

5. ØKONOMI

*Tommy Birkebæk, Maskinmester, HD(O), MBA, Lektor
Maskinmesterskolen København
tb@msk.dk*

Dette kapitel om "Økonomi" kan læses som en selvstændig beskrivelse eller i sammenhæng med de øvrige faglige områder, der er beskrevet i ELFORSK projektet: Indeklima, Facility Management, Ventilation, Opvarmning, CTS, lys, bygningsdynamik, nøgletal og energirenovering. Alle afsnit behandler det pågældende emne ud fra relevansen i forhold til "Energirigtig drift af det rette indeklima i bygninger".

Kapitlet omfatter generel information om økonomistyring med særlig fokus på mængde/pris styring af energien og investering i energibesparelser med udgangspunkt i at læseren er en ingeniør eller maskinmester der skal beskæftige sig med disse områder.

Kapitlet fokuserer på de energiøkonomiske data, datastruktur, sammenlignelighed, herunder omregning til normdage/måneder/år, budgettering af energiforbrug, investeringer (i energibesparelser) herunder de økonomiske beregningsmodeller inklusiv totalkonceptet.



ELFORSK

Dette kapitel er udarbejdet som del af projektet **Energirigtigt drift af det rette indeklima i bygninger – ENDRIN** støttet af ELFORSK i periode 2016–2017, projektnummer 348-006 (www.elforsk.dk).

5.1. Indhold

5.1.	Indhold	5-2
5.2.	Læringsmål	5-3
5.3.	Nomenklatur	5-4
5.4.	Indledning	5-6
5.5.	Økonomistyring	5-7
5.6.	Bygningens baseline	5-8
5.7.	Energiresultat-budget og opgørelse	5-11
	Budgettering	5-12
5.8.	Investeringer	5-13
	De økonomiske beregningsmodeller	5-14
5.9.	Litteratur/referencer	5-18
5.10.	Bilag 1	5-19

5.2. Læringsmål

Studerende der læser følgende kapitel skal være i stand til at

- Med baggrund i standarden DS/ISO 50001 fastsætte en energipolitik med tilhørende EnPI'er både for energiforbrug såvel som energiproduktion.
- Ud fra økonomistyringens principper, opbygge et energiregnskab/energibudget baseret på en baseline med korrektion i forhold til et normaltår.
- For investeringer, her energibesparelser, opsætte investeringskalkuler baseret på kapitalværdi, intern rente og simpel tilbagebetalingstid.
- Anvendelse af Total-konceptet med baggrund i den interne rente.

5.3. Nomenklatur

<i>CO₂:</i>	Kuldioxid – eller CO ₂ – er både en naturlig gas, der for eksempel udledes ved nedbrydning af organisk materiale, og en menneskeskabt gas, der udledes ved forbrænding af for eksempel fossile brændsler.
<i>BC:</i>	Balanced Scorecard er et strategisk præstationsværktøj delt op i områderne: Finansiell, Kunderelateret, Interne processer og læring.
<i>EnPi:</i>	Energi Performance Indikator: kvantitativ værdi eller mål for energipræstation som defineret af virksomheden.
<i>Graddage:</i>	En graddag, også kaldet et graddøgn, er et udtryk for en forskel på 1 °C mellem den indendørs og den udendørs døgnmiddeltemperatur. Et døgn's graddagetal udregnes typisk som forskellen mellem 17°C og den udvendige døgnmiddeltemperatur. Anvendes som variable blandt andet for baseline.
<i>Baseline:</i>	Baseline for energi er kvantitative referencer som danner grundlag for at sammenligne energipræstationer og afspejler et vist tidsrum. Baseline kan normaliseres ved hjælp af variable som påvirker energiudnyttelse/forbrug.
<i>Standard kost:</i>	Standard kost af et produkt, ydelse er den forventede (kalkulerede) omkostning. Denne sammenlignes så efterfølgende aktuel omkostning ved en efterkalkulation.
<i>DMI:</i>	Danmarks Meteorologiske Institut. DMI varetager den meteorologiske betjening af det danske Rigsfællesskab.
<i>STC:</i>	Standard test condition. En standard som foreskriver at performance for et solcellepanel skal specificeres ved en celledetemperatur på 25°C and en solindstråling på 1000 W/m ² med en luft masse på 1.5 (AM1.5).
<i>NOCT:</i>	Normal Operating Cell Temperature (NOCT). En standard som foreskriver at performance for et solcellepanel skal specificeres ved den celledetemperatur som opstår ved en solindstråling på 800W/ m ² , 20°C omgivelsestemperatur og en lufthastighed på 1m/ s med panelet i en hældning på 45° og bagsiden åben for luftcirkulation.
<i>Solinstråling:</i>	Solindstrålingen er den samlede mængde stråling, som jorden modtager fra Solen i et givet tidsrum. Måles som oftes horisontal eller ved 45 grader. Måles i Wh/m ² /periode.
<i>Lysintensitet:</i>	Også benævnt strålingsintensitet er strålingseffekten fra solen målt i w/m ² . Effekten vil afhænge af afstanden til og hældningen i forhold til solen.
<i>Tariffer (El):</i>	Indenfor elforsyning: Tariffer er priser for net-virksomhedens eller Energinets ydelser. Energinet er det offentlige transmissionselskab, som ejer de store kraftkabler i Danmark. Tariffer afregnes pr. kWh og kan variere fra time til time hen over døgnet.
<i>Investering:</i>	En betalingsrække, hvor udbetalingerne kommer før indbetalingerne.

<i>Kalkulationsrentefod:</i>	Den rente og dermed det afkast en investor/virksomhed har som minimum for at foretage en given investering: Denne er sammensat af en realrente (rente i et samfund uden inflation og risiko), inflation og risikotillæg. Kaldes også alternativrenten, altså den rente som kan opnås ved en investering under tilsvarende forhold.
<i>SBi:</i>	Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) skaber forskningsbaseret viden der forbedrer byggeriet og det byggede miljø. SBI er en del af Aalborg Universitet.
<i>Nettobetaling:</i>	Indtægter og/eller besparelser fratrukket udgifter/merudgifter for en given periode.
<i>Nutidsværdi:</i>	Værdien af et fremtidig beløb, tilbagediskonteret til nutid.
<i>Scrapværdi:</i>	Værdien af et aktiv når det afhændes til det tidspunkt det afhændes.
<i>Kapitalværdi:</i>	Tilbagediskontering ved kalkulationsrentefoden af samtlige nettobetaling i en investering.
<i>LCC:</i>	Life Cycle Cost: Livscyklusomkostningsanalyse som indbefatter alle omkostninger i et aktivs levetid eller i den tid det ejes.
<i>Intern rente:</i>	Den rente som netop giver en kapitalværdi på kr. 0. Således den rente som investeringen oppebærer.
<i>EPC:</i>	Energi Performance Contracting. En leverandør indgår partnerskab med en virksomhed om energibesparelser.

5.4. Indledning

Energirelaterede CO₂-udledninger udgør ca. 2/3 af de globale emissioner og forventes uden yderligere handling, at vokse med en tredjedel til 2020 ifølge det internationale energiagentur (IEA). Derfor er energibesparelser og effektiv anvendelse af energi en vigtig del af opfyldelsen af målsætningerne om reduktion af drivhusgasudledningerne og øget udnyttelse af energien iht. vores forpligtelser internationalt. Dette søges opnået i forhold til både private og offentlige virksomheder, med lovgivning og støtteordninger.

Støtteordningerne administreres af energistyrelsen og omfatter i dag blandt andet:

- Energistyrelsens energisparesektariat, som har til formål at fremme realiseringen af energibesparelser i private virksomheder ved at tilvejebringe og formidle viden om mulige energibesparelspotentialer i virksomhederne. Målet er at hjælpe virksomheder til at spare på energien for deres bundlinjes skyld.
- Tilskud til elintensive virksomheder: Elintensive virksomheder kan opnå lempelse af deres PSO-betaling. (PSO (Public Service Obligation) -afgiften opkræves via elregningen og går til at sikre miljøvenlig elproduktion og effektiv anvendelse af el). For at få nedsat PSO afgiften, skal virksomheden indgå en aftale om energieffektivisering med Energistyrelsen.

Tilskud er politisk bestemt og ændres over tid, hvorfor der henvises til energistyrelsens hjemmeside: <https://ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser>

5.5. Økonomistyring

Økonomistyring er et ledelsesværktøj, hvor organisationens aktiviteter, kapaciteter og finanser styres. Det er en værdiskabende forbedringsproces med det formål at planlægge, designe, opbygge (etablere målinger) og drive/vedligeholde finansielle såvel som non-finansielle informationssystemer. Disse systemer guider ledeshandlinger (beslutninger), styrer adfærd og støtter og skaber de kulturelle handlinger, som er nødvendige for at nå en virksomheds strategiske, taktiske og operationelle mål. Ved non-finansielle informationssystemer anvendes typisk mere sofistikerede systemer så som Balanced scorecard systemet.

Økonomistyring i forbindelse med energirigtig drift af det rette indeklime bør sikre:

- 1) Løbende opfølgning på energiforbruget i forhold til budgetter og i forhold til foregående år
- 2) Årsagsforklaringer til ændringer i forbruget: Bro mellem budget og aktuel.
- 3) Kontrol af foretagne energiinvesteringers afkast, om det har været en god forretning.
- 4) Grundlag og forslag til fremtidige investeringer.

Der vil fokuseres på økonomistyringen i forbindelse med energirigtig drift af det rette indeklime. Denne kan deles op i to økonomiområder:

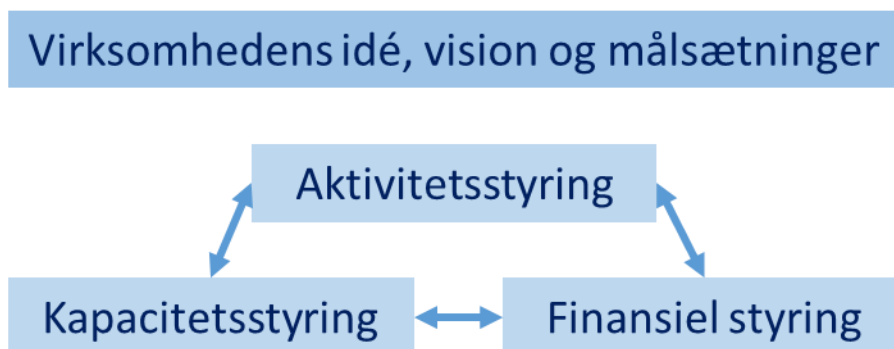
A. Drift: Den daglige drift med opsamling af EnPI'er (Energy Performance Indikatoren) der typisk vil forme et hierarkisk nøgletalssystem, hvis dybde er afhængig af det valgte detaljeringsniveau.

Her vil indgå korrektionsfaktorer, nogle generelle som regulering for graddage, andre mere virksomhedsspecifikke som beregning af energiforbrug per valgt enhed.

B. Investeringer: Her defineret som en bevidst økonomisk ændring af det bestående udstyr og/eller økonomisk udvidelse med et aktiv.

Der vil her typisk være overlap til driftens vedligeholdsbudgetter, idet mindre investeringer straks afskrives på vedligeholdsbudgetterne.

Økonomistyring tager udgangspunkt i virksomhedens idegrundlag, vision og mission med efterfølgende strategisk planlægning, hvis tidsmæssig udstrækning og usikkerhed vil afhænge af branche. Den strategiske økonomistyring er en forudsætning for strategien og dens planlægning og udførelse.



Figur 5-1 Virksomhedens økonomistyring

Den strategiske planlægning vil naturligt indebære et budget med begrundede forventede resultater og målsætninger med udgangspunkt i foregående perioders resultatopgørsler (baseline i henhold til DS/ISO 50001, se kapitel 6 Ledelsessystemer). Disse strategiske forventede resultater og målsætninger overføres til det taktiske og endelig operationelle niveau. Dette gælder således også for energibudgettet med fastlæggelse af udgangspunktet eller Baseline: Dette er typisk energiens aktuelle resultatopgørelse for sidste år, korrigeret for sæsonmæssige udsving, således de er sammenlignelige fra måned til måned, fra år til år. Standardkost princippet anvendes således med sidste års udgangspunkt. Som i ethvert andet budget, opereres med mængdeafvigelser og prisafvigelser. Det anbefales i energisammenhænge at anvende mængdeenheder, som i ISO 50001, og beregne prisen i særskilt kolonne, således mængdeenhederne sammenlignes, vurderes og målsættes fra år til år. I forbindelse med fastlæggelsen af energipolitikken i virksomheden iht. ISO 50001 og den efterfølgende planlægning, fastlægges dybden og gentagelsesperioden for målingerne. Er virksomheden pligtig til energisyn iht. bekendtgørelse om obligatorisk energisyn i store virksomheder (BEK nr 1212 af 19/11/2014) skal målingerne foretages min. hvert 4. år.

5.6. Bygningens baseline

Såfremt det er muligt, bør en bygnings baseline opdeles i to trin:

Trin 1: Det grundlæggende forbrug, nødvendig for bygningens bevarelse/grundforbrug. Dette vil normalt ligge på et lavt niveau og jo nyere bygning, desto lavere niveau.

Trin 2: Forbruget for den kerneforretning som drives i bygningen. Dette kan være kontorphonale, produktion, lager etc.

For at gøre mængdeenhederne sammenlignelige skal der korrigeres for sæsonudsving.

Korrigerings for sæsonudsving foretages for den energiproduktion og det energiforbrug som er sæsonafhængig. 1) Opvarmning, til 2) Køling og 3) Egen energiproduktion.

- 1) Energiforbrug til opvarmning af faciliteter (normalt ikke procesvarme).

Over tid vil der kunne etableres en korrelation over anvendt mængde (typisk kWh) i forhold til udetemperaturen. Denne korrelation vil normalt tilnærmelsesvis være lineær og vil være afhængig af de forhold der opvarmes under: Antal m², type af facilitet, varmeafgivelse fra eksterne kilder, herunder personer, IT udstyr og lyskilder.

Indtil en sådan korrelation er etableret, kan den efterfølgende metode med graddage anvendes såfremt der ikke er natsænkning.

En graddag, også kaldet et graddøgn, er et udtryk for en forskel på 1 °C mellem den indendørs og den udendørs (lavere) døgnmiddeltemperatur. Et døgn graddage udregnes typisk som forskellen mellem 17°C og den udvendige døgnmiddeltemperatur. De 17°C tager udgangspunkt i et ønske om 20°C indendørs, hvor det antages de 3°C kommer fra ekstern kilder så som lys, it-udstyr, personer etc. Eksempel:

Døgnmiddeltemperatur udendørs: -5°C giver således 22 graddage. Men hvis der ønskes 22°C bliver det 24 graddage. Døgnmiddeltemperatur på 17°C og derover giver 0 graddage.

- 2) Ved korrigerings med graddage, korrigeres lineært og sammenholdes for hele året med et normalt graddage år på 2906 graddage iht. DMI og Teknologisk institut (Key2Green, Partnerskab for miljø og erhverv). Såfremt der ønskes en højere inde-temperatur end 20°C, skal antallet af graddage forhøjes tilsvarende.

Til beregningen kan DMI's gennemsnitstemperaturer anvendes med koordinering for antal dage i måneden med standard 30 dage.

Eksempel på en graddagsberegning:

En bygning har et naturgasforbrug til rumopvarmning i januar 20x1 på 1.200 m³ gas og i januar 20x2 på 1.150 m³ gas. Januar 20x1 har 416 graddage, og januar 20x2 har 457 graddage.

Her vælges 20x1 som basis år og januar 20x2 korrigeres til januar 20x1 forbrug. Det gøres ved forholdsregning at dividere forbruget for januar 20x2 med de 457 graddage. Så får man forbruget pr. graddag. Herefter ganges med 416 graddage for januar 20x1.

1.150 m³ gas: 457 graddage x 416 graddage = 1.047 m³ gas. Der er således tale om en besparelse på 1.200 – 1.047 = 153 m³ gas, svarende til en besparelse på 153 x 100: 1.200 = 12,7 %.

Det anbefales kraftigt, at der anvendes egne graddage som måles min. hver time med udgangspunkt i temperaturen for varmeproduktionens set punkt. Det skal bemærkes, at der for forskellige brugsområder kan anvendes forskellige set punkter. For eksempel kan det være 5 grader for lagerområder, 15 grader for kontorer etc.

Alternativt kan graddage findes online ved BizEE Degree Days, Weather Data for Energy Professionals, Custom Degree Day Data: <http://www.degreedays.net/>. Her indtastes område, baseline for temperatur (set punkt), hvilken periode det ønskes, opdeling, måleenhed samt om det er køling eller opvarmning. Der beregnes her kun graddage i forhold til valgt funktion (køling eller opvarmning).

Energiforbrug som anses for uafhængig af ydre forhold, så som energiforbrug til opvarmning af brugsvand og anden konstant forbrug som f.eks. procesenergi, skal ikke skal korrigeres.

3) Energiforbrug til køling af faciliteter (normalt ikke proceskøling):

Som ved varmeforbrug vil der over tid kunne etableres en korrelation mellem udetemperaturen og behovet for køling. En omregning for sammenlignelige data kan ske med DMI's udendørs middeltemperaturer, eller alternativt egne middeltemperaturer over køleanlæggets set punkter og for køleperioderne idet anlæg kan være tidsstyrede både på døgnet og på året. Også her anbefales kraftigt gennemsnits temperaturer per time for omregning til sammenlignelige data med forbrug per kølegraddag som en lineær funktion eller alternativt det under punkt 1. nævnte <http://www.degreedays.net/>.

4) Egenproduktion af sæsonafhængige energikilder hvor der her skal nævnes:

a. Solceller:

Produktivitet kontrolleres via fabrikantens data. Hertil kan anvendes programmet fra European Union, JRC: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

I programmet indtastes location ved længde- og breddegrader samt fabrikantens STC oplysninger (Standard Test Conditions). I programmet er indlagt data for de mest gængse typer solceller og dermed deres NOCT (Normal Operating Cell Temperatur) og tilhørende virkningsgrader ligger i programmet.

Tabet i det tilsluttede net, typisk kabler og inverteren, indtastes separat, hvis det kendes.

Dette til produktivitetskontrol af anlægget i forhold til en sat baseline og kontrol

mod leverandørens data.

Produktionstallene bør dernæst korrigeres forholdsmæssigt til en normal måned/år, alternativt kWh/m². Med få udsving er den globale horisontale solindstrålingen i Danmark på 1.000 kWh/m²/år og for en optimal stik syd vendt 42° hældning på 1.200 kWh/ m²/år.

Produktionen korrigeres således for solens indstråling på nævnte bredde-og længdegrad ved måling med et pyranometer: (H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day) eller H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²/day)).Se eksempel i bilag 1

I stedet for at anvende EU's model kan ydelserne beregnes ud fra solcellernes data samt solcellernes hældning og retning (datablade fra leverandøren):

		Orientering [°]												TEKNOLOGISK INSTITUT	
		Øst		SØ			Syd			SV		Vest			
		-90	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90	
Hældning [°]	0	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	
	5	85	86	87	88	88	88	89	88	88	87	87	86	84	
	10	84	87	89	90	91	92	92	91	91	90	88	86	84	
	15	84	87	90	92	93	94	94	94	93	91	89	86	83	
	20	83	87	91	93	95	96	97	96	95	93	90	87	82	
	25	82	87	91	94	97	98	98	98	96	94	91	86	81	
	30	81	87	92	95	97	99	99	99	97	94	91	86	80	
	35	80	86	91	95	98	99	100	99	97	94	90	85	79	
	40	79	85	91	95	98	99	100	99	97	94	90	84	77	
	45	77	84	90	94	97	99	99	99	97	93	89	83	76	
	50	76	83	89	93	96	98	99	98	96	92	87	81	74	
	55	74	81	87	91	95	96	97	96	94	90	86	79	72	
	60	72	79	85	89	93	94	95	94	92	88	83	77	70	
	65	69	76	82	87	90	92	92	92	89	86	81	75	67	
	65	69	76	82	87	90	92	92	92	89	86	81	75	67	
	70	67	74	80	84	87	89	89	88	86	83	78	72	65	
	75	64	71	76	81	84	85	86	85	83	80	75	69	62	
80	61	68	73	77	80	81	82	81	79	76	72	66	59		
85	58	64	69	72	75	76	77	76	74	72	68	63	56		
90	55	60	65	68	70	71	72	71	69	67	63	59	53		

Figuren viser solcellernes %-vise årlige energiproduktion ved forskellig hældning og orientering, angivet i forhold til den ideelle placering: stik syd og hældning ca. 37°, som er 100%.

Figur 5-2 Eksempel på solcellepanels virkningsgrad afhængig af hældning og retning.
Kilde: Teknologisk Institut: <https://www.teknologisk.dk>

Solfanger:

Solfangere bør ligeledes korrigeres i forhold til lysintensiteten, med et tilnærmelsesvis lineær forhold med modtaget varme og lysintensiteten. Over tid kan et mere nøjagtigt forhold mellem lysintensiteten og varmeproduktionen.

Som ved solceller bør et pyranometer opsættes for måling af enten H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day) eller H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²/day).

Der regnes gennemsnitlig med 5-600 kWh/m² i Danmark for et kalenderår.

b. Vindmøller:

Her bør produktionen ligeledes korrigeres, men i forhold til vindintensiteten. Ved anvendelsen af vindindekset¹ for den region vindmøllen er opsat i, beregnes typisk den månedlige vindkorrigerede produktion (VKP): $P_{VKP} = P_{\text{produktion}} * \text{Vindindeks}/100$. Denne beregning kan, såfremt der er medlemskab, foretages online: <http://www.winstat.dk> Udviklet under EUDP suppleret med data fra EMD International A/S. Der kan være temmelig store udsving afhængig af typen af mølle og årstidspunktet.

c. Øvrige anlæg:

Såfremt der er ydre faktorer, såsom sol, vind, udetemperaturer som påvirker i væsentlig grad bør der korrigeres, således der til enhver tid kan sammenlignes med et "normaltår" eller en "normalperiode".

5.7. Energiresultat-budget og opgørelse

Ud fra energipolitikken og dermed målsætningerne planlægges dybden af målingerne i forbindelse med energiplanlægningen. Ud fra disse fastlægges som ovenfor anført baseline. Lovkravet til energisyn for store virksomheder iht. bekendtgørelse om obligatorisk energisyn i store virksomheder (BEK nr 1212 af 19/11/2014):

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=165880> er hvert 4. år. Dog bør oftere målinger, inkl. online, løbende målinger overvejes i energipolitikken.

Selve energi-resultatopgørelsen, henholdsvis energiresultatbudgettet stilles typisk op for perioder af en måned, et kvartal, et halv år og et år og opbygges som et standardbudget med den forskel at her opdeles målingerne i følgende kolonner:

1. Aflæst forbrug/produktion i perioden. Alternativt med to foregående kolonner med primo og ultimo aflæsninger.
Det anbefales at lave to afsnit med den ene som repræsenterer forbruget og den anden som repræsenterer en evt. produktion.
2. Korrektionsfaktor for perioden, om muligt med en bagvedliggende beregning eller henvisning til målingerne som ligger til grund for korrektionsfaktorerne.
3. De korrigerede forbrugsdata fortsat i mængder.
4. Førrige periodes korrigerede forbrug.
5. Beregning af afvigelse både i forhold til budget og i forhold til førrige periode.
6. Enhedspris. Såfremt der er tariffer kan det være nødvendigt med adskillige bagvedliggende kolonner til beregningerne både i denne enhedspriskolonne, såvel som i forbrugskolonnen.
For produktioner kan der være to enhedspriser: En omkostning ved produktionen og en afregningspris til nettet.
7. Beregning af totalpriser per forbrugs/produktionsmålingssted. Bemærk at dette er korrigerede tal.
8. Beregning af priserne for de korrigerede forbrug/produktion.

¹ <http://www.vindstat.dk/>

Ved budgetterne bør der altid sammenlignes med foregående perioder. Ved energieresultatopgørelser bør der sammenlignes med budgettet og laves en forklaringsoversigt, som giver forklaringerne på de enkelte afvigelser i forhold til budgettet.

Slutteligt for opfølgningen og visualiseringen kan/bør der laves grafer for hovedgrupperne indenfor forbrug og produktion som viser udviklingen (den korrigerede) over tid.

Dette bør være over forbrug/produktion i både mængder og priser hver for sig. Bemærk at ved tidsbaserede tariffer, kan der opstå nogle anderledes prisafvigelser, som igen kan foranledige anderledes energimæssige optimeringer.

En separat graf bør laves over de aktuelle forbrug/produktioner og de dermed forbundne aktuelle priser således en evt. optimering gennem tidsforskydning kan afklares.

Budgettering

Mængdeafvigelser i forbruget i forhold til baseline. Afvigelserne vil typisk være:

- 1) Udefra kommende påvirkninger, typisk vejret (graddage).
- 2) Ændringer (mængderne) for kerneforretningen. For et kontorområde vil kunne det være antallet af personer som anvender bygningen.
Denne påvirkning er udelukkende belastningsafhængig.
- 3) Ændringer som skyldes gennemførte energireducerende investeringer.
- 4) Ændringer i brugeradfærd/brugsmønstret. Dette må betegnes som restfaktoren når øvrige forhold er kortlagt.

Afvigelser for eventuel egenproduktion. Der regnes med et normalt år, således eventuelle ændringer i korrektionsfaktorerne ikke medregnes:

- 1) Ændring i forbruget som vil påvirke forbruget per produceret enhed. Dette kan være lavere forbrug eller højere forbrug som fører til en ændring i virkningsgraden.
- 2) Ændringer i forbruget per produceret enhed som kan henføres til gennemførte investeringer.

Udover disse afvigelsesforklaringer har vedligeholdts/drift funktionen stor indflydelse på både forbrug og produktion.

Ovenstående vil i stor udstrækning følge DS/ISO 50001, og ligeledes forholdsvis nemt på resultatbudgettet kunne deles op i strategisk, taktisk og operationelt. I linje med DS/ISO 55001 (Asset Management) kan vedligeholdtsomkostninger tilføjes for et forbedret beslutningsgrundlag baseret på netop resultatopgørelsen.

Ligeledes kan der tilføjes en kolonne for investeringer (hvor investeringer opdeles så der foretages en vurdering af hver enkel investering) hvor besparelsen indgår. Denne besparelse kan så holdes op mod budgetteret besparelse som vil svare til den besparelse investeringen blev ansøgt på.

Jo mere detaljeret målingerne foretages, desto mere præcist et billede af forbruget og ikke mindst afvigelserne, kan man opnå. Resultatopgørelsen vil danne grundlag for vurdering af mulige tiltag primært mht. brugeradfærd og investeringer i aktiver som kan reducere energiforbruget.

5.8. Investeringer

En investering defineres som en betalingsrække hvor udbetalingerne kommer før indbetalingerne (Lynggaard 2013) og her som enhver bevidst ændring af aktiverne.

Typisk deles investeringer op i tre forskellige kategorier:

- 1) Mindre investeringer/forbedringer af bestående aktiver i forbindelse med vedligehold og under vedligeholdsbudgettet i forbindelse med vedligeholdsstrategien ”konstruktive ændringer”. Et eksempel kan være i forbindelse med lejeskift, hvor der skiftes til hybridlejer, som er noget dyrere men skal så udskiftes tilsvarende med længere interval.
- 2) Små investeringer under småsaldgrænsen som i 2017, ifølge skatteministeriet, er på DKK 13.200. Disse små investeringer, vil normalt ikke kræve de helt store beregninger for at retfærdiggøre dem. Dette kunne for eksempel være en ny bærbar computer til en medarbejder.
- 3) Investeringer som normalt vil kræve særskilt godkendelse ved topledelsen, afhængig af virksomhedens investeringsstrategi.

Som grundkrav til alle investerings ansøgninger vil skulle forelægges:

- a. Investeringsforslagets årsag (Lynggaard 2013):
 - i. Tvingende grunde såsom lovgivning, miljøhensyn
 - ii. Vitale investeringer for eksempel sikring af markedsposition
 - iii. Erstatningsinvesteringer
 - iv. Omkostningsbesparende og indtægtsforøgende investeringer
 - v. Projekter, udvikling af nye produkter, nye administrative systemer, nye bygninger, større renoveringer.
 - vi. Velfærdsinvesteringer.

Her vil det især være i, iii, iv, v og vi som vil være aktuelle.

Økonomiske beregninger bør følge Bekendtgørelse om obligatorisk energisyn i store virksomheder (BEK nr 1212 af 19/11/2014): ”Bygge på en livscyklusomkostningsanalyse i stedet for simple tilbagebetalingsperioder for at tage hensyn til langsigtede besparelser, langsigtede investeringers restværdier og kalkulationsrenter, når det er muligt”.

Den sidste passus hænger sammen med virksomheders incitamenter til energibesparelser, Energistyrelsen 2015, Barrierer i energieffektiviseringen af erhvervslivet, som viser at 75% anspores af de økonomiske besparelser og 43% også/eller (multipelt spørgsmål) af besparelser i forbindelse med naturlig (teknisk) udskiftning. Dette modsvarer af virksomheders modvilje mod energiinvesteringer hvor 43% fremhæver for lang tilbagebetalingstid og 39% fremhæver (for dårlig) rentabiliteten af investeringerne.

I den efterfølgende oversigt er ovennævnte princip benævnt nutidsværdimetoden også kaldet kapitalværdimetoden. Intern rente metoden anvender samme princip, men forudsætter en fastlagt kalkulationsrentefod.

Denne kalkulationsrente fod består af:

- vii. Realrente (Risikofri rente i et samfund uden inflation)
- viii. Inflation
- ix. Risikotillæg

Kalkulationsrentefoden indenfor den offentlige forvaltning er beregnet til 6% (Finansministeriet 2017).

Alternativt kan kalkulationsrenten udtrykkes som den rente er opnået ved en alternativ investering under samme inflation, skat og risiko.

Udover ovennævnte metoder anvendes også tilbagebetalingstid. Denne kan betragtes enten dynamisk eller simpel. Den simple tilbagebetalingstid, hvor investeringsbeløbet deles med nettobetalingen i faste priser, per periode, bør kun anvendes ved små projekter og eller projekter med meget korte tilbagebetalingstider. Dette pga. at metoden kun giver oplysninger om hvornår et projekt er likviditetsneutral. Der tages således ikke hensyn til eventuelle krav om kalkulationsrente og dermed et vist afkast.

Den dynamiske tilbagebetalingstid anvender kalkulationsrentefoden for en tilbagediskontering af nettobetalingerne og ligger derved som metode meget op af den interne rentes metode.

Den dynamiske tilbagebetalingstid anvendes meget lidt.

Nettobetaling per periode er indtægter/besparelser fratrukket udgifter/merudgifter i en periode.

De økonomiske beregningsmodeller

Beregning af simpel tilbagebetalingstid:

$$\text{Simpel tilbagebetalingstid} = \frac{\text{Anskaffelsespris(Investeringen)}}{\text{Nettobetaling per periode}}$$

Simpel tilbagebetalingstid er en enkelt metode til at bestemme rentabiliteten.

Tilbagebetalingstiden angiver hvor mange år det vil tage at tjene investeringen hjem. Ulempen er, at der ikke tages højde for realrente, inflation, restlevetid og risiko. Til gengæld er den nem at håndtere og giver et hurtigt overblik over hvornår en investering er likviditetsneutral.

BR15 afsnit 7.4.1, stk. 4 foreskriver at: ”Bygningsmæssige foranstaltninger, hvor årlig besparelse gange levetid divideret med investering er større end 1,33, kan anses for rentable”. Her anvendes således den simple tilbagebetalingstid, dog således investeringens levetid medregnes. Den forudsætter at investeringen er tjent hjem indenfor maksimalt 75 % af levetiden (faktor 1,33). Denne bør kun anvendes til mindre projekter med kortere levetider.

Beregning af nutidsværdi ved kalkulationsrentefoden r og i tiden t med perioderne n :

$$\text{Nutidsværdi} = \sum_{t=0}^n \text{Nettobetaling per periode} * (1+r)^{-t} - \text{Anskaffelsespris år 0} + \text{scrapværdi} * (1+r)^{-n}$$

Kapitalværdimetoden også kaldet nutidsværdimetoden, er den mest investor informative metode: Anskaffelsesprisen inkluderer alle omkostningerne i forbindelse med projektering, indkøb, opstilling, oplæring, test etc. I praksis til anlægget er idriftsat og oppe at køre.

Metoden kræver en livscyklusomkostningsanalyse (LCC: Life Cycle Cost). Ved forholdsvis simple investeringer kan nettobesparelsen sættes konstant hvert år og dermed forventes omkostninger og indtægter at være uændrede fra år til år. Ved mere komplekse investeringer kan omkostninger og udgifter ændres sig fra år til år. I begge tilfælde kan enten regnes i faste priser eller med inflation. I det sidste tilfælde skal inflationen tillægges kalkulationsrentefoden. En kapitalværdi ≥ 0 er fordelagtig. For en kapitalværdi på 0 svarer afkastet netop

kalkulationsrenten.

Metoden tager således hensyn til teknisk versus økonomisk levetid, realrente, inflation og risiko. Statslige bygherrer skal anvende denne metode.

Intern rente:

Intern rente tager udgangspunkt i samme grundformel som for kapitalværdien, hvor denne sættes til 0 kr. Det er således den rente som giver netop en nutidsværdi på 0 kr:

$$\text{Nutidsværdi} = \sum_{t=0}^n \text{Nettobetaling per periode} * (1+r)^{-t} - \text{Anskaffelsespris år 0} + \text{scrapværdi} * (1+r)^{-n}$$

Såfremt den interne rente er større end eller lig med den ønskede kalkulationsrentefod, er investeringen rentabel. Grundformelen for nutidsværdi og dermed den interne rente, indeholder dermed ligesom nutidsværdimetoden implicit en LCC (Life Cycle Cost) beregning og dermed en vurdering af samtlige omkostninger i forbindelse med aktivet fra vugge til grav.

Totalkoncept metoden:

Totalkoncept metoden (AU/SBI, 2017) er ikke en separat metode i forhold til ovenstående, men en udvidelse af intern rente metode. På hjemmesiden forefindes samtlige værktøjer.

Metoden anvendes hvor der indgår flere investeringer, typisk et større renoverings-og/eller energioptimeringsprogram som søges iværksat.

Her bør det bemærkes at iht. erfaringer fra branchen er det ca. 4 gange billigere at foretage energiforbedringer i forbindelse med renoveringsarbejder. (Henrik Poulsen, Force). Dette taler for, at der foretages flere energiforbedringsinvesteringer i forbindelse med større renoveringer.

Ved anvendelse af totalkonceptet, beregnes den interne rente for hver investering af en række. Disse rang ordnes efter intern rente, med den største først. Herefter beregnes successivt den samlede interne rente for projekterne startende med den største første. Se eksempel på næste side. Ved den samlede interne rente som ligger tættest på men over kalkulationsrenten, findes således de investeringer som ud fra kravet om et bestemt min. afkast kan gennemføres.

For energibesparelserne forefindes en række værktøjer hvor der her blot skal nævnes nogle få:

- 1) <https://www.innobyg.dk/> På deres hjemmeside forefindes en række værktøjer blandt andet til LCA beregninger. (Life Cycle Assessment).
- 2) DS/EN 16212: Beregning af energieffektivitet og energibesparelser top-down- og bottom-up- metoder.
- 3) <http://sbi.dk/beregningsprogrammet/Pages/Bestilling-og-priser.aspx?s=BE+15> BE15 beregningsprogram fra SBI/AUU til beregning af energiforbrug i bygninger.

Eksempel fra Totalkoncept:

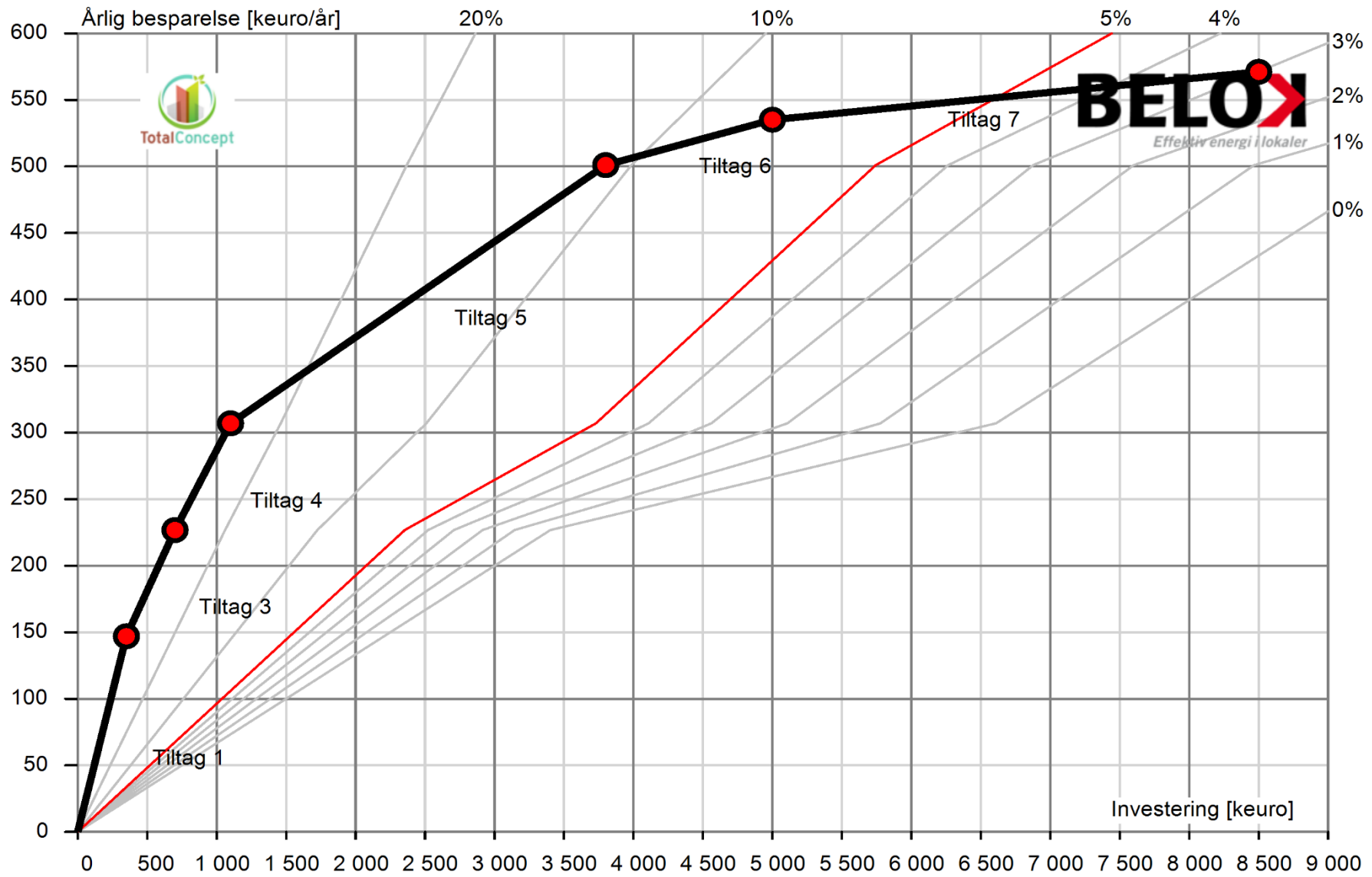
Dette eksempel fra Totalkoncept metoden: <http://totalconcept.info/> er selvforklarende. Via linket forefindes værktøjet til konceptet samt adskillige pilotprojekter fra de nordiske lande.

Energioptimeringsdata

An..	Nr	Navn	Levetid[år]	Investering [keuro]	Intern rente [%]	Varmebes.. [MWh/år]	Varmeudgi.. [keuro/år]	Elbespare.. [MWh/år]	Eludgifter [keuro/år]	Energibes.. i fjernkøling [MWh/år]	Udgiftsbe.. i fjernkøling [keuro/år]	Øvrige omkostnin.. [keuro/år]
True	1	Mål 1	15	350	41,77	0	0	163,33	147	0	0	0
True	2	Mål 3	15	350	21,58	130	78	2	1,8	0	0	0
True	3	Mål 4	40	400	20,04	136,66	82	-2	-1,8	0	0	0
True	4	Mål 5	15	2700	0,95	216,66	130	71,11	64	0	0	0
True	5	Mål 6	40	1200	0,64	58,33	35	-1	-0,9	0	0	0

An..	Nr	Navn	Omkostni.. i alt[keuro/år]	Gevinst[-]	Sum intern rente[%]	LCC[keuro]
True	1	Mål 1	147	4,36	41,80	-856,71
True	2	Mål 3	79,8	2,37	31,88	-337,81
True	3	Mål 4	80,2	3,44	27,37	-403,45
True	4	Mål 5	194	0,75	10,75	649,46
True	5	Mål 6	34,1	0,49	7,91	384,16

Diagram for den interne rente



5.9. Litteratur/referencer

- International Energy Agency (IEA) World Energy Outlook 2017: <https://www.iea.org/weo2017/>
- Energisparesekretariatet (Energistyrelsen): <http://spareenergi.dk/erhverv/om-energisparesekretariatet>
- Energistyrelsen Energibesparelser: <https://ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser>
- DS/ISO 50001 1. udgave 2011-11-09 Energiledelsessystemer - Krav og vejledning
- Bekendtgørelse om obligatorisk energisyn i store virksomheder, BEK nr 1212 af 19/11/2014: <https://www.retsinformation.dk/pdfPrint.aspx?id=165880>
- Key2Green, Graddage fra DMI og Teknologisk Institut: <http://www.key2green.dk/graddage>
- BizEE Degree Days, Weather Data for Energy Professionals, Custom Degree Day Data: <http://www.degreedays.net/>
- European Union, Joint Research Center, Solar, interactive map: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- Winstat, beregning af vindindeks: <http://www.winstat.dk> Udviklet under EUDP (Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram) suppleret med data fra EMD International A/S, 2013.
- DS/ISO 55001 1. udgave 2014-01-29 Styring af aktiver (asset management) - Ledelsessystemer - Krav.
- Lynggaard, P., 2013, Investering og Finansiering 9. udgave, Handelshøjskolens forlag
- Skatteministeriet, 1. november 2017: <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/afskrivningsloven>
- Energistyrelsen 2015, Barrierer i energieffektiviseringen af erhvervslivet, <http://spareenergi.dk/sites/forbruger.dk/files/contents/publication/barrierer-i-energieffektiviseringen-af-erhvervslivet/barrierer-i-energieffektiviseringen-af-erhvervslivet.pdf>
- Finansministeriet, August 2017, Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger: https://www.fm.dk/~media/publikationer/imported/2017/vejledning-samfundsøkonomiske-konsekvensvurderinger_web.ashx
- Aalborg universitet/Statens Bygnings Institut: Totalkoncept 2017: <http://totalconcept.info/da/>

5.10. Bilag 1

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.7% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.1%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.1%

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	0.79	24.3	0.93	28.7
Feb	1.25	35.1	1.51	42.3
Mar	2.90	89.9	3.62	112
Apr	3.99	120	5.16	155
May	4.14	128	5.51	171
Jun	4.07	122	5.48	164
Jul	3.94	122	5.36	166
Aug	3.45	107	4.65	144
Sep	2.77	83.1	3.63	109
Oct	1.93	59.7	2.43	75.4
Nov	1.00	30.1	1.22	36.6
Dec	0.68	20.9	0.80	24.8
Yearly average	2.58	78.5	3.37	102
Total for year		942		1230

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

PVGIS © European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 55°14'0" North, 9°18'59" East, Elevation: 38 m a.s.l.,
 Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF : (Note per day i.e. to obtain annual values multiply with 365)

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Optimal inclination angle is: 40 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	H_h	H_{opt}	$H(90)$	DNI	I_{opt}	T_{24h}	N_{DD}
Jan	513	991	1070	803	71	0.8	499
Feb	1030	1600	1530	1160	61	0.6	476
Mar	2640	3750	3220	2970	53	3.5	414
Apr	4350	5290	3760	4910	40	7.3	267
May	5310	5530	3290	5090	25	10.9	158
Jun	5520	5400	2990	4660	17	13.9	82
Jul	5300	5310	3070	4390	21	17.2	22
Aug	4200	4680	3080	3890	34	16.5	45
Sep	2870	3670	2900	2710	46	13.5	170
Oct	1600	2530	2380	1980	60	10.2	315
Nov	663	1300	1400	1120	70	6.1	451
Dec	381	839	953	737	74	2.7	545
Year	2870	3420	2470	2880	40	8.6	3444

H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day)

H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²/day)

$H(90)$: Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m²/day)

DNI : Direct normal irradiation (Wh/m²/day)

I_{opt} : Optimal inclination (deg.)

T_{24h} : 24 hour average of temperature (°C)

N_{DD} : Number of heating degree-days (-)