder af tid er defineret, og rådgive ejendomssejere/kunder om vigtige aspekter, når der vælges tidsperioder for rentabilitetsberegninger.

Teknisk levetid

Udtrykket teknisk levetid refererer til den tid, hvor en energiforbedrende foranstaltning kan betragtes som teknisk anvendelig, dvs. den tidsperiode, hvor investeringen vil kunne fungere på en tilfredsstillende måde og opfylde de fastsatte tekniske krav.

Økonomisk levetid

Udtrykket økonomisk levetid refererer til den tid, hvor en energiforbedrende foranstaltning kan betragtes som værende økonomisk rentabel.

Europa-Kommissionen anbefaler, at medlemsstaterne skal stræbe mod at bruge standarden CEN 15459 [1], når der træffes beslutninger om hvilke økonomiske levetider, der skal anvendes til forskellige energiforberedende foranstaltninger. Standarden angiver økonomiske levetider for en række komponenter og produkter, men for eksempel ikke for foranstaltninger, som påvirker bygningens klimaskærm eller for brug af solceller. De anbefalede levetider for de foranstaltninger, der ikke indgår i standarden, kan findes i et direktiv fra Europa-Kommissionen [2]. Bilag 3 i Guidebogen indeholder de anbefalede levetider for forskellige foranstaltninger.

Økonomisk beregningsperiode

Dette er den tidsperiode, hvor rentabilitetsberegningerne er gyldige. Beregningsperioden fastlægges af ejendommens ejer/investor. For eksempel kan beregningsperioden for et teknisk anlæg være 30 år selv om den økonomiske levetid for anlægget kun er 15 år. En årsag til dette kan være, at det tekniske anlæg udgør en del af et større anlæg, og beregningsperioden for dette, som helhed er 30 år.

Afskrivningstid

Dette er et regnskabsteknisk begreb, der angiver i hvilket tidsrum en investering afskrives.

3.3 Intern rente(afkast)metoden

Rentabilitetsvurderingen i Total Concept-metoden er baseret på den såkaldte interne rente(afkast)metode.

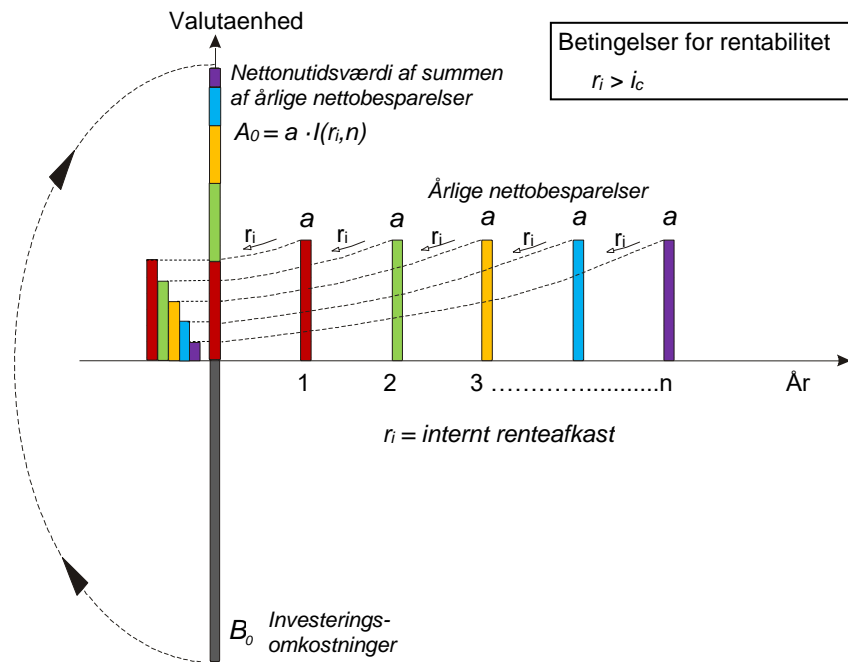
3.3.1 Principperne bag den interne rente(afkast)metode

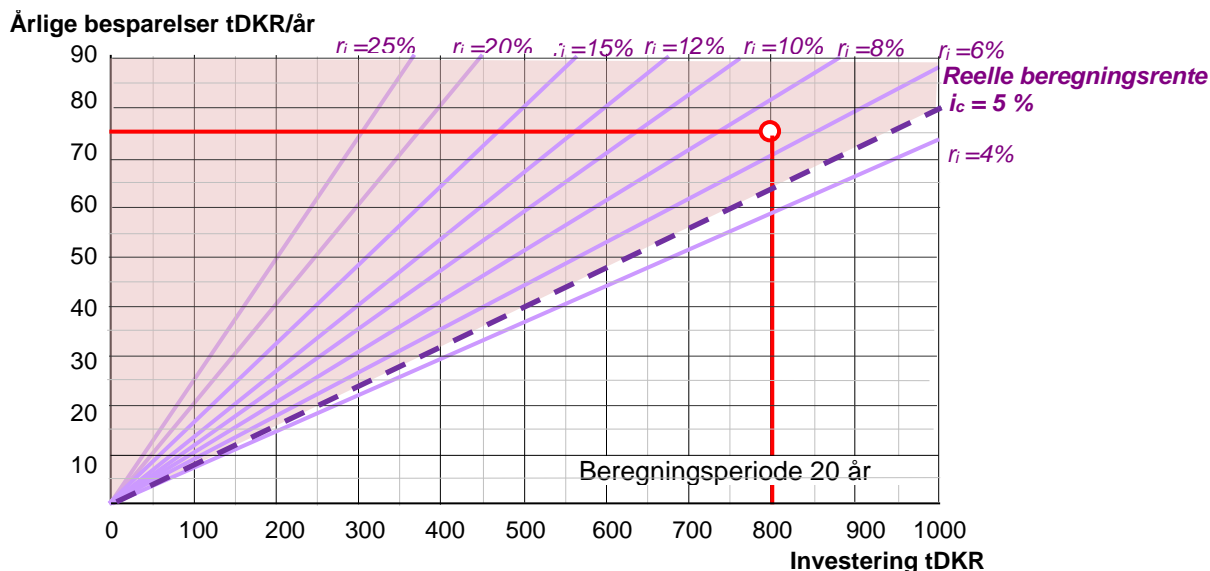
En måde til at vurdere rentabiliteten af foranstaltninger, der kræver store investeringer, er at se på de faktiske udbytter udtrykt som den rente, som investeringen skaber. Denne rente kaldes *det interne renteafkast* (eller blot den interne rente) og er lig med den rente, der vil give en nutidsværdi af summen af de årlige nettobesparelser svarerende til den faktiske investering.

Hvis en investering på B_0 (€) resulterer i en årlig reduktion af driftsomkostningerne på a (€/år), kan det interne renteafkast r_i af investeringen udledes:

$$a \cdot I(r_i, n) = B_0 \implies a = \frac{1}{I(r_i, n)} \cdot B_0 = P(r_i, n) \cdot B_0 \implies \frac{a}{B_0} = P(r_i, n)$$

Kriteriet for rentabilitet er, at det interne renteafkast er højere end den fastsatte beregningsrente. Den interne rente(afkast)metode er illustreret i figur 3.8.





Figur 3.9 Internt renteafkastdiagram. Den fastsatte reelle beregningsrente $i_c = 5\%$ er markeret med stiplede linje. Alle investeringer, der ligger over denne linje, dvs. resulterer i faktiske afkast på over 5% , anses for at være rentable.

Eksempel

En investering på 800 000 DKK. er beregnet til at give besparelser på 75 000 DKK/år i 20 år. Dette indikerer et internt renteafkast på 7% , hvilket er højere end den reelle beregningsrente fastsat af investoren $i_c = 5\%$. Investeringen er derfor rentabel.

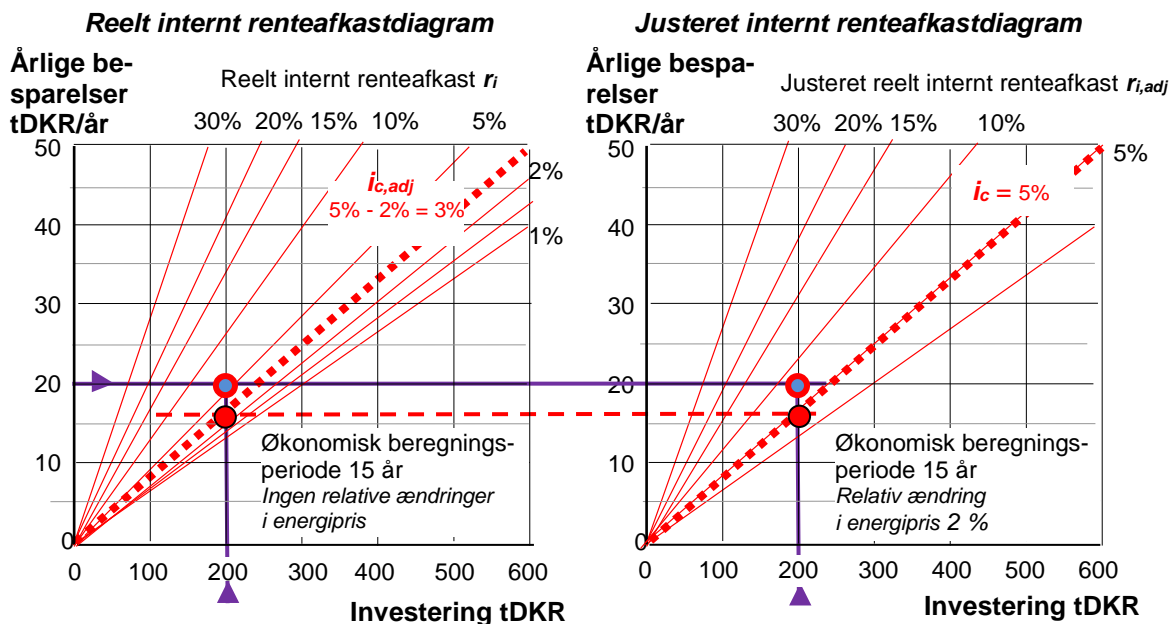
3.3.2 Relativ stigning i energipris i et internt renteafkastdiagram

Det interne renteafkastdiagram illustreret i figur 3.9 gælder for besparelser, der følger den gennemsnitlige inflation. En fremtidig stigning i værdien af besparelsen som følge af ændringer i energiprisen over inflationen er ikke inkluderet i diagrammet. Dog kan der tages hensyn til relative stigninger i energiprisen på to forskellige måder:

- Ved at justere den reelle beregningsrente, dvs. med en reduktion svarende til den relative stigning i energipris:
 - $r_i > i_{c,adj} = i_c - q\%$
- Ved at justere diagrammet, så den interne renteafkastsskala r_i ændres i forhold til den relative stigning i energiprisen, samtidig med beregningsrenten opfylder rentabilitetskriteriet.

Begge metoder er illustreret i figur 3.10 nedenfor. Det venstre diagram svarer til *et reelt internt renteafkastdiagram*, hvor de interne renteafkastlinjer svarer til de reelle rentelinjer. Som rentabilitetskriterium anvendes en *justeret reel beregningsrente* $i_{c,adj}$. I figuren er den reelle beregningsrente i_c blevet justeret med en relativ stigning i energiprisen på 2% over inflationen: $i_{c,adj} = 5\% - 2\% = 3\%$. Det er markeret med en stiplede linje i diagrammet.

Diagrammet til højre i figur 3.10 svarer til *et justeret internt renteafkastdiagram*, hvor der er taget hensyn til den relative ændring i energiprisen i selve diagrammet. I dette diagram kan det justerede interne renteafkast, dvs. renten inklusive ændringer i energipriserne over inflationen, aflæses direkte i diagrammet. Som rentabilitetskriterium anvendes *den reelle beregningsrente* i_c . I det foreliggende eksempel er det $i_c = 5\%$, hvilket er markeret med en stiplede linje i diagrammet.



Figur 3.10 Illustration af hvordan der tages hensyn til relative ændringer i energiprisen i et internt renteafkastdiagram. Venstre diagram svarer til det reelle interne renteafkastdiagram, højre diagram til det justerede interne renteafkastdiagram.

Begge muligheder er inkluderet i den Totalkoncept-beregningsværktøj *TotalTool* (Totalværktøj). Slutresultatet er naturligvis det samme ved begge fremgangsmåder.

3.3.3 Sammenligning med pengestrøm (cash-flow)

Et diagram med intern renteafkast, hvor omkostninger og besparelser fra energibesparende foranstaltninger er tegnet ind i rækkefølge, er et nyttigt beslutningsværktøj. Som nævnt er rentabilitetskriteriet, at det interne renteafkast ikke må være under et vist niveau. Alligevel er det vigtigt at være opmærksom på, at dette er et grundlag for beslutninger, det afspejler ikke til fulde den reelle rentabilitet af den pågældende investering.

Til at vurdere dette vises følgende eksempel, som demonstrerer pengestrøm med forskellige beregnede årlige besparelser i løbet af en fastlagt beregningsperiode, idet der også tages hensyn til inflation og relative ændringer i energiprisen.

Eksempel

En energibesparende foranstaltning giver en årlig besparelse på $a = 170$ tDKK/år og har en økonomisk levetid på $n = 15$ år. Foranstaltningen kræver en investering på $B_0 = 2.000$ tDKK, som finansieres med et banklån med nominal rente $i_n = 4\%$ over en økonomisk beregningsperiode på 15 år. Estimeringen af den årlige inflation er $w = 2\%$, og stigning i energipris er $q = 2\%$ over inflationen. Den nominelle beregningsrente er $i_{c,n} = 7\%$, inklusive 3 % avance til investor. Hvad vil det interne renteafkast være ved en sådan investering, og hvad vil være den faktiske pengestrøm?

Som omtalt før i faktiske beløb stiger den fremtidige årlige besparelse a (DKK/år) på grund af inflationen $w\%$. Denne stigning er endnu højere, hvis energiprisen stiger $q\%$ over inflationen. Tabellen 3.1 viser, hvordan besparelserne vil stige i absolut værdi for antagelser om $w = 2\%$ og $q = 2\%$.

Tabel 3.1. Årlig værdiforøgelse af besparelser

År	w 2% q 2%	Årlig besparelse a (tDKK/år)	År	w 2% q 2%	Årlig besparelse a (tDKK/år)
0	1,000	170	8	1,369	233
1	1,040	177	9	1,423	242
2	1,082	184	10	1,480	252
3	1,125	191	11	1,539	262
4	1,170	199	12	1,601	272
5	1,217	207	13	1,665	283
6	1,265	215	14	1,732	294
7	1,316	224	15	1,801	306

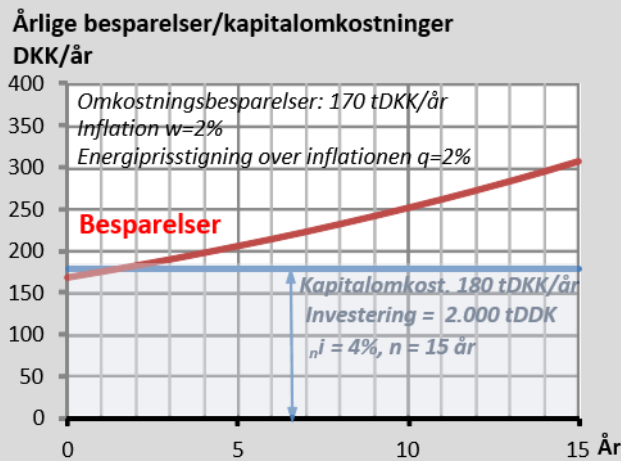
Kapitalomkostningen (DKR/år) på den anden side vil forblive den samme på deres nominelle værdier i den økonomiske beregningsperiode. Ved finansiering af de nødvendige investeringer for en energibesparende foranstaltning med et banklån med rente $i = 4\%$ og økonomisk beregningsperiode $n = 15$ år, vil de årlige kapitalomkostninger b være:

$$b = P(i, n) \cdot B_0 = P(4, 15) \cdot B_0 = 0,0899 \cdot 2000 = 180 \text{ tDKK/år}$$

Med den oprindelige investering på $B_0 = 2000$ tDKK og årlig omkostningsbesparelse på 170 tDKK/år vil det interne renteafkast af investeringen være $r_i = 3,2\%$. Det svarer til et reelt internt renteafkast r_i , og tager ikke højde for relative prisændringer. For at tage hensyn relativ ændringer i energiprisen anvendes den justerede reelle beregningsrente $i_{c,adj} = i_c - q\%$ som en rentabilitetskrav. Da den nominelle beregningsrente er $i_{c,n} = 7\%$, så er den reelle beregningsrente $i_c = i_{c,n} - w\% = 7\% - 2\% = 5\%$. Den justerede reelle beregningsrente vil være $i_{c,adj} = 5\% - 2\% = 3\%$. Baseret på det fastsatte rentabilitetskrav kan den energibesparende foranstaltning anses for at være rentabel.

Når der i beregningerne tages hensyn til en årlig stigning i energiprisen på 2 % over inflationen, så vil det interne renteafkast for investeringen være $r_{i,korr} = 5,3\%$. I dette tilfælde anvendes den reelle beregningsrente $i_c = i_{c,n} - w\% = 7\% - 2\% = 5\%$ som rentabilitetskrav, og samme resultat opnås med hensyn til rentabiliteten af den energibesparende foranstaltning. Tilsvarende resultater opnås, når beregninger inkluderer den årlige stigning i besparelser på grund af både inflation på 2 % og stigning i energipris på 2 %. Så det interne renteafkast af investeringen vil være $r_{i,n} = 7,3\%$. I dette tilfælde anvendes den nominelle beregningsrente vurderet til $i_{c,n} = 7\%$ som rentabilitetskrav. Da investeringen finansieres med banklån med en nominel rente på 4 % og under hensyntagen til kapitalomkostningerne, så vil det reelle afkast for investoren være 3 %, hvilket opfylder de fastsatte, førnævnte rentabilitetskrav.

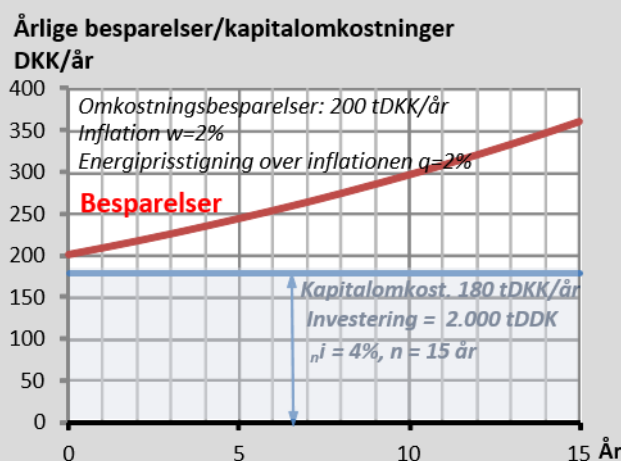
For at vurdere den faktiske avance af investeringen igennem beregningsperioden, er pengestrømmen af denne investering illustreret i diagrammet i figur 3.11. I dette eksempel vil besparelserne være noget lavere end kapitalomkostningerne i det første år, og netto-pengestrømmen vil være negativ. Men ved beregning af summen af netto-pengestrømmene i hele beregningsperioden, skaber investeringen en samlet fortjeneste på ca. 840 tDKK. Nutidsværdien af disse indtægter med en nominel beregningsrente på 5 % (inklusive investors avance og årlig inflation) vil være ca. 400 tDKK.



Figur 3.11 Eksempel på den pengestrøm, som den energibesparende foranstaltning skaber, når den årlige besparelse er 170 tDKK/år og kapitalomkostningerne er 180 tDKK/år. Inflationen er anslået til 2 % og stigning i energiprisen over inflationen på 2 %.

Hvis de beregnede årlige besparelser som følge af den energibesparende foranstaltning vil være 200 tDKK/år, så vil det reelle interne renteaftast r_i - med de samme investeringsvilkår - være $r_i \approx 5,5 \%$, hvilket opfylder rentabilitetskravet på $i_{c,adj} = 5\% - 2\% = 3\%$.

Pengestrømmen vil være positivt fra begyndelsen (se figur 3.12), og investeringen skaber en samlet avance på ca. 1.460 tDKK i hele beregningsperioden. Nutidsværdien af disse indtægter med en nominal beregningsrente på 5 % (inklusive investors avance og årlig inflation) vil være ca. 770 tDKK.



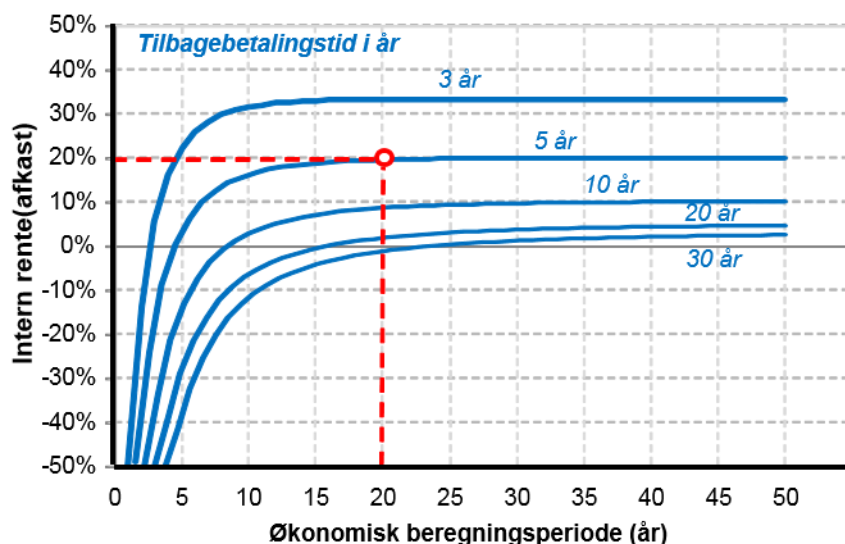
Figur 3.12 Eksempel på den pengestrøm, som en energibesparende foranstaltning skaber, når den årlige omkostningsbesparelse er 200 tDKK/år og kapitalomkostningerne er 180 tDKK/år. Inflationen er anslået 2 % og stigningen i energiprisen over inflationen er på 2 %.

3.3.4 Intern rente(afkast)metoden over for simpel tilbagebetalingstidsmetode

En hyppigt anvendt økonomisk model, den simple tilbagebetalingstidsmetode, anvendes stadig ofte til at vurdere rentabiliteten af foranstaltninger i byggesektoren, hvilket fører til forkerte konklusioner ved fortolkning af rentabilitetsresultaterne. Derfor er det vigtigt at afklare denne metode, og hvad den betyder ved vurderingen af energibesparende foranstaltninger.

Ifølge tilbagebetalingstidsmetoden betragtes en investering som rentabel, hvis det skaber indkomster eller besparelser, der betaler investeringen tilbage inden for den tilladte tilbagebetalingstid. Tilbagebetalingstiden, som beregnes ved at dividere investeringen B_0 med de årlige besparelser a , viser kun, hvor lang tid det vil tage at betale det investerede beløb tilbage. Derfor er det vigtigt ikke at forveksle tilbagebetalingstidsmetoden med en rentabilitetsmodel. Metoden er enkel at anvende, men giver snarere grove skøn, da den ikke tager højde for renter, ændringer i energipriser, den økonomiske levetid af foranstaltning eller eventuelle behov for geninvesteringer. Tilsvarende bestemmes den maksimalt tilladte tilbagebetalingstid ofte tilfældigt i rentabilitetskriterierne. Almindeligvis anses en tilbagebetalingstid på under 5-10 år for at være en rentabel investering. Men afspejler denne tilbagebetalingstid virkelig rentabiliteten, hvis den økonomiske levetid af en foranstaltning er mindre end 5 år eller mere end 30 år?

Tilbagebetalingstidsmetoden fremmer investeringer, der er rentable på kort sigt. Hvis de investeringer, der skal vurderes, har lange økonomiske levetider og forventes at være i drift i lang tid, vil de ikke blive behandlet retfærdigt ved hjælp af denne metode. Figur 3.13 illustrerer sammenhængen mellem den økonomiske beregningsperiode, internt renteaftast og tilbagebetalingstiden. For eksempel skal en energibesparende foranstaltning i et teknisk system, som har en økonomisk levetid på 20 år, skabe et internt renteaftast på 20 %, hvis kravet om en tilbagebetalingstid på 5 år skal være opfyldt. Dette er et langt højere renteaftast end, hvad der almindeligvis forventes fra andre typer investeringer i byggesektoren.



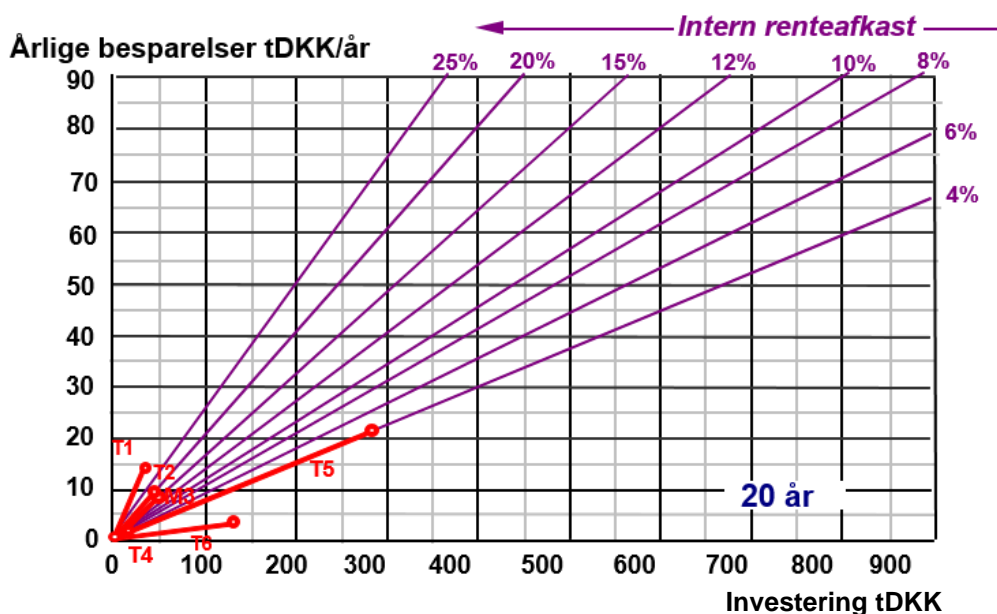
Figur 3.13 Sammenhængen mellem den økonomiske beregningsperiode, det interne renteaftast og tilbagebetalingstiden.

Derfor er tilbagebetalingstidsmetode ikke egnet til brug i bygge- og ejendomssektoren. Ukritisk anvendelse af tilbagebetalingstidsmetoden går i retning mod kortsigtede investeringer uden hensyn til kvalitet. Dette er grunden til, at anvendelsen af den simple tilbagebetalings-tidsmodel bør begrænses til vurdering af investeringer i for eksempel nye maskiner i produktionsindustrien, hvor høj rentabilitet er påkrævet fra investeringer i produktivitetsforbedringer. I dette tilfælde kunne kravene til tilbagebetalingstid være omkring to til fire år.

3.4 Anvendelse af internt renteafkastdiagram i Totalkoncept-metoden

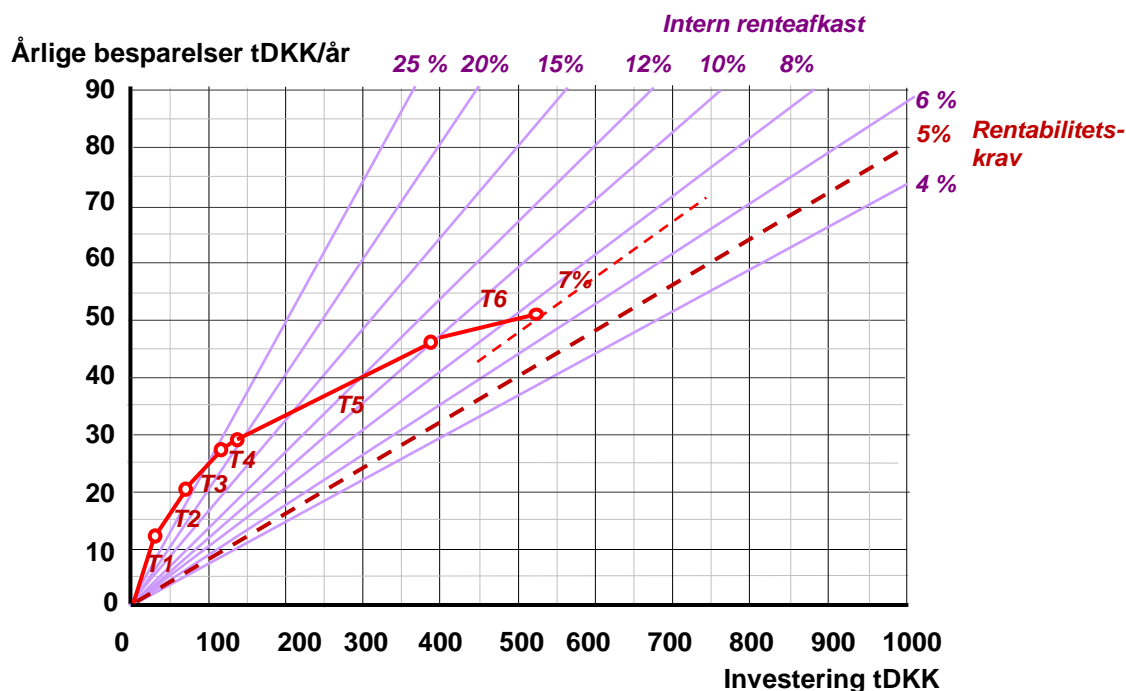
3.4.1 Skabelse af en pakkeløsning

Når der er identificeret en række energibesparende foranstaltninger, og deres investeringsomkostninger og årlige besparelser er beregnet, kan de alle tegnes ind som punkter i et internt renteafkastdiagram. Fra hvert punkt kan der trækkes en linje til udgangspunktet (0,0), hvor hældningerne så repræsenterer det interne renteafkast, se figur 3.14. Figuren viser et eksempel på seks energibesparende foranstaltninger (tiltag) T1- T6 indtegnet i et internt renteafkastdiagram.



Figur 3.14. Rentabiliteten af energibesparende foranstaltninger præsenteret i et internt renteafkastdiagram. Som et eksempel er seks energibesparende foranstaltninger T1- T6 indtegnet som punkter i diagrammet som repræsentation af deres besparelser og investeringsomkostninger. Hældningen på en linje fra hvert punkt til udgangspunktet (0,0) repræsenterer det interne renteafkast af foranstaltningen. Diagrammet er for en økonomisk beregningsperiode på 20 år.

Ved at arrangere alle disse linjer i henhold til deres aftagende hældninger, skabes et grundlag for en pakkeløsning, dvs. en samlet løsning, der omfatter de mest energieffektive foranstaltninger, se figur 3.15. Bemærk, at når en række foranstaltninger vurderes samlet, så skal der også tages hensyn til deres indbyrdes effekt på hinanden. Hvis en bestemt foranstaltning gennemføres først, så kan besparelspotentialet ved den anden foranstaltning blive reduceret i forhold til, hvis de blev gennemført på den omvendte måde. Det betyder, at den rækkefølge, som foranstaltningerne gennemføres i, kan have en effekt på, hvor meget der kan spares ved en specifik foranstaltning. I Totalkonceptet antages det, at de mest rentable tiltag gennemføres først. Det betyder, at hvert tiltag i pakkeløsningen (~ punkt i internrente-diagrammet) tager hensyn til det forrige tiltag (i kurven), og viser besparelserne af hvert tiltag efter at de forrige er gennemført.



Figur 3.15 Rentabiliteten af foranstaltningerne er præsenteret i et internt renteafkastdiagram for at skabe en pakkeløsning. Det fastsatte rentabilitetskrav er 5 %. Bemærk, at alle foranstaltningerne i dette eksempel har den samme økonomiske beregningsperiode på 20 år.

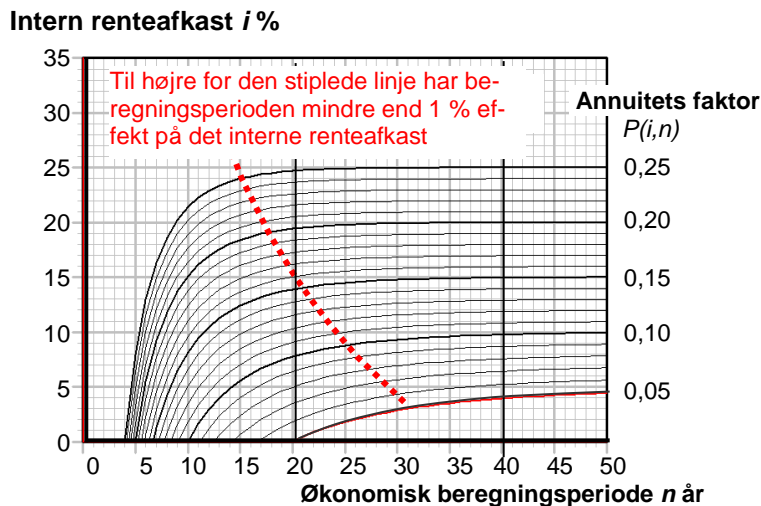
Kriteriet for hvor mange foranstaltninger, der indgår i pakkeløsningen er, at det interne renteafkast af pakken i sin helhed skal være større end den fastsatte beregningsrente.

3.4.2 Betydningen af den økonomiske beregningsperiode

Hvert internt renteafkastdiagram er gyldigt i en bestemt økonomisk beregningsperiode. Denne kan være den samme som den økonomiske levetid af en foranstaltning, men ejere af fast ejendom/investorer vælger undertiden kortere perioder. Energibesparende foranstaltninger i erhvervsejendomme kan have forskellige økonomiske levetider. For tekniske installationer vælges ofte perioder på mellem 15 og 20 år, mens bygningskomponenter kan have en økonomisk levetid på 40 år. Det kan imidlertid være ønskeligt at vise i samme diagram samtidigt.

Figur 3.16 illustrerer betydningen af den økonomiske beregningsperiode for det interne renteafkast. For en given investering med et givet afkast, stiger det interne renteafkast med stigningen i den økonomiske beregningsperiode. Diagrammet viser, at når den økonomiske beregningsperiode er længere end 15 til 20 år, så har det ringe effekt på det interne renteafkast.

Hvis den indsatte økonomiske beregningsperiode – punktet for det interne renteafkast ligger til højre for den røde stiplede linje for alle foranstaltninger med forskellige økonomiske beregningsperioder, så har forskellene i længder af de økonomiske beregningsperioder ringe effekt, dvs. mindre end én procent. Hvis de indtegnede punkter ligger til venstre for kurven for foranstaltninger med korte økonomiske levetider, så skal forskellen i de økonomiske levetider tages i betragtning.



Figur 3.16 Det interne renteafkasts afhængighed af den økonomiske beregningsperiode.
Til højre for den stiplede linje har beregningsperioden en ubetydelig virkning.

Det er upraktisk at være nødsaget til at anvende en række af forskellige interne renteafkastdiagrammer for forskellige økonomiske beregningsperioder. De er derfor blevet kombineret i et diagram, hvor hældningerne på de interne renteafkastkurver er tilpasset den økonomiske beregningsperiode for hver enkelt foranstaltning. Hvis en række foranstaltninger med forskellige økonomiske beregningsperioder kombineres, kan dette tages med i betragtningen ved korrektion af de forskellige foranstaltningers besparelseseffekter.

Det fælles interne renteafkast r_i af to samtidige foranstaltninger - B_{01} DKK med en økonomisk beregningsperiode af n_1 år og B_{02} DKK med en økonomisk beregningsperiode af n_2 år med afkast på henholdsvis a_1 DKK/år og a_2 DKK/år - er bestemt, når summen af nutidsværdien af afkastene dækker hele investeringen:

$$B_{01} + B_{02} = I(r_i, n_1) \cdot a_1 + I(r_i, n_2) \cdot a_2$$

Hvor $I(r_i, n_1)$ og $I(r_i, n_2)$ er nettonutidsværdifaktorerne for de årlige afkast af a_1 og a_2 .

Det er ret tidskrævende at gøre dette manuelt, men det er enkelt at gennemføre med et beregningsprogram som Totalkonceptets beregningsværktøj, *Totalværktøjet*.

Eksempel

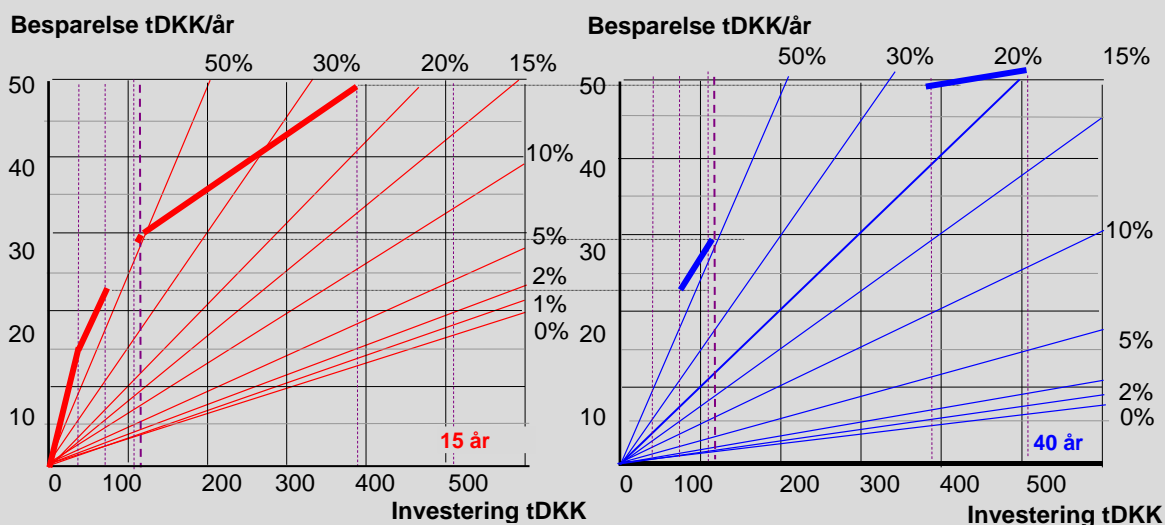
De økonomiske principper i Totalkoncept-metoden er illustreret i det følgende praktiske eksempel. En kontorbygning med et etageareal på 8.500 m² Bruttoetageareal håndteres ved hjælp af Totalkoncept-metoden i sin helhed, dvs. at bygningen er analyseret (Trin 1), en pakkeløsning er udarbejdet og gennemført (Trin 2), og energiforbruget er fulgt op et helt år efter overdragelse til drift (Trin 3). Værdier i eksemplet nedenfor er de beregnede årlige besparelser og investeringsomkostninger fra Trin 1, som er blevet anvendt som inddata i pakkeløsningen.

De identificerede energibesparende foranstaltninger, deres økonomiske beregningsperioder, deres beregnede investeringer og de forventede besparelser er samlet i tabel 3.2. Foranstaltningerne er vist i koncentreret form: nogle af dem omfatter faktisk en række særskilte foranstaltninger. Foranstaltninger i tabellen har økonomiske beregningsperioder på 15 eller 40 år.

Tabel 3.2 Eksempler på energibesparende foranstaltninger med forskellige økonomiske beregningsperioder.

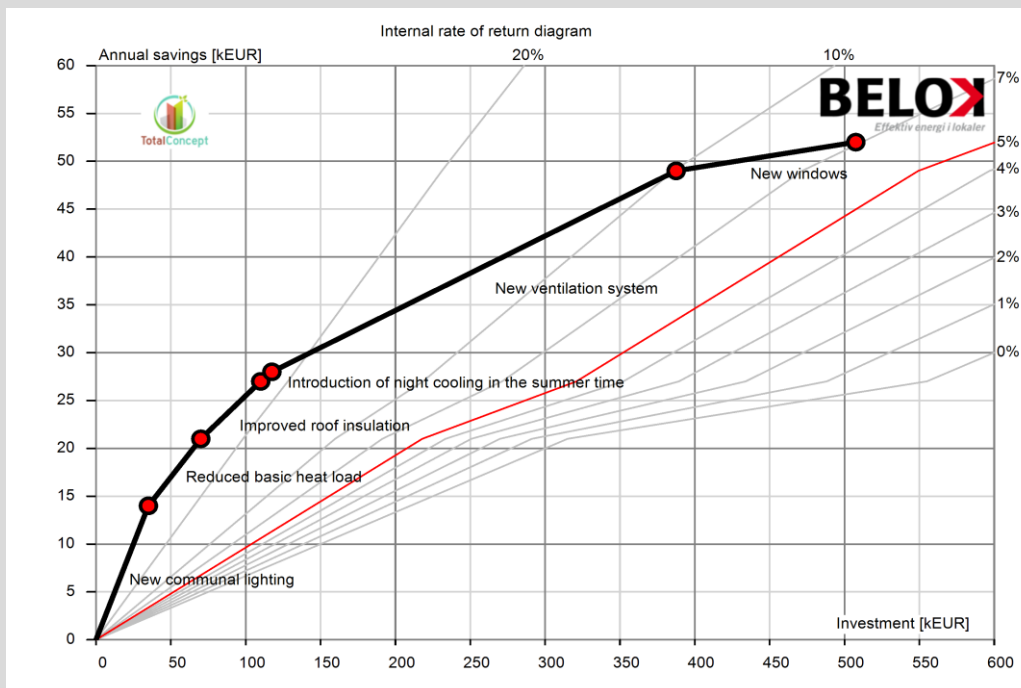
Nr.	Foranstaltning	Økonomisk kalkulationsperiode [år]	Investering [tDKK]	Besparelse [tDKK/år]	Internt renteafkast [%]
1	Ny fællesbelysning	15	35	14	39.7
2	Reduceret basalt varmebehov	15	35	7	18.4
3	Forbedret tagisolering	40	40	6	17.5
4	Etableret natkøling i sommerperioden	15	7.5	1	10.2
5	Nyt ventilationssystem	15	270	21	1.3
6	Nye vinduer	40	120	3	0.1
	Total		507.5	52	

I figur 3.17 er de interne renteafkastdiagrammer blevet tegnet for henholdsvis 15 og 40 år.



Figur 3.17 Kombination af energibesparende foranstaltninger med forskellige økonomiske beregningsperioder i et internt renteafkastdiagram.

Ved hjælp af et Totalkonceptets beregningsværktøj, *Totalværktøjet*, kan de interne renteafkastdiagrammer for forskellige økonomiske beregningsperioder kombineres, og det fælles interne renteafkast for foranstaltningerne i pakkelsen beregnes. Nedenstående figur viser resultatet af rentabilitetsberegningerne fra pakkelsen i tabel 3.2 på et internt renteafkastdiagram.



Figur 3.18 Handlingsplanen i tabel 3.2 indtegnet i et internt renteafkastdiagram.

Ejendommens ejer har fastsat, at investeringen skal skabe besparelser, der svarer til en realrente på 5 % (reel beregningsrente).. Som det kan ses i figuren ovenfor, er den ca. 7 %.

3.5 Reinvestering

Når dele af en bygning har forskellige økonomiske levetider, kan dette betyde, at energibesparende foranstaltninger med kortere økonomiske levetider end bygningen som helhed skal udskiftes, når de ikke længere fungerer korrekt. Hvis fx de tekniske installationer antages at have en økonomisk levetid på 15 år, mens selve bygningen er funktionel i 40 år, så skal installationerne udskiftes efter 15 år og igen efter 30 år. Dette vil betyde, at reinvesteringer skal foretages efter 15 og 30 år. Nye rentabilitetsvurderinger bør løbende gennemføres for de nødvendige (re)investeringer.

Der tages hensyn til fremtidige investeringer ved at føje de nuværende værdier af reinvesteringer til den oprindelige investering, og derefter beslutte sig for et internt renteafkast på grundlag af de kombinerede økonomiske levetider for alle reinvesteringer.

Hvis to reinvesteringer, B_{r1} og B_{r2} , er gjort efter henholdsvis n_{r1} og n_{r2} år, vil nutidsværdien ΣB_0 af hele investeringsprocessen være:

$$\Sigma B_0 = B_0 + B_{r1} \cdot i(i_c, n_{r1}) + B_{r2} \cdot i(i_c, n_{r2})$$

Nettonutidsværdifaktoren for de enkelte udbytter, $i(i_c, n)$, i_c er den reelle beregningsrente, findes i tabel i Appendiks 2 i Guidebogen.

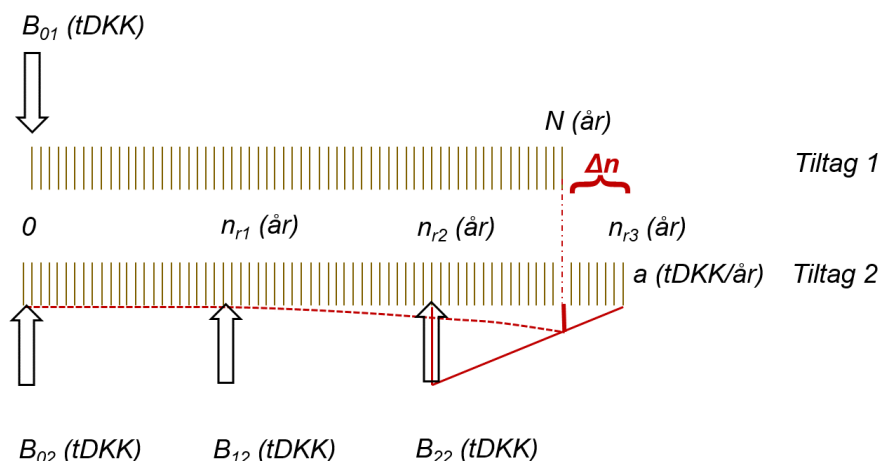
Ved beregning af nutidsværdien af de fremtidige investeringer skal fast beregningsrente i_c anvendes. De fremtidige relative prisændringer på energi over inflationen bør ikke tages i betragtning, da det ikke har nogen indflydelse på nutidsværdien af fremtidige investeringer. Det påvirker kun nutidsværdien af de årlige energiomkostninger.

To reinvesteringer indebærer, at hele det økonomiske proces foregår over levetiden af foranstaltningen (tiltaget) med den længste levetid, i dette tilfælde for eksempel 40 år. Det er klart, at i tilfælde af en pakkeløsning, hvor foranstaltningerne har forskellige økonomiske levetider, kan foranstaltninger med kortere økonomisk levetid omregnes til den periode af foranstaltningerne med længere økonomisk levetid. I dette tilfælde vil pakkeløsningen *som helhed* vil have samme (samlet) økonomiske levetid.

Derudover kan restværdien af de sidste reinvesterede foranstaltninger tages i betragtning i henhold til anbefaling jf. *EU-Kommissionen C115, 19.4.2012*¹. Dette gælder fx når en geninvestering i en foranstaltning vil vare længere end en foranstaltning med længere levetid. Værdien af reinvestering forventes at falde lineært over tid og at den samlede nutidsværdi af reinvesteringer er faldet med nutidsværdien af restværdien.

Dette er illustreret i nedenstående figur. Figuren illustrerer det tilfælde, hvor en foranstaltning i pakkeløsningen har den økonomiske beregningsperiode N år, mens en anden foranstaltning har meget kortere beregningsperiode og skal udskiftes to gange efter n_1 henholdsvis n_2 år. Den samlede nutidsværdi af investeringerne vil være:

$$\Sigma B_0 = B_{01} + B_{02} + B_{12} \cdot i(i_c, n_1) + B_{22} \cdot i(i_c, n_2) - B_{22} \cdot \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(i_c, N)$$



¹ European Commission. Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012, supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings", 2012/C 115/01; Official Journal of the European Union, C 115/1 - C 115/28, 19.4. 2012

Eksempel 1

Pakkeløsningen indeholder 2 foranstaltninger (tiltag), der kræver indledende investeringer B_{01} og B_{02} og har økonomiske levetid på 15 eller 40 år.

B_{01} 100 tDKK, økonomisk beregningsperiode på 40 år
 B_{02} 50 tDKK, økonomisk beregningsperiode på 15 år

Samlede årlige besparelser for pakkeløsningen $a = 14 \text{ tDKK} / \text{år}$.

Reel beregningsrente $i_c = 8 \%$

Årlig relativ prisændring $q = 2 \%$

Rentabilitetskrav $r_i > i_{c, adj} = 8 - 2 = 6 \%$

Foranstaltning/tiltag B_{02} skal udskiftes efter 15 år og efter 30 år. Det kan antages, at værdien af reinvesteringerne, i faste priser, vil være den samme som den oprindelige investering $B_{12} = B_{22} = B_{02}$. Dog kan kun 10 år af anden geninvestering tages i betragtning i rentabilitetsberegningen, og der vil være en restværdi i det seneste 5 års periode. Nutidsværdien af de samlede investeringer for pakkeløsningen kan derefter beregnes som følger:

$$n_1 = 15 \text{ år}, n_2 = 30 \text{ år}, n_3 = 45 \text{ år}, \Delta n = 5 \text{ år}, N = 40 \text{ år}$$

$$i(8, 15) = 0,3152, i(8, 30) = 0,0994, i(8, 40) = 0,0460$$

$$\Sigma B_0 = 100 + 50 + 50 \cdot 0,315 + 50 \cdot 0,0994 - 50 \cdot 5 / (45-30) \cdot 0,0460 = 170 \text{ tDKK}$$

Dette giver en intern rente r_i :

$$I(r_i, 40) = 170/14 = 12,1 \implies \text{intern rente } r_i = 7,8\% > i_{c, adj} = 6 \%$$

Pakkeløsningen anses for at være rentabel og bør gennemføres.

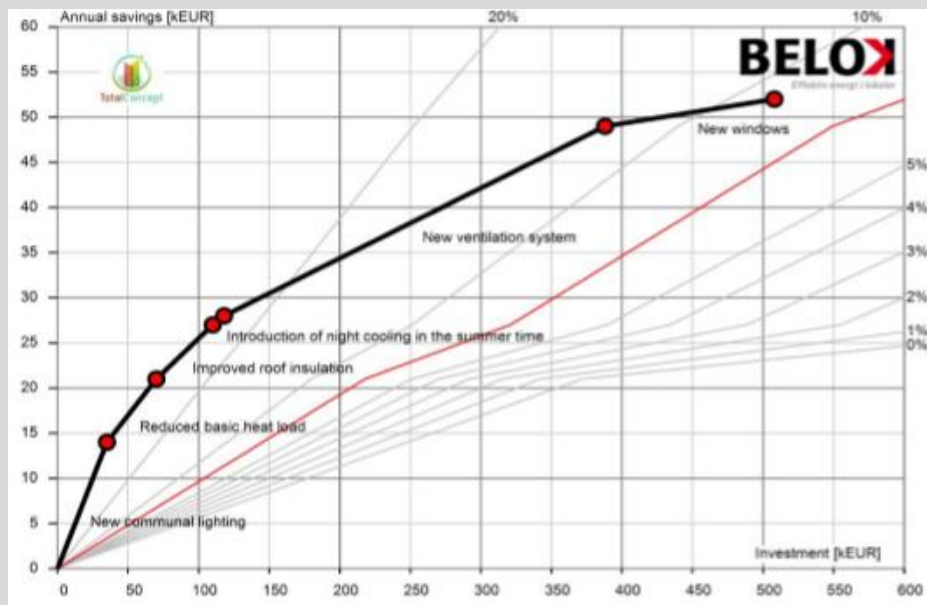
Eksempel 2

Pakkeløsningen indeholder foranstaltninger (tiltag) med økonomiske levetider på 15 og 40 år (se tabel 3.3). Rentabilitetskravet i form af fast beregningsrente er $i_c = 7\%$. Den årlige relative energiprisstigning $q = 2\%$.

Tabel 3.3 Eksempler på energibesparende foranstaltninger **uden** reinvesteringer.

No.	Foranstaltning	Økonomisk kalkulationsperiode [år]	Investering [tDKK]	Besparelse [tDKK/år]
1	Ny fællesbelysning	15	35	14
2	Reduceret basalt varmebehov	15	35	7
3	Forbedret tagisolering	40	40	6
4	Etableret natkøling i sommerperioden	15	8	1
5	Nyt ventilationssystem	15	270	21
6	Nye vinduer	40	120	3
	Totalt		508	52

Figuren herunder viser Totalværktøjets output ved pakkeløsningen i form af den kombinerede interne rente for foranstaltningerne uden hensyntagen til reinvesteringer. Foranstaltninger med kortere økonomiske levetid bortfalder efter deres endte levetid og samlede årlige besparelse vil falde, hvis disse systemer eller komponenter ikke udskiftes, i dette tilfælde efter 15 år.



En intern rente af den pågældende pakkeløsning vil være omkring $r_i = 9\%$. Ifølge rentabilitetskravet skal den interne rente skal være højere end reelle beregningsrente $i_c = 7\%$, under hensyntagen til en vurderet årlig relativ energiprisstigning $q = 2\%$ (denne bruges som inputdata i Totalværktøjet til at justere de årlige omkostningsbesparelser kun for energiforbrug).

Derved opfylder pakkeløsningen rentabilitetskravet og bør udføres.

I samme eksempel, men hvor der tages højde for reinvesteringer, antages det, at dem med kortere levetid skal udskiftes efter 15 og 30 år. Nutidsværdien af disse reinvesteringer kan føjes til den oprindelige investering. Hvis det antages, at værdien af de reinvesteringer, i faste priser, vil være den samme $B_{11} = B_{12} = B_{01}$, vil nutidsværdien af de samlede investeringer i de foranstaltninger med kortere levetider være som følger:

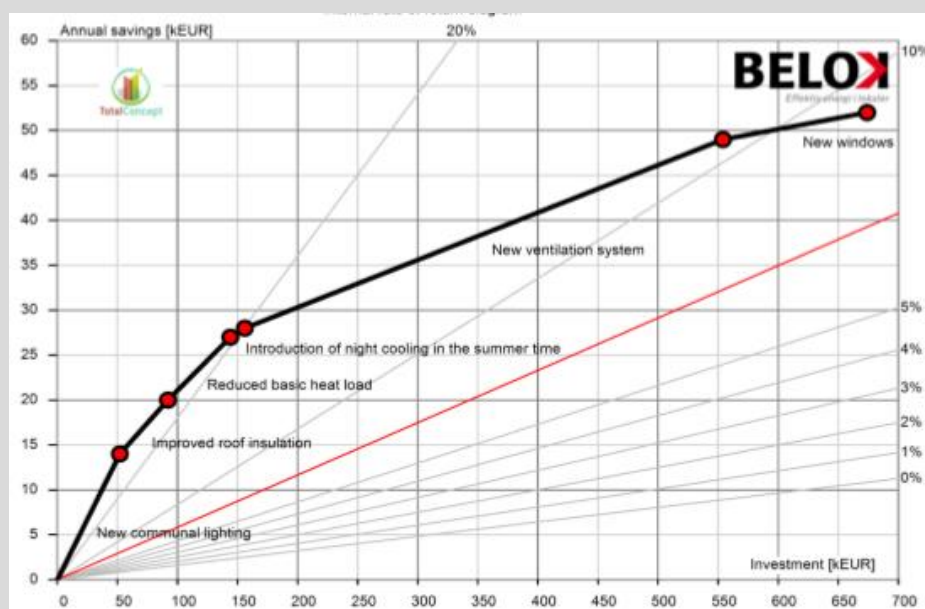
$$\begin{aligned} \Sigma B_{01} &= B_{01} + B_{01} \cdot [i(i_c, n_1) + i(i_c, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(i_c, N)] \\ \Sigma B_{01} &= B_{01} \cdot [1 + i(i_c, n_1) + i(i_c, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(i_c, N)] \\ n_1 &= 15 \text{ år} \quad n_2 = 30 \text{ år} \quad n_3 = 45 \text{ år} \quad N = 40 \text{ år} \quad \Delta n = 5 \text{ år} \\ i(7, 15) &= 0,365 \quad i(7, 30) = 0,132 \quad \Delta n / (n_3 - n_2) = 5/15 = 0,33 \quad i(7, 40) = 0,071 \\ [1 + i(i_c, n_1) + i(i_c, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(i_c, N)] &= 1 + 0,365 + 0,132 - 0,33 \cdot 0,071 = 1,474 \end{aligned}$$

Ved at multiplicere den samlede investering på de foranstaltninger, der har 15 års økonomiske levetid med faktor 1,474, er den økonomiske proces forlænget til 40 år.

Tabel 3.4 Eksempler på energibesparende foranstaltninger **med** reinvesteringer.

No.	Foranstaltning	Ny økonomisk kalkulationsperiode [år]	Initial investering [tDKK]	Inkl. nutidsværdi af geninvestering [tDKK]	Besparelse [tDKK/år]
1	Ny fællesbelysning	40	35 (15 år)	52	14
2	Reduceret basalt varmebehov	40	35 (15 år)	52	7
3	Forbedret tagisolering	40	400	40	6
4	Etableret natkøling i sommerperioden	40	8 (15 år)	12	1
5	Nyt ventilationssystem	40	270 (15 år)	398	21
6	Nye vinduer	40	120	120	3
	Totalt		580	674	52

Rentabiliteten af pakkeløsningen med reinvesteringer er vist i nedenstående diagram.



Selv i dette tilfælde vil rentabiliteten være omkring 9% i interne rente, dvs. hovedsageligt det samme, som når der ikke tages hensyn til reinvesteringer.

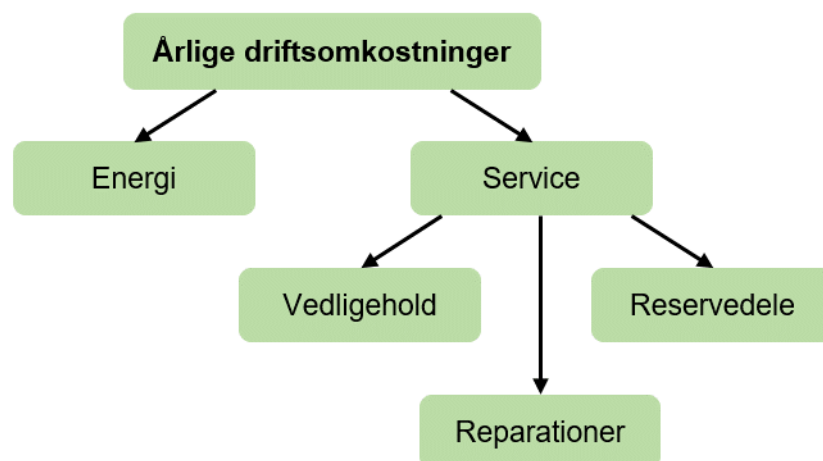
3.6. Estimering af årlige besparelser

Estimering af de årlige omkostningsbesparelser ved udførelse af energieffektivitetsforanstaltninger er en grundlæggende del af ethvert Totalkoncept-projekt. Sparet energiforbrug beregnes som årlige besparelser i driftsomkostninger. Her er det vigtigt at huske på, at det er de årlige nettobesparelse, der bør estimeres. Derudover kan energipriser bestå af en række priskomponenter og kan variere over året, afhængig af sæsonen eller andre faktorer. Her kan nogle forenklinger retfærdiggøres og er forklaret nedenfor.

3.6.1 Beregning årlige nettobesparelser

Det er den årlige nettobesparelser, a (tDKK / år), svarende til forskellen i årlige driftsomkostninger før og efter en gennemført foranstaltning, som er brugt som inputdata i beregningerne af rentabiliteten. Årlige driftsomkostninger for en bygning og / eller dets systemer kan opdeles som følger (se figur 3.19):

- *Energiomkostninger* til drift af de tekniske systemer (varme, el)
- *Serviceomkostninger* til drift af de tekniske systemer / bygningsdele. Dette kan omfatte for eksempel omkostninger til planlagt vedligeholdelse, udskiftninger og reparationer, reservedele (udskiftning af filtre, pærer, komponentrengøring, check af kontrolsystemer, kalibrering af sensorer osv.).



Figur 3.19: Opdeling af de årlige driftsomkostninger for en bygning og dets systemer

Eksempel:

Foreslået energibesparende foranstaltninger vil reducere det årlige energiforbrug til opvarmning fra 780 MWh / år til 580 MWh / år. Energiprisen for opvarmning er fx 70 DKK / MWh. De årlige vedligeholdelsesudgifter til systemvedligeholdelse vil forventeligt stige med ca. 500 DK / år. Den årlige nettobesparelse på foranstaltningen er:

$$a = (780 - 580) \cdot 70 - 500 = 13.500 \text{ DKK / år} = 13,5 \text{ tDKK / år.}$$

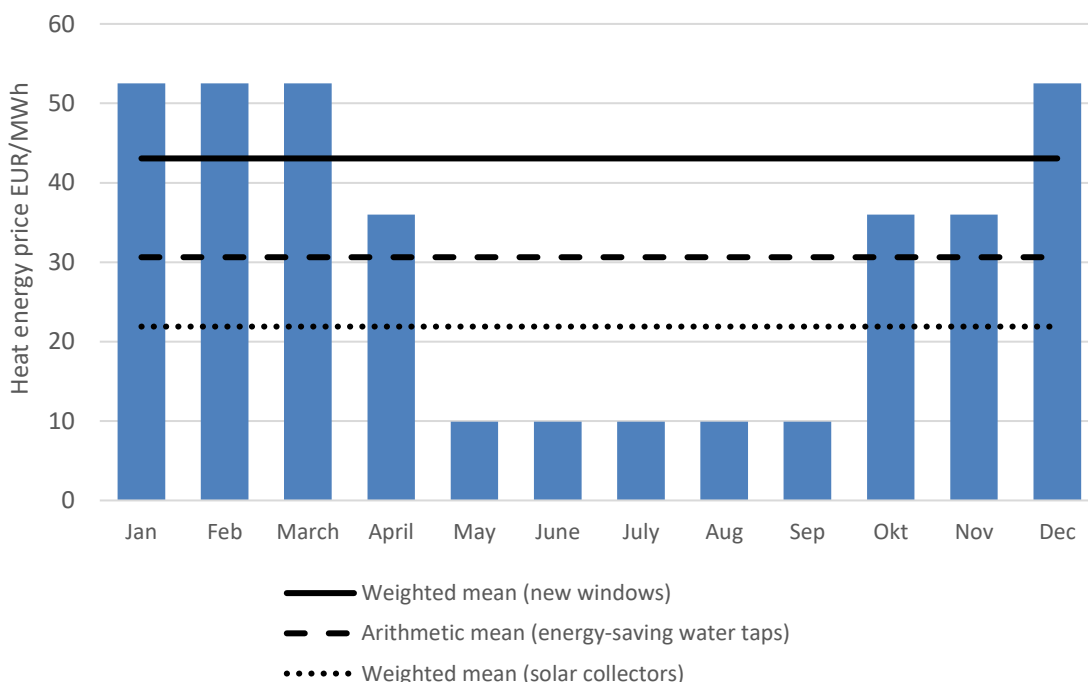
Dette vil blive brugt som den årlige besparelsesinput, a (tDKK / år), i beregningerne af rentabiliteten.

3.6.2 Komplekse prismodeller

Energiselskaberne opkræver ikke kun betaling for den mængde energi, du køber, men også efter el-behov (dimensionering) og i mange tilfælde også efter, hvor effektivt energien distribueres. Fx tager fjernvarmeselskaber ofte distributionen af vandmængden eller returtemperaturen i betragtning. Desuden varierer priserne ofte sæsonmæssigt og på daglig basis. Der er mange prismodeller og de ændres og opdateres regelmæssigt. Det er næppe muligt at forudse situationen ti eller tyve år i forvejen. Derfor kan forenklede antagelser ofte være nødvendige.

Hvis den anvendte energisimuleringssoftware ikke kan håndtere sæsonudsving i energiprisen, bruges et repræsentativ årsgennemsnit heraf. Det er i så fald fornuftigt at bruge en vægtet årlig gennemsnitspris, baseret på de seneste års energistatistik.

Det er dog vigtigt at huske på, at da en række foranstaltninger kan spare energi på forskellige dele af året, kan der være behov for forskellige årlige gennemsnitspriser for forskellige foranstaltninger. Dette er illustreret i eksemplet på figur 3.20 nedenfor. Søjlerne i figuren viser prisen på energi fra et typisk svensk fjernvarmeselskab. De fleste af energieffektivitetsforanstaltningerne sparer hovedsageligt energi om vinteren. Installation af solfangere eller energibesparende vandhaner har en anden besparelsesprofil og værdien af hver sparet kWh kan derfor variere.



Figur 3.20: Et eksempel på, hvordan man kan tage hensyn til komplekse prismodeller for energi, når der skal foretages beregning af omkostningsbesparelser.

Eksempel:

Årlig fjernvarmeforbrug i en kontorbygning i Göteborg er 1.000 MWh / år. Fjernvarmeprisen varierer over året som følger (se figur 3.20):

- Januar, februar, marts, december: 52,50 EUR / MWh;
- April, oktober og november: 36,00 EUR / MWh;
- Maj, juni, juli, august og september: 9,90 EUR / MWh.

Varmeenergiforbruget i hver måned over et år og tilhørende energi pris pr. måned er vist i denne tabel:

	Jan	Feb	March	April	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
Heat energy use (%)	16%	16%	14%	10%	5%	1%	0%	1%	4%	7%	11%	14%	
Heat energy use (MWh)	162	162	136	99	49	14	4	7	38	71	114	145	1000
Heat cost (EUR)	8497	8497	7120	3580	483	134	36	72	376	2571	4101	7595	43063

Energiprisen, der skal bruges i forbindelse med energibesparende foranstaltninger i klimaskærmen (fx nye vinduer) og VVS-system kan beregnes som følger (vægtet gennemsnitspris):

$\text{Årlig varmeomkostninger (EUR)} / \text{Årligt energiforbrug (MWh)} = 43.063 \text{ EUR} / 1000 \text{ MWh} = 43,10 \text{ EUR} / \text{MWh}$

Energiprisen, der skal bruges i forbindelse med energibesparende foranstaltninger i varmt brugsvandssystem kan beregnes som følger (matematisk gennemsnitspris):

$\Sigma \text{varmepris per måned (EUR / MWh)} / 12 \text{ måneder} = (52,50 \text{ EUR} / \text{MWh} \cdot 4 + 36 \text{ EUR} / \text{MWh} \cdot 3 + 9,90 \text{ EUR} / \text{MWh} \cdot 5) / 12 = 30,6 \text{ EUR} / \text{MWh}$

Sparede årlige energiomkostninger med installation af solfangeranlæg kan beregnes på grundlag af den anslåede månedlige produktion i et normalt år. Vægtet gennemsnitspris kan anvendes, beregnet på grundlag af den årlige produktion.

3.6.3 Besparelser i strømforbrug

For flere foranstaltningers vedkommende kan elafgifter tages i betragtning ved at integrere dem i prisen på energi.

Eksempel:

Energipris (Ep): 0,05 € / kWh
Elafgift (Pp): 60 € / kW
Energibehov (ED): 1.000 MWh / år
El-behov (Pd): 400 kW

En simpel metode at finde en ekvivalent energipris, hvor el-delen er integreret, er som følger:

$$E_{peq} = P_d \cdot P_p + E_d \cdot E_p$$

Den ekvivalent energipris bruges derefter til at estimere omkostningsbesparelser på foranstaltningen. Imidlertid bør denne forenkling ikke anvendes, når der analyseres på de foranstaltninger, der ikke påvirker el-behov og energibehov proportionalt.

3.6.4 Forskellige varmekilder

Nogle gange kan en bygning eller en samling af bygninger få leveret fra mere end en varmekilde. Dette kan i givet fald gøre besparelsesberegninger noget mere kompliceret, da forskellige varmekilder er forbundet hvilke forskellige energipriser. Et ekstremt eksempel kunne være en bygning tilsluttet fjernvarme, med solfangere på taget, et jordvarmeanlæg, som leverer noget grundlast og et elektrisk varmelegeme, der hjælper, når de andre varmekilder ikke kan dække efterspørgslen. Hvis den anvendte energisimuleringssoftware ikke indeholder denne kompleksitet, kan det blive nødvendigt med en ekstra indsats for at vurdere relationerne mellem foranstaltninger og varmekilder.

Referencer

- [1] Swedish Standard SS-EN 15459:2007 "Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings"
- [2] European Commission. "Recommendations on measurement and verification methods in the framework of Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services."
- [3] P-E Nilsson. 2003 "Achieving the required indoor climate"

Kapitlet er oversat i et samarbejde mellem SBI og Bygherreforeningen.