



# **Total Concept -menetelmä**

## **Toteutus- ja laadunvarmistusopas**

Versio 1.6: Helmikuu 2017

Opas on tuotettu osana hanketta ”The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings”, jota tuetaan Euroopan Unionin Intelligent Energy Europe -ohjelmalla. Sopimuksen numero: IEE/13/613/SI2.675832 Hankkeen verkkosivusto: [www.totalconcept.info](http://www.totalconcept.info)

Oppaan on laatinut CIT Energy Management AB Yhteystiedot: Åsa Wahlström, [asa.wahlstrom@cit.chalmers.se](mailto:asa.wahlstrom@cit.chalmers.se) Mari-Liis Maripuu, [mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se](mailto:mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se); [www.energy-management.se](http://www.energy-management.se)

Oppaan on mukauttanut kansallisiin olosuhteisiin Bionova Oy Yhteystiedot: Tytti Bruce, [tytti.bruce@bionova.fi](mailto:tytti.bruce@bionova.fi) [www.bionova.fi](http://www.bionova.fi)

Versio 1.6 - Helmikuu 2017



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

**Vastuuvapauslauseke**

*Tekijöillä on täysi vastuu tämän julkaisun sisällöstä. Julkaisu ei välttämättä heijasta Euroopan unionin mielipidettä. EACI ja Euroopan komissio eivät vastaa tässä julkaisussa olevien tietojen käytöstä.*

## Alkusanat

Opas on tuotettu osana hanketta “The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings”, jota tuetaan Euroopan Unionin Intelligent Energy Europe -ohjelmalla. Total Concept on Ruotsissa kehitetty menetelmä energiakorjaushankkeiden kokonaisvaltaiseen hallintaan ja energiansäästöjen maksimointiin taloudellisesti kannattavalla tavalla. Tämän hankkeen tavoitteena on esitellä ja tehdä tarvittavat muokkaukset Total Concept -energiakorjausmenetelmään viidessä eri Pohjoismaassa siten, että menetelmä on valmiina käyttöönotettavaksi keskeisten toimijoiden ja sidosryhmien toimesta. Hankkeen osapuolia ovat CIT Energy Management AB ja Swedish Construction Clients Ruotsista, SINTEF Norjasta, Bionova Oy Suomesta, Danish Building Research Institute/Aalborg University, Danish Association of Construction Clients ja Rambøll Tanskasta ja State Real Estate Ltd ja Estonian Society of Heating and Ventilation Engineers Virossa.

Oppaan tavoitteena on antaa tietoa menetelmästä ja sen käyttöönotosta muun muassa projektin kumppaneille ja kiinteistöjen omistajille, konsulteille ja muille keskeisille sidosryhmille, jotka ovat mukana menetelmää hyödyntävissä hankkeissa. Oppaassa kuvataan Total Concept -menetelmän peruserätykset sekä jaetaan menetelmän hyödyntämisestä Ruotsissa saatuja kokemuksia, tietoja ja osaamista menetelmän uusille käyttäjille.

Osa oppaan sisällöstä pohjautuu BELOK Groupin menetelmän alkuperäisessä kehityshankkeessa tuottamiin materiaaleihin. BELOK Groupin työssä aiemmin saadut kokemukset on koottu yhteen ja niitä on jalostettu eteenpäin tässä oppaassa. Tavoitteena on tarjota suuntaviivoja menetelmän hyödyntämiseen kiinteistönomistajille, konsulteille ja muille keskeisille toimijoille kaikissa hankkeeseen osallistuvissa maissa.

Suomessa luvanvaraisille korjauksille on määritelty kolme vaihtoehtoista tapaa täyttää energiatehokkuudelle asetetut minimivaatimukset (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13). Vaihtoehtoja kaksi asettavat vaatimuksia rakennusten energiankulutukselle tai E-luvulle. On tärkeää huomata, että vaatimustenmukaisuuden osoittaminen perustuu rakennuksen standardikäyttöön. Tämän vuoksi vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa käytetty laskentamenetelmä ei kaikilta osin sovellu Total Concept -menetelmään, jossa arviot perustuvat mahdollisimman tarkasti rakennuksen todelliseen käyttöprofiiliin.

Oppaan neljä ensimmäistä kappaletta ovat saatavilla suomeksi. Loput materiaalista on esitetty englanniksi.



# Sisällysluettelo

<b>Alkusanat</b>	<b>3</b>
<b>Sisällysluettelo</b>	<b>5</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>9</b>
1.1 Tausta	9
1.2 Total Concept -menetelmän luominen	9
1.3 Tietoa BELOKista	11
1.4 Total Concept -menetelmän referenssihankkeet	12
1.4.1 Referenssihankkeiden tulokset	12
1.4.2 Total Concept -menetelmän toteutuksen investointikustannukset	13
1.5 Total Concept -menetelmän sidosryhmät ja keskeiset toimijat	14
1.6 Oppaan lukuohje	16
<b>2 Total Concept -menetelmän perusteet</b>	<b>17</b>
2.1 Total Concept -menetelmän yhteenveto	17
2.2 Total Concept -menetelmän tärkeimmät hyödyt	19
2.3 Total Concept -menetelmä	20
2.3.1 Toimintarakenne	20
2.3.2 Vaihe 1 – Toimenpidepaketin laatiminen	21
2.3.3 Vaihe 2 – Toimenpiteiden toteuttaminen	22
2.3.4 Vaihe 3 – Seuranta	23
<b>3 Total Concept -menetelmän taloudelliset periaatteet</b>	<b>25</b>
3.1 Johdanto	25
3.2 Kannattavuuslaskelmissa käytetyt peruskäsitteet ja terminologia	25
3.2.1 Korkokanta, säästöjen nykyarvo ja pääomakustannukset	26
<b>3.2.2 Nimellinen korkokanta ja reaalikorkokanta</b>	<b>28</b>
3.2.3 Energian tuleva suhteellinen hinnanmuutos	30
3.2.4 Laskentakorkokanta (pääomakustannus)	30
3.2.5 Laskentakorkokannan valinta	32
3.2.6 Aikakäsitteet kannattavuuslaskelmissa	33
3.3 Sisäisen korkokannan menetelmä	34
3.3.1 Sisäisen korkokannan menetelmän periaatteet	34

3.3.2	<i>Suhteellinen energian hinnannousu sisäisen korkokannan kaaviossa</i>	36
3.3.3	<i>Kassavirran vertaaminen</i>	38
3.3.4	<i>Sisäisen korkokannan menetelmän edut yksinkertaisen takaisinmaksun menetelmään verrattuna</i>	40
3.4	<i>Sisäisen korkokannan kaavion käyttö Total Concept -menetelmässä</i>	42
3.4.1	<i>Toimenpidepaketin laatiminen</i>	42
3.4.2	<i>Taloudellinen laskentajakson vaikutus</i>	43
3.5	<i>Uudelleeninvestointi</i>	46
3.6.	<i>Nettokustannussäästöjen arvointi</i>	51
3.6.1	<i>Vuotuisten nettosäästöjen laskeminen</i>	51
3.6.2	<i>Monimutkaiset hintamallit</i>	52
3.6.3	<i>Sähkö</i>	53
3.6.4	<i>Eriläiset lämmönlähteet</i>	54
<b>4</b>	<b>Step 1 of a Total Concept method - Creating the action package</b>	<b>55</b>
4.1	<i>Introduction</i>	55
4.2	<i>Stakeholders and key actors in Step 1</i>	55
4.3	<i>Key activities of Step 1 of Total Concept</i>	57
4.4	<i>Preparations for carrying out Step 1</i>	57
4.4.1	<i>Defining a starting point</i>	57
4.4.2	<i>Client's role and responsibilities</i>	58
4.5	<i>Engaging a consultant for Step 1</i>	59
4.5.1	<i>Drawing up the tender documents</i>	59
4.5.2	<i>The consultant's role and responsibilities</i>	60
4.5.3	<i>Information required from the property owner/client</i>	61
4.6	<i>Determining the baseline</i>	62
4.6.1	<i>Baseline for energy savings</i>	62
4.6.2	<i>Methods for determining the baseline for energy use</i>	63
4.7	<i>Start of the project</i>	68
4.8	<i>Gathering basic information about the building</i>	69
4.8.1	<i>The building</i>	70
4.8.2	<i>Information about how the building is used</i>	70
4.8.3	<i>Indoor climate requirements</i>	71
4.8.4	<i>Technical systems</i>	71

4.8.5 <i>Energy and resource use</i>	72
4.9 <i>Energy audit and identification of measures</i>	73
4.9.1. <i>Energy audit - the basics</i>	73
4.9.2. <i>Carrying out a 'desk audit' and planning an audit on site</i>	74
4.9.3. <i>Carrying out an energy audit on site</i>	74
4.9.4. <i>A Demand – Distribution – Production energy audit method</i>	76
4.9.5. <i>Measurements on site</i>	77
4.9.6 <i>Identifying energy saving measures</i>	79
4.10 <i>Investment cost calculations</i>	83
4.10.1 <i>General principles</i>	83
4.10.2 <i>Determining the baseline for investment costs</i>	84
4.11 <i>Energy calculations</i>	86
4.11.1 <i>Introduction</i>	86
4.11.2 <i>Carrying out energy simulations</i>	87
4.11.3 <i>Credibility of the calculations</i>	93
4.12 <i>Profitability calculations and the creation of an action package</i>	96
4.12.1 <i>Introduction</i>	96
4.12.2 <i>Investigating the measures and the creation of an action package</i>	97
4.12.3 <i>Finding the action package with maximum cost saving</i>	100
4.13 <i>Including replacement of heat supply in the action package based on the Total Concept method</i>	103
4.14 <i>Summing up and the report</i>	108
4.15 <i>Sensitivity analysis for the results</i>	109
<b>5 Step 2 of a Total Concept method – Carrying out the measures</b>	<b>112</b>
5.1 <i>Introduction</i>	112
5.2 <i>Stakeholders and key actors in Step 2</i>	113
5.3 <i>Key activities of Step 2 of Total Concept</i>	114
5.4 <i>The client's role and responsibilities</i>	115
5.5 <i>Engaging design engineers and contractors for Step 2</i>	116
5.5.1 <i>Drawing up the tender documents</i>	116
5.5.2 <i>The design engineer's role and responsibilities</i>	117
5.5.3 <i>The contractor's role and responsibilities</i>	117
5.6 <i>Design work and quality assurance</i>	118

5.7 The building process and functional performance checks	119
5.8 Commissioning and maintenance after the construction process	120
5.9 Planning for follow-up in Step 3	121
<b>6 Step 3 of a Total Concept method – Following up</b>	<b>122</b>
6.1 Introduction	122
6.2 Stakeholders and key actors in Step 3	122
6.3 Key activities of Step 3 of Total Concept	123
<b>123</b>	
123	
6.4 Preparations for Step 3	124
6.4.1 Allocation of responsibility	124
6.4.2 Planning the measurements	124
6.4.3 Following up costs	125
6.5 Measuring energy use	125
6.6 Checking the profitability results	126
<b>Appendix 1. Three examples of projects that have used the Total Concept method</b>	<b>128</b>
<b>Appendix 2. Help tables for economical calculations</b>	<b>132</b>
<b>Appendix 3. Examples of recommended economic lifetimes for different measures</b>	<b>137</b>
<b>Appendix 4. Checklists for tender documents for Step 1 of a Total Concept method</b>	<b>Error!</b>
Bookmark not defined.	
<b>Appendix 5. Check list for questions to be put to the maintenance staff, property manager and tenant's representative</b>	<b>138</b>
<b>Appendix 6. Checklists for frequently adopted improvement measures in the building envelope and technical systems</b>	<b>139</b>



# 1 Johdanto

## 1.1 Tausta

Useimmat Euroopan maat ovat viime vuosikymmenten ajan pyrkineet parantamaan rakennusten energiatehokkuutta ja vähentämään kokonaisenergian tarvetta. EU:n asettamilla ympäristötavoitteilla pyritään vähentämään primaarienergiälähteiden käyttöä 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä. Tämä koskee myös rakennusalan energiankulutuksen vähentämistä. Lisäksi on asetettu kunnianhimoinen energiatehokkuustavoite, jonka mukaan kaikki Euroopan uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia vuoden 2020 loppuun mennessä. On tärkeää suunnitella uudet rakennukset niin, että niiden energiantarve on mahdollisimman vähäinen. Tämä tarkoittaa kuitenkin vain sitä, että energiantarpeen kasvunopeus hidastuu eikä sitä, että kokonaisenergian tarve laskee. Rakennusalan energiantarpeen vähentämiseksi ja EU:n 20-20-20-tavoitteiden saavuttamiseksi on ensiarvoisen tärkeää vähentää energiantarvetta merkittävästi suuressa osassa nykyisiä rakennuksia. Sen vuoksi rakennusten omistajia on kannustettava tekemään energiaremontteja.

Halu säilyttää rakennuksen toimivuus ja pitää tilat houkuttelevina vuokralaisille ja rakennuksen käyttäjille kannustaa kiinteistöjen omistajia toteuttamaan kunnostushankkeita. Esimerkiksi kaupallisessa rakentamisessa kiinteistön omistajien ja isännöitsijöiden sekä vuokralaisten ja käyttäjien välillä on usein selvät liikesuhteet. Koska nykyisissä markkinaolosuhteissa hyviä vaihtoehtoisia kohteita on tarjolla, kaukonäköisen kiinteistöyhtiön kannattaa varmistaa, että rakennus on hoidettu ja asianmukaisessa kunnossa ja että sitä kunnostetaan säännöllisesti. Silloin nykyiset vuokralaiset eivät muuta pois ja rakennus houkuttelee uusia potentiaalisia vuokralaisia.

Energiantarpeen vähentäminen on yhä tärkeämpi tekijä toimivuuden ylläpidon tai parantamisen ohella. Energiakustannusten tulevia korotuksia ei voida välttää, joten energiantarpeen vähentämisestä tulee entistä tärkeämpää käyttökustannusten pitämiseksi kilpailukykyisellä tasolla. Lisäksi on erittäin todennäköistä, että yhteiskunnan energiatehokkuusvaatimukset kiristyvät jatkossa myös nykyisten rakennusten osalta. Siksi niiden kiinteistön omistajien, jotka eivät lähitulevaisuudessa paranna energiatehokkuutta, täytyy myöhemmin ryhtyä tilapäistoimiin, jotka olisi voitu toteuttaa kannattavammin aikaisemmassa vaiheessa.

## 1.2 Total Concept -menetelmän luominen

Muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennusten aiemmat energiakorjaushankkeet Ruotsissa ovat osoittaneet sen, että on suhteellisen helppo määrittää useita yksittäisiä toimenpiteitä, jotka voivat vähentää rakennuksen energiantarvetta. Vaikka osa toimista voidaan toteuttaa edullisesti, energiantarvetta merkittävästi vähentävät toimenpiteet

edellyttävät usein suuria investointeja. Muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennusten tapauksessa ei ole realistista odottaa tukea julkisilta elimiltä. Kiinteistönomistaja joutuu maksamaan tarpeelliseksi katsotut toimet. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että seuraavien edellytysten on toteuduttava:

- Vaadittavien toimenpiteiden toteuttamisen kannalta välttämättömien investointien on oltava kannattavia. Toisin sanoen kiinteistönomistajan pitkäaikaisia investointeja koskevien taloudellisten vaatimusten on täytyttävä.
- Välttämättömät investoinnit ja tulevat vuotuiset säästöt on arvioitava luotettavasti, koska investointipäätös tehdään niiden perusteella.

Kun energiatehokkuustoimia toteutetaan olemassa olevissa rakennuksissa, on yhtä lailla tärkeää varmistaa seuraavat seikat:

- Rakennuksen laatu ja käytettävyys säilyy tai paranee.
- Kohdennettujen resurssien käyttö tuottaa mahdollisimman suuret säästöt.

Tähän asti rakennusten omistajat ovat saaneet heikosti tukea rakennusten energiatehokkuuden parantamista ja käyttökustannusten pienentämistä koskevien investointipäätösten tekemiseen. Päätökset perustuvat usein yksittäisten toimien kannattavuuteen. Kannattavuutta arvioidaan monesti yksinkertaisilla taloudellisilla menetelmillä, jotka eivät huomioi kokonaisinvestoinnin tai teknisten järjestelmien taloudellista käyttöikää eivätkä usein edes energian hinnan muutoksia. Tällöin harkitaan ja toteutetaan vain erittäin kannattavia toimenpiteitä, joiden vaikutus nykyisten rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen on melko vaatimaton.

Tämän ilmeisen riskin välttämiseksi ruotsalainen BELOK Group on kehittänyt uuden ja innovatiivisen työskentelymenetelmän, josta käytetään nimitystä *Total Concept*. Menetelmää on sovellettu hyvin tuloksin muutamiin muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettuihin rakennuksiin. Ruotsissa toteutettujen pilottihankkeiden tulokset osoittavat, että menetelmällä voidaan saavuttaa olemassa olevissa rakennuksissa jopa 50–70 prosentin energiansäästöt ja pitää samalla kiinni rakennusten omistajien asettamista kannattavuusvaatimuksista.

Total Concept -menetelmällä pyritään saavuttamaan mahdollisimman suuri energiansäästö rakennuksessa ja noudattamaan samalla investoinnin toteuttavan rakennuksen omistajan asettamia kannattavuusvaatimuksia. Total Concept -menetelmän perustana on kokonaisvaltainen lähestymistapa rakennuksen energiatehokkuuden parannusprosessiin ja se, että eri sidosryhmät ja keskeiset toimijat pidetään ajan tasalla omista rooleistaan ja vastuistaan.

Total Concept -menetelmä perustuu kannattavuuden arvioinnin helppotajuiseen taloudelliseen malliin ja sisältää tiivistettynä seuraavat vaiheet:

- Rakennuksessa tehdään perusteellinen inventaario, jossa kartoitetaan kaikki mahdolliset energiansäästötoimet. Niiden perusteella luodaan toimenpidepaketti, joka *kokonaisuutena* täyttää kiinteistönomistajan/asiakkaan kannattavuusvaatimukset.
- Koko toimenpidepaketin toteuttaminen rakennuksessa.
- Tehtyjen toimenpiteiden seuranta: energiankulutus mitataan vuoden kuluttua paketin toteuttamisesta ja sitä verrataan toteuttamista edeltävään aikaan.

Toimenpiteiden lukumäärä päätetään sen perusteella, että koko paketin sisäisen korkokannan (internal rate of return) on ylitettävä hyväksytyt pääomakustannukset (cost of capital). Kiinteistönomistaja/asiakas määrittää taloudelliset ehdot, joihin pääomakustannukset perustuvat. Total Concept -menetelmän taloudellisissa malleissa huomioidaan myös energian hinnan muutokset ja investoinnin taloudellinen käyttöikä.

Työskentelytavan etuna on se, että toimenpidepaketin toteuttaminen pelkkien erittäin kannattavien toimenpiteiden sijaan tuottaa paljon enemmän energiansäästöjä ja kiinteistönomistajan kannattavuusvaatimukset toteutuvat silti. Taloudellisesti kannattavimmat toimenpiteet tukevat vähemmän kannattavia toimia. Näin voidaan osoittaa, että energiankäytön merkittävä vähentäminen on taloudellisesti toteuttamiskelpoista ja siten kannustaa rakennusten omistajia ryhtymään toimenpiteisiin.

Ruotsissa toteutetut ja meneillään olevat Total Concept -hankkeet osoittavat, että monissa tapauksissa muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennusten energiankulutus on mahdollista lähes puolittaa kannattavasti.

**Total Concept** -menetelmällä parannetaan nykyisten muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennusten energiatehokkuutta. Menetelmä tarjoaa järjestelmällisen lähestymistavan rakennusten energiakysymysten käsittelyyn, ja sillä pyritään saavuttamaan mahdollisimman suuret säästöt kustannustehokkaasti. Total Concept perustuu toimintasuunnitelmaan, joka koostuu kiinteistönomistajan kannattavuusehtojen mukaisesta toimenpidepaketista. Kannattavuuden edellytyksenä on se, että toimenpidepaketti toteutetaan kokonaisuudessaan.

### 1.3 Tietoa BELOKista

Total Concept -menetelmän kehitystyöstä vastaa BELOK Group. BELOK on Ruotsin energiaviraston ja Ruotsin suurimpien muiden kuin asuinrakennusten omistajien yhteistyöorganisaatio, johon kuuluu niin julkisia kuin yksityisiäkin toimijoita. Jäsenet

edustavat 25 prosenttia Ruotsin muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettujen kiinteistöjen koko alasta.

Ruotsin energiaviraston perustamassa ja tukemassa BELOKissa toimii 18 kiinteistöyhtiötä. Niiden yhteistyöllä on suuri merkitys muiden kuin asuinkiinteistöjen energiatehokkuuden parantamisessa. Yhtiöt liittävät kaikkiin sopimuksiin yhtenäisiä energiatehokkuusvaatimuksia ja kehittävät ja kokeilevat uusia ja lupaavia järjestelmiä, komponentteja ja menetelmiä uusrakentamisessa ja kunnostustyössä. Tässä mielessä BELOK muodostaa tarpeellisen mutta usein puuttuvan yhteyden eri toimijoiden välille. Sen ansiosta uusia tekniikoita ja menetelmiä voidaan kehittää ja testata riittävästi, niin että ne voidaan ottaa käyttöön suuressa mittakaavassa. Kaikki BELOKin työn tulokset on julkaistu, ja ne ovat luettavissa sivustossa [www.belok.se](http://www.belok.se).

#### **BELOK Groupin jäsenet (tammikuu 2017):**

Akademiska Hus, Castellum, Fabega, Fortifikationsverket, Jernhusen, Locum, Göteborgs Stad Lokalförvaltningen, Malmö Stad Serviceförvaltningen, Midroc Property Development, Skolfastigheter i Stockholm, Specialfastigheter, Statens Fastighetsverk, Swedavia, Vasakronan, Västfastigheter, Hufvudstaden, AMF Fastigheter, Atrium Ljungberg, Fastighetskontoret Stockholms Stad, Skandia Fastigheter, Uppsala kommun

## **1.4 Total Concept -menetelmän referenssihankkeet**

### **1.4.1 Referenssihankkeiden tulokset**

Ensimmäiset hankkeet aloitettiin vuonna 2007, ja niiden tarkoituksena oli kokeilla ja kehittää menetelmää. Hankkeet käynnistettiin viidessä BELOKiin kuuluvien yritysten omistamassa toimistorakennuksessa. Hankkeita on sittemmin järjestetty useissa muuntotyypissä rakennuksissa, kuten kouluissa, sairaaloissa ja museoissa.

Tähän mennessä kattava energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden paketti on laadittu 18 kiinteistössä. Monissa kohteissa pakettien toteutus on edelleen käynnissä. Osassa kohteista paketit on toteutettu ja energiankulutuksen seuranta on aloitettu. Kolme hanketta on saatettu kokonaisuudessaan päätökseen, eli niissä on myös mitattu energiankulusta vuoden ajan toimenpiteiden toteutuksesta. Ensimmäisten hankkeiden toteuttaminen on kestänyt 3–5 vuotta, mikä johtuu muun muassa siitä, että seurantaan kuuluviin energiamittauksiin on sitouduttava vuodeksi.

Ruotsin kokeilurakennuksista saadut tulokset osoittavat, että Total Concept -menetelmän avulla on mahdollista vähentää energiankulutusta kustannustehokkaasti 40–70 prosentilla. Joissakin tapauksissa parannus tekee rakennuksista lähes nollaenergiarakennuksia ja toisissa se on suuri askel kohti tätä tavoitetta.

Ensimmäinen Total Concept -hanke valmistui maaliskuussa 2010. Hankkeessa korjattiin Skärholmenin ostoskeskuksessa Tukholman ulkopuolella sijaitseva Getholmenin kiinteistö, joka koostuu Brostadenin omistamasta toimistorakennuksesta. Sen energiankulutus laski 200 kilowattitunnista 86 kilowattituntiin neliötä kohti vuodessa, ja yli 8 000 neliömetrin rakennuksen energiakustannukset laskivat 58 000 eurolla vuodessa. Toimenpiteiden toteuttamisen jälkeisenä vuonna tehty seuranta vahvisti toimenpidepaketin kannattavuuden: paketin sisäinen korkokanta oli noin 13 prosenttia. Kiinteistöyhtiöiden teknisten osastojen mukaan suurin etu on kuitenkin siinä, että Total Concept -menetelmän ansiosta niiden on mahdollista vakuuttaa yhtiön talousosasto ja johtoporras suurten investointien kannattavuudesta ja kannustaa yhtiötä muuntamaan rakennukset lähes nollaenergiarakennuksiksi.

Kolmen valmiin hankkeen tulokset on esitetty liitteessä 1.

#### 1.4.2 Total Concept -menetelmän toteutuksen investointikustannukset

Toistaiseksi Ruotsista saatujen kokemusten mukaan Total Concept -kunnostushankkeen toteutuskustannukset rakennuksen energiankäytön puolittamiselle ovat karkeasti arvioituna 70 euroa neliometriä kohti (katso Taulukko 1.1). Kustannuksiin sisältyy yksityiskohtainen analyysi rakennuksen energiansäästötoimien kartoittamiseksi, investointikustannusten ja energiansäästöjen laskeminen, toimenpidepaketin laatiminen, suunnittelu ja toimeenpano sekä lopulliset toimintatarkastukset.

**Taulukko 1.1**

BELOK Groupin kiinteistön omistajien toteuttamien valmiiden Total Concept -hankkeiden investointikulut Ruotsissa.

Kuluerä	Kulut €/m <sup>2</sup>
Vaihe 1 Toimenpidepaketin luominen	3-4
Vaihe 2 Toimenpiteiden toteuttaminen	9 – 270 (keskiarvo 65)
Vaihe 3 Tulosten todentaminen	1-2
<b>Yhteensä (ilman arvonlisäveroa)</b>	<b>~ 13–276 €/m<sup>2</sup> (Keskiarvo 70)</b>
<b>Vuotuiset säästöt</b>	<b>2-35 €/m<sup>2</sup> vuodessa</b>

Taulukko 1.2 antaa yleiskatsauksen Ruotsin referenssihankkeiden tavallisista energiansäästötoimenpiteistä.

**Taulukko 1.2**

Tavalliset energiansäästötoimenpiteet Ruotsin referenssihankkeissa.

<b>Energiansäästötoimenpiteen tyyppi</b>
Uudet ilmapuhaltuskoneet, joissa on energiatehokkaat lämmönvaihtimet ja tuulettimet
Ilmanvaihtojärjestelmien virtausmäärän optimointi
Ilmanvaihtojärjestelmien käyttöaikojen ja lämpötilan asetuspisteiden optimointi
Lämmön talteenottojärjestelmän liittäminen ilmanvaihtojärjestelmiin
Hihnakäyttöisten tuulettimien korvaaminen uusilla energiatehokkailla tuulettimilla, joissa on taajuusmuuttajat
Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon asentaminen tiettyihin alueisiin/huoneisiin/järjestelmiin
Jäähdytysjärjestelmän asetuspisteiden optimointi
Vapaajäähdytysjärjestelmän asentaminen
Jäähdytyslaitteiden lauhtumislämmön talteenotto
Lämmityspatterien termostaattien vaihto ja lämmitysjärjestelmän vesikierron tasapainottaminen
Uusien energiatehokkaiden pumppujen asentaminen
Ikkunoiden vaihtaminen energiatehokkaisiin ikkunoihin
Kattoeristeen lisääminen
Liikkeen tunnistimen liittäminen tiettyjen huoneiden/alueiden valaistusjärjestelmään
Valaistusjärjestelmien korvaaminen energiatehokkaammalla valaistuksella

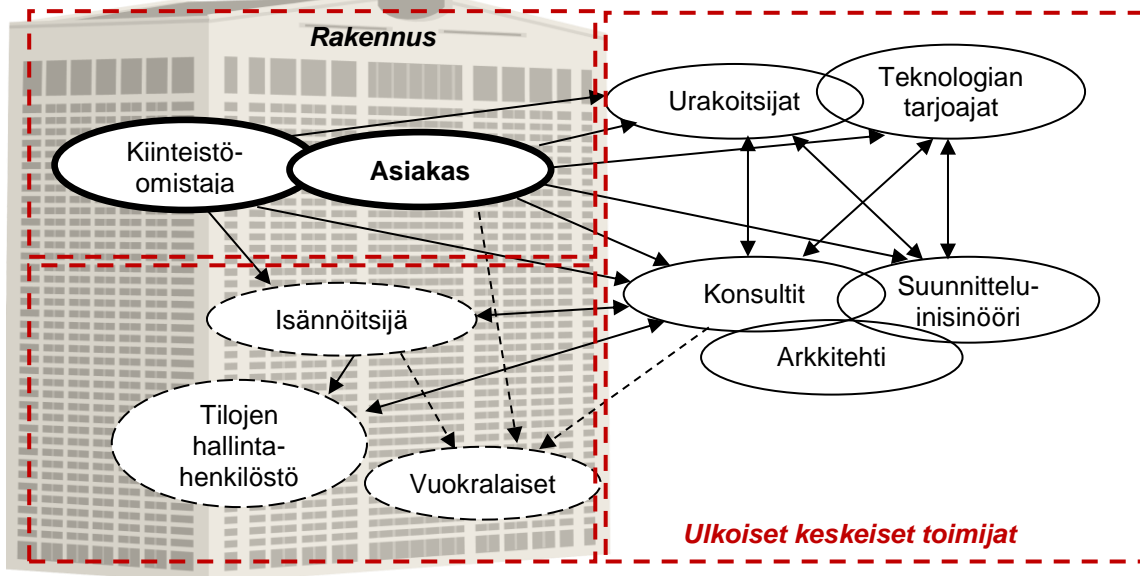
Muissa kuin asuinrakennuksissa hyviä energiansäästökohteita ovat usein erilaiset tekniset järjestelmät, kuten valaistus-, ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät. On melko yksinkertaista kartoittaa useita energiansäästötoimenpiteitä, joiden energiansäästöpotentiaali on suuri ja jotka eivät vaadi kovin suuria investointeja. Se on yksi syy, miksi Total Concept -menetelmällä voidaan saavuttaa hyviä tuloksia muissa kuin asuinrakennuksissa. Kannattavat toimenpiteet tukevat paketin vähemmän kannattavia toimenpiteitä, jolloin toimenpidepaketti täyttää edelleen kokonaisuutena kiinteistön omistajan kannattavuusvaatimukset. Asuinrakennuksissa on yleensä vähemmän teknisiä järjestelmiä, minkä vuoksi kannattavien toimenpiteiden määrä on rajallinen. Lisäksi suuria energiansäästöjä tuottavat toimenpiteet, kuten rakennuksen vaippaan tehtävät muutokset, voivat olla erittäin kalliita. Siksi Total Concept -menetelmän toimeenpano asuinrakennuksissa ei aina johda kannattavuusvaatimukset toteuttaviin suuriin energiansäästöihin. Menetelmää voidaan kuitenkin sinänsä soveltaa myös asuinrakennuksiin.

## 1.5 Total Concept -menetelmän sidosryhmät ja keskeiset toimijat

Total Concept -menetelmän toimeenpanoon osallistuu monia sidosryhmiä ja keskeisiä toimijoita, jotka vaikuttavat energiatehokkuuden parannushankkeen tuloksiin joko suoraan tai epäsuoraan. Menetelmän toteuttamiseen yleensä osallistuvat sidosryhmät ja keskeiset

toimijat esitellään kuvan 1.1 kaaviossa. Nuolet kuvaavat eri sidosryhmien ja keskeisten toimijoiden välisiä yhteyksiä.

Total Concept -menetelmässä sidosryhmiin luetaan *kiinteistönomistaja/asiakas*, joka panee alulle ja yleensä tilaa menetelmään perustuvan hankkeen. *Asiakkaalla* tarkoitetaan sekä kiinteistönomistajaa että muuta sijoittajaa tai päätöksentekijää, jolla on tarvetta sijoittaa



**Kuva 1.0.1** Total Concept menetelmän hankkeiden sidosryhmät ja keskeiset toimijat ovat yhteydessä toisiinsa.

rakennuksen energiansäästötoimenpiteisiin. Asiakkaita voivat olla esimerkiksi vuokralla olevat yritykset, jotka maksavat omat energialaskunsa, energiapalveluyritykset ja niin edelleen.

Total Concept -menetelmässä **sisäisiin keskeisiin toimijoihin** luetaan rakennuksessa ja/tai kiinteistönomistajalle työskentelevä henkilöstö. Henkilöstöllä on keskeinen asema Total Concept -projektissa, sillä se tuntee rakennuksen, sen käytön ja toiminnan. Tähän ryhmään kuuluvat kyseisestä rakennuksesta vastaavat *isännöitsijät*, joilla voi olla tärkeä asema investointipäätösten tekemisessä. Ryhmään kuuluu myös tilojen *hallintahenkilöstö* (*huoltohenkilöstö*), joka vastaa rakennuksen kaikkien järjestelmien toiminnasta, valvoo suoraan rakennuksen energiankäyttöä ja vaikuttaa siihen pitkällä aikavälillä. Sisäisiin keskeisiin toimijoihin lasketaan myös *vuokralaiset*. Loppukäyttäjinä he vaikuttavat suuresti rakennuksen energiankulutukseen. Sen vuoksi kiinteistönomistajan/asiakkaan on pidettävä heidät ajan tasalla ja vastattava heidän tarpeisiinsa. Tietyissä tapauksissa energiansäästötoimenpiteiden toteuttaminen voi myös olla vuokralaisten vastuulla. Tästä esimerkkinä ovat valaistusjärjestelmiä ja työssä käytettäviä koneita ja laitteita koskevat toimet.



Total Concept -menetelmässä **ulkoisiin keskeisiin toimijoihin** luetaan yritykset, jotka toteuttavat menetelmän eri vaiheet käytännössä ja tarjoavat palveluita ja tuotteita kiinteistönomistajalle/asiakkaalle osana energiakorjaushanketta. Tähän ryhmään kuuluvat *energiakonsultit*, jotka työskentelevät energiatehokkuuden parannuskysymysten parissa, *suunnitteluinsinöörit*, jotka suunnittelevat ehdotettujen toimenpiteiden yksityiskohdat, *urakoitsijat* ja *teknologian tarjoajat*, jotka osallistuvat kustannustehokkaan energiansäästöpaketin toteuttamiseen konsultin ehdotuksen mukaisesti.

## 1.6 Oppaan lukuohje

Opas on jaettu lukuihin, jotka kuvataan tässä lyhyesti.

*Luku 1 – Johdanto* antaa taustatietoa Total Concept -menetelmän kehityksestä Ruotsissa ja tarkkoja tietoja ensimmäisten referenssihankkeiden tuloksista. Johdannossa kuvataan myös Total Concept -menetelmän tärkeimmät sidosryhmät ja keskeiset toimijat.

*Luku 2 – Total Concept -menetelmän perusteet* käsittelee Total Concept -menetelmän peruseriaatteita ja sen tärkeimpiä etuja. Luvussa esitellään menetelmän toimintarakenne ja tehtävät.

*Luku 3 – Total Concept -menetelmän taloudelliset periaatteet* kuvaa Total Concept -menetelmän kannattavuuslaskelmissa käytettävän sisäisen korkokannan menetelmän. Lisäksi selvennetään käytettävien tietojen valintaa ja sen vaikutusta tuloksiin.

*Luku 4 – Total Concept -menetelmän vaihe 1 – Toimenpidepaketin laatiminen* antaa ohjeita vaiheen 1 toimijoille. Luvussa käsitellään asiakkaan ja konsultin rooleja sekä heidän tehtäviään ja vastuutaan toimenpidepaketin laatimisessa.

*Luku 5 – Total Concept -menetelmän vaihe 2 – Toimenpiteiden toteuttaminen* esittelee Total Concept -menetelmään perustuvien hankkeiden vaiheen 2 toteuttamiseen liittyviä kysymyksiä. Luvussa käsitellään asiakkaan, suunnitteluinsinöörin, urakoitsijan, huoltohenkilöstön ja isännöitsijän asemaa ja vastuita sekä tarjousasiakirjoille asetettavia perusvaatimuksia.

*Luku 6 – Total Concept -menetelmän vaihe 3 – Seuranta* käsittelee Total Concept -menetelmän vaiheen 3 toteuttamiseen liittyviä kysymyksiä. Luvussa pohditaan muun muassa ennen vaiheen 3 aloittamista tehtäviä valmisteluja, vastuunjakoa, energiankäytön mittaamista ja kannattavuuden arviointia.



## 2 Total Concept -menetelmän perusteet

Tässä luvussa käsitellään Total Concept -menetelmän peruseriaatteita ja sen tärkeimpiä etuja. Luvussa esitellään menetelmän toteutuksen toimintarakenne ja tehtävät.

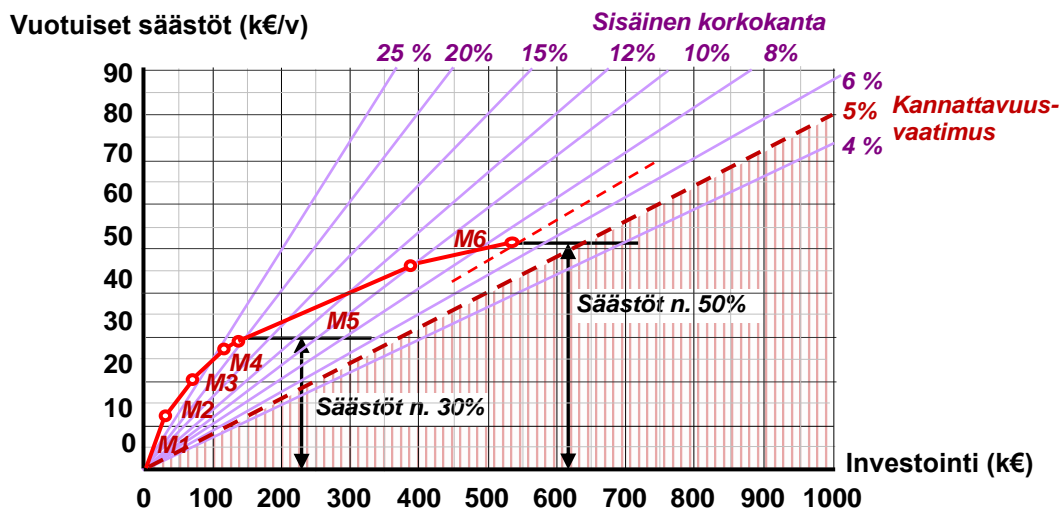
### 2.1 Total Concept -menetelmän yhteenveto

Total Concept -menetelmällä parannetaan nykyisten muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennusten energiatehokkuutta. Menetelmä tarjoaa järjestelmällisen lähestymistavan rakennusten energiakysymysten käsittelyyn, ja sillä pyritään saavuttamaan mahdollisimman suuret säästöt kustannustehokkaasti.

Menetelmän perustana on rakennuksessa tehty kattava katselmus. Kyse ei ole pelkästään selvästi kustannustehokkaimmista toimenpiteistä vaan kaikista toimenpiteistä, joissa on kohtalaista energiansäästöpotentiaalia. Jokaisen toimenpiteen kustannukset ja energiansäästö arvioidaan, ja toimenpiteistä muodostetaan paketti, joka *kokonaisuudessaan* täyttää rakennuksen omistajan kannattavuusvaatimukset. Kannattavuus määritetään *koko* toimenpidepaketin sisäisen korkokannan perusteella. Sen on oltava suurempi kuin rakennuksen omistajan asettama sisäisen korkokannan vähimmäisarvo.

Kuvassa 2.1 esitetään, kuinka toimenpidepakettia voidaan havainnollistaa sisäisen korkokannan kaaviolla. Kaavion y-akselilla esitetään vuotuisten kustannusten lasku ja x-akselilla investoinnit. Kaavioon voidaan merkitä tietyille taloudelliselle laskentajaksolle kuvaajia, jotka edustavat erilaisia sisäisiä korkokantoja. Jokaisella energiansäästötoimenpiteellä on tietty kustannus (euroa), ja se laskee vuotuisia käyttökustannuksia tietyllä summalla (euroa/vuosi). Nämä arvot voidaan esittää kaaviossa kuvaajalla, jolla on tietty pituus ja jyrkkyys. Kuvaajan jyrkkyys edustaa investoinnin tuottamaa sisäistä korkokantaa. Paketti voidaan laatia järjestämällä eri energiansäästötoimenpiteet kannattavuuden mukaan.

Toimenpiteiden määrä päätetään laskemalla koko paketin sisäinen korkokanta, jonka on ylitettävä määritetty sisäinen korkokanta. Kannattavuuslaskennan lopputuloksena saadaan sisäinen korkokanta energiansäästön näkökulmasta kattavimmalle toimenpidepaketille, joka vastaa kiinteistönomistajan/asiakkaan asettamia kannattavuusvaatimuksia.



**Kuva 2.0.1** Kuusi toimenpidettä (M1–M6) sisältävän toimenpidepaketin havainnollistaminen sisäisen korkokannan kaaviolla. Kaaviosta näkyy kunkin investoinnin todellinen kannattavuus reaalikorkona. Kiinteistönomistajan kannattavuusvaatimus investoinnille on viiden prosentin sisäinen korkokanta. Tässä esimerkissä koko toimenpidepaketilla on seitsemän prosentin sisäinen korkokanta.

Toimenpidepaketin havainnollistamista sisäisen korkokannan kaaviolla käsitellään tarkemmin luvussa 2.3.

Työskentelytavan etuna on se, että toimenpidepaketin toteuttaminen pelkkien erittäin kannattavien toimenpiteiden sijaan tuottaa paljon enemmän energiansäästöjä ja kiinteistönomistajan kannattavuusvaatimukset toteutuvat silti. Kannattavimmat toimenpiteet kompensoivat investointeja, jotka yksinään eivät olisi kannattavia. Siten toimenpidepaketti pysyy kokonaisuudessaan kannattavana. Näin saavutetaan huomattavasti suuremmat säästöt kuin jos kannattavimmat toimenpiteet toteutettaisiin erikseen. Tämä on Total Concept menetelmän ydinajatus.

Kuvan 2.1 esimerkissä kannattavuusvaatimuksena on vähintään viiden prosentin sisäinen korkokanta. Koko toimenpidepaketti (M1–M6) on vaatimuksen mukainen, sillä sen sisäinen korkokanta on seitsemän prosenttia. Tämä tarkoittaa vuotuisten energiakustannusten puolittumista, mikä vastaa suunnilleen energiankäytön puolittumista. Jos toteutettaisiin ainoastaan yksinään kannattavat toimenpiteet (M1–M4), säästöt olisivat yli 30 prosenttia. Koko paketti on kannattava, koska kannattavimmat toimenpiteet kompensoivat muita toimenpiteitä. Pelkkä kannattavimpien toimenpiteiden toteuttaminen ja muiden toimenpiteiden lykkääminen myöhempään ajankohtaan olisi epäedullista. Silloin yksinään kannattamattomat toimenpiteet, jotka kuitenkin ovat energianäkökulmasta tärkeitä, jäisivät todennäköisesti kokonaan tekemättä. Tämä johtuu siitä, että jäljellä ei olisi enää kannattavia toimenpiteitä, jotka kompensoisivat kannattamattomia toimenpiteitä.

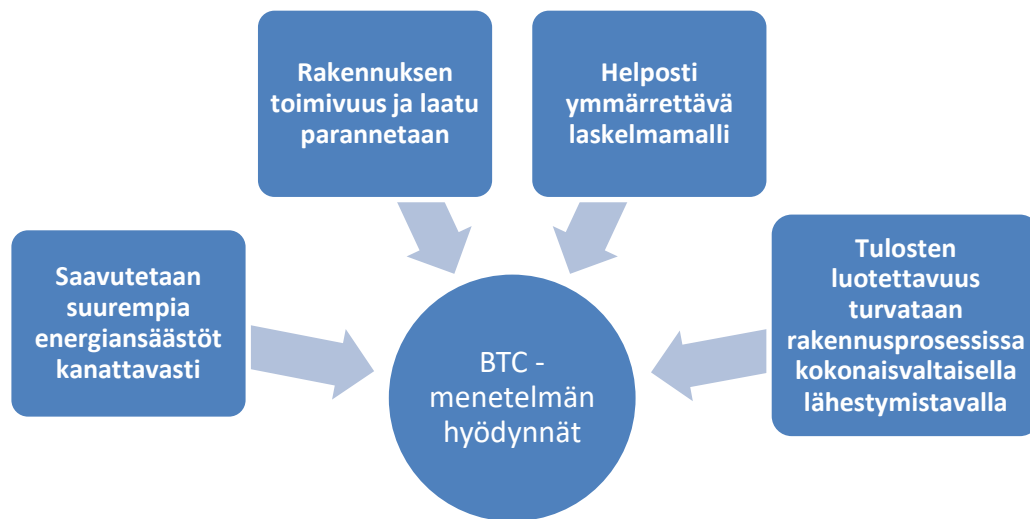
Huomattavien säästöjen saavuttaminen kohtuullisin kustannuksin on mahdollista vain, kun toimenpidepaketti laaditaan ja toteutetaan yhtenäisenä kokonaisuutena.

## 2.2 Total Concept -menetelmän tärkeimmät hyödyt

Total Concept -menetelmän tärkeimmät hyödyt kuvitellaan kuvassa 2.2. Seuraavat ominaisuudet kuvaavat Total Concept -menetelmää.

### Saavutetaan suurempia energiansäästöt kannattavasti

Total Concept -menetelmä tarjoaa mahdollisuuden hyödyntää nykyisten rakennusten energiansäästöpotentiaalia kattavasti, sillä sen avulla energiansäästötoimenpiteet toteutetaan kaupallisesti kannattavalla tavalla. Tarkan rakennusauditoinnin perusteella hahmotellaan kaikki mahdolliset energiaa säästävät toimenpiteet. Toimenpiteet toteutetaan yhtenä taloudellisesti kannattavana pakettina. Kannattavimmat toimenpiteet kompensoivat investointeja, jotka yksinään eivät olisi kannattavia.



**Kuva 2.2** Total Concept -menetelmän tärkeimmät hyödyt.

### Rakennuksen toimivuutta ja laatua parannetaan

Menetelmän toteuttaminen keskittyy rakennuksen laadun ja toimivuuden parantamiseen. Total Concept -menetelmää voidaan käyttää laajemmassa remonttiurakassa. Siinä tapauksessa investoinnit energiankäytön parantamiseen voidaan analysoida erikseen. Käyttämällä menetelmää peruskorjausurakassa, energiansäästökustannukset voidaan optimoida.

### Perustuu helposti ymmärrettävään taloudelliseen malliin

Energiansäästöremontit voidaan käsitellä pitkäaikaisina investointeina, koska energiansäästötoimenpiteiden vaikutusaika on yleisesti pitkä. Tämän vuoksi on käytettävä taloudellisia malleja, jotka kertovat päätöksen tekijälle sijoituksen mahdollisuuksista, helposti ymmärrettävällä tavalla. Total Concept -menetelmässä käytetään tuottavuusanalyysina sisäistä korkokantaa. Menetelmä kertoo todellisen tuoton, ilmaistuna korkokantana, jonka sijoitus kerryttää. Toimenpidepakettia muodostettaessa, myös tulevaisuuden suhteelliset muutokset energian hinnoissa sekä eripituiset taloudelliset elinkaaret otetaan huomioon.

### **Tulosten luotettavuus turvataan prosessin alusta loppuun kokonaisvaltaisella lähestymistavalla**

Total Concept -menetelmä tarjoaa kokonaisvaltaisen lähestymistavan rakennuksen energiatehokkuutta parannettaessa. Prosessi on tarkasti rakennettu, selkeine tehtävineen, roolijakoineen ja eri henkilöiden vastuualueineen. Koko energiaremonttia on mahdollista tarkastella ulkoa päin sekä varmistaa sen laatu.

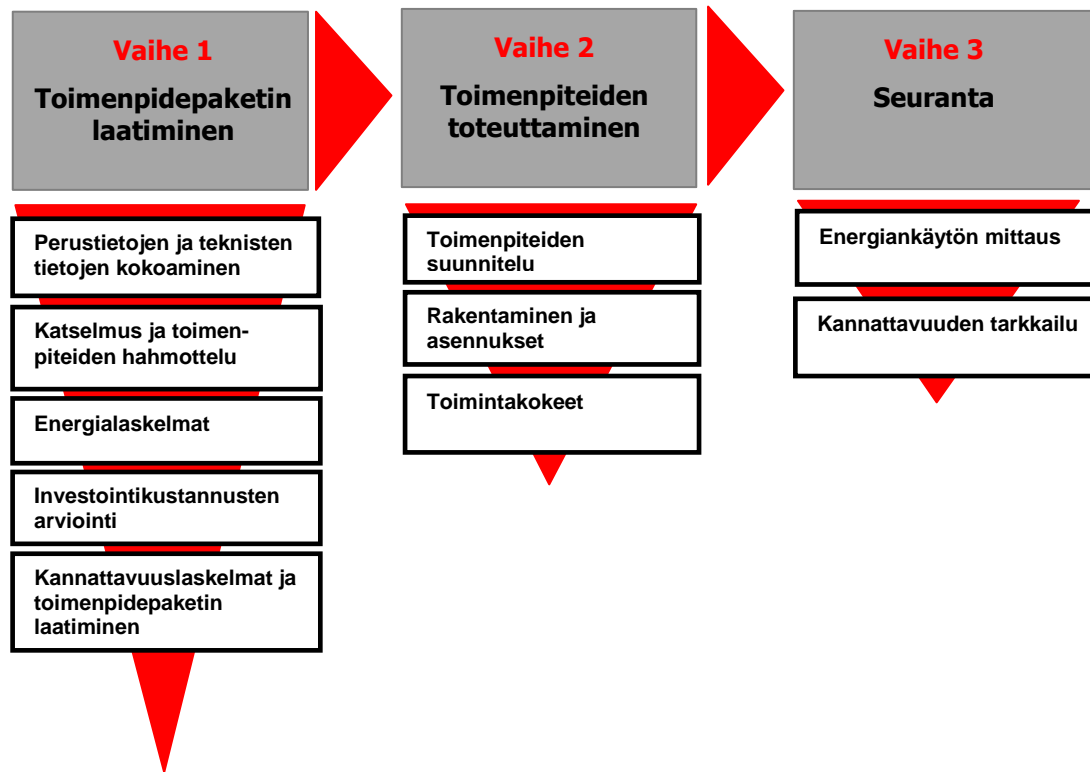
## **2.3 Total Concept -menetelmä**

### **2.3.1 Toimintarakenne**

Total Concept -menetelmän perustana on kokonaisvaltainen lähestymistapa rakennuksen energiatehokkuuden parannusprosessiin. Järjestelmällinen lähestymistapa ja ammattitaitoinen toteutus on tärkeää, ja siihen kuuluu eri sidosryhmien ja keskeisten toimijoiden pitäminen ajan tasalla omista rooleistaan ja vastuistaan. Järjestelmällisyyden takaamiseksi Total Concept menetelmän toimintaprosessi on jaettu kolmeen päävaiheeseen seuraavasti:

- Vaihe 1 – Toimenpidepaketin laatiminen
- Vaihe 2 – Toimenpiteiden toteuttaminen
- Vaihe 3 – Seuranta

Total Concept menetelmän toimintarakennetta havainnollistetaan kuvassa 2.2. Jokainen päävaihe sisältää useita päätehtäviä ja edellyttää tiettyjen Total Concept menetelmän sidosryhmien ja keskeisten toimijoiden osallistumista. Tämä kuvataan tarkemmin oppaan seuraavissa luvuissa.



**Kuva 2.3** Total Concept -menetelmän rakenne

### 2.3.2 Vaihe 1 – Toimenpidepaketin laatiminen

Total Concept -menetelmän ensimmäisessä vaiheessa rakennuksesta laaditaan yksityiskohtainen tekninen analyysi, jonka pohjalta muodostetaan toimenpidepaketti. Paketti sisältää sellaisia energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä, jotka tuottavat *kokonaisuutena* suurimmat energiansäästöt ja toteuttavat rakennuksen omistajan kannattavuusvaatimukset.

Ensimmäisen vaiheen tulos luo perustan toimenpidepaketin toteuttamista koskevalle investointipäätökselle. Päätös voidaan tehdä vain, jos tietoja voidaan tulkita helposti niin taloudellisesta kuin teknisestäkin näkökulmasta. Päättäjien täytyy myös voida luottaa siihen, että lasketut vuotuiset säästöt saavutetaan ja että toimenpidepaketin todelliset kustannukset vastaavat investointikululaskelmia. Hankkeen onnistuminen edellyttää huolellista analyysia. Hyvien tulosten saavuttaminen vaatii myös energiakonsultin, kiinteistönomistajan/asiakkaan, isännöitsijän ja huoltohenkilöstön välistä yhteistyötä.

Ensimmäinen vaihe voidaan jakaa seuraaviin päätehtäviin:

- rakennuksen perustietojen ja teknisten tietojen kokoaminen
- energiakatselmus ja energiansäästötoimenpiteiden hahmottelu
- investointikustannusten arviointi

- energialaskelmat
- kannattavuuslaskelmat ja toimenpidepaketin laatiminen
- toteutettavia toimenpiteitä koskevien ehdotusten raportointi ja esittely.

Total Concept -menetelmän ensimmäinen vaihe alkaa kohderakennuksen yksityiskohtaisella teknisellä arvioinnilla. Rakennuksen perustiedot kerätään ja sen olennaiset tekniset tiedot kootaan. Kohteessa tehdään kattava energiakatselmus, ja rakennuksen mahdolliset energiansäästötoimenpiteet hahmotellaan. Kyse ei ole pelkästään selvästi kustannustehokkaimmista toimenpiteistä vaan kaikista toimenpiteistä, joissa on kohtalaista energiansäästöpotentiaalia. Energiasimulaatiolla kartoitetaan erilaisia energian loppukäyttäjii ja arvioidaan eri toimenpiteillä saavutettavia energiansäästöjä.

Rakennuksen teknisessä arvioinnissa ja sen energiatehokkuuden määrittämisessä noudatetaan kokonaisvaltaista lähestymistapaa. Arviointi on huomattavasti perusteellisempi kuin esimerkiksi energiatodistusta varten vaadittava arviointi, vaikka todistuksesta saatavia tietoja voidaankin käyttää lähtökohtana. Hankkeen onnistuminen edellyttää huolellista analyysia. Siksi on tärkeää, että konsultti on erikoistunut muuhun kuin asuinkäyttöön tarkoitettujen rakennusten energia-arviointeihin. Konsultin on käytettävä energialaskentatyökaluja, ja hänen on teetettävä investointikululaskelmat kokeneilla kustannuslaskennan ammattilaisilla.

Kunkin yksittäisen toimenpiteen investointikulut arvioidaan, mutta samalla huomioidaan toimenpiteiden samanaikaisen toteutuksen vaikutukset kustannuksiin. Kiinteistönomistaja/asiakas määrittää taloudelliset ehdot, joiden perusteella investointikululaskelmat tehdään. Tähän kuuluu esimerkiksi sen määrittäminen, sisällytetäänkö suunnittelu- ja asiakaskulut kustannuslaskelmaan. On myös melko tavallista, että kiinteistöyhtiö toteuttaa energiansäästötoimenpiteitä rakennuksen kunnostuksen tai peruskorjauksen yhteydessä. Total Concept -menetelmän laskelmissa tulee huomioida vain ne kulut, jotka liittyvät suoraan energiatehokkuuden parannustoimenpiteisiin. Energiansäästölaskelmissa on myös huomioitava peruskorjauksen vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen.

Kannattavuuslaskelmissa toimenpiteet järjestetään kannattavuuden mukaan sisäisen korkokannan perusteella. Kannattavuuslaskelmat voidaan toteuttaa Total Conceptin *TotalTool*-laskentatyökalulla. Kannattavuuslaskennan lopputuloksena saadaan sisäinen korkokanta. Se vastaa energiansäästön näkökulmasta kattavinta toteuttamiskelpoista toimenpidepakettia, joka vastaa kiinteistönomistajan/asiakkaan asettamia kannattavuusvaatimuksia.

### **2.3.3 Vaihe 2 – Toimenpiteiden toteuttaminen**

Total Concept -menetelmän toisessa vaiheessa varmistetaan, että toimenpidepaketin energiansäästötoimet toteutetaan kokonaisuudessaan. Toinen vaihe perustuu huolelliseen

hankinta-, suunnittelu- ja rakennustyöhön. Vaiheet ovat periaatteessa samat kuin missä tahansa tavallisessa kunnostushankkeessa. Toinen vaihe voidaan jakaa seuraaviin päätehtäviin:

- toimenpiteiden suunnittelu
- rakentaminen ja asennukset
- toimintatarkastukset.

Monet paketin toimenpiteistä ovat niin yksinkertaisia, että ne voidaan toteuttaa ilman erityisiä valmisteluja. Toiset taas täytyy suunnitella tarkasti ja teettää urakoitsijoilla. Tässä yhteydessä on huomioitava myös toimenpiteiden vaikutus vuokralaisiin ja rakennuksen käyttäjiin.

Työn päätteeksi tehdään perusteellisia toimintatarkastuksia, jotta mahdolliset viat voidaan korjata ennen toimenpidepaketin arviointia. Tarkastuksilla pyritään muun muassa varmistamaan, että kaikki järjestelyt toimivat asianmukaisesti. Jos esimerkiksi uudistettu ilmanvaihtojärjestelmä ei toimi vaaditulla tavalla, suuri osa energiansäästöistä ja siten myös kustannussäästöistä voidaan menettää.

Toisessa vaiheessa aloitetaan myös kolmannen vaiheen seurannan suunnittelu ja varmistetaan, että rakennuksen energiankäyttöä on mahdollista mitata jatkossa. Mittauksia varten voi olla tarpeellista asentaa ylimääräisiä sähkö- ja lämpömittareita. Rakennuksen hallintajärjestelmiin (BSM) on yleensä jo asennettu valvontajärjestelmiä, mutta täydennyksille voi olla tarvetta. Täydennykset on tehtävä energiansäästötoimenpiteiden toteutuksen yhteydessä. Paketin energiansäästötoimenpiteiden todellisten kustannusten seuranta on myös tarpeellista.

### **2.3.4 Vaihe 3 – Seuranta**

Kolmannen vaiheen tarkoituksena on seurata energiankäyttöä toimenpidepaketin toteutuksen jälkeen ja tarkkailla paketin kannattavuutta.

Kolmas vaihe voidaan jakaa seuraaviin päätehtäviin:

- energiankäytön mittaus
- kannattavuuden tarkkailu.

Kun toisen vaiheen toimenpiteiden toimivuus on varmistettu, rakennuksen energiankulutusta voidaan seurata ottamalla lukemia kuukausittain vähintään vuoden ajan. Tuloksia käytetään lopullisessa kannattavuusanalyysissä.

Rakennuksen käytön ja kolmannessa vaiheessa tehtävän tiedonkeruun yhteydessä on tärkeää kiinnittää huomiota rakennuksen todelliseen käyttöön. Tavoitteena on selvittää, ovatko toimintaolosuhteet ja käyttö muuttuneet ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa

tehtyihin oletuksiin verrattuna. Rakennuksessa harjoitettava toiminta on saattanut muuttua tai osa rakennuksesta ei ehkä ole käytössä, vaikka niin on alun perin suunniteltu. Seurantatarkastus on tarpeen, jotta oletettujen ja toteutuneiden tulosten erot voidaan selittää.

Kannattavuustarkastuksessa mitattua energiankäytön laskua ja toisen vaiheen todellisia investointikuluja käytetään koko toimenpidepaketin todellisen sisäisen korkokannan määrittämisessä. Tulosta verrataan ensimmäisessä vaiheessa laskettuun sisäiseen korkokantaan. Mikäli ennustetun ja todellisen kannattavuuden välillä on eroja, niiden syyt on selvitettävä.



## 3 Total Concept -menetelmän taloudelliset periaatteet

Tässä luvussa käsitellään taloudellisia periaatteita ja terminologiaa, joihin Total Concept -menetelmä perustuu. Luvussa selvennetään käytettävien tietojen valintaa ja sen vaikutusta tuloksiin. Lisäksi selitetään, kuinka Total Concept -menetelmän kannattavuuslaskelmissa käytettävä sisäisen korkokannan menetelmä toimii.

### 3.1 Johdanto

Taloudellisilla laskelmilla rakennusalaalla voi olla seuraavat tavoitteet:

- investointipäätösten tekeminen;
- resurssien jakaminen ja sopivan vaihtoehdon valinta;
- rakennusteknisten järjestelmien ja niiden osien mitoitus.

Ensimmäinen tavoite on sitä varten, kun sijoittaja päättää lähteä mukaan tai jäädä pois sijoituksesta, esimerkiksi päätettäessä, kannattaako energiaremontti tehdä vai ei. Aloitetaan määrittämällä investoinnin kannattavuus. Sitä varten on eri taloudellisia malleja olemassa. Mallit kuuluvat talousteorian perusteisiin, ja niitä käsitellään useimmissa liiketalouden perusteoksissa

Toinen tavoite on sitä varten, kun sijoituspäätös on tehty, mutta halutaan valita eri systeemien ja laitteiden valilla. Päämäärä on laskea eri vaihtoehtojen kannattavuus ja tarkista, onko sijoitus kannattava.

Kolmas tavoite on osa suunnitteluvaihetta, kun mitoitetaan eri rakennus- ja teknisten järjestelmien osia.

Total Concept -menetelmä auttaa ensimmäiseen tavoitteeseen, koska se tarjoaa perustan sijoituspäätökseen. Seuraavassa käsitellään ainoastaan laskentamalleja ja periaatteita, jotka ovat välttämättömiä Total Concept -menetelmän mukaisessa kannattavuuden arvioinnissa.

### 3.2 Kannattavuuslaskelmissa käytetyt peruskäsitteet ja terminologia

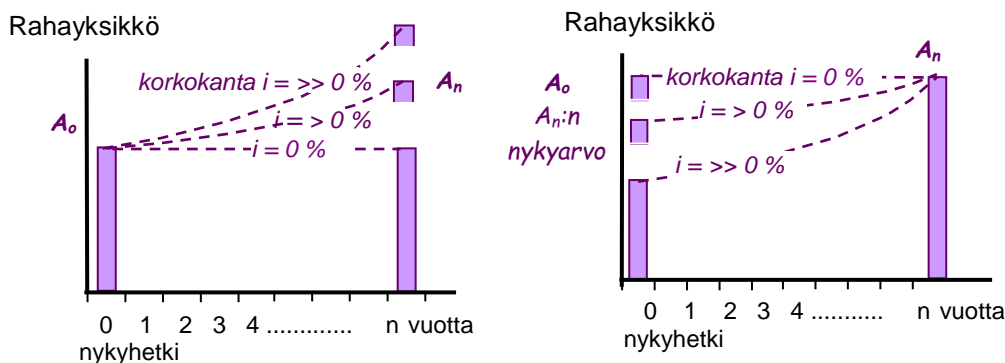
Tietyillä kannattavuuslaskelmien peruskäsitteillä on merkittävä vaikutus kokonaistuloksiin. Näitä ovat esimerkiksi korkokannan valinta (pääomakustannukset), suhteellisen hinnanmuutoksen arviointi ja investoinnin laskentajakson valinta. On tärkeää ymmärtää nämä peruskäsitteet ja käytettävät tiedot perusteellisesti.

### 3.2.1 Korkokanta, säästöjen nykyarvo ja pääomakustannukset

Kaikkien investointiehtotukseen liittyvien kustannusten ja säästöjen on oltava tiedossa investoinnin kannattavuuden määrittämistä varten. Jos kannattavuus halutaan määrittää oikein, täytyy myös tarkastella rahan arvoa eri aikoina. Tällä hetkellä käytössä olevalla rahalla on todellinen arvo, joka on enemmän kuin tuleva tulo. Tämänhetkisen rahan arvon ja tulevan tulon välinen suhde määritetään *korkokannan* (*interest rate*) avulla.

Laskelmissa käytettävä korkokanta antaa käsityksen siitä, millaisiksi yritys arvioi tulevat varat suhteessa nykyisiin varoihin. Rahasumman omistaja voi päättää joko pitää rahan, investoida sen tai lainata sen saadakseen korkotuloja vuosien mittaan. Korkokannan on oltava riittävän suuri investoinnin tekemistä tai lainan ottamista varten. Vaihtoehdon on oltava houkuttelevampi kuin rahan sijoittamatta jättäminen tai käyttäminen muuhun tarkoitukseen.

Kuvasta 3.1 näkyy, kuinka korkokanta vaikuttaa rahan nykyarvoon. Jos esimerkiksi investoidaan tietty summa  $A_0$  (€) tänään ja talletetun summan vuosituotto on  $i$ ,  $n$  vuoden kuluttua summa on kasvanut summaksi  $A_n$  (€). Summan  $A_n$  (€) suuruus riippuu korkokannasta  $i$ . Mitä suurempi korkokanta, sitä suurempi summa  $A_n$  (€). Jos sen sijaan  $n$  vuoden kuluttua vastaanotetaan tietty summa  $A_n$  (€), sen tämänhetkinen arvo on  $A_0$  (€). Arvo on pienempi, kun korkokanta on korkea.  $N$  vuoden kuluttua maksettavan summan  $A_n$  (€) tämänhetkisestä arvosta  $A_0$  (€) käytetään nimitystä *yksittäisen summan nykyarvo* (*present value of a single amount*).



**Kuva 3.1** Korkokannan vaikutus rahan nykyarvoon.

Yksittäisen summan  $A_n$  (€) nykyarvo  $A_0$  (€), joka saadaan  $n$  vuoden kuluttua, lasketaan seuraavasti:

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

Yksittäisten tuottojen nettonykyarvotekijä (net present value factor)  $i(i,n)$  korkokannalla  $i$  ja taloudellisella laskentajaksolla  $n$  voidaan laskea tai lukea taulukosta (katso liite 2).

**Esimerkki:**

Kun lainataan rahasumma  $A_0 = 1\,000$  euroa 10 prosentin korkokannalla, lainan kertamaksun on oltava 10 vuoden kuluttua  $A_n = A_0 \times 1/i(10,10) = 1\,000 \times (1/0,3855) \approx 2\,600$  euroa.

Kun peritään takaisin rahasumma  $A_n = 1\,000$  euroa 10 vuoden kuluttua, sen arvo on 10 prosentin korkokannalla tällä hetkellä  $A_0 = A_n \times i(10,10) = 1\,000 \times 0,3855 \approx 390$  euroa.

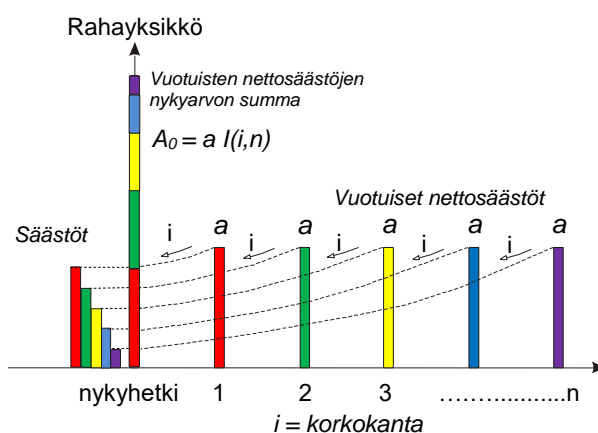
Tässä esimerkissä yksittäisten tuottojen nettonykyarvotekijä on  $i(10,10) = 0,3855$ .

Jokainen energiansäästötoimenpide tuottaa tietynsuuruiset vuotuisten käyttökulujen säästöt tietyn taloudellisen käyttöiän aikana. Jotta voidaan arvioida tulevaisuudessa saatavien vuotuisten säästöjen nykyarvo, jokainen vuotuinen säästö diskontataan nykyhetkeen ja lasketaan yhteen. Kunkin vuotuisen nettosäästön nykyarvon summasta käytetään tässä yhteydessä nimitystä nettosäästöjen nykyarvon summa (present value sum of net savings). Asiaa havainnollistetaan kuvassa 3.2.

Vuotuisen nettosäästön  $a$  (€/vuosi) nykyarvon summa  $A_0$  (€), joka säästetään joka vuosi  $n$  vuoden ajan, lasketaan seuraavasti:

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

Nettonykyarvotekijä  $I(i,n)$  korkokannalla  $i$  ja taloudellisella laskentajaksolla  $n$  voidaan laskea tai lukea taulukosta (katso liite 2).



**Esimerkki:**

Nykyiset ikkunat on korvattava kolminkertaisella lasituksella. Nettosäästöt ovat laskelman mukaan 10 000 euroa vuodessa.

Kun laskentakorkokanta on neljä prosenttia 20 vuoden taloudellisella laskentajaksolla, nettonykyarvotekijäksi tulee  $I(4,20) = 13,6$ .

Vuotuisen nettosäästön nykyarvon summa on  $A_0 = 10\,000 \times 13,6 = 136\,000$  euroa

**Kuva 3.2** Vuotuisten nettosäästöjen nykyarvo. Jokaisen vuotuisen säästön nykyarvo voidaan laskea nykyhetkeen ja laskea yhteen.

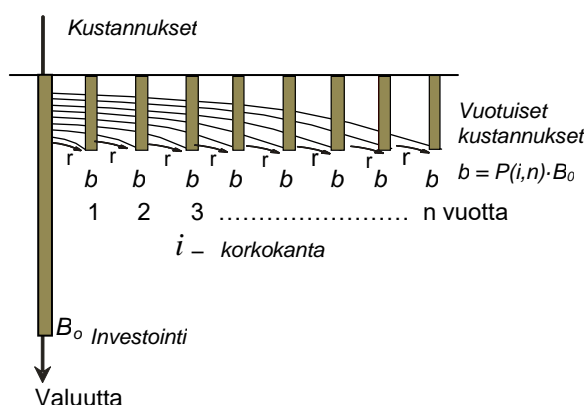
Jos energiasäästötoimenpiteen investointi rahoitetaan pankkilainalla, jolla on korkokanta  $i$ , yleisen käytännön mukaan laina maksetaan takaisin pankille jatkuvaluonteisesti. Jotta

voidaan arvioida pankille suoritettavia maksuja, investointi muunnetaan vuotuisiksi kustannuksiksi, jotka jakaantuvat tasaisesti laskentajakson ajalle. Vuotuisten pääomakustannusten arviointia havainnollistetaan kuvassa 3.3.

Kun investoidaan summa  $B_0$  (€), joka on maksettava takaisin  $n$  vuoden kuluessa, investoinnin vuotuiset kustannukset (vuotuiset pääomakustannukset)  $b$  (€/vuosi) lasketaan seuraavasti:

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

Annuiteettitekijä  $P(i, n)$  korkokannalla  $i$  ja taloudellisella laskentajaksolla  $n$  voidaan laskea tai lukea taulukosta (katso liite 2).



#### Esimerkki:

10 000 euron investointi on maksettava takaisin 10 vuodessa kuuden prosentin korkokannalla. Mitkä ovat investoinnin vuotuiset kustannukset?

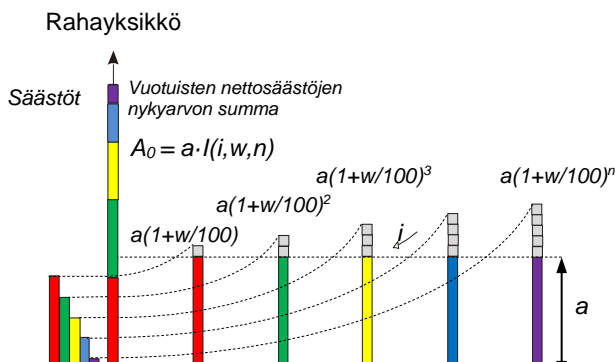
Annuiteettitekijä on  $P(6, 10) = 0,13597$

Investoinnin vuotuiset kustannukset ovat  $b = 10\,000 \times 0,13597 \approx 1\,360$  €/vuosi

**Kuva 3.3** Investoinnin vuotuiset kustannukset. Investointi  $B_0$  (€) muunnetaan vuotuisiksi kustannuksiksi  $b$  (€/vuosi), jotka jakaantuvat tasaisesti laskentajakson ajalle.

### 3.2.2 Nimellinen korkokanta ja reaalikorkokanta

Investoinnit tehdään yleensä sillä oletuksella, että ne maksetaan takaisin tulevilla tuloilla tai säästöillä. Kun ajatellaan todellisia rahasummia, tulevat tulot tai säästöt ovat suurempia tulevan suhteellisen hinnanmuutoksen eli inflaation vuoksi. Asiaa havainnollistetaan



**Kuva 3.4** Tuleva suhteellinen hinnanmuutos eli inflaatio. Nettosäästöjen nykyarvon summa  $A_0$  nousee samaa tahtia tulevan hinnanmuutoksen kanssa.

kuvassa 3.4. Normaalisti toimivassa taloudessa tuotteiden ja palveluiden hinta kasvaa jatkuvasti ja samalla rahan arvo laskee jatkuvasti. Euroopassa inflaatio on noin 2–3 prosenttia vuodessa.

Pääomakustannukset (€/vuosi), kuoletukset ja korko pysyvät kuitenkin samana eli nimellisarvoissaan. Tämä otetaan huomioon *nimellisessä korkokannassa* (*nominal interest rate*)  $i_n$ , joka on korkokanta investoinnin tekohetkellä (tällä hetkellä) ja siten korkeampi kuin se olisi ilman inflaatiota. Esimerkiksi pankkilainoissa käytetään korkokantana nimellistä korkokantaa.

Jos lähtökohtana on nimellinen korkokanta, investoinnin kannattavuuden määrittämisessä on huomioitava inflaatio. Toisaalta inflaatio voidaan myös nähdä porrastuskertoimen (scaling factor) muutoksena. Inflaatio voidaan huomioida seuraavasti:

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

missä  $I(i_n, w, n)$  on nettonykyarvotekijä, joka sisältää myös inflaation.

Nettonykyarvotekijää  $I(i_n, w, n)$  ei esitetä yleisten talousalan julkaisujen taulukoissa eikä sitä koskevaa tietoa ole helposti saatavilla. Erityisesti kannattavuuslaskelmien tapauksessa tulevat hinnanmuutokset voidaan kuitenkin kätevästi huomioida hyvällä approksimaatiolla seuraavasti:

$$I(i_n, w, n) \approx I(i_n - w, n)$$

Approksimaatiosta johtuva virhe riippuu nimellisestä korkokannasta  $i_n$ , inflaation  $w$  suuruudesta ja taloudellisesta laskentajaksosta  $n$ . Se on alle kolme prosenttia 5–15 prosentin nimellisellä korkokannalla, alle neljän prosentin inflaatiolla ja enintään 30 vuoden taloudellisella laskentajaksolla [3]. Investointien rahalliset rajat ovat hiukan matalammat approksimaatiota  $I(i_n, w, n) \approx I(i_n - w, n)$  käytettäessä, mutta poikkeama on pieni verrattuna investointiarvioihin aina liittyviin epävarmuuksiin. Nykyisen rakennuksen energiansäästötoimenpiteiden arviointiin liittyy aina jonkinasteista epävarmuutta yksittäisen toimenpiteen kustannusten ja sen energiansäästöjen suhteen. Talouskysymyksissä on tästä syystä järkevää hyväksyä tiettyjä matemaattisia approksimaatioita, jos ne yksinkertaistavat asioita huomattavasti. Yksi tällainen approksimaatio on olennainen tulevan suhteellisen hinnanmuutoksen huomioinnissa.

Inflaation huomiotta jättävästä korkokannasta käytetään nimitystä *reaalikorkokanta* (*real interest rate*)  $i_r$ . Se vastaa suunnilleen nimellistä korkokantaa  $i_n$ , josta on vähennetty

keskimääräisen kustannustason vuotuinen muutos  $w$  ilmaistuna seuraavana prosenttiarvona:  $i_r \approx i_n - w \%$ .

### 3.2.3 Energian tuleva suhteellinen hinnanmuutos

Edellä esitetty päättely pitää paikkansa vain, jos kaikilla hinnoilla on suunnilleen sama inflaatio. Jos jokin osa investoinnista saatavasta voitosta ei noudata yleistä inflaatiota, asia on otettava huomioon. On kohtuullista olettaa, että energian hinta nousee keskimääräistä inflaatiota enemmän, ja tämä täytyy huomioida energiansäästötoimenpiteiden kustannustehokkuuden määrittämisessä. Yleensä näin käykin.

Tässä yhteydessä voidaan käyttää samoja perusteita kuin inflaation kohdalla. Jos oletetaan, että energiakustannusten suhteellinen vuosikasvu on  $q \%$  keskimääräistä hinnannousua suurempi, reaalikorkokanta  $r$  voidaan korjata vähentämällä siitä  $q \%$ :  $i_{adj} \approx i_r - q \%$ .

Inflaation ylittävän suhteellisen energian hinnanmuutoksen  $q \%$  huomioivasta reaalikorkokannasta käytetään nimitystä *mukautettu reaalikorkokanta (adjusted real interest rate)*  $i_{adj}$ .

Kiinteistönomistajan on päätettävä, kuinka suureksi se arvioi inflaation ylittävän suhteellisen energian hinnanmuutoksen  $q \%$ . Energian hinnanmuutoksen arviot vaihtelevat eri EU-maissa. Ruotsissa ei ole yhteistä kansallista ohjetta siitä, millaista suhteellista energian hinnanmuutosta on käytettävä. Jotkut ruotsalaiset kiinteistönomistajat arvioivat, että hinnanmuutos on noin kaksi prosenttia.

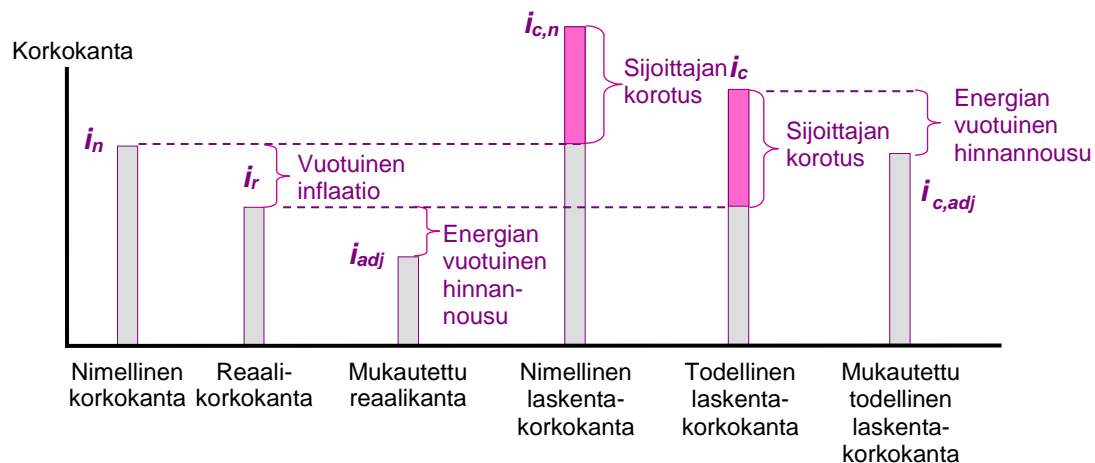
### 3.2.4 Laskentakorkokanta (pääomakustannus)

Yrityksen rahoitustarve voidaan ilmaista määrittämällä kannattavuuden arvioinnissa käytettävä korkokannan taso eli *laskentakorkokanta (pääomakustannus) (calculation interest rate (the cost of capital))*.

Kannattavuusvaatimukset voidaan yhdistää täydentäviin ehtoihin. Laskentakorkokannan määrittäminen on kenties kaikkein perustavanlaatuisin kannattavuuden varmistava valvontakeino, kun otetaan huomioon yrityksen taloustilanne ja sijoitustapojen kurinalaisuus. Laskentakorkokantaa koskevat päätökset ovatkin aina yritysjohton vastuulla. Vain yritysjohto, toisinaan yhteistyössä hallituksen kanssa, voi päättää laskentakorkokannasta ja siihen mahdollisesti tehtävistä muutoksista. Hiukan yksinkertaistettuna laskentakorkokantaa koskeva päätös perustuu osittain sijoitetun pääoman todelliseen korkokantaan, kuten pankkilainaan, ja osittain yrityksen yleiseen taloudelliseen tilanteeseen ja pitkäaikaissuunnitelmiin. Laskentakorkokanta on näin ollen korkokanta, joka on maksettava investoidusta pääomasta ja johon lisätään yrityksen vakavaraisuuden, maksuvalmiuden, lainanottomahdollisuuksien, vaihtoehtojen

investointimahdollisuuksien, pitkäaikaisten omistusten ja vastaavien perusteella määritettävä investointikorotus.

Laskentakorkokanta voi olla nimellinen laskentakorkokanta (nominal calculation interest rate)  $i_{c,n}$ , jossa oletettu inflaatio on huomioitu, tai todellinen laskentakorkokanta (real calculation interest rate)  $i_c$ , jossa inflaation vaikutusta ei huomioida. Nimellistä laskentakorkokantaa käytettäessä investointianalyysissä on huomioitava inflaatio. Jos energian hinnan odotetaan nousevan inflaatiota suuremmaksi, käytetään mukautettua todellista laskentakorkokantaa (adjusted real calculation interest rate) eli  $i_{c,adj} = i_c - q$  %, jossa  $q$  % tarkoittaa keskimääräiseen hinnanmuutokseen (inflaatio) lisättyä suhteellista energian hinnannousua.



**Kuva 3.5** Korkokannan käsitteet. Kannattavuuslaskelmissa käytetään todellista laskentakorkokantaa tai mukautettua todellista laskentakorkokantaa.

Korkokantoihin liittyvät käsitteet ja niiden keskinäiset suhteet on koottu yhteen kuvassa 3.5.

**Esimerkki:**

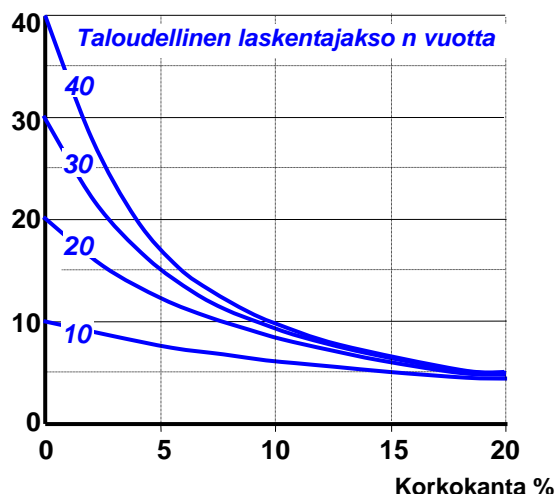
Alla oleva numeerinen esimerkki kuvaa korkokannan käsitteiden välistä suhdetta. Asiakas eli sijoittaja määrittää, mitä arvoja kussakin tapauksessa käytetään.

Korkokanta	Arvo
Nimellinen korkokanta $i_n$ , tässä tapauksessa pankin korkokanta	$i_n = 4 \%$
Nimellinen laskentakorkokanta $i_{c,n}$ , jossa on 3 %:n sijoittajan korotus	$i_{c,n} = 4 \% + 3 \% = 7 \%$
Reaalikorkokanta $i_r$ , kun odotetaan 2 %:n vuotuista inflaatiota	$i_r = 4 \% - 2 \% = 2 \%$
Todellinen laskentakorkokanta $i_c$ , jossa on 3 %:n sijoittajan korotus	$i_c = 2 \% + 3 \% = 5 \%$
Mukautettu todellinen laskentakorkokanta $i_{c,adj}$ , johon on laskettu 2 %:n suhteellinen inflaation ylittävä energian hinnannousu	$i_{c,adj} = 5 \% - 2 \% = 3 \%$

### 3.2.5 Laskentakorkokannan valinta

Kannattavuuslaskelmissa korkokannan valinnalla ja taloudellisella laskentajaksolla on suuri merkitys investoinnin tuottavuuteen. Kuvassa 3.6 kuvataan nettonykyarvotekijän  $I(i,n)$  suuruutta ja sitä, kuinka se vaihtelee korkokannan  $i$  ja taloudellisen laskentajakson  $n$  mukaan. Matala korkokanta tarkoittaa sitä, että tulevien säästöjen arvo on korkea verrattuna saman summan säästämiseen tänään. Kuvasta näkyy myös, että taloudellisen laskentajakson merkitys vähenee samalla kun korkokanta kasvaa. Matala korkokanta on hyödyllinen pitkän taloudellisen laskentajakson investoinneissa, vaikka tuotto olisikin matala. Korkeaa korkokantaa käytetään yleensä hyvin tuottavissa investoinneissa, vaikka taloudellinen laskentajakso olisikin lyhyt.

Nettonykyarvotekijä  $I(i,n)$



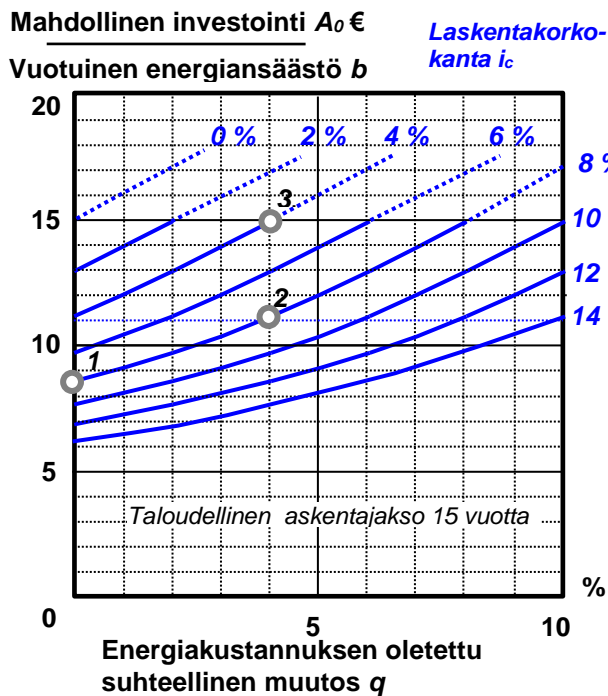
#### Tärkeimmät huomautukset:

- Matala korkokanta tarkoittaa sitä, että tulevien säästöjen arvo on korkea verrattuna saman summan säästämiseen tänään.
- Taloudellisen laskentajakson merkitys vähenee samalla kun korkokanta kasvaa.
- Matala korkokanta on hyödyllinen pitkän taloudellisen laskentajakson investoinneissa, vaikka tuotto olisikin matala.
- Korkeaa korkokantaa käytetään yleensä hyvin tuottavissa investoinneissa, vaikka taloudellinen laskentajakso olisikin lyhyt.

**Kuva 3.6** Nettonykyarvotekijän  $I(i,n)$  vaihtelu korkokannan  $i$  ja taloudellisen laskentajakson  $n$  mukaan.

Lisäksi oletus siitä, että investoinnin maksuun käytettävän tulon tai säästön arvo kasvaa inflaatiota nopeammin, tarkoittaa käytännössä sitä, että laskentakorkokantaa lasketaan. Tällä on suuri merkitys investoinnin kannattavuuden laskennassa. Kuvan 3.7 esimerkki osoittaa, kuinka laskentakorkokannan valinta ja tulevaa suhteellista energian hinnannousua koskevat oletukset vaikuttavat kannattavuuden arviointiin.





#### Esimerkki:

Toimenpide säästää  
20 000 euroa vuodessa nykyisillä energian  
hinnoilla.

1. Jos laskentakorkokanta on 8 %, on kannattavaa sijoittaa enintään  
 $8.5 \times 20\,000 = 170\,000 \text{ €}$
2. Jos laskentakorkokanta on edelleen 8 %, mutta energian hinnan oletetaan nousevan vuosittain 4 % yli keskimääräisen inflaation, on kannattavaa sijoittaa enintään  
 $11 \times 20\,000 = 220\,000 \text{ €}$
3. Jos laskentakorkokanta on 4 %, ja energian hinnan oletetaan nousevan vuosittain 4 % yli keskimääräisen inflaation, on kannattavaa sijoittaa enintään  
 $15 \times 20\,000 = 300\,000 \text{ €}$

**Kuva 3.7** Laskentakorkokannan valinnan ja tulevaa energian hinnannousua koskevien oletamusten vaikutus kannattavuuslaskelmiin.

Kuvan 3.7 kaavio pätee energiatoimenpiteeseen, jonka taloudellinen laskentajakso on 15 vuotta. Jos toimenpiteen laskentajakso on pidempi, käyrä jyrkkenee eli tulevaa energian hinnannousua koskevien oletamusten vaikutus kasvaa.

Samoin kuin laskentakorkokannan tapauksessa investoinnin tekevän yritysjohdon on päätettävä, tarvitseeko investointilaskelmissa huomioida myös tulevat suhteelliset energian hinnanmuutokset ja mikäli on, kuinka suuret ne ovat. Investointipäätöksen perustana olevassa kannattavuuslaskelmassa täytyy ilmaista selvästi, mitä laskentakorkokantaa on käytetty ja millaista tulevaa energian hinnannousua on oletettu.

### 3.2.6 Aikakäsitteet kannattavuuslaskelmissa

Kannattavuuslaskelmissa käytetään usein erilaisia aikakäsitteitä, ja rakennus- ja kiinteistöalalla niiden merkitys voi olla täysin erilainen kuin energiatoimenpiteiden arvioinnissa. Total Concept -menetelmän käyttäjille onkin tarpeen selittää eri ajanjaksojen määritelmiä ja kertoa kiinteistönomistajille/asiakkaille, mitä tärkeitä näkökohtia kannattavuuslaskelmissa käytettävien ajanjaksojen valintaan liittyy.

#### Tekninen käyttöikä

Teknisellä käyttöiällä tarkoitetaan jaksoa, jonka aikana energiatehokkuuden parannustoimi voidaan katsoa teknisesti hyödylliseksi. Toisin sanoen se on aika, jolloin investointi toimii tyydyttävällä tavalla ja täyttää sille asetetut tekniset vaatimukset.

### Taloudellinen käyttöikä

Taloudellisella käyttöiällä tarkoitetaan jaksoa, jonka aikana energiatehokkuuden parannustoimi voidaan katsoa taloudellisesti hyödylliseksi.

Euroopan komissio suosittelee jäsenvaltioita käyttämään CEN 15459 -standardia [1] erilaisten energiatehokkuuden parannustoimien taloudellisen käyttöiän määrittämisessä. Standardissa ilmoitetaan taloudelliset käyttöiät eri komponenteille ja tuotteille, mutta ei esimerkiksi toimenpiteille, jotka vaikuttavat rakennuksen vaippaan tai aurinkopaneelien käyttöön. Standardiin kuulumattomien toimenpiteiden suositellut käyttöiät ovat saatavana Euroopan komission julkaisusta [2]. Eri toimenpiteiden suositellut käyttöiät on annettu liitteessä 3.

### Taloudellinen laskentajakso

Taloudellinen laskentajakso on aika, jonka aikana kannattavuuslaskelmat pitävät paikkansa. Kiinteistönomistaja/asiakas päättää laskentajakson keston. Esimerkiksi teknisen järjestelmän laskentajakso voi olla 30 vuotta, vaikka kyseisen järjestelmän taloudellinen käyttöikä on vain 15 vuotta. Päätös voidaan perustella sillä, että tekninen järjestelmä on osa suurta moniosaista järjestelmää, jonka laskentajakso on kokonaisuudessaan 30 vuotta.

### Arvonlennusaika

Arvonlennusaika on kirjanpitotermi, joka kuvaa sitä, minkä ajan kuluttua investointi kirjataan tappioksi.

## 3.3 Sisäisen korkokannan menetelmä

Total Concept -menetelmän kannattavuuslaskelmat perustuvat sisäisen korkokannan malliin.

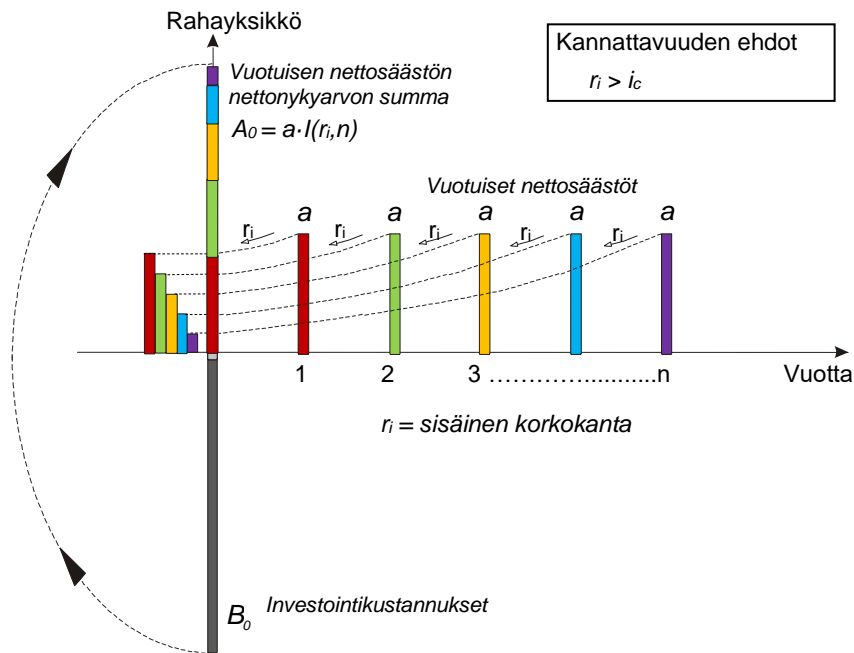
### 3.3.1 Sisäisen korkokannan menetelmän periaatteet

Yksi tapa arvioida suuria investointeja vaativien toimenpiteiden kannattavuutta on tarkastella, millaisia korkokantana ilmaistuja todellisia tuottoja investointi tarjoaa. Tästä korkokannasta käytetään nimitystä *sisäinen korkokanta* (*internal rate of return*), ja se vastaa korkokantaa, joka tuottaa todellista investointia vastaavan vuotuisten nettosäästöjen nykyarvon.

Jos investointi  $B_0$  (€) johtaa vuotuisten käyttökustannusten laskuun (€/vuosi), investoinnin *sisäinen korkokanta*  $r_i$  voidaan määrittää seuraavan kaavan avulla:

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

Investointi on kannattava, jos sisäinen korkokanta on suurempi kuin määritetty laskentakorkokanta. Sisäisen korkokannan menetelmää havainnollistetaan kuvassa 3.8.

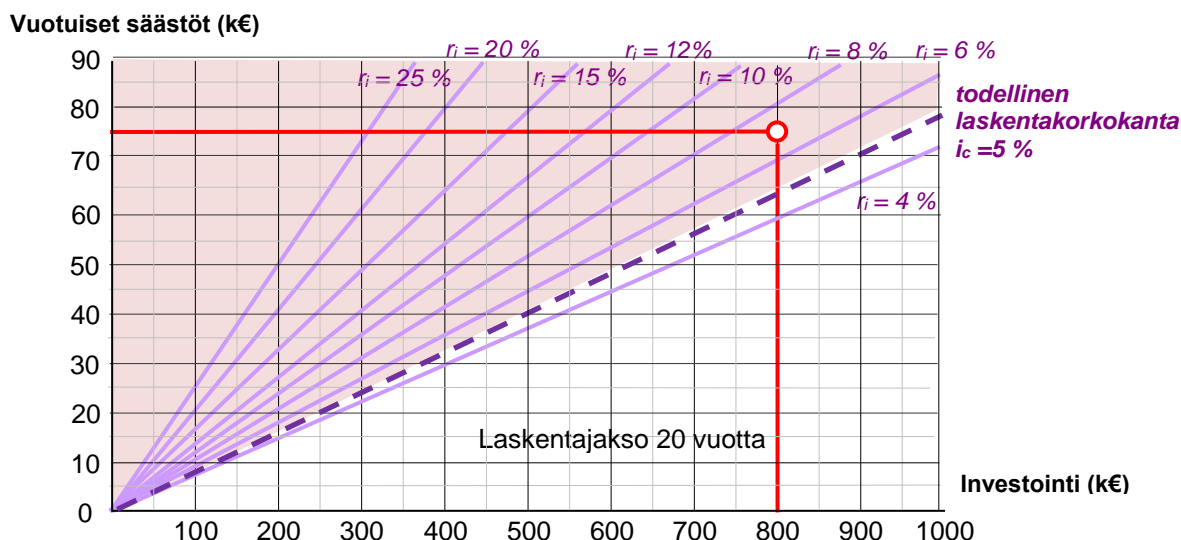


**Kuva 3.8** Sisäisen korkokannan menetelmä. Sisäinen korkokanta vastaa korkokantaa, jossa vuotuisen nettosäästöjen nettonykyarvon summa on sama kuin todellisella investoinnilla.

Investoinnin sisäistä korkokantaa voidaan myös havainnollistaa kaaviolla. Kaavion x-akselit kuvaavat investointia  $B_0$  ja x-akselit tietyn taloudellisen laskentajakson  $n$  vuotuisia säästöjä  $a$ . Kaavioon voidaan piirtää kuvaajia, joiden käyrät edustavat erilaisia sisäisiä korkokantoja. Kaaviosta käytetään nimitystä *sisäisen korkokannan kaavio* ja se on esitetty kuvassa 3.9. Annuiteettitekijä  $P(r_i, n)$  on origosta lähtevän kuvaajan tangentti eli käyrä.

Jos investointi ja sitä vastaavat vuotuiset säästöt merkitään sisäisen korkokannan kaavioon, on mahdollista nähdä, millainen sisäinen korkokanta investoinnilla on (katso kuva 3.9). Investointi on kannattava, jos sisäinen korkokanta on suurempi kuin määritetty todellinen laskentakorkokanta.

Kannattavuusrajaa voidaan havainnollistaa kaaviolla, johon on merkitty todellista laskentakorkokantaa vastaava sisäisen korkokannan kuvaaja. Kuvaajan yläpuolella olevat investoinnit ovat kannattavia, ja sen alapuolella olevat ovat kannattamattomia. Katso kuvan 3.9 esimerkki.



**Kuva 3.9** Sisäisen korkokannan kaavio. Määritetty todellinen laskentakorkokanta  $i_c = 5 \%$  on merkitty katkoviivalla. Kaikki kyseisen viivan yläpuolella olevat eli yli 5 prosentin todellisen tuoton antavat investoinnit ovat kannattavia.

#### Esimerkki

800 000 euron investoinnin lasketaan säästävän 75 000 euroa vuodessa 20 vuoden ajan. Tämä tarkoittaa seitsemän prosentin sisäistä korkokantaa, joka on suurempi kuin sijoittajan määrittämä todellinen laskentakorkokanta  $i_c = 5 \%$ . Näin ollen investointi on kannattava.

### 3.3.2 Suhteellinen energian hinnannousu sisäisen korkokannan kaaviossa

Edellä kuvassa 3.9 esitettyä sisäisen korkokannan kaaviota voidaan soveltaa säästöihin, jotka noudattavat keskimääräistä inflaatiota. Itse diagrammissa ei ole huomioitu inflaation ylittävän energian hinnanmuutoksen aiheuttamaa säästöjen arvon tulevaa nousua.

Energian suhteellinen hinnannousu voidaan kuitenkin huomioida kahdella seuraavalla tavalla:

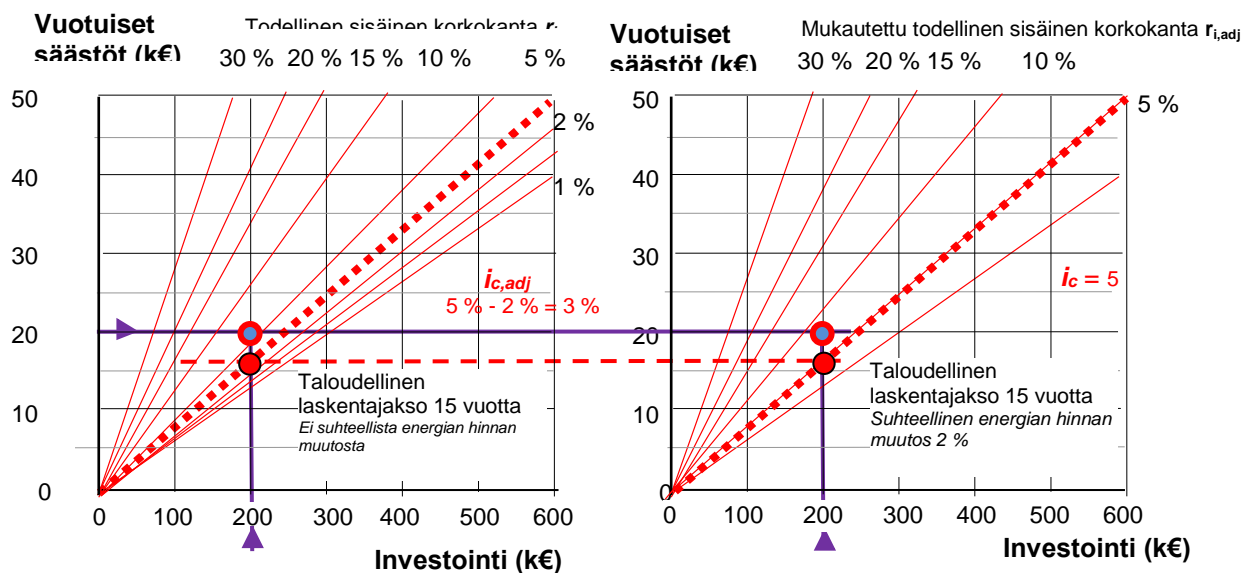
- 1) Todellisen laskentakorkokannan mukauttaminen vähentämällä siitä energian suhteellinen hinnannousu:  $r_i > i_{c,adj} = i_c - q \%$
- 2) Kaavion muuttaminen niin, että sisäisen korkokannan asteikko  $r_i$  muuttuu energian hinnan suhteellisen kasvun osalta. Laskentakorkokanta pidetään edelleen kannattavuuden kriteerinä.

**Huomautus:** Nämä menetelmät voidaan käyttää samalla tavalla vain silloin, kun energiansäästötoimenpide vaikuttaa pelkästään vuotuisen energiankulutukseen. Jos toimenpide vaikuttaa myös muihin toimintakustannuksiin, esim. huoltokustannuksiin, vaihtoehto 2 on käytettävä, koska *TotalTool* -ohjelma käsittelee suhteelliset energianhinnanvaihtelut energiansäästöinä vuotuisia säästöjä laskiessa.

Molempia menetelmiä havainnollistetaan kuvassa 3.10. Vasen kaavio vastaa *todellisen sisäisen korkokannan kaaviota* (real internal rate of return diagram), jossa sisäisen korkokannan kuvaajat vastaavat reaalikorkokannan kuvaajia. Kannattavuuskriteerinä käytetään *mukautettua todellista laskentakorkokantaa* (adjusted real calculation interest rate)  $i_{c,adj}$ . Kuvassa todellista laskentakorkokantaa  $i_c$  on mukautettu kaksi prosenttia inflaatiota suuremmalla energian hinnan suhteellisella kasvulla:  $i_{c,adj} = 5 \% - 2 \% = 3 \%$ . Se on merkitty kaavioon katkoviivalla.

Kuvan 3.10 oikea kaavio vastaa *mukautetun sisäisen korkokannan kaaviota* (adjusted internal rate of return diagram), jossa energian suhteellinen hinnanmuutos on huomioitu itse kaaviossa. Tässä kaaviossa mukautettu sisäinen korkokanta eli korkokanta, joka sisältää inflaatiota suuremman energian hinnan muutoksen, voidaan lukea suoraan. Kannattavuuskriteerinä käytetään todellista *laskentakorkokantaa*  $i_{c,adj}$  (real calculation interest rate). Tässä esimerkissä se on  $i_c = 5 \%$  ja merkitty kaavioon katkoviivalla.

#### Todellisen sisäisen korkokannan kaavio Mukautetun sisäisen korkokannan kaavio



**Kuva 3.10** Energian suhteellisen hinnanmuutoksen huomioiminen sisäisen korkokannan kaaviossa. Vasen kaavio kuvaa todellisen sisäisen korkokannan kaaviota ja oikea kaavio mukautetun sisäisen korkokannan kaaviota.

### 3.3.3 Kassavirran vertaaminen

Peräkkäin sisäisen korkokannan kaavion merkityt energiansäästötoimenpiteiden kustannukset ja säästöt ovat hyödyllinen päätöksenteon apuväline. Edellä mainitun kannattavuuskriteerin mukaan sisäinen korkokanta ei saa olla tietyn tason alapuolella. On kuitenkin tärkeää tiedostaa, että tämä on päätöksenteon apuväline eikä heijastu suoraan kyseessä olevan investoinnin kannattavuuteen. Seuraava esimerkki kuvaa tietyn laskentajakson kassavirtoja, kun vuotuiset kustannussäännöt ovat erilaiset. Esimerkissä huomioidaan myös inflaatio ja energian suhteellinen hinnanmuutos.

Esimerkki:

Energiansäästötoimenpide tuottaa vuotuiset kustannussäästöt ( $a = 170\,000$  euroa/vuosi), ja sen taloudellinen käyttöikä on  $n = 15$  vuotta. Toimenpide edellyttää investointia ( $B_0 = 2$  miljoonaa euroa), joka rahoitetaan pankkilainalla. Lainan nimellinen korkokanta on  $i_n = 4\%$  15 vuoden taloudellisella laskentajaksoilla. Vuotuinen inflaatio on arviolta  $w = 2\%$ , ja energian hinta ylittää inflaation  $q = 2\%$ . Nimellinen laskentakorkokanta on  $i_{c,n} = 7\%$ , jossa on kolmen prosentin sijoittajan korotus.

Mikä on tällaisen investoinnin sisäinen korkokanta ja mikä on todellinen kassavirta?

Kuten aiemmin todettiin, todellisissa rahasummissa mitattuna tulevat vuotuiset kustannussäästöt  $a$  (€/vuosi) nousevat inflaation  $w\%$  vuoksi. Nousu on vielä suurempaa, jos energian hinta nousee  $q\%$  yli inflaation. Taulukossa 3.1 esitetään, kuinka kustannussäästöjen absoluuttinen arvo nousee, kun oletuksena on  $w = 2\%$  ja  $q = 2\%$ .

**Taulukko 3.1 Kustannussäästöjen vuotuinen arvonnousu**

Vuosi	$w\ 2\%$ $q\ 2\%$	vuotuiset kustannussäästöt $a$ (tuhatta euroa/vuosi)	Vuosi	$w\ 2\%$ $q\ 2\%$	vuotuiset kustannussäästöt $a$ (tuhatta euroa/vuosi)
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

Toisaalta pääomakustannukset (€/vuosi) pysyvät samana eli nimellisarvoissaan taloudellisen laskentajakson ajan. Kun energiansäästötoimenpiteen vaadittavat investointikulut rahoitetaan pankkilainalla, jonka korkokanta on  $i_n = 4\%$  ja taloudellinen laskentajakso  $n = 15$  vuotta, vuotuiset pääomakustannukset  $b$  ovat

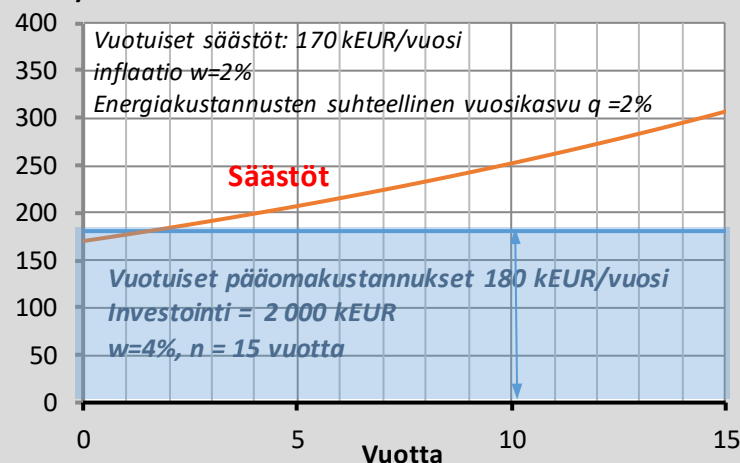
$$b = P(i_n, n). B_0 = P(4, 15). B_0 = 0,0899 \cdot 2000 = 180\,000 \text{ euroa/vuosi}$$

Kun alkuperäiset investointikulut ovat  $B_0 = 2$  miljoonaa euroa ja vuotuiset kustannussäästöt  $170\,000$  euroa/vuosi, investoinnin sisäinen korkokanta on  $r_i = 3,2\%$ . Tämä vastaa todellista sisäistä korkokantaa  $r_i$  eikä huomioi suhteellista hinnanmuutosta. Jotta voidaan huomioida energian suhteellinen hinnanmuutos, kannattavuuskriteerinä käytetään mukautettua todellista laskentakorkokantaa  $i_{c,adj} = i_c - q\%$  (adjusted real calculation interest rate). Kun nimellinen

laskentakorkokanta on  $i_{c,n} = 7\%$ , todellinen laskentakorkokanta on  $i_c = i_{c,n} - w\% = 7\% - 2\% = 5\%$ . Tällöin mukautettu todellinen laskentakorkokanta on  $i_{c,adj} = 5\% - 2\% = 3\%$ . Asetettujen kannattavuusvaatimusten perusteella energiansäästötoimenpidettä voidaan pitää kannattavana. Kun laskelmissa otetaan huomioon kaksi prosenttia inflaatiota suurempi energian vuotuinen hinnannousu, investoinnin sisäinen korkokanta on  $r_{i,korr} = 5,3\%$ . Tässä tapauksessa kannattavuusvaatimuksena käytetään todellista laskentakorkokantaa  $i_c = i_{c,n} - w\% = 7\% - 2\% = 5\%$ , ja samat tulokset saavutetaan kyseisen energiansäästötoimenpiteen kannattavuuden suhteen. Samanlaiset tulokset saadaan, kun laskelmissa huomioidaan kahden prosentin inflaatiosta ja kahden prosentin energian hinnannoususta johtuva kustannussäästöjen vuotuinen kasvu. Tällöin investoinnin sisäinen korkokanta on  $r_{i,n} = 7,3\%$ . Tässä tapauksessa kannattavuusvaatimuksena käytetään nimellistä laskentakorkokantaa  $i_{c,n} = 7\%$ . Kun investointi rahoitetaan pankkilainalla, jonka nimellinen korkokanta on neljä prosenttia, ja kun otetaan huomioon pääomakustannukset, sijoittaja saavuttaa kolmen prosentin todellisen tuottoasteen. Tuottoaste on edellä mainittujen kannattavuusvaatimusten mukainen.

Investoinnin kassavirtaa havainnollisesta alla olevassa kuvassa 3.11. Sen avulla on mahdollista arvioida investoinnin todellisia tuottoja laskentajakson aikana. Tässä esimerkissä kustannussäästöt ovat ensimmäisenä vuonna hiukan pienemmät kuin pääomakustannukset ja nettokassavirta on negatiivinen. Kun lasketaan koko jakson nettokassavirtojen summa, investointi tuottaa noin 840 000 euron kokonaisvoiton. Kyseisen tuoton nykyarvoksi tulee viiden prosentin nimellisellä laskentakorkokannalla (sisältää sijoittajan korotuksen ja vuotuisen inflaation) noin 400 000 euroa.

#### Vuotuiset säästöt/ kustannukset kEUR/vuosi

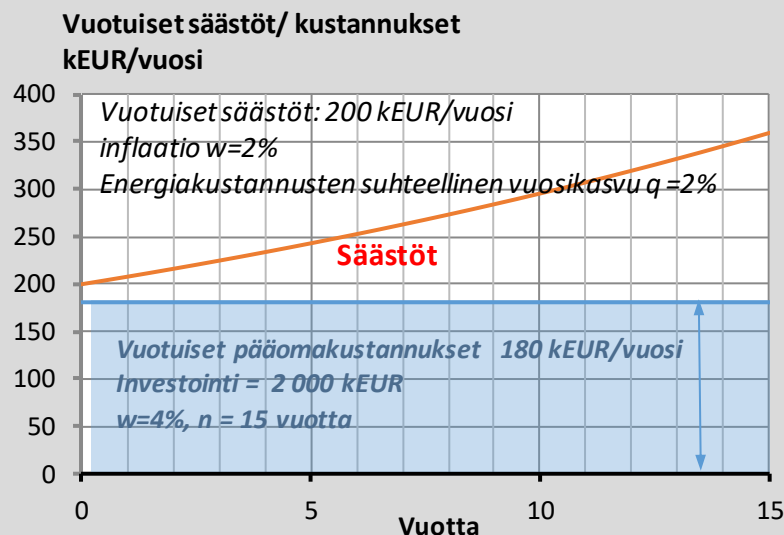


**Kuva 3.11** Esimerkki energiansäästötoimenpiteen tuottamasta kassavirrasta, kun vuotuiset kustannussäästöt ovat 170 000 euroa/vuosi ja pääomakustannukset 180 euroa/vuosi. Arvioitu inflaatio on kaksi prosenttia, ja energian hinta nousee kaksi prosenttia inflaatiota enemmän.

Jos energiansäästötoimenpiteen lasketut vuotuiset kustannussäästöt ovat 200 000 euroa/vuosi, samoilla sijoitusehdoilla todellinen sisäinen korkokanta  $r_i$  on  $r_i \approx 5,5\%$ , mikä täyttää kannattavuusvaatimuksen  $i_{c,adj} = 5\% - 2\% = 3\%$ . Kassavirta on positiivinen alusta lähtien (katso kuva 3.12) ja investointi tuottaa noin 1 460 000 euron kokonaisvoiton koko



laskentajaksolla. Kyseisen tuoton nykyarvoksi tulee viiden prosentin nimellisellä laskentakorkokannalla (sisältää sijoittajan korotuksen ja vuotuisen inflaation) noin 900 000 euroa.



**Kuva 3.12** Esimerkki energiansäästötoimenpiteen tuottamasta kassavirrasta, kun vuotuiset kustannussäästöt ovat 200 000 euroa/vuosi ja pääomakustannukset 180 euroa/vuosi. Arvioitu inflaatio on kaksi prosenttia, ja energian hinta nousee kaksi prosenttia inflaatiota enemmän.

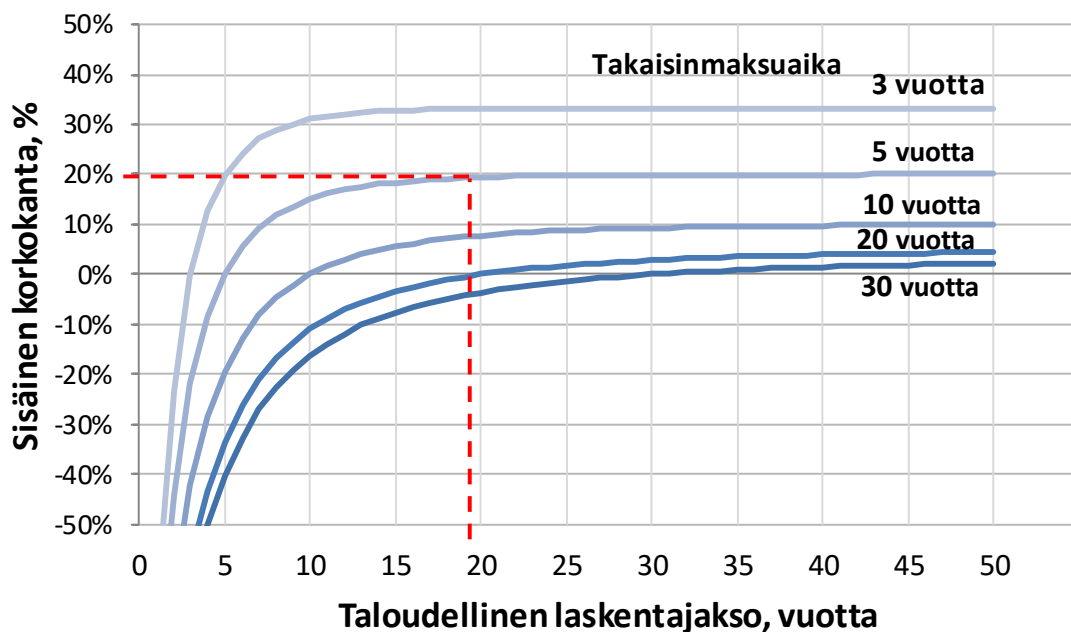
### 3.3.4 Sisäisen korkokannan menetelmän edut yksinkertaisen takaisinmaksun menetelmään verrattuna

Yksinkertaisen takaisinmaksun menetelmä on yleinen taloudellinen malli. Sitä käytetään edelleen usein rakennusalan toimenpiteiden kannattavuuden arvioinnissa, mikä johtaa virheellisiin päätelmiin kannattavuustulosten tulkinnassa. Siksi on tärkeää selittää, millaisesta menetelmästä on kyse ja mikä vaikutus sillä on energiansäästötoimenpiteiden arviointiin.

Takaisinmaksumenetelmän mukaisesti investointi on kannattava, jos se tuottaa tuloja tai säästöjä, jotka maksavat investoinnin takaisin määritetyssä takaisinmaksuajassa. Takaisinmaksuaika lasketaan jakamalla investointi  $B_0$  vuotuisilla säästöillä  $a$ , ja kertoo ainoastaan sen, kuinka kauan sijoitetun summan takaisinmaksu kestää. Siksi takaisinmaksuajan menetelmää ja kannattavuusmallia ei saa sekoittaa keskenään. Menetelmä on yksinkertainen, mutta sen perusteella tehtävät arviot ovat melko karkeita. Menetelmässä ei nimittäin huomioida korkokantoja, energian hinnanmuutosta, toimenpiteen taloudellista käyttöikää eikä mahdollista uusien investointien tarvetta. Sitä paitsi kannattavuuskriteeriksi asetettu suurin sallittu takaisinmaksuaika on usein määritetty mielivaltaisesti. Alle 5–10 vuodessa itsensä takaisin maksavaa investointia pidetään yleensä kannattavana. Mutta kuvaako takaisinmaksuaika kannattavuutta, jos toimenpiteen taloudellinen käyttöikä on alle viisi tai yli 30 vuotta?



Takaisinmaksumenetelmä suosii investointeja, jotka ovat kannattavia lyhyellä aikavälillä. Jos arvioitavalla investoinnilla on pitkä taloudellinen käyttöikä ja sitä on tarkoitus käyttää pitkään, tämä menetelmä ei anna luotettavia tuloksia. Kuva 3.13 havainnollistaa taloudellisen laskentajakson, sisäisen korkokannan ja takaisinmaksuajan suhdetta. Otetaan esimerkiksi teknisen järjestelmän energiansäästötoimi, jonka taloudellinen käyttöikä on 20 vuotta. Sillä pitäisi olla 20 prosentin sisäinen korkokanta, jos vaatimuksena on viiden vuoden takaisinmaksuaika. Kyseinen sisäinen korkokanta on selvästi korkeampi kuin mitä rakennusalan vastaavilta investoinneilta yleensä odotetaan.



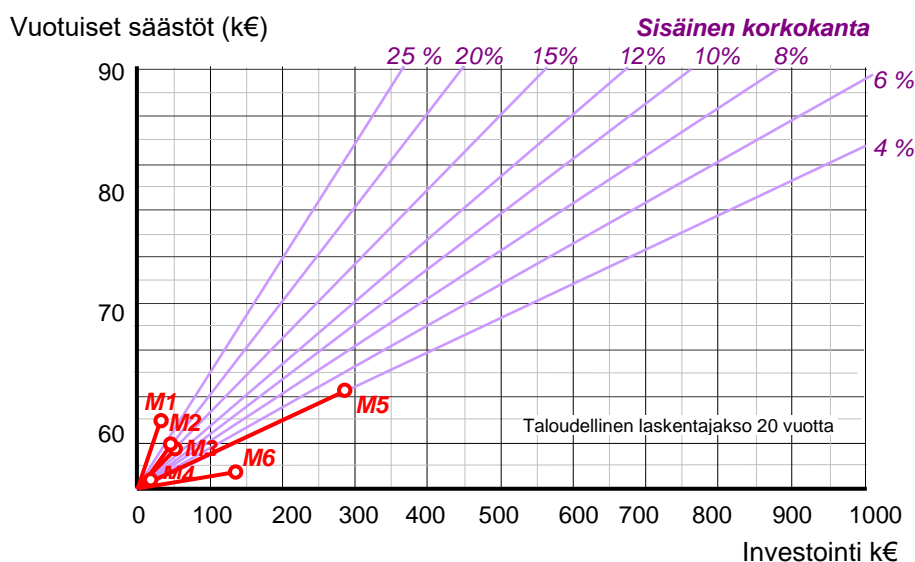
**Kuva 3.13** Taloudellisen laskentajakson, sisäisen korkokannan ja takaisinmaksuajan suhde.

Siksi takaisinmaksumenetelmä ei sovellu käytettäväksi rakennus- ja kiinteistöalalla. Takaisinmaksumenetelmän varaukseton käyttö johtaa lyhytaikaisiin investointeihin ja laadun huomiotta jättämiseen. Tästä syystä yksinkertaisen takaisinmaksun mallin käyttö pitäisi rajoittaa sellaisten investointien arviointiin, joilta odotetaan hyvää kannattavuutta. Esimerkki tällaisesta tuottavuutta parantavasta investoinnista on tehdasteollisuuden koneiston uusiminen. Tässä tapauksessa investoinnilta voitaisiin vaatia noin 2–4 vuoden takaisinmaksuaikaa.

### 3.4 Sisäisen korkokannan kaavion käyttö Total Concept -menetelmässä

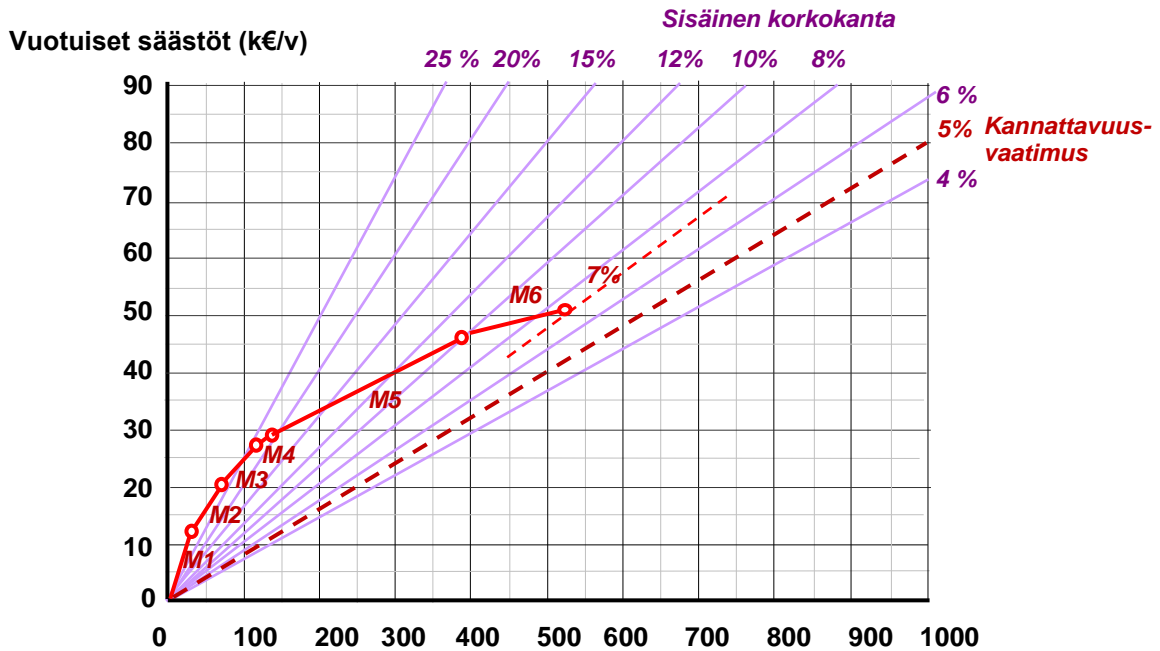
#### 3.4.1 Toimenpidepaketin laatiminen

Energiansäästötoimenpiteiden kartoittamisen ja niiden investointikulujen ja vuotuisten kustannussäästöjen laskemisen jälkeen toimenpiteet voidaan merkitä pisteiksi sisäisen korkokannan kaavioon. Kustakin pisteestä voidaan piirtää kuvaaja origoon, jonka jyrkkyys edustaa sisäistä korkokantaa (katso kuva 3.14). Kuvassa näkyy esimerkki kuudesta energiansäästötoimenpiteestä *M1–M6*, jotka on merkitty sisäisen korkokannan kaavioon.



**Kuva 3.14** Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus esitettynä sisäisen korkokannan kaaviossa. Esimerkissä kuusi energiansäästötoimenpidettä *M1–M6* on merkitty pisteinä kaavioon, joka kuvaa niiden kustannussäästöjä ja investointikuluja. Kustakin pisteestä origoon kulkeva kuvaaja edustaa toimenpiteen sisäistä korkokantaa. Kaavio on laadittu 20 vuoden taloudelliselle laskentajaksolle.

Järjestämällä kaikki kuvaajat niiden laskevien kaltevuuskulmien mukaisesti luodaan perusta toimenpidepaketille eli paketille, joka sisältää eniten energiatehokkuuden parannustoimia (katso kuva 3.15). Kun useita toimenpiteitä tarkastellaan samanaikaisesti, niiden keskinäiset vaikutukset on myös otettava huomioon. Jos tietty toimenpide toteutetaan ensin, toisen toimenpiteen säästöpotentiaali saattaa laskea verrattuna siihen, että toimenpiteet toteutettaisiin päinvastaisessa järjestyksessä. Näin ollen toimenpiteiden toteutusjärjestys voi vaikuttaa siihen, kuinka paljon säästöjä tietty toimenpide voi tuottaa. Total Concept –menetelmässä oletetaan, että ensimmäisenä toteutetaan kannattavain toimenpide. Tämä tarkoittaa, että toimenpidepakettia muodostettaessa aina seuraavaksi kannattavin toimenpide lisätään edellisen päälle ottaen huomioon edellisten toimenpiteiden vaikutukset kannattavuutten.



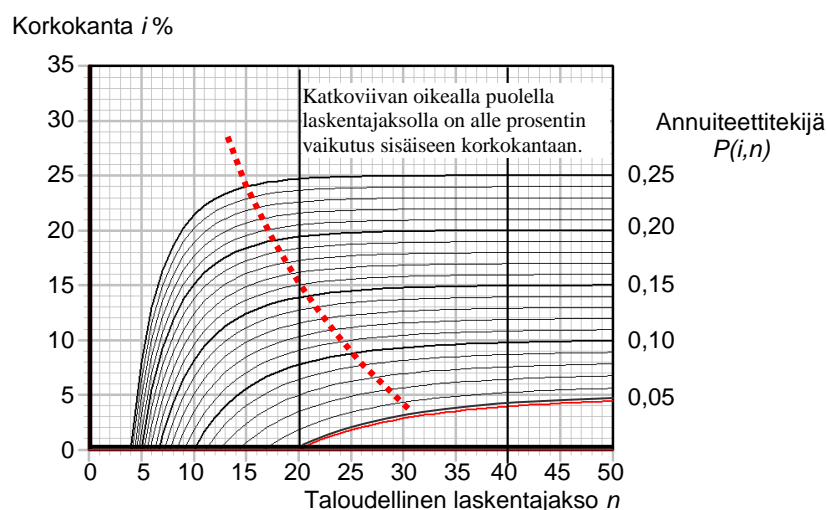
**Kuva 3.15** Toimenpiteiden kannattavuus esitetään sisäisen korkokannan kaaviossa toimenpidepaketin laatimista varten. Prosenttiluvut ovat sisäisiä korkokantoja. Vaadittava kannattavuus on viisi prosenttia. Huomaa, että kaikilla esimerkin toimenpiteillä on sama 20 vuoden taloudellinen laskentajakso.

Pakettiin valittavien toimenpiteiden lukumäärä päätetään sen perusteella, että koko toimenpidepaketin sisäisen korkokannan on oltava suurempi kuin määritetty laskentakorkokanta.

### 3.4.2 Taloudellinen laskentajakson vaikutus

Kaikki sisäisen korkokannan kaaviot pitävät paikkansa tietyn taloudellisen laskentajakson ajan. Se voi olla sama kuin toimenpiteen taloudellinen käyttöikä, mutta joskus kiinteistönomistajat/asiakkaat valitsevat lyhyemmän jakson. Muiden kuin asuinrakennusten energiansäästötoimenpiteiden taloudellinen käyttöikä saattaa vaihdella. Teknisten laitteistojen laskentajaksoksi valitaan usein 15–20 vuotta, kun taas rakennuksen komponenttien taloudellinen käyttöikä voi olla 40 vuotta. Joskus saattaa kuitenkin olla hyödyllistä näyttää kaikki toimenpiteet yhtä aikaa samassa kaaviossa.

Kuva 3.16 havainnollistaa taloudellisen laskentajakson vaikutusta sisäiseen korkokantaan. Tietyn investoinnin ja tuoton sisäinen korkokanta nousee, kun taloudellinen laskentajakso pitenee. Kaaviosta näkyy, että kun taloudellinen laskentajakso on pidempi kuin 15–20 vuotta, sillä ei ole juurikaan merkitystä sisäiseen korkokantaan. Jos kaikkien toimenpiteiden, joilla on erimittainen taloudellinen laskentajakso, sisäisen korkokannan piste on punaisen katkoviivan oikealla puolella, taloudellisten laskentajaksojen pituuseroilla on vähäinen, alle prosentin vaikutus. Jos merkityt pisteet ovat käyrän vasemmalla puolella, kyse on toimenpiteistä, joilla on lyhyt taloudellinen käyttöikä. Silloin taloudellisen käyttöiän erot on otettava huomioon.



**Kuva 3.16** Sisäisen korkokannan riippuvuus taloudellisesta laskentajaksosta. Katkoviivan oikealla puolella laskentajaksolla on vähäinen merkitys.

Useiden sisäisen korkokannan kaavioiden käyttäminen kuvaamaan erilaisia taloudellisia laskentajaksoja olisi epäkäytännöllistä. Siksi jaksot on koottu yhteen kaavioon, jossa sisäisen korkokannan käyrät on mukautettu kunkin toimenpiteen taloudelliseen laskentajaksoon. Jos kaavioon kootaan useita toimenpiteitä, joilla on erilainen taloudellinen laskentajakso, asia voidaan huomioida korjaamalla kunkin toimenpiteen säästövaikutuksia.

Kahden samanaikaisen toimenpiteen –  $B_{01}$  euroa, jonka taloudellinen laskentajakso on  $n_1$  vuotta, ja tuotto  $a_1$  euroa/vuosi ja  $B_{02}$  euroa, jonka taloudellinen laskentajakso on  $n_2$  vuotta ja tuotto  $a_2$  euroa/vuosi – yhteinen sisäinen korkokanta  $r_i$  määritetään seuraavasti, kun tuottojen nykyarvojen summa kattaa koko investoinnin:

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

missä  $I(r_i, n_1)$  ja  $I(r_i, n_2)$  ovat  $a_1:n$  ja  $a_2:n$  vuotuisten tuottojen nettonykyarvotekijöitä.

Laskutoimitus on melko aikaa vievä, jos se tehdään käsin, mutta helppo toteuttaa laskentaohjelmalla, kuten Total Conceptin *TotalTool*-laskentatyökalulla.

### Esimerkki

Total Concept -menetelmän taloudellisia periaatteita havainnollistetaan seuraavassa käytännön esimerkissä. Tutkittavana on bruttokerrosalaltaan (gross floor area) 8 500 neliömetrin toimistorakennus, jossa on toteutettu Total Concept -menetelmän kaikki vaiheet, eli toimenpidepaketin laatiminen, toteuttaminen ja energiankäytön seuranta vuoden ajan toimenpiteiden toteuttamisesta. Alla olevan esimerkin arvot kuvaavat ensimmäisen vaiheen laskettuja vuotuisia kustannussäästöjä ja investointikustannuksia, joita käytettiin toimenpidepaketin lähtötietoina.

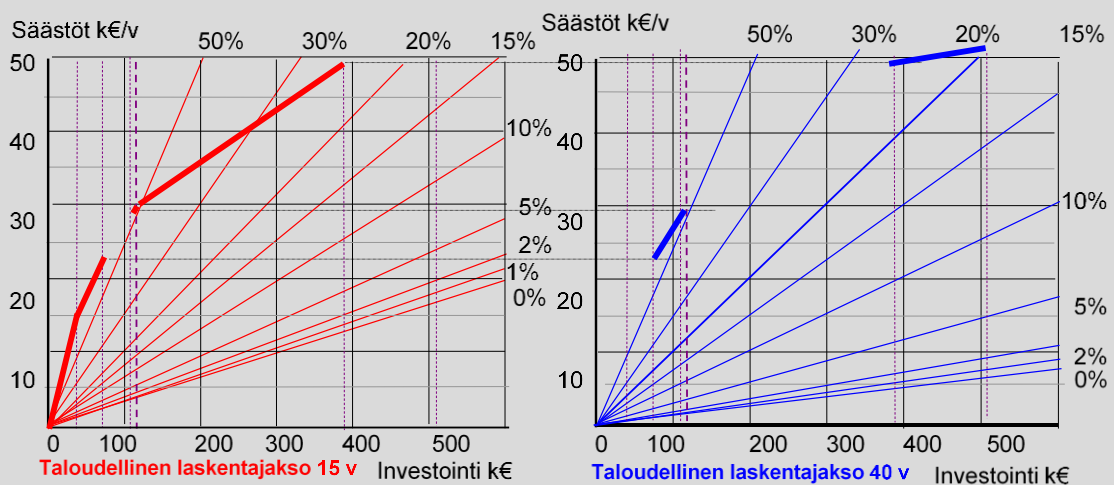
Kartoitetut energiansäästötoimenpiteet, niiden taloudelliset laskentajakso, lasketut investoinnit ja odotetut säästöt on koottu alla olevaan taulukkoon 3.2. Toimenpiteet esitetään tiivistetysti, sillä osa niistä sisältää todellisuudessa useita erillisiä toimenpiteitä. Taulukossa näkyvien toimenpiteiden taloudelliset laskentajakso ovat 15–40 vuotta.

**Taulukko 3.2**

Esimerkki energiansäästötoimenpiteistä, joilla on erilaiset taloudelliset laskentajakso

Nro	Toimenpide	Taloudellinen laskentajakso [vuotta]	Investointi [tuhatta euroa]	Säästö [tuhatta euroa/vuosi]	Sisäinen korkokanta [%]
1	Uusi yleisvalaistus	15	35	14	39,7
2	Peruslämmityskuorman vähentäminen	15	35	7	18,4
3	Kattoeristyksen parantaminen	40	40	6	17,5
4	Yöjäähdytyksen käyttöönotto kesäaikaan	15	7,5	1	10,2
5	Uusi ilmanvaihtojärjestelmä	15	270	21	1,3
6	Uudet ikkunat	40	120	3	0,1
	<b>Yhteensä</b>		<b>507,5</b>	<b>52</b>	

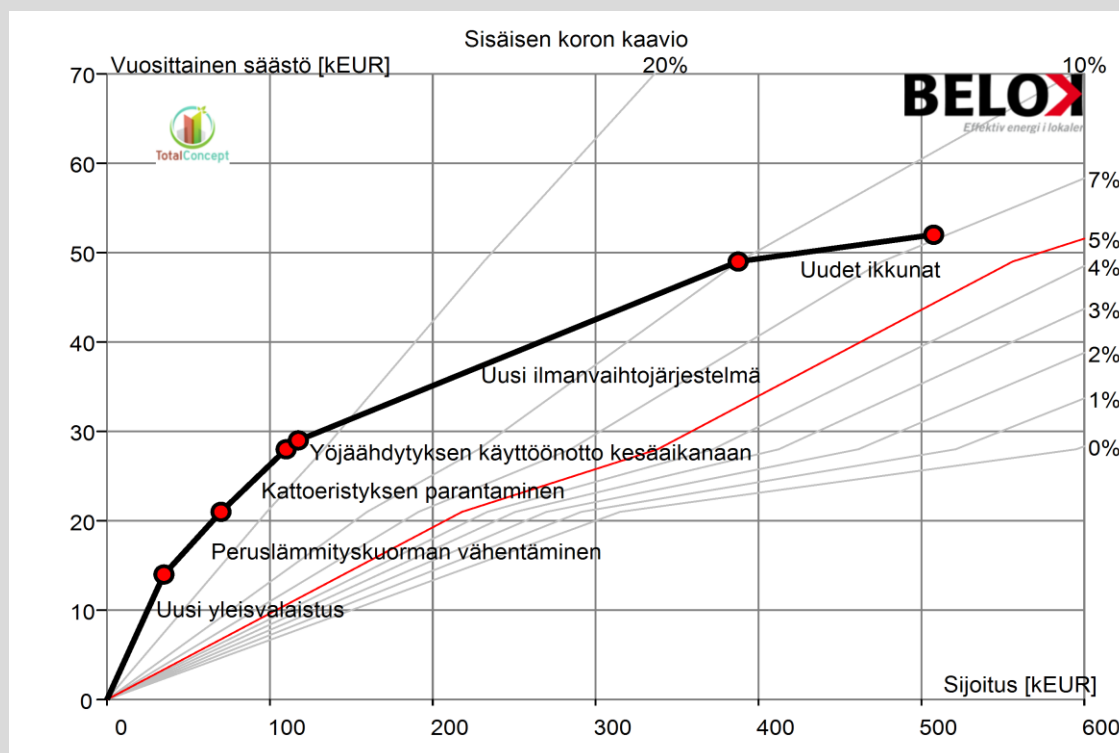
Alla olevaan kuvaan 3.17 on merkitty 15 ja 40 vuoden sisäisen korkokannan kaaviot.



**Kuva 3.17** Combining energy saving measures with different economic calculation periods on an internal rate of return diagram

Erilaisia taloudellisia laskentajaksoja sisältävät sisäisen korkokannan kaaviot yhdistetään ja paketin toimenpiteiden yhteinen sisäinen korkokanta lasketaan Total Conceptin TotalTool-

laskentatyökalun avulla. Alla olevassa kuvassa esitetään taulukon 3.2 toimenpidepaketin kannattavuuslaskelmien tulokset sisäisen korkokannan kaaviossa.



**Kuva 3.18** Taulukon 3.2 toimenpidepaketti merkittynä sisäisen korkokannan kaavioon.

Kiinteistönomistaja on päättänyt, että investoinnin on tuotettava viiden prosentin reaalkorkokantaa (todellista laskentakorkokantaa) vastaavat säästöt. Samalla oletetaan, että energian hinta nousee vuodessa kaksi prosenttia yleistä inflaatiota enemmän. Tämä tarkoittaa sitä, että koko paketin sisäisen korkokannan on oltava vähintään  $7\% - 2\% = 5\%$ . Kuten edellä olevasta kuvasta näkyy, se on noin seitsemän prosenttia.

### 3.5 Uudelleeninvestointi

Total Concept metodia käytettäessä koko toimenpidepaketille lasketaan yhteinen sisäinen korkokanta. Jos paketin sisällä on toimenpiteitä, joilla on erilaiset käyttöiät, periaatteessa säästöjä saadaan vain niiden käyttöiän ajalta ja sen jälkeen säästöt loppuvat. Tämä laskisi paketin tuomia säästöjä ajan myötä. Käytännössä lyhyemmän käyttöiän omaavat laitteet kuitenkin vaihdetaan, kun ne eivät enää toimi asianmukaisesti, jolloin niille on laskettava uudelleeninvestointi. Jos esimerkiksi teknisen laitteiston taloudelliseksi käyttöiäksi arvioidaan 15 vuotta, mutta rakennuksen toimintakunto pysyy ennallaan 40 vuotta, laitteisto on vaihdettava 15 vuoden ja uudelleen 30 vuoden jälkeen. Sen vuoksi uudelleeninvestointeja on tehtävä 15 ja 30 vuoden jälkeen.

$N$  vuoden kuluttua tehtävän uudelleeninvestoinnin  $B_{nr}$  nykyarvo  $B_{or}$  on

$$B_{or} = B_{nr} \cdot i(r, n)$$

Yksittäisten tuottojen nettonykyarvotekijä  $i(r, n)$  käy ilmi liitteestä 2.

Tulevat investoinnit huomioidaan lisäämällä uudelleeninvestointien nykyarvot alkuperäiseen investointiin ja päättämällä sitten sisäinen korkokanta kaikkien uudelleeninvestointien yhteenlaskettujen taloudellisten käyttöikien perusteella.

Jos kaksi uudelleeninvestointia,  $B_{r1}$  ja  $B_{r2}$ , tehdään  $n_{r1}$  ja  $n_{r2}$  vuoden jälkeen, koko investointiprosessin nykyarvo  $\Sigma B_o$  on

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

Nettonykyarvo kerroin yksittäisille tuotoille  $i(i_c, n)$ ,  $i_c$  on todellinen laskentakorko, joka löytyy liitteestä 2.

Kun lasketaan tulevien investointien nykyarvoa käytetään todellista laskentakorkoa  $i_c$ . Tulevaa suhteellista energianhinnan nousua ei tule ottaa huomioon, koska sillä ei ole vaikutusta tulevien investointien arvoon, vaan se vaikuttaa ainoastaan energiakustannuksiin.

Aiemman esimerkin mukaisesti koko taloudellinen prosessi tapahtuu pisimmän käyttöiän omaavan toimenpiteen käyttöaikana, tässä tapauksessa 40 vuoden aikana. Tämän vuoksi lyhyemmän 15 vuoden käyttöiän omaava toimenpide vaatii kaksi uusintainvestointia. Vastaavasti, kun lasketaan toimenpidepakettia, jossa toimenpiteillä on erilaisia käyttöikäjä muodostuu koko paketin käyttöikäksi pisimmän käyttöiän omaavan toimenpiteen käyttöikä.

Joissain tapauksissa investointien jäännösarvo voidaan myös huomioida, kuten lähteessä ”European Commission C115, 19.4.2012”<sup>1</sup> suositellaan. Tämä voi tapahtua silloin, kun toimenpiteen käyttöikä uudelleeninvestoinnin jälkeen on pidempi kuin pitkäikäisimmän toimenpiteen käyttöikä. Tällöin uudelleen investoinnin arvon oletetaan laskenvan lineaarisesti ja uudelleen investoinnin nykyarvosta vähennetään jäännösarvon nykyarvo..

Tätä havainnollistetaan alla olevassa kuvassa. Esimerkkitapauksessa yhden toimenpiteen taloudellinen käyttöikä on  $N$  vuotta ja toisella toimenpiteellä on huomattavasti lyhyempi

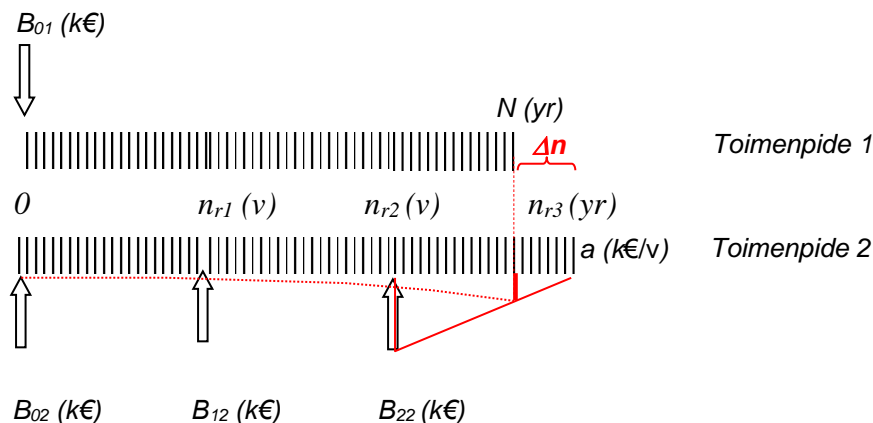
---

<sup>1</sup> 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



käyttöikä, jonka vuoksi se joudutaan korvaamaan kaksi kertaa  $n_1$  ja  $n_2$  vauoden jälkeen.  
Tällöin koko investoinnin nykyarvo on:

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



#### Esimerkki 1

Toimenpidepaketissa on 2 toimenpidettä, jotka vaativat alkuinvestoinnit  $B_{01}$  ja  $B_{02}$ , joiden taloudelliset käyttöiät ovat 15 ja 40 vuotta.

$B_{01}$  100 k€, taloudellinen käyttöikä 40 vuotta

$B_{02}$  50 k€, taloudellinen käyttöikä 15 vuotta

Koko paketin vuotuinen kustannussäästö  $a = 14$  k€/a.

Todellinen laskentakorko  $i_c = 8$  %

Vuotuinen suhteellinen hintojen muutos  $q = 2$  %

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

Toimenpide  $B_{02}$  pitää korvata 15 vuoden jälkeen ja 30 vuoden jälkeen. Jos oletetaan, että uudelleeninvestoinnin hinta on sama kuin alkuperäinen investointi  $B_{12} = B_{22} = B_{02}$ . On kuitenkin huomattava, että vain 10 vuotta jälkimmäisestä uudelleeninvestoinnista huomioidaan 40 vuoden jaksolla ja viimeiselle viidelle vuodelle jää jäännösarvoa. Tällöin koko investoinnin nykyarvo paketille voidaan laskea alla kuvatulla tavalla:

$n_1 = 15$  vuotta,  $n_2 = 30$  vuotta,  $n_3 = 45$  vuotta,  $\Delta n = 5$  vuotta,  $N = 40$  vuotta.

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

$\Sigma B_0 = 100 + 50 + 50 \cdot 0,315 + 50 \cdot 0,0994 - 50 \cdot 5 / (45 - 30) \cdot 0,0460 = 170$  k€

Tällä investoinnilla paketin korkokanta on  $r_i$ :

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

Toimenpidepaketti on kannattava ja tulisi toteuttaa.

#### Esimerkki 2

Toimenpidepaketti sisältää toimenpiteitä, joilla on 15 ja 40 vuoden taloudellinen käyttöikä (katso taulukko 3.3). Taloudellinen tuottovaatimus todellisella korkokannalla on  $i_c = 7$  %. Vuotuinen suhteellinen energianhinnan nousuennuste on  $q = 2$  %.

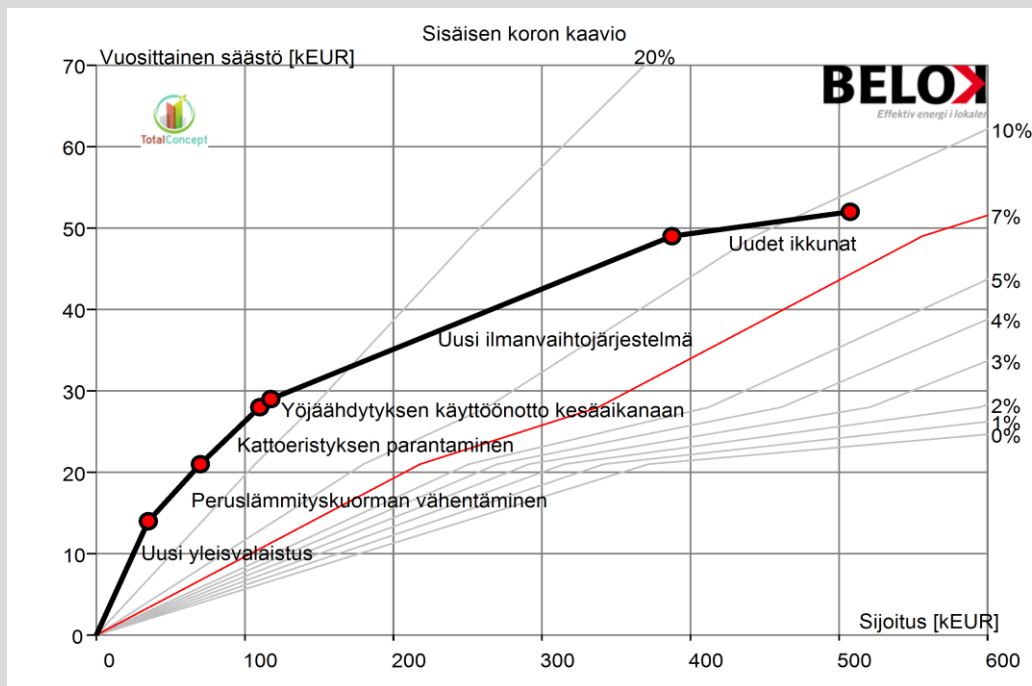


**Taulukko 3.3**

Esimerkki energiansäästötoimenpiteistä ilman uudelleen investointeja.

Nro	Toimenpide	Taloudellinen käyttöikä [vuotta]	Investointi [tuhatta euroa]	Säästöt [tuhatta euroa/vuosi]
1	Uusi yleisvalaistus	15	35	14
2	Peruslämmityskuorman vähentäminen	15	35	7
4	Yöjäähdytyksen käyttöönotto kesäaikaan	15	7,5	1
5	Uusi ilmanvaihtojärjestelmä	15	270	20
3	Kattoeristyksen parantaminen	40	40	6
6	Uudet ikkunat	40	120	3
			<b>508</b>	<b>52</b>

Total Tool –työkalulla muodostettu toimenpidepaketti on esitetty alapuolella. Kuten aiemmin on mainittu työkalu laskee yhdistettyä sisäistä korkokantaa kaikille toimenpiteille ottamatta huomioon uusintainvestointeja Toimenpiteet, joilla on lyhyempi taloudellinen käyttöikä putoavat pois, kun niiden käyttöaika on loppunut ja kokonaisvuosisäästö putoaa, jos näitä järjestelmiä ei korvata, esimerkkitapauksessa 15 vuoden jälkeen.



Paketin sisäinen korkokanta tulee olemaan noin  $ri = 9\%$ . Tuottovaatimuksen mukaan sisäisen korkokannan tulee olla korkeampi kuin todellinen laskentakorko  $ic = 7\%$ , kun otetaan huomioon oletettu suhteellinen energian hintojen nousu  $q = 2\%$  (tätä käytetään syöttöarvona TotalTool –työkalussa energiakustannussäästöjen suhteuttamiseen). Täten yläpuolinen toimenpidepaketti täyttää asetetun vaatimuksen ja pitäisi toteuttaa.

Jo lisäinvestoinni totetaan huomioon samassa esimerkissä, otetaan, että toimenpiteet, joilla on lyhyempi käyttöikä korvataan 15 ja 30 vuoden jälkeen. Näiden investointien nykyarvo lisätään

alkuperäiseen investointiin. Jos oletetaan, että uusintainvestointien arvo on sama kuin alkuperäinen investointi  $B_{11} = B_{12} = B_{01}$ , uusintainvestointien nykyarvo voidaan laskea seuraavasti:

$$\Sigma B_{01} = B_{01} + B_{01} \cdot [i(i_c, n_1) + i(i_c, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(i_c, N)]$$

$$\Sigma B_{01} = B_{01} \cdot [1 + i(i_c, n_1) + i(i_c, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(i_c, N)]$$

$$n_1 = 15 \text{ vuotta} \quad n_2 = 30 \text{ vuotta} \quad n_3 = 45 \text{ vuotta} \quad \Delta n = 5 \text{ vuotta}$$

$$i(7, 15) = 0,365 \quad i(7, 30) = 0,132 \quad \Delta n / (n_3 - n_2) = 5/15 = 0,33 \quad i(7, 40) = 0,071$$

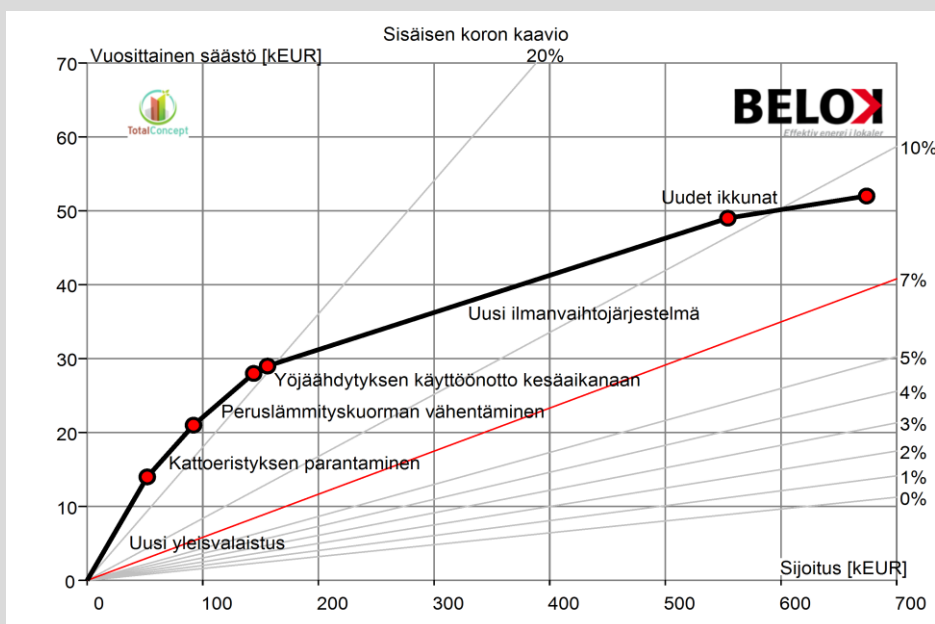
$$[1 + i(i_c, n_1) + i(i_c, n_2) - \Delta n / (n_3 - n_2) \cdot i(i_c, N)] = 1 + 0,365 + 0,132 - 0,33 \cdot 0,071 = 1,474$$

#### Taulukko 3.4

Esimerkki toimenpidepaketista lisäinvestoinneilla

No.	Toimenpide	Uusi taloudellinen käyttöikä [years]	Alkuinvestointi [k€]	Mukaanlukien lisäinvestointien nykyarvo [k€]	Säästöt [k€/year]
1	Uusi yleisvalaistus	40	35 (15 years)	52	14
2	Peruslämmityskuorman vähentäminen	40	35 (15 years)	52	7
3	Kattoeristuksen parantaminen	40	400	40	6
4	Yöjäähdytyksen käyttöönotto kesäaikaan	40	8 (15 years)	12	1
5	Uusi ilmanvaihtojärjestelmä	40	270 (15 years)	398	21
6	Uudet ikkunat	40	120	120	3
	<b>Summa</b>		<b>508</b>	<b>674</b>	<b>52</b>

Toimenpidepaketin kannattavuus uudelleeninvestointien kanssa on esitetty alapuolella.



Myös tässä tapauksessa paketin kannattavuus on noin 9 % eli periaatteessa sama kuin jos lisäinvestointeja ei olisi laskettu.

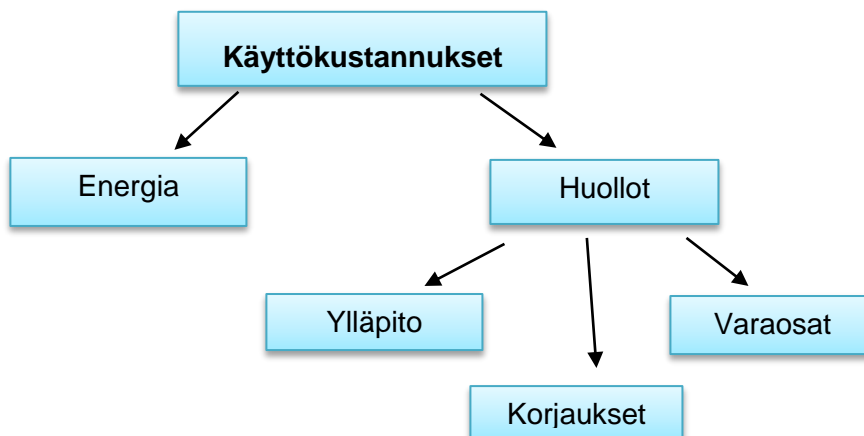
### 3.6. Nettokustannussäästöjen arvointi

Energiansäästötoimenpiteen vuotuisten kustannussäästöjen arvioiminen on olennainen osa jokaista Total Concept -menetelmän mukaista projektia. Koska se on kuitenkin vain arvio, johon liittyy useita epävarmuustekijöitä, tietyt yksinkertaistukset voivat olla oikeutettuja. Lisäksi energiakustannukset voivat koostua useista eri hintakomponenteista ja voivat vaihdella eri vuodenaikojen tai muiden muuttujien mukaan. Seuraavassa tekstissä kuvataan muutamia kustannussäästöjen laskennan erityisolosuhteita ja sitä, kuinka niitä voidaan yksinkertaistaa.

#### 3.6.1 Vuotuisten nettosäästöjen laskeminen

Kannattavuuslaskennan pohjana käytetään vuotuisia nettosäästöjä,  $a$  (k€/yr), jotka vastaavat vuotuisten käyttökustannusten muutosta ennen ja jälkeen toimenpiteen toteuttamisen. Vuotuiset rakennuksen ja sen järjestelmien käyttökustannukset voidaan jakaa seuraavasti (see figure 3.19):

- Energiakustannukset rakennuksen järjestelmistä (lämpö, sähkö)
- Järjestelmien huolto ja ylläpitokustannukset. Tämä pitää sisällään mm. ylläpidon, korjaukset, varaosat ja järjestelmän korvaamisen..



**Kuva 3.19** Rakennuksen ja järjestelmiensä tyypillinen käyttökustannusten jako.

#### *Esimerkki*

Ehdotettu energiansäästötoimi vähentää vuotuista lämmitysenergiankulutusta 780 MWh:sta/vuosi 580 MWh:iin/vuosi. Energiakustannukset lämmitykselle ovat 70 €/MWh. Järjestelmän vuotuiset ylläpitokustannukset kasvavat 500 €/vuosi. Siten vuotuiset säästöt ovat::

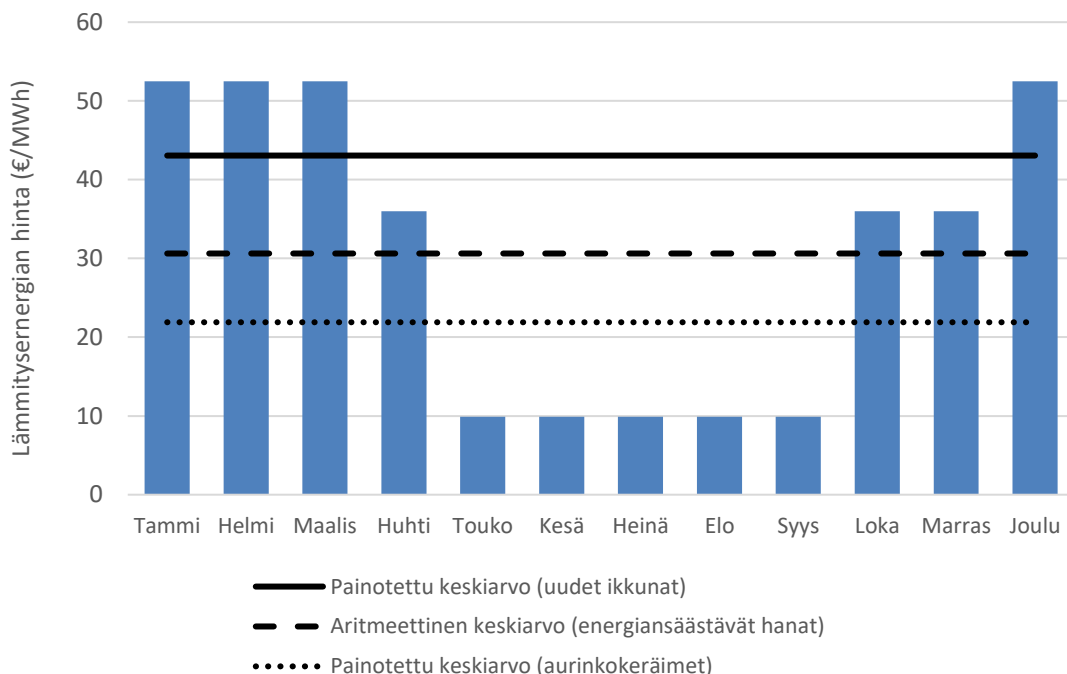
$$a = (780 - 580) \cdot 70 - 500 = 13\,500 \text{ €/yr} = 13.5 \text{ k€/v.}$$

Tämä luku käytetään vuotuisena kustannussäästönä ( $a$ , k€/v) kannattavuuslaskelmissa.

### 3.6.2 Monimutkaiset hintamallit

Energiayhtiöt eivät veloita ainoastaan ostettavan energian hintaa vaan myös kiinteitä kuluja. Veloitus riippuu myös energian kysynnästä ja monissa tapauksissa myös energiatoimitusten tehokkuudesta. Esimerkiksi kaukolämpöyhtiöt huomioivat usein meno- tai paluulämpötilan. Lisäksi hinnat vaihtelevat usein vuodenajan ja vuorokaudenajan mukaan. Käytössä on suuri määrä hintamalleja, ja niitä muokataan ja päivitetään säännöllisesti. Yksinkertaistukset ovat usein perusteltuja, koska kymmenen tai 20 vuoden jälkeistä tilannetta on mahdotonta ennustaa.

Jos käytössä oleva energiasimulaatio-ohjelmisto ei ota huomioon energian hinnan vuotuista vaihtelua, täytyy hankkia edustava vuotuinen keskiarvo. Kaikkiin toimenpiteisiin ei voida soveltaa samaa keskiarvoa, koska eri toimenpiteet säästävät energiaa eri vuodenaikoina. Asiaa havainnollistetaan alla olevassa kuvassa 3.20. Kuvan harmaat palkit kuvaavat tyypillisen ruotsalaisen kaukolämpöyhtiön energian hintaa. Useimmat energiansäästötoimenpiteet säästävät energiaa pääasiassa talviaikaan. Aurinkokerääjien tai energiaa säästävien vesihanojen asentamisella on erilainen säästöprofiili, minkä vuoksi kunkin säästetyn kilowattitunnin arvo on vähäisempi.



**Kuva 3.20** Monimutkaisten energian hintamallien huomioiminen kustannussäästöjen laskennassa.

### Esimerkki

Vuotuinen energian käyttö Göteborgin toimistorakennuksessa on 1000 MWh. Kaukolämmön hinta vaihtelee vuoden aikana seuraavasti (ks. Kuva 3.20):

- Tammikuu, helmikuu, maaliskuu, joulukuu: 52.5 €/MWh
- Huhtikuu, lokakuu ja marraskuu 36 €/MWh
- Toukokuu, kesäkuu, heinäkuu, elokuu ja syyskuu: 9.9 €/MWh

Lämmitysenergian käyttö ja maksut kuukausittain esitellään taulukossa:

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Yht.
Lämmitysenergian käyttö (%)	16%	16%	14%	10%	5%	1%	0%	1%	4%	7%	11%	14%	
Lämmitysenergian käyttö (MWh)	162	162	136	99	49	14	4	7	38	71	114	145	1000
Lämmityskustannukset (€)	8497	8497	7120	3580	483	134	36	72	376	2571	4101	7595	43063

Rakennusvaipaa ja LVI-järjeselmiä koskevissa toimenpiteissä energian hinta on laskettava seuraavasti (painotettu keskihinta):

$Vuotuinen\ lämmityskustannukset\ (€)/Vuotuinen\ energian\ käyttö\ (MWh) = 43063\ €/1000\ MWh = 43.1\ €/MWh$

Lämminkäyttövettä koskevissa toimenpiteissä energian hinta on laskettava seuraavasti (aritmeettinen keskihinta):

$\Sigma\ kuukautinen\ lämmitysmaksu\ (€/MWh)/12\ kk = (52.5\ €/MWh \times 4 + 36\ €/MWh \times 3 + 9.9\ €/MWh \times 5)/12 = 30,6\ €/MWh$

Aurinkokeräinten avulla säästetty energia voidaan laskea keskituottoarvon perusteella. Painotettu keskihinta voidaan käyttää, ja se lasketaan vuotuisesta sadosta.

### 3.6.3 Sähkö

Useissa toimenpiteissä sähkötariffit voidaan sisällyttää energian hintaan.

#### Esimerkki:

Energian hinta ( $E_p$ ): 0,05€/kWh

Sähkön hinta ( $P_p$ ): 60 €/kW

Energiantarve ( $E_d$ ): 1 000 MWh/vuosi

Sähkön tarve ( $P_d$ ): 400 kW

Yksinkertainen menetelmä on etsiä uusi vastaava energian hinta, jossa sähkön hinta on integroitu seuraavasti:

$$E_{p_{eq}} = \frac{P_d \cdot P_p + E_d \cdot E_p}{E_d}$$

Vastaavaa energian hintaa käytetään toimenpiteen kustannussäästöjen arvioinnissa. Yksinkertaistusta ei kuitenkaan pidä käyttää sellaisten toimenpiteiden analysoinnissa, jotka eivät vaikuta sähköntarpeeseen ja energiantarpeeseen samassa suhteessa.

### 3.6.4 Erilaiset lämmönlähteet

Yhden rakennuksen tai kiinteistöön kuuluvan rakennusryhmän lämmitys voi olla peräisin useammasta lämmönlähteestä. Tämä saattaa monimutkaistaa kustannussäästölaskelmia, koska eri lämmönlähteistä saatavan energian hinta vaihtelee. Äärimmäinen esimerkki voisi olla kaukolämmön piiriin kuuluva rakennus, jonka katolla on aurinkopaneeleja, jossa on tietyn peruskuorman antava maalämpöpumppu ja sähkölämmitin, jota käytetään silloin, kun muut lämmönlähteet eivät riitä kattamaan tarvetta.

Jos nämä seikat huomioivaa energiasimulaatio-ohjelmistoa ei ole käytössä, toimenpiteiden ja lämmönlähteiden välisten suhteiden määrittämisessä on nähtävä vaivaa.

#### Viittaukset

[1] Ruotsalainen standardi SS-EN 15459:2007 ”Rakennusten energiatehokkuus. Rakennusten energiajärjestelmien taloudellisuuden arviointimenettelyt”.

[2] Euroopan komissio. ”Recommendations on measurement and verification methods in the framework of Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services.”

[3] Nilsson, P-E. 2003. ”Achieving the required indoor climate”.

## 4 Step 1 of a Total Concept method - Creating the action package

This chapter provides more detailed insight to the process of carrying out Step 1 of a Total Concept project. The roles of the client and energy consultant, their respective responsibilities and tasks are discussed.

### 4.1 Introduction

In step 1 of a Total Concept project, an energy consultant carries out a technical assessment of the property to identify possible measures to improve energy efficiency and an action package is suggested. This analysis is far more thorough than that carried out for an energy certificate. However, the energy certificate can be used as a starting point if one exists. The output of this working step forms a basis for a decision making, whether or not to invest in the action package. Careful analysis is vital if the project is to be a success. The key points to consider for achieving good results and assuring quality assurance when carrying out the different work tasks in Step 1 will be discussed in detail in the following sections.

### 4.2 Stakeholders and key actors in Step 1

Carrying out Step 1 of the Total Concept method requires cooperation between the following main stakeholders and key actors:

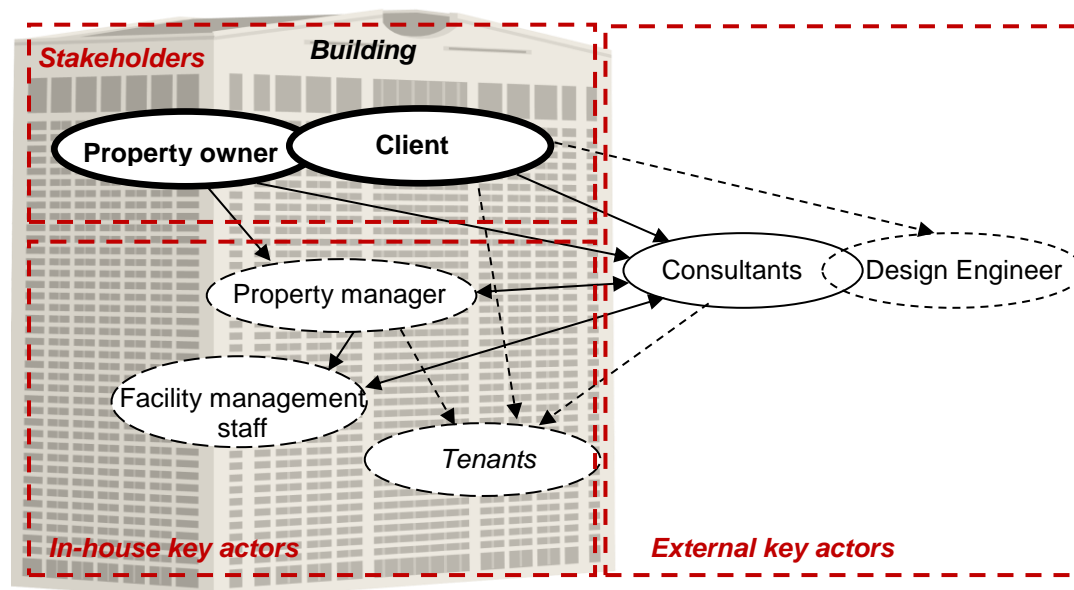
- **Property owner/client**, who is responsible for ordering the practical work based on Step 1 of the Total Concept method from external key actors. Property owner/client is also responsible for assuring that internal resources are available for project execution, e.g. involvement of in-house personnel like property manager, maintenance staff, etc. Additionally the property owner must make sure that all the relevant background information needed for the Step 1 will be made available for the consultant.
- **Energy consultant**, who based on the contractual agreement with the property owner/client, carries out the practical work included to Step 1 and forms a package of measures based on the Total concept method.
- **Property manager**, who is responsible for the buildings in question and has access to the relevant information needed for the consultant for the analysis in Step 1 or knows where this information can be obtained. Property manager is also often involved with the investment decision. It is greatly advantageous if the consultant can discuss the proposals with the property manager to eliminate measures that

would, for different reasons, not be conceivable or practically possible to carry out.

- **Facility management staff (maintenance staff)**, who are responsible for operating all the systems in a building. Maintenance staff usually has a good picture of the present condition of the building and its systems and can support the consultant with relevant information. They also possess information about any shortcomings, what they depend on, and what could be done to eliminate them. Their collaboration in energy auditing on site is very valuable, since they are usually the ones who can show the consultant around the building for an on-site inspection and who have access to the technical rooms.

Step 1 will also require some support from the *tenants/ building users* when basic information about the building and its use is gathered by the consultant. They usually know best how the different rooms are used at present, what is the occupancy level and times as well as if any changes are planned in the future. It is also important to for the property owner/manager to keep the tenant's well informed about the project and its objectives and to be responsive to their needs. Additionally, some measures may require tenant's involvement, e.g. measures in the lighting system and machines/equipment used, and therefore the alternatives need to be discussed with them.

The stakeholders and key actors involved in Step 1 of the Total Concept method is illustrated in Fig. 4.1.



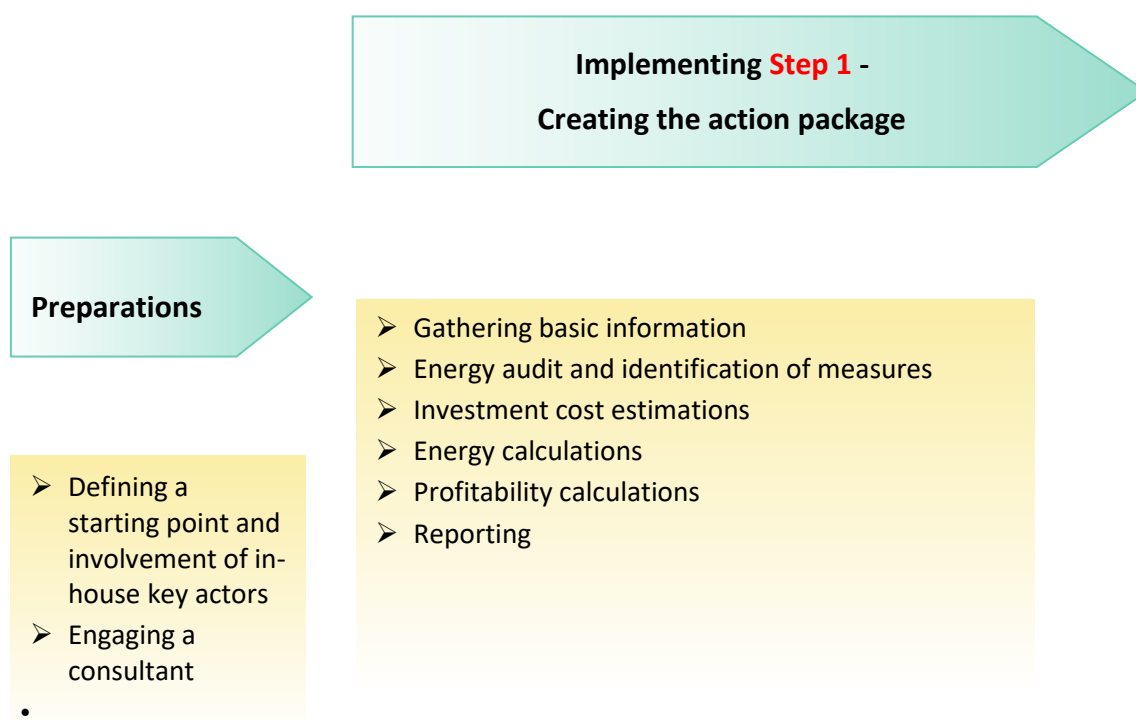
**Figure 4.1** The stakeholders and key actors involved in Step 1 of the Total Concept method.



In some cases it can also be relevant to involve *design engineers*, who will do the detail design for the proposed measures, already in Step 1 for the assessment of design work required for specific measures as well as for estimation of investment costs. This is of course only possible when the design engineers can be appointed in an early stage of the project.

### 4.3 Key activities of Step 1 of Total Concept

The key activities of Step 1 of Total Concept are illustrated in Fig. 4.2. Step 1 starts with preparations needed from the *property owner/client*, and then proceeding to key activities carried out by the *consultant*.



**Figure 4.2** The key activities included in Step 1 of the Total Concept method.

### 4.4 Preparations for carrying out Step 1

#### 4.4.1 Defining a starting point

Before any practical work is initiated it is strongly recommended for the property owner/client to clarify the preconditions for the energy refurbishment project to be carried out. It is important to be aware and think through the following questions:

- What are the general prerequisites for carrying out energy saving measures in the building in question? Is there information available about how the energy is

used, e.g. heating, electrical energy for building operation, the tenant's use of electrical energy, cooling?

- What is the property owner's/client's aim and expectations? Is the aim of the renovation to improve energy performance only or will it be combined with general upgrade of the building for e.g. improving the function of the building, indoor climate?
- What is the economic strategy and situation of the property owner's/client's company and how could possible energy measures be financed?
- How will the exchange of information and spread of knowledge be ensured between those involved, for example, the tenants, maintenance staff, managers, consultants and contractors? They all will have an affect on the work and its outcome.
- How and by whom will the follow-up be carried out and how is future maintenance and operational work ensured? What are the present resources; are they sufficient and how are they to be applied?

#### **4.4.2 Client's role and responsibilities**

The property owner/client must clearly specify the scope of the undertaking to all involved in the project. In most cases, the property owner/client appoints an own project manager to take on responsibility for the project and provides this person with sufficient authority and resources.

The role of project manager includes:

- The engagement of an energy consultant, i.e. drawing up the tender documents, evaluation of tenders, project management and coordination.
- Supplying the energy consultant with all the necessary information about the building.
- Assisting the consultant by providing information when drawing up the proposals for the energy efficiency improvement measures.
- Coordinating internal resources/personnel, for example, the involvement of the facility maintenance staff.
- Presenting the report from Step 1 to the relevant parties before a decision to carry out the action package is made.
- Planning for Step 2, for example, the preparation of the tender documents before engaging consultants and contractors.
-

## 4.5 Engaging a consultant for Step 1

### 4.5.1 Drawing up the tender documents

The information that is required from the property owner/client to prepare the tender documents can vary depending on whether it is a public invitation to tender or a private one.

The property owner/client must define and formulate clearly the correct requirements so that there is no gap between what the property owner/client expects and what the consultant can deliver. It is important to clearly state the responsibilities of the consultant, as well as how the results will be followed up and checked. Information that can provide a clear picture of the scope of the work should therefore be included in the tender documents. It should be stated in this information that the assignment involves a thorough investigation and assessment of the building and identification of possible energy saving measures, as well as the costing of every measure and estimation of energy savings. In other words, this is a considerably more thorough and extensive assignment than required for energy certification.

The tender documents should include:

- Specification of the assignment.
- Demands placed on the consultant, and on the deliverables, for example, with regard to the starting date, the delivery date and the documentation that should be provided.
- A general description of the property and the building in question.

It is important that the energy consultant has an adequate knowledge of the Total Concept method and how it should be applied. In existing non-residential buildings the main savings potential lies in the technical systems. The consultant must therefore be familiar with heating-, ventilation- and cooling systems (HVAC) as well as electrical and building management (BMS) systems.

The tender documents should state that the following information is required about the consultant:

- The consultancy company's and the consultant's personal experience of energy efficiency improvement work in non-residential buildings similar to that in the assignment.
- The consultant's resources and competency regarding energy calculations. Information should be provided regarding which approved calculation programs are to be used and what experience the consultant has of energy calculations similar to those required by the Total Concept method.

- The consultant's personal resources, competency and experience of costing. The person(s) who will carry out the work should be specified.

In the tender documents the methods which will be used to evaluate the tenders, other than price, can also be indicated. The evaluation method should include evaluation/weighting of the components competency, experience and price (least of all). This will give the property owner/client an opportunity to assess competency and experience in relation to price.

Checklists for creating tender documents in Step1 can be found in Appendix 4 and also in the Total Concept tool-kit.

#### 4.5.2 The consultant's role and responsibilities

The assignment for the energy consultant consists of creating an action package for the specified building based on the Total Concept method and it comprises the following tasks:

- Gathering of basic information about the building and compiling technical data.
- Carrying out an energy audit and drawing up a list of possible measures. This must be carried out thoroughly and include both the building envelope and the technical installations (possibly excluding the tenant's own installations). The audit must be documented with the help of check lists, notes, photographs, measurements, etc. The consultant will normally decide if additional measurements are needed and, if so, see that they will be carried through.
  - The consultant draws up a list of *all* the technically and practically possible measures that can significantly reduce the use of energy. ***It is not only the individual and profitable measures that are to be identified but every measure that can have a reasonable effect on energy use.*** Initially, no economic evaluation is carried out.
- Carrying out investment cost calculations. Cost for each proposed measure is individually estimated based on the requirements set by the property owner/client (e.g which costs will be included) and taking into account how the implementation of measures as an action package affects the costs. Every calculation must be well-documented and conditions, assumptions, origins of input data, calculation method and the results recorded.
- Carrying out energy calculations. The energy balance of the building is simulated with the help of validated calculation software. Energy savings are calculated for each measure, taking also into account the effects that each of the individual measures have on each other when the action package is formed. Every

calculation must be well-documented and conditions, assumptions, origins of input data, calculation method and the results recorded.

- The composition of an action package according to the Total Concept method. The action package is put together based on successive step by step energy calculations outgoing from the whole building and by using the Total Concept calculation tool *Totaltool*. The results are illustrated on an internal rate of return diagram. List of measures included to the profitable package, their respective cost savings and investment costs as well as other relevant economic input data used for forming the package are to be carefully documented.
- Forming of the report about Step 1. The report must include: a summary of the project; current status of the building; its indoor climate; its technical systems; an overview of the current energy performance and energy statistics; input data used in the calculations. It should also include documentation about all the individual proposed measures in the action package and the action package as a whole, in figures and diagrams. The information in the report must be sufficient to enable a decision about if the measures are to be carried out and the project should continue to Step 2. A template for the report is available.

•

#### **4.5.3 Information required from the property owner/client**

The property owner/client needs to provide together with the tender documents also a description of the building(s) in question. The consultant needs to evaluate the time and resources needed for the work. For example, following information can be relevant:

- The name of the property, address, area ( $\text{m}^2$ ) including a definition of how it is measured, information about the building use and operation.
- When built, any major rebuilding work done previously?
- Requirements on indoor climate and current status with indoor climate.
- Energy use  $\text{MWh/yr}$ ,  $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{yr})$  - heat, district cooling (if any), the electricity use for building operation and the tenant's electricity use. If the electricity use for building operation and for tenant's is not measured separately, the estimations will be made by the energy consultant by carrying out calculations.
- Water use  $\text{m}^3/\text{yr}$ ,  $\text{l}/(\text{m}^2\text{yr})$  - cold water and warm water (if it is measured separately).
- General description of the ventilation systems in the building(s), number and type of systems and units, type of heat recovery in the units, type of flow control (CAV, VAV).
- General description of comfort cooling, type and number of cooling systems (type of production), distribution (air based, water based)

- General description of heat production systems (for example, district heating, bio fuel boiler, heat pump), number of systems/substations
- Description of the building envelope and condition.
- Any planned rebuilding/refurbishment work - can they be coordinated?
- Information sources available for the auditing, e.g. drawings, technical descriptions, energy statistics, access to BMS system, etc. and quality of the information (for example, hourly/monthly measurements, measurements from sub-meters, as-built drawings).

A template for gathering basic information about the property is available in the Total Concept tool-kit. It is up to the consultant to request complementary information about the building in order to evaluate the time and resources needed for the work. And it is up to the property owner/client to make sure that this information is forthcoming.

- 
- It can happen that a building, in which energy saving measures are to be carried out, is technically complex and in order to get an overview of the present functioning of the building and its systems as well as analyse the energy saving measures will require more time and resources. In order to make a correct estimation of the resources required for the work a preliminary study may be necessary. This would help to avoid problems if the time budgeted in the contract is not enough to carry out the project to a high standard and with good results. It is important to discuss the prevailing conditions with the consultant before starting the project.

## 4.6 Determining the baseline

### 4.6.1 Baseline for energy savings

For assessing the total saving potential with identified measures it is necessary to define an energy use baseline or a reference level for what the savings are compared to.

Commonly this baseline is set based on the measured energy use in the building. It is the client's responsibility to make sure that this data is available for an energy consultant. If for any reason there is not sufficient data for establishing a baseline based on energy statistics then the client should plan additional resources needed for acquiring it.

However, there can be a number of cases where determining a baseline for energy savings requires more careful consideration than just taking the measured values from energy statistics. These situations are for example:

- **Minimum requirements, functional or legal, are not fulfilled before renovation**, e.g. indoor climate requirements are not fulfilled. If, for example, the

premises do not fulfil the minimum requirements with regard to indoor climate, the building's HVAC systems must be upgraded first. This can lead to changes in energy use in the building compared to the initial situation before renovation.

- **Buildings characteristics and function will be changed** as part of the planned renovation process, e.g. changes in the use of a building and occupancy levels, new tenant adjustments, reorganizing the floor plans, rebuilding atrium/entrance areas, etc. This can lead to changes in the technical properties of the building, its technical systems and its use. Changes in the building characteristics and its use often leads to changes in the energy use of the building regardless the planned energy saving measures.
- **Minimum requirements from the building code**, e.g. when carrying out a major renovation project national building codes or other requirements might require some minimum level of quality after refurbishment.

In the described situations a new baseline needs to be determined by using an energy simulation tool. After calculating the new baseline based on the planned changes the effects of proposed energy saving measures can be analysed.

Discussion should be carried out at the beginning of the project and an agreement made with a property owner/client about how the baseline will be set. There must be a common understanding how the baseline is determined and which input data will be used.

#### 4.6.2 Methods for determining the baseline for energy use

There are three different methods for setting the baseline for energy use in order to evaluate an impact of a package of energy saving measures.

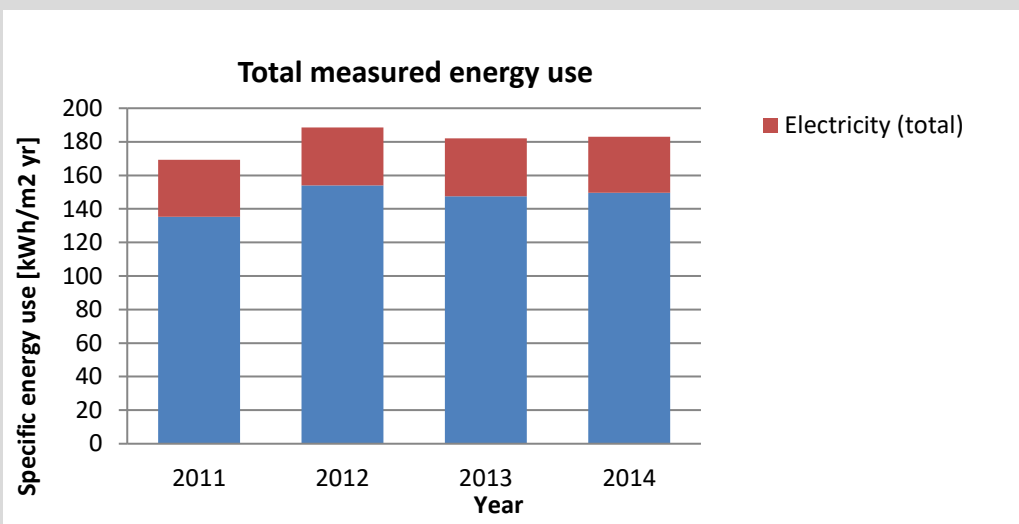
##### 1) Fixed baseline based on the existing energy statistics.

Existing energy statistics is used as baseline when the minimum requirements set on a building and its function are fulfilled and when building characteristics, its function and use will not be considerably changed after renovation.

Commonly this baseline is set based on the measured energy use taken as average of the recent years' energy statistics temperature corrected to a normal year.

#### Example

An energy inspection has been carried out in a school built at the end of the 1960s. The school has 6 buildings with total heated area is 5.386 m<sup>2</sup> heated area. The energy use for district heating and electricity is measured monthly bases and according to the data from energy statistics the buildings' total energy use in 2011-2014 was in average about 186 kWh/m<sup>2</sup> år (corrected to normal year). Indoor climate requirements are fulfilled in the building and no other major changes in the use of the building or renovations are planned.



**Figure 4.3** Measured energy use of the building based on energy statistics.

In this case, the mean energy use before refurbishment is used as the baseline for the energy calculations in Step 1 of the Total Concept method.

## 2) Fixed baseline based on energy simulations

This method is used when a building is functioning poorly, for example regarding indoor climate, and the functionality and use of the building will improve substantially after renovation.

In this case the baseline energy use is based on calculated energy use with the prospective new (required) conditions (e.g. occupancy density, ventilation air flow rates after retrofitting) and with existing and/or upgraded systems. The baseline can easily be determined by:

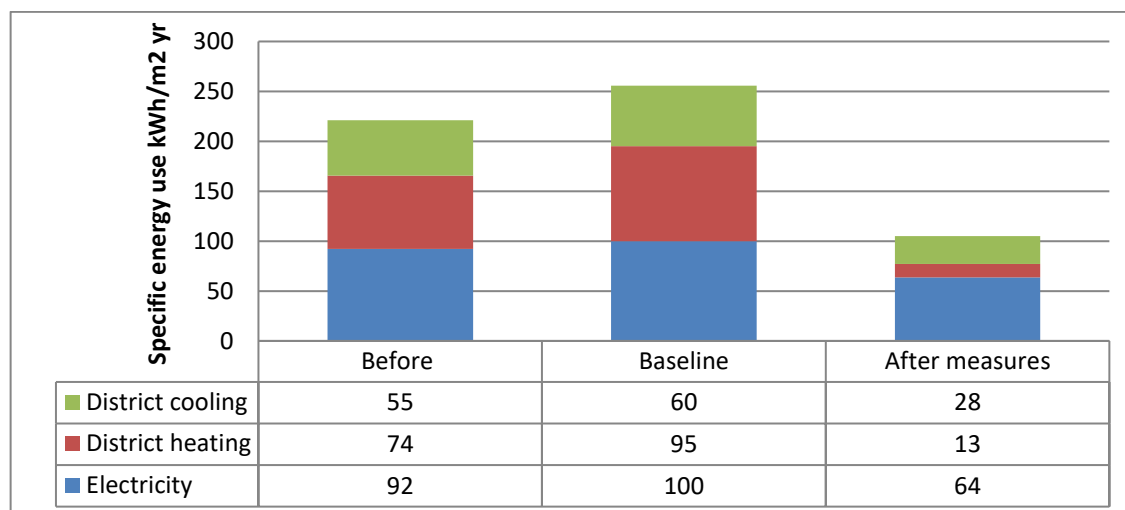
- first calibrating the energy simulation model based on the conditions before renovation,
- Secondly adjusting the model based on the planned use or needed upgrade of the system(s).

Thereafter the effects of possible energy saving measures can be analysed.

This is illustrated in figure 4.4. The first pillar represents energy use before refurbishment. This energy use is based on measured values and is temperature adjusted



to normal year. The second pillar represents the new baseline, for instance the energy use is recalculated with the new airflow rates/upgraded systems for improved indoor climate. The energy use after energy refurbishment is evaluated based on the baseline and the savings achieved with the energy saving measures. The corresponding energy cost reduction should only balance additional investments costs for doing energy measures beyond improved ventilation.



**Figure 4.4** Fixed baseline based on energy simulation

#### Example

An energy inspection has been carried out in a school built at the end of the 1960s. Its heated area is  $9.472 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ . After auditing on site it was found that the air flows to the classrooms and group study rooms were too low to meet the property owner's requirements for an acceptable indoor climate, i.e. a maximum  $\text{CO}_2$  concentration of 1000 ppm. In order to improve the indoor climate in all the rooms, the air flows need to be increased by approximately 25 %. The existing supply air units and extract air fans are separate units and have insufficient capacity to achieve this. Furthermore, the ducting cannot manage higher air flow rates.

*Measure 0* means that the indoor climate is improved so that it fulfils existing requirements but for as little cost as possible and without taking energy efficiency into account. The simplest solution possible has therefore been chosen without taking energy efficiency into consideration. The existing supply air units and extract air fans will be replaced with bigger units. Also new ducting with new terminal devices will have to be installed. The upgrade means that the school's energy use increases, primarily due to the increased air flow rates without heat recovery:

	Before upgrade	After upgrade( <i>Measure 0</i> )
District heating	126	138 kWh/(yr·m <sup>2</sup> ) $A_{\text{temp}}$
Electricity	46	47 kWh/(yr·m <sup>2</sup> ) $A_{\text{temp}}$

In this case, the energy use after ventilation system upgrade (*Measure 0*) is used as the baseline for the energy calculations in Step 1 of the Total Concept method. When calculating the required investment costs of energy improvement measures, e.g. addition of the heat recovery to the ventilation system, implementing DCV system, only the costs related to improving the energy efficiency are included and not the total cost needed for upgrading of the ventilation system.

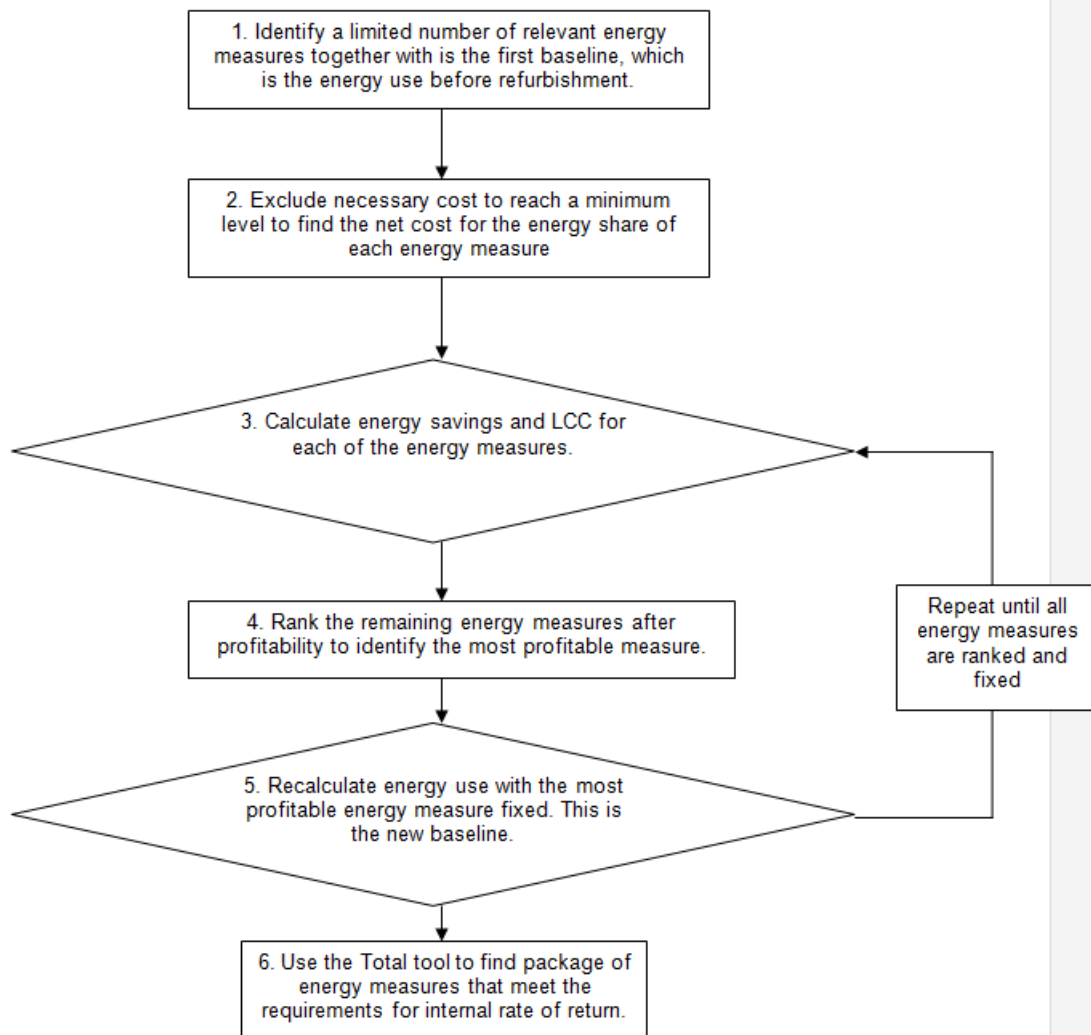
### 3) Dynamic baseline based on energy simulations

When a specific energy saving measure is carried out, national requirements can set some minimum level of quality for a system/building component after refurbishment. This minimum requirement is then set as a baseline and energy saving potential of an additional energy measure, e.g. up to passive house standards, is evaluated based on this level. Necessary investments up to minimum level of quality, is considered in the baseline and not part of the energy saving of a measure. This means that the baseline must be dynamic, adjusted for each energy measure with the minimum level identified and subtracted for both energy and investment.

This dynamic adjusted baseline consists of several steps:

- The first step is to identify relevant energy measure.
- The second step is to split the costs into what is required for the minimum level and additional cost to reach an even higher energy ambition level, e.g. up to passive house standards.
- The third step is to calculate energy savings for every single measure.
- The fourth step is to rank the measures after profitability to identify the most profitable measure. You can use the *TotalTool* to do this (more information can be found from Chapter 4.11.2).
- The fifth step is to recalculate energy use with the most profitable energy measure fixed. This is set as the new baseline. Step three to five are repeated until all measures are ranked and fixed. This will include several energy calculations, and it is important to have an efficient tool to carry this out in a fast manner. However, it is important to do this to find the correct rank order of the measures with the exact energy reduction for each measure. If you skip this procedure, you risk that several measures saves the same kWh energy. This again can misguide the decision makers to make wrong decisions.
- The sixth step is to form the action package that fulfills the profitability requirements set by the building owner. You can use the Total Tool to do this.

A stepwise procedure is developed and shown in figure 4.5.



**Figure 4.5** A stepwise procedure for Dynamic Adjusted Baseline

#### Example

A building owner needs to improve ventilation and replace windows, walls and roof due to old age. He wants to see if it is profitable with energy ambitious upgrading to passive house level of less than 85 kWh/m<sup>2</sup>. The energy measures are ranked and presented in the table. Four of the measures have a national minimum requirement that is not optional for the building owner. Let us take windows as an example. If windows need to be replaced, the U-value of the new windows must be less than 1,5 W/m<sup>2</sup>K due to national requirements. Replacements of the old windows with 1,5 W/m<sup>2</sup>K windows will reduce energy from 204 to 197 kWh/m<sup>2</sup>. This is included in the baseline. An alternative is to use windows with U-value of 0,8 W/m<sup>2</sup>K. This will reduce energy use to 188 kWh/m<sup>2</sup>. The difference between 1,5-windows and 0,8-windows for both investments and energy savings are considered as an energy-measure and analysed for profitability.

Energy measure	Base-line kWh/m <sup>2</sup>	Minimum kWh/m <sup>2</sup>	Ambitious kWh/m <sup>2</sup>	Rank
Windows		197	188	1
Roof	188	175	165	2
Ventilation	165	150	138	3
Artificial lighting	138	No minimum	114	4
Walls	114	104	94	5
Heat pump	94	No minimum	84	6

## 4.7 Start of the project

The different tasks in Step 1 can often be quite time consuming and require the work to be well structured with careful planning. It is therefore recommended after start of the project to draw up/ specify in more detail a time schedule for the execution of the project.

An initial meeting should be held to discuss the details of the project and how the practical work will be managed. To ensure an effective exchange of information and to simplify the consultant's work during its execution, all the key people involved in the project should participate. In addition to the consultant and the property owner/client, the property manager, the maintenance manager, and if possible even the tenant's representative(s) should be invited.

The following points should be discussed at the initial meeting:

- The scope, time plan and activity schedule of the project.
- Information required from the property owner/client for carrying out different tasks in Step 1.
- Clarifying all the relevant in-house and external key actors involved with the project and their contact details.
- Reporting the work.

When discussing the time and activity schedule it must be made clear to those involved how the work will be carried out and what level of involvement is expected of each of them. Details for future meetings and on-site inspections are also to be agreed upon. How the tenants are to be informed about the project and if there will be any interruptions when carrying out inspections of the premises, carrying out indoor climate measurements, etc.

The initial meeting also provides an opportunity for the consultant to discuss what information will be required from the property owner/client for carrying out different tasks in Step 1. Also, the property owner's/client's requirements regarding the building, its indoor climate and energy efficiency improvement work as well as their plans on maintenance measures can be brought up. The more questions that can be sorted out early on, the more rationally and efficiently the consultant will be able to carry out the assignment.

The consultant should also clarify with the client all the contact persons who will be involved with the project from the client side (in-house key actors) and draw up a list with their contact details and specify which type of information and support can be received from the different key actors. All relevant communication paths should be discussed at the initial meeting. This includes information about contact persons, who can provide relevant information and documentation about the building, e.g. technical documentation, energy statistics, system schemes, etc. Even people who are not directly involved can be put on the contact list, for example, contacts in drawing archives, previous suppliers and those in charge of the control and monitoring (BMS) systems. Also previous energy and environmental inspections might be of importance and details of contacts needed.

Finally, it should be decided how the follow-up and the final reporting of the consultant's work should be done.

#### **4.8 Gathering basic information about the building**

The first key activity for the energy consultant in Step 1 is to gather basic information about the building and other relevant input data for the work in Step 1. A separate information checklist template is available in the Total Concept tool-kit that lists the information needed for carrying out Step 1.

Normally, the property owner's/client's personnel supply the major part of the relevant basic information, as they know where this information is to be found or can, reasonably easily, find out where it is. Property owner/client must therefore provide information about

these contact persons, who can support the consultant with the required information and documentation. The information checklist template can be sent to these appointed persons for them to fill it in and complementing it with the relevant documentation. Alternatively it can be filled in during the meeting with in-house key actors and used as a discussion base.

In practice, not all the information described in this checklist is readily available. Nonetheless, a clear and comprehensive picture should be strived for with regard to:

- The building.
- How the building is used.
- Indoor climate requirements.
- The technical systems
- The energy use.

#### **4.8.1 The building**

The basic information about the building such as the name of the property, its address, year built (originally and any rebuilding or extensions) and data about the different areas of the building - gross floor areas, non-residential areas, heated areas, etc.- are important for the energy audit, especially with respect to reference values and energy calculations. If more than one building will be inspected as part of the project then this data should be specified for each building.

Additionally, it can be important to study drawings, primarily the architect's drawings. Overview/layout drawings, floor plans, elevations and sectional drawings usually suffice to obtain a general picture of the building. Structural drawings illustrating construction of walls, ground slab, roof or technical descriptions of structural details can be of great value. All documentation should be as-built documentation, and a short description of the structural changes or renovation work during the last 10 years would contribute to establishing a good overall picture of the building.

#### **4.8.2 Information about how the building is used**

In most cases, the property manager and maintenance staff can supply sufficient information about how the building is used. However, it can sometimes be necessary to contact the tenants regarding occupancy times/working hours and the number of occupants or people present in the building. Information about occupancy rates and use of space in different parts of the building will provide a picture of the current ventilation requirements and if these are met by the systems installed at present.

### **4.8.3 Indoor climate requirements**

The energy efficiency improvement measures in a building must never impair the function of the building, its indoor climate or its technical standard. These are basic requirements that must always be taken into account when planning and carrying out energy measures and it must therefore be made clear what the indoor climate requirements are. Every identified measure must be assessed individually to determine whether it entails any long-term impairment of the indoor climate or the usefulness of the building or its standard.

It should always be investigated what indoor climate requirements apply for the building(s) and whether or not these indoor climate requirements are fulfilled at the starting point of the project. Also any previous indoor climate assessments that have been carried out can be relevant to the project.

If for any reason the indoor climate requirements are not fulfilled it is important to identify what deviation and problems occur and what would be the relevant actions needed for improving indoor climate conditions and how this can be combined with energy saving measures.

It is important that the consultant and the property owner/client discuss this matter and agree on what baseline can be regarded as a starting point for the energy efficiency improvement project (see Chapter 4.6.2).

### **4.8.4 Technical systems**

When carrying out an audit work the consultant should look at the main features of the building's HVAC systems. Principle system schematics for ventilation, heating and cooling systems will provide an overview. Reports from previous mandatory ventilation inspections will provide information about the condition of the ventilation system, whether it has been approved, how large the air flows are, etc.

Operating and maintenance instructions will provide information about how the systems were planned to be controlled and regulated. From the systems for control and monitoring (e.g. a building management system, BMS) it can be possible to check control parameters and operating times for different technical systems including ventilation, heating, cooling, lighting and other technical systems. The BMS will provide valuable information in the form of logs of selected parameters over time.

The as-built drawings for the ventilation, heating, cooling, domestic hot water system systems are important. When the energy balance in a building is to be calculated and the energy measures identified it might be necessary to look at the floor plans and sectional drawings so that the possibility and cost of replacing ventilation plant, supply air terminal devices, additional ducting, etc., can be investigated.



An initial assessment of the electrical power required for lighting can be carried out with the help of updated drawings in which the number and type of fittings can be seen.

Information about other electrical power consuming equipment and machines can be of great importance. It would be good to have an inventory list or to create one during the inspection.

A short description of the replacement technical systems and/or renovation work that has been carried out over the last 10 years will contribute to creating a clear overall picture. Maintenance staff can provide information about any changes made to the technical systems and, if so, why they were made. They can also report any shortcomings or problems regarding the current functioning of the systems and whether there are any obscurities in the present documentation, for example, if the drawings do not agree with the actual conditions.

#### **4.8.5 Energy and resource use**

The following details about the building's energy and resource use are required for the energy audit:

- Heat energy use (MWh/yr or kWh/m<sup>2</sup>·yr). If the heat energy use is not measured separately or can be easily identified then information about the bought fuel/energy source for heat production (e.g. bio fuel, gas, oil, electricity) together with the performance factors of the heat production system should be given.
- Electrical energy use (MWh/yr or kWh/m<sup>2</sup>·yr), in many cases the use of electricity can be divided up into electricity used for the building itself and tenant's electricity, then data about both types of energy end-users is relevant. It is important to get overview of the total electricity use in the building.
- District cooling energy use, if any, (MWh/yr or kWh/m<sup>2</sup>·yr).
- Power demand for electricity (kW), building's total power demand and power demand for end-users (kW) if available (e.g. cooling plants)
- Cold water use (m<sup>3</sup>/yr or l/s·m<sup>2</sup>·yr).
- Warm water use, if measured separately (m<sup>3</sup>/yr or l/s·m<sup>2</sup>·yr).

This energy use data should be extracted from energy statistics and it should be clear whether the heating data has been adjusted to provide an average annual use in a normal year. The statistics should be at least from the last year and preferably from three or more previous years.



If the property comprises a number of buildings, the annual energy use in each and every building should be investigated. The energy use can then be studied at an individual building level, i.e. energy mapping carried out to see where energy is actually being used. It is greatly advantageous if there is separate metering of heat, cooling and electricity in each building. The more detailed the statistics, the better. If sub-meters have been installed in the building for different energy end-users, then readings from these should also be reported. It must be clear which end-users the meters cover, for example tenant's electricity/property electricity, cooling units, lighting system, etc.

Information about previous energy analyses, for example, energy certification, can also provide important information for the energy audit.

In order to make comparisons of energy use in similar buildings, it is practical to use key indicators expressed in kWh/m<sup>2</sup>. For making this comparison it is important to have a clear picture of which area categories have been used for the reference values, i.e. gross floor area, non-residential area, heated area, etc.

## 4.9 Energy audit and identification of measures

This chapter highlights the issues that are important to take into account from a quality point of view when carrying out an energy audit in a Total Concept method.

### 4.9.1. Energy audit - the basics

In general, energy audits can be carried out at three levels (categories):

- **Level 1:** This is in principle a 'desk audit' in which previously documented information is examined. A visual inspection might also be carried out.
- **Level 2:** This includes, besides a Level 1 audit, a thorough investigation of the building and its installations. Only simple, momentary measurements are made, if deemed necessary.
- **Level 3:** This includes, besides a Level 2 audit, a more comprehensive analysis of the building by carrying out, for example, additional measurements of the functions of the different systems in the building and gathering all necessary information for the energy simulations and the investment cost calculations.

The Step 1 of a Total Concept method requires a Level 3 audit to be carried out.

#### 4.9.2. Carrying out a ‘desk audit’ and planning an audit on site

Planning the audit ahead is important in order to ensure efficient and successful energy audit on site. Detailed preparations and careful planning of the audit work will contribute to keeping the number of site visits to a minimum.

Before the practical inspection work on-site is carried out a certain amount of ‘desk audit’ work should be done. The person who will then inspect the building will hereby obtain a first insight into the building and gets some understanding about its operation and technical systems.

Based on the outcomes of the ‘desk audit’ a checklist can be formed with relevant points to be checked and analyzed in detail when site visits are done as well as questions to be raised to the relevant in-house key actors. It will also give a preliminary insight what measurements may be needed.

#### 4.9.3. Carrying out an energy audit on site

The main key points to consider for efficient and successful energy audit on site:

- Conduct the audit in collaboration with the property manager and maintenance staff. Maintenance staff usually has a good picture of the present condition of the building and its systems and can support the consultant with relevant information. They are usually the ones who can show the consultant around the building for an on-site inspection and who have access to the technical rooms. In Appendix 4 there are examples of useful questions that the consultant can put to the property manager, the maintenance staff and the tenant’s representative.
- Inspect the building based on building *as a whole* approach. It is the building function and use that sets the demands and requirements on technical systems. Check the status and condition of the building and all of its technical systems that have an impact on building’s energy balance. Use the ***Demand – Distribution – Production*** method when auditing; see the Chapter 4.9.4 for details.
- If there is a central control and monitoring (BMS) system check the control and regulation principles and operating parameters (if access to the system cannot be provided beforehand).
- Document in detail and take photos, make documentation traceable.
- Plan and carry out additional measurements when needed; see the Chapter 4.9.5 for details.
- Plan ahead which input data is needed for carrying out energy simulations in the next step and what data needs to be collected/confirmed on site. Gather as much of the in-data as possible. Relevant input data for energy simulations include for

example room temperatures, power demand and operating times of the technical installations, airflow rates, occupancy times and occupancy levels, assessment of the air tightness of the building, etc.

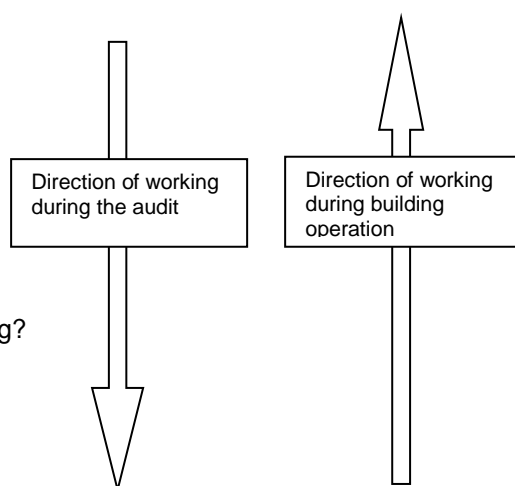
- Make a list of *all* possible energy saving measures: all obviously profitable measures are to be included as well as those which might appear economically doubtful. It might be possible to include them in an action package that is profitable when regarded as a whole.
- Check whether identified measures can actually be carried out from technical point of view:
  - *Are there architectural limitations?*
  - *Is there enough space for new systems/equipment?*
  - *How do the measures affect other systems?*
  - *How will implementation of the measures affect the use of the building?*
  - *How much refurbishment/rebuilding work will be required?*
- Assess the factors that affect the cost of a particular measure.

#### 4.9.4. A Demand – Distribution – Production energy audit method

The person carrying out the auditing work must have a clear and overall picture of the building and its systems and at the same time be able to identify and study important details. The chances of being able to do this are greater if the *Demand – Distribution – Production*<sup>2</sup> method is followed when analysing the different systems in the building.

The basic question to be answered during the auditing work is: *what are the demands/requirements and how are they met?* In principle the demand for energy/media is met in three steps, in which the following can be analysed:

- Demand (to be met)
  - Quality?
  - Amount/volume?
  - Point in time?
- (via) Distribution
  - Do the demands –
    - quality/amount/ point in time –
    - vary in different parts of the building?
  - Is distribution efficient?
- (from) Production
  - Adapting to demands?
  - Is production efficient?



*The demands* are usually determined by the indoor climate requirements in the different spaces in the building. Investigate, for example, whether the air flows, heating capacity and cooling capacity are correct – not too low, so that requirements are not met, and not unnecessarily high, for energy use reasons. When it comes to lighting (lighting sources, lighting fittings, lighting systems), the quality must be correct at the same time as the power demand should be reasonably low.

When analysing *distribution*, it is investigated whether for example, air, heating and cooling media is delivered and distributed between the different rooms according to the demand. Are demands (quality/amount/point in time) different in different spaces in the building? It might be the case, for example, that in certain parts of a building heating is required while at the same time cooling is needed elsewhere. Is distribution efficient? Check the control of flow rates and temperatures damper and valve functions and settings, insulation of the air/water distribution system, efficiencies of pumps and fans.

<sup>2</sup> **Production** refers to production in central units/supply systems in the building.

When analysing *production*, the efficiencies of different types of production are investigated. These can include the production of certain air flows at certain temperatures or the production of cooling and heating media flows at certain temperatures. Are these produced in an efficient way and do they have effective control, is there heat recovery in ventilation systems?

*Examples of questions to be asked when inspecting a ventilation system*

When analysing *Demand*:

- *Quality*: Has the supply air the correct temperature, cleanliness and humidity content<sup>3</sup> to meet the requirements?
  - *Suggested measures*: Adjust the temperature of the supply air, improve the purification process, improve the humidification/dehumidification process<sup>2</sup>
- *Amount*: Is enough air supplied to meet the requirements?
  - *Suggested measures*: Adjust the air flow rates or adapt the flow rate according to the load (DCV)
- *Point in time*: Can the correct amount of air be supplied with the correct quality at the right point in time? Investigate variations over time, for example, when premises are occupied/unoccupied, summer/winter, etc.
  - *Suggested measures*: Adjust the operating times
  -

When analysing *Distribution*:

- Do demands regarding quality, amount and point in time vary in different parts of the building?
  - *Suggested measures*: Install additional units to meet varying demands, e.g. after-treatment with heating/cooling/filters. Sectioning of the system using dampers. Insulation of air distribution system
- Is distribution efficient? What types of motors and fans are used and how large are the pressure drops?
  - *Suggested measures*: Check the air terminal devices and dampers if pressure drops can be reduced and choose more efficient fans/motors on replacement. Install variable speed control.
  -

When analysing *Production*:

- How are adjustments made in the central ventilation unit to adapt to the demands: temperature, cleanliness, air flows, operating times?
  - *Suggested measure*: Adjust their control to variations in demand.
- Is production efficient? Is there any heat recovery? Primarily air to air heat exchangers, secondarily air to water to air heat exchangers.
  - *Suggested measure*: Replace fluid heat exchangers with rotary heat exchangers. Note: Make sure that extract/exhaust air is not contaminated by process air.

#### 4.9.5. Measurements on site

It might turn out during auditing that some relevant information is missing and that it can only be gathered by making measurements on site. It can happen that the information about

<sup>3</sup> In certain non-residential premises, such as museums and hospitals, humidification can also be needed.

the use of energy in the building is not complete or more detailed information is required about some large energy users, for example, for process cooling or restaurant/catering kitchens. It might then be reasonable to carry out separate electrical energy use measurements for a short period of time. Additionally, measurements of temperature and flows are often needed to confirm that the requirements are met or identify possible measures for energy saving.

Examples of system parameters that could require additional measurements:

- Room temperatures.
- The temperature of the supply air at ventilation units and at the air terminal devices/room units.
- Supply and return water temperatures (room units, coils, chillers/boilers, etc).
- Flow rates (ventilation, cooling and heating system).
- Pressure drops over components in air handling unit.
- Electric power rating and air flows of the fan systems
- Electrical power demand in the building, if separate measurements are not available.
- Electrical power demand for a cooling plant, if separate measurements are not available.
- The temperature efficiency<sup>4</sup> of heat/cooling recovery system.

The number of additional measurements required is usually determined by the information gathered from the ‘desk audit’ work and from the first on-site visit.

If these measurements are to be carried out efficiently, and are to provide useable results, the work should be carefully planned. The following questions should be asked:

- What is to be measured?
- Why is it to be measured?
- How is the work going to be carried out?
  - *Short-term random spot checks?*
  - *Long-term logs, e.g. several days?*
  - *Types of instruments?*

---

<sup>4</sup> The temperature efficiency of a heat recovery system must be measured when it is working at maximum capacity, that is, when the outdoor air temperature is so low that after-heating of the supply air takes place. It is also possible to carry out the measurements at higher outdoor temperatures by raising the supply air temperature until the after-heating unit is switched on. This must normally be done after working hours.

- *Data gathering system?*

- Can existing control and monitoring systems be used?
- How will the data be handled, processed and presented? By whom?
- How long will it take to complete the work?
- What will the measurements cost? Will the cost be covered by the budget?

#### **4.9.6 Identifying energy saving measures**

In many buildings, it is quite easy to identify measures that can result in significant savings and that do not require large investments. It is often only a question of just adjusting set points and operating times, balancing, etc. In other buildings – especially those which already have low levels of energy use – it can be difficult to find energy saving measures that would also be cost-effective, but some are usually found. In most buildings, however, potential improvement measures have a large span when it comes to profitability.

In non-residential buildings there are often large savings to be found in the different technical systems, such as those for lighting, ventilation, heating and cooling. To achieve these savings, it is necessary to implement even measures in the control and regulating systems.

The layout and design of the building envelope and other aspects of the building's structural design are of vital importance from the very beginning, when the building is planned and built. When a building has been completed it is difficult to find measures connected to the building envelope that do not cost too much in relation to the resulting energy savings. The Total Concept method can, however, offer an opportunity to carry out some of these measures, as the total profitability of the project can be upheld by the more profitable measures connected to the technical installations.

When inspecting the building to identify energy saving measures building *as a whole* approach should be applied. It is the building function and use that sets the demands and requirements on technical systems. The status and condition of the building and all of its technical systems that have an impact on building's energy balance needs to be checked during the audit. The essence of the Total Concept method is to try and find as many measures as possible that can result in reasonable energy savings and not to focus only on those that are profitable as individual measures. The chances of succeeding will increase if you can think outside the box and challenge existing solutions:

- Ask the question “Why?” as often as possible.
- Existing systems can either be controlled or used in more efficient ways (short-term approach) or you can think in a new and bold way and discard the old solutions, which is a more long-term approach to improving efficiency.

- Visits to the building at night or on weekends can often provide information about the unnecessary use of energy.
- Planned maintenance and building function improvement measures can often be combined with energy efficiency improvement measures.

The idea is to gather a range of measures in a profitable action package. This is why measures that do not appear to be profitable should not be disregarded during the energy audit. If they are unprofitable, then this will be shown in the economic analysis when the *whole* of the action package is considered in its entirety.

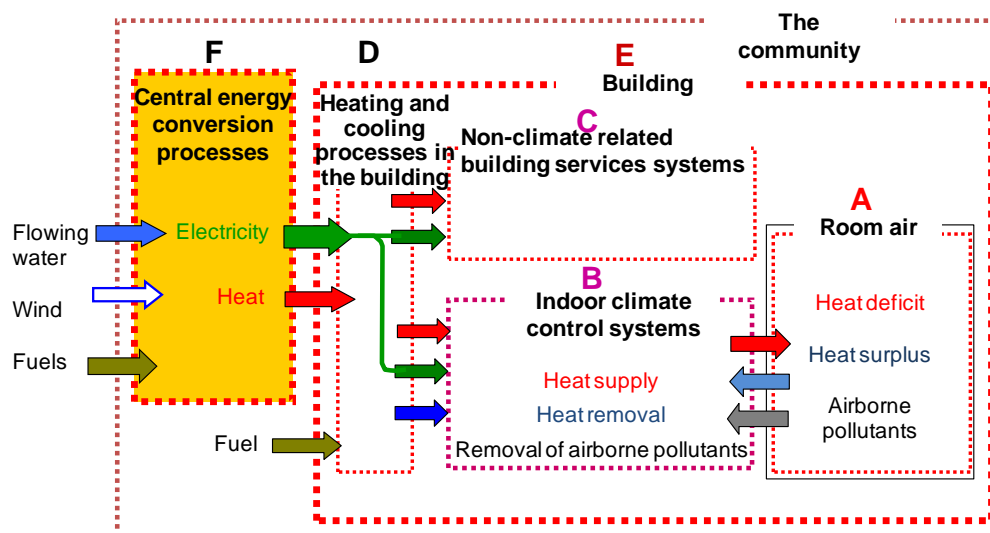
A checklist of common energy efficiency improvement measures within different technical categories is given in Appendix 5. Sometimes it can be greatly useful to engage specialist consultants who can give advice about different aspects, such as lighting solutions, control systems and restaurant/catering kitchens.

It is important that the final report from Step 1 can be used as a basis for Step 2 when design and construction work is undertaken. This is why every measure included in the action package must be described very accurately.



### System boundaries

When planning energy saving measures it is extremely important to decide from the very beginning which *system boundaries* are to apply. How the boundaries are chosen is not important but it is important that a deliberate choice is made. If the aim of the project is to reduce the amount of bought energy, then the supply equipment, such as cooling plant, boilers and heat pumps, must be included in the analysis. If, on the other hand, the aim is to reduce the energy demands of the building itself, then these units can be disregarded. Fig. 4.6 shows how boundaries for energy-saving measures in a building can be drawn.



**Figure 4.6** System boundaries that can be applied when analysing the energy behaviour of a building.

The Total Concept methods that have been carried out by BELOK members have focused on reducing the heat, cooling and electrical energy demands by improving building components and installations. Focus has often been on the *actual demand* and not how the demand is met. The system boundary has therefore been placed often around the systems **A**, **B** and **C** in Fig. 4.3. But in some cases also improvements in the supply systems, **D**, have been included.

Of course, the system boundary **E** could have been chosen, and this will mean that ‘everything’ within the building is included. Choosing this system boundary would have then meant focusing on ‘bought energy’ and including measures such as the replacement of oil-fired or electric boilers by heat pumps which also are important energy measures. Again, it is not important how the energy system boundaries are chosen but that a deliberate choice is made early on in the project.

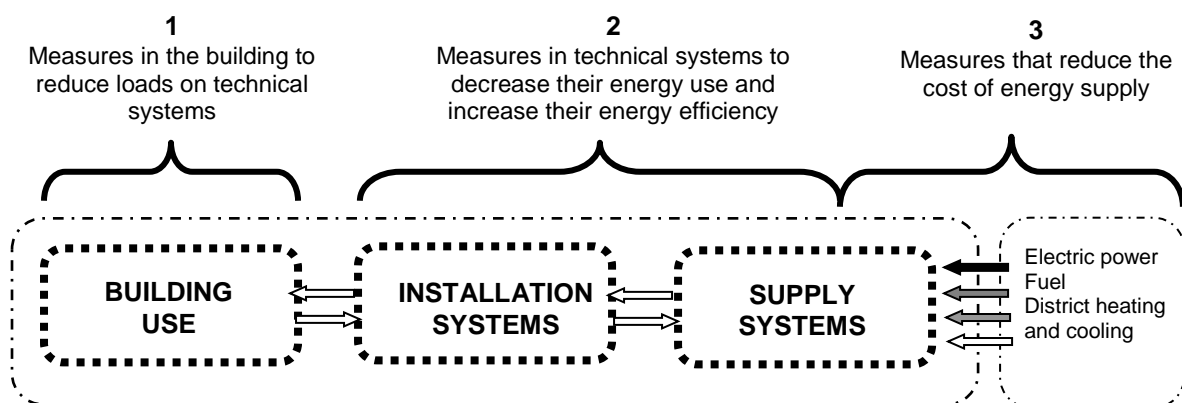
It is therefore worth mentioning that if the system boundary is drawn far outside the building, **F**, then it would include the whole of society or even the world and this would mean including terms such as primary energy. Reasoning this case would be difficult

because there is the risk of implementing measures that might be seen as ‘wrong’ in the future, as the definition of primary energy could be changed as a result of political decisions or technological advances.

When identifying energy saving measures in a building and determining their effects on each other and on total energy use it is possible to use the above described system boundaries. Hence the improvement measures can be categorized into three groups according to their effects on energy use and cost of energy supply (see Fig. 4.7):

1. Measures in a building to reduce loads on and thereby also the energy demand in the technical systems. These are measures that influence the loads from system boundary *A* in Fig. 4.6.
2. Measures in a building’s technical systems to decrease their energy use and increase their energy efficiency. These are measures that are carried out in system boundaries *B* and *C* in Fig. 4.6.
3. Measures that reduce the cost of energy supply. These are measures that are carried out in system boundary *D* in Fig. 4.6 and influence the bought energy.

The three principally different improvement measure categories are shown on Figure 4.7.



**Figure 4.7.** The three principally different improvement measure categories arranged according to their effect on energy use, cost of energy and possibly, the size of the initial investment.

### Power demand improvements

Improving energy efficiency is often about reducing the use of energy but decreasing the power demand of the building can be just as important: savings in costs for charges based on input power demand will also contribute to paying for the investments for energy-saving measures.

Reducing peak power demand, both for heat and electrical energy, can result in considerable cost savings. Power peaks are not only the result of large single power peaks

but also the sum of all power peaks. It is therefore important to take all uses of power into consideration. An analysis is required of what the basic power demands are and what demands depend on different points in time, such as start-ups of ventilation units, lighting, machinery, etc.

The reduction of the peak power use requires numerous measurements to be carried out on machines/apparatuses having high power demands. Measurements made over a period of one to two weeks will reveal how machines/apparatuses are used and how they are controlled and regulated.

Improving power demand can often be achieved by changes or improvements in the BMS system. Changes in operational routines can also contribute, for example, by avoiding the simultaneous start-up of ventilation units, lighting, machinery, etc.

## **4.10 Investment cost calculations**

### **4.10.1 General principles**

The cost of each measure (capital cost) must be calculated individually. However, how the simultaneous implementation of the different measures in the action package affects the costs must also be taken into account. For example, if measures are carried out at the same time then the design work and construction work might be lower.

When assessing the costs for each measure the following cost items might need to be considered:

- Dismantling costs.
- Investment costs for the specific product or system.
- Labour costs, installation costs.
- Additional building costs, for example, for drilling holes, installing fire seals, replacing ceilings and carrying out groundwork.
- Cabling and power connections.
- Control and regulation, and reconnections to the BMS system
- Costs for system balancing
- etc.

Preliminary costs involved with Step 3 should also be assessed already in Step 1 if possible, including cost for additional energy meters, measurement system, etc.

Investment cost calculations can be carried out in different ways: by using one's own or hired cost engineer, using available cost books (e.g. *Sektionsfakta* in Sweden), tenders from technology providers /contractors or a combination of sources.

It is always the property owner/client who decides on the financial terms as well as the conditions for the investment cost calculation. Among other things, the property owner/client has to decide on whether the design costs or client's project management costs are to be included in the investment cost calculation. Design work that is required for the implementation of the action package can also be included in the contract with the building contractor. It must be clearly stated in the report which costs have been included.

The property owner/client should be aware of that investment cost calculations made at an early stage has certain inaccuracy. Step 1 of the Total Concept method is a pre-study phase of a building process in which a requirements specification and consequence analysis for identified measures are carried out. Detailed planning and design is carried out in Step 2 and this will result in the basic documentation and data that are required so that contractors can be engaged. Only when equipment is purchased and contracts actually awarded will the size of the costs be known in detail. Complete certainty will be achieved first when a contractor has been appointed or when the contract has been completed.

#### **4.10.2 Determining the baseline for investment costs**

It is not unusual for a property company to carry out energy saving measures at the same time as a building is generally refurbished or upgraded to minimum required level. In the calculations for a Total Concept method, only investment costs which are directly related to the energy efficiency improvement measures should be included. This is defined here as an *energy investment cost* of a measure. In principle, it is only the additional costs exceeding the baseline level that should be considered.

For cost allocations following recommendations apply:

**1) When a measure is carried out only for energy saving purposes,** all of the investment cost is included to the energy investment cost. If, for example, the energy saving measure is carried out only for saving running cost for energy use and not for any other reason, e.g. maintenance or upgrade, then the investment is motivated only from energy saving perspective and should be included 100 % to the energy saving action package.

**2) When a measure is part of upgrading the building and its systems for fulfilling minimum requirements,** only the additional costs exceeding the baseline level should be

considered. If, for example, the premises do not fulfil the minimum requirements with regard to indoor climate, the building's technical systems must be upgraded first. New baseline for energy use is calculated based on the prospective new (required) conditions. A cost estimation is based on the minimum investment required for upgrading the systems for fulfilling these requirements and this investment cost is not considered as part of the energy saving action package. Only the additional investment cost for doing energy measures beyond improved ventilation is considered.

**3) When a measure is part of upgrading the building and its systems for maintenance reasons and/or tenant adjustments,** divide the investment cost. Some measures may be carried out also for maintenance reasons and therefore not all of the investment cost for the measure can be considered as an energy investment cost. How the cost will be divided in between investment for building maintenance and investment for energy saving measures must be agreed with the client as they can have more detailed plans and budget for maintenance measures.

**4) When minimum requirements from the building code apply for the measures,** use cost adjusted or dynamic baseline. In some Nordic countries when carrying out a major renovation project, national building codes or other requirements might require some minimum level of quality after refurbishment. In this case dynamic baseline for energy use can be calculated (see chapter 4.8). The costs for fulfilling the minimum requirements are not included to the energy investment for a measure, but only the cost to reach a higher energy ambition level, e.g. passive house level.

*Example*

- If the windows in a building are due for replacement because of their poor condition or because the indoor climate is not satisfactory in winter, only the extra costs incurred by choosing especially energy-efficient windows are to be included in the Total Concept calculations.
- If a ventilation system has to be replaced, because it is in poor repair or it does not fulfil current requirements regarding air quality, only the extra costs incurred to achieve a significantly higher level of energy efficiency are to be included in the Total Concept calculations.
- One of the measures in a Total Concept method is to add extra insulation to a cellar wall. At the same time the drainage around the building is to be improved as part of a renovation project. The costs must then be apportioned between the two projects. The cost of the excavation work is referred to the renovation project, while the material cost of the extra insulation and the labour required is referred to the Total Concept method.

## 4.11 Energy calculations

### 4.11.1 Introduction

Energy calculations are a very important part of the Total Concept method. One of the basic requirements that must be fulfilled so that it is practically possible for property owners/clients to decide whether or not to carry out an energy savings project, often quite costly, is that the data on which the decision is made is reliable. Primarily, this concerns the calculated energy savings.

Energy calculations help to establish which the different energy end-users are in the building and where the greatest potential for energy savings lies. Energy calculations are also needed to calculate the energy savings of the identified energy saving measures in order to evaluate the final annual cost savings. Also, when measures are implemented as a package then often different measures affect each other. For example energy savings achieved from lowering the set point temperature for heating from +22 °C to +21 °C will be somewhat lower when also the climate scale is renovated. Decreasing the average airflow rates in the ventilation system leads to less savings when also the fan system is exchanged to a more efficient one. The combined effects of identified energy saving measures need to be estimated during the calculations.

The energy saving measures can be divided into two main categories, based on their impact on other systems:

- Measures in which the energy savings are only results of the measures themselves and the measures do not otherwise affect other systems.
- Measures in which the energy savings, in addition to the direct savings, also have indirect effects on the energy use of other systems.

An example of the first type of energy saving measures is the installation, or replacement, of a heat/cooling recovery system in the ventilation system. This will only affect the heat and electrical energy demands in the ventilation system. The same is true for the replacement of pumps and fans, etc. Here it is quite easy to calculate the change in total energy use after implementing each measure and advanced energy simulations may not be needed.

An example of the second type is the installation of more energy-efficient lighting. This will directly reduce the electrical energy demand but might increase the heat demand. Additionally, if a chilled beam system is installed, the cooling demand during working hours can be reduced. Another example is the conversion of a CAV system to a VAV

system. The heat and electrical energy demands of the ventilation system are reduced considerably but, in addition to this, the heat demand by the radiators is also reduced, as it is no longer necessary to compensate for the cooling effect of the supply air during working hours in empty spaces. However, a measure that aims to reduce air flows, with the intention of reducing the need for electrical energy to run the fans, will reduce the savings that a more efficient heat recovery unit would have provided with the original air flow.

#### **4.11.2 Carrying out energy simulations**

For analyzing the effects of energy saving measures that have indirect effects on the energy use of other systems and for taking into account combined effects of different measures more detailed energy simulations are required. Commonly a calculation model for the building with its existing structure and operations is made with the help of energy calculation software or tool.

The building is modeled according to the existing layout of the building, its current operational data and building use. The input-data for energy calculations are based on data that has been obtained from documents gathered at the beginning of the project and on-site inspections and should be detailed documented for each energy calculation. As a result of the calculations building demands for heat energy, cooling energy and electricity is obtained as well as division of energy use between different end-users. These results are then compared to the building's energy statistics. The aim is to ensure that the deviation from the measured energy values is not greater than about 10 %.

If the calculations and the energy statistics are markedly different, the input data will have to be re-checked and adjusted if possible. Deviations could occur because some of the assumed input data was incorrect when compared to actual use and prevailing condition of the building. This could, for instance, be due to incorrect assumptions about the heat gains from occupants and machinery/ equipment.

After the deviations from measured values are decreased to an acceptable level the calculation model can then considered to be calibrated according to the actual conditions and will be suitable for studying the effects of the different energy saving measures in the building.

When carrying out energy calculations the following points should be taken into account:

- The background/input data must be correct, including a correct assessment of the existing conditions in the building and its systems.
- If the results from the building model do not agree with the energy statistics check the background data and determine what affects the result the most – assumed room temperatures, air leakage into the building, operating times, etc. – as all



these can have considerable effects on the results. Determine whether more measurements are needed to correct the assumed values.

- The conditions and assumptions used in the energy calculations must be properly documented, for example, the basic data regarding the building and the input data for calculating the effects of energy saving measures.
- The comparison of energy use before and after the implementation of the energy saving measures must be understandable and reasonable. Make sure that agreement has been reached with the property owner/client regarding the initial conditions and ensure that the effects that the energy saving measures have on each other have been included.

### Calculation tools

In order to evaluate the effects of energy saving measures which, in addition to the direct savings, also have indirect effects on the energy use of other systems, the calculation tools or simulation software's used need to be able to calculate the total energy balance of the building. These calculation tools or simulation programs need to consider the effect of heat storage in building fabrics, internal heat loads as well as their impact on thermal climate.

Also a considerable number of calculations or simulations can be needed to obtain a reliable understanding regarding the effect of each measure on future energy use. It is essential, when investigating non-residential buildings, that the calculation tools or simulation programs are actually designed for such buildings (e.g. include possibilities to calculate different types of technical systems) and that it is possible to analyse the effects of individual measures using a reasonable amount of work input.

Additional requirement is that the programs that are used for energy simulations must have been validated and the person carrying out the calculations must understand how the calculation model relates to the building in question.

In some cases, special programs and/or the use of reference data based on experiences are required to determine the use of energy and the savings potential for certain measures and systems. Among other things for:

- Measures affecting the central heating/cooling units.
- Measures affecting the control and regulating (BMS) system.
- Measures affecting the compressed air systems.
- Demand Controlled Ventilation systems.
- Measures that reduce air infiltration, for example, the replacement of windows, adjustments to the ventilation system and balancing air flows.
- Humidification and dehumidification in special premises.



- etc.

### **Main steps in building's energy simulations**

The simulation model that is used to calculate the energy savings of identified measures must, as far as possible, resemble the actual operation of the building. A calibrated model of the specific building must therefore be created. This is done by following main steps:

- Documentation of input data.
- Evaluating input data – uncertainty assessments.
- Division of building into zones (if needed)
- Feeding of the input data into the simulation program.
- Initial calculations.
- Comparing results to measured values.
- Adjusting uncertain input data.
- New calculation(s).
- Establishment of the basic building model.

#### ***Documentation of input data***

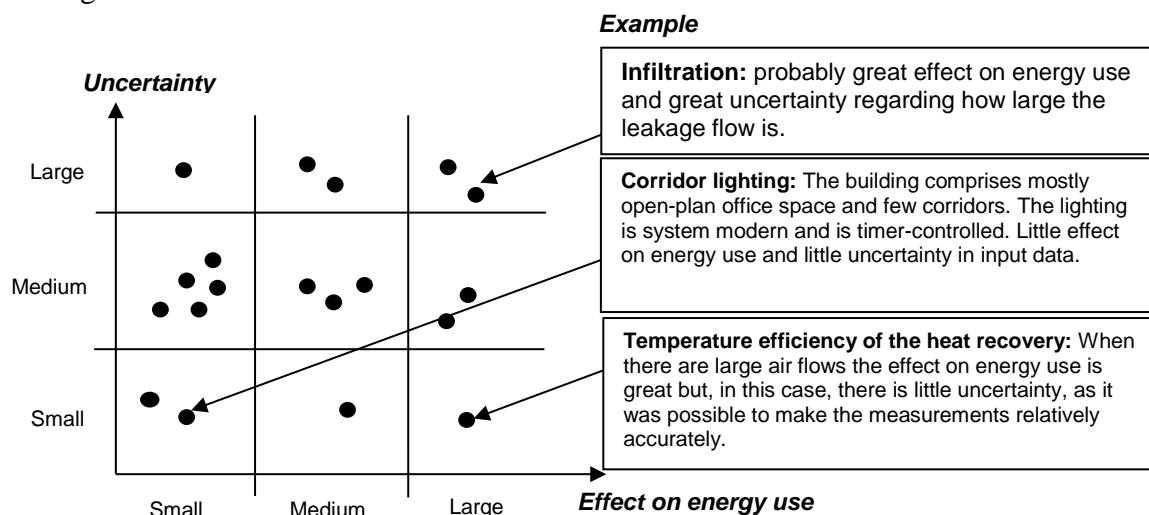
Input data for energy calculations depends on the requirements of the energy calculation program being used. The input data for energy simulations is commonly collected when compiling already documented building information and carrying out auditing work on site. It is recommended to document all the input data required by a specific program, for example, by using Excel tables, to increase the traceability of the whole calculation process. It is then easy to check which basic data is being used, whether the input data has been fed in correctly and to make any necessary adjustments to the input data.

#### ***Evaluating input data – uncertainty assessments***

When all the input data for the energy calculations has been gathered and documented, an uncertainty assessment should be carried out. In an uncertainty assessment, all the input data and its effect on the use of energy are evaluated.

The purpose of carrying out an uncertainty assessment is to identify input data that can be used to adjust the calculation when the results are compared to the actual readings for heat and electricity. However, the degree of uncertainty for each piece of input data is not enough to find input data that can be adjusted. Every piece of input data must also be assessed based on the effect that it has on the use of energy. It is suggested that an assessment regarding uncertainty and its effect on energy use is graded using a three level scale, i.e. having a *small, medium or large* uncertainty or energy effect.

The assessment of the degree of uncertainty and energy effect is illustrated with examples in Fig. 4.8.



**Figure 4.8** Assessing uncertainty and effect on energy use. The points in the diagram represent input data with a certain degree of uncertainty and effect on energy use.

*Example:* Assessment of air leakage into the building through the facade. The building is subject to wind, and is old and unrenovated. No air-tightness measurements have been carried out. The assessment of how large effect the air leakage has involves a large degree of uncertainty and, at the same time, it most likely has a large effect on energy use.

#### **Division of building into zones (if needed)**

When carrying out energy calculations the building might need to be divided into different zones depending on how it is used and its different technical installations. This supports receiving more accurate results of simulations. For example, the divisions can be made according to:

- Different uses of the building zones (e.g. office area, shop, restaurant).
- Different indoor climate requirements (e.g. different requirements on room temperatures).
- Different indoor climate control systems (e.g. air conditioned areas and non air-conditioned areas, air cooling, water based cooling).

- Different operating times of the systems (e.g. AHU units)

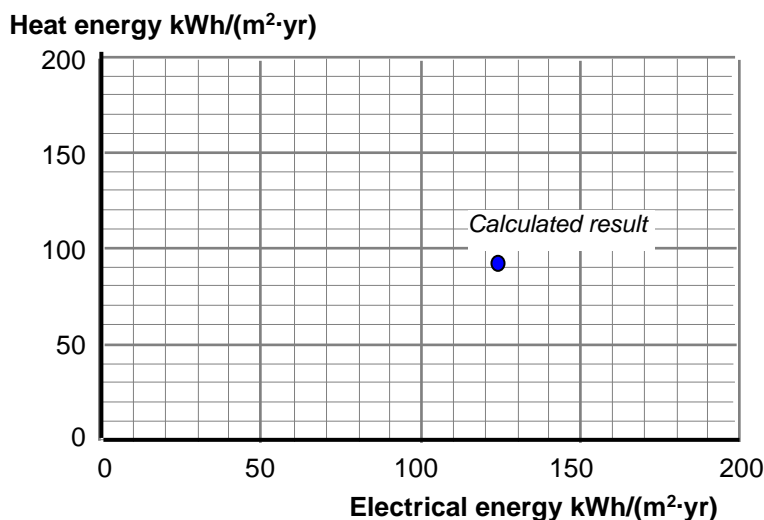
How the calculations per zone are done depends on the simulation software used. Often the calculations for each zone will be first done separately and thereafter combined together to achieve results for the entire building.

#### ***Feeding of the input data into the simulation program***

This step requires great accuracy, as the feeding of data is itself a source of uncertainty. To reduce the risk of incorrect values being fed into the program, all input data is noted separately, for example, on an Excel spreadsheet. This will increase the traceability of the whole calculation process. It is then easy to check which basic data has been used, whether feeding of the input data has been correct and, if necessary, to make adjustments to the input data. Do not forget to double-check all input data which has been fed into the program.

#### ***First calculation***

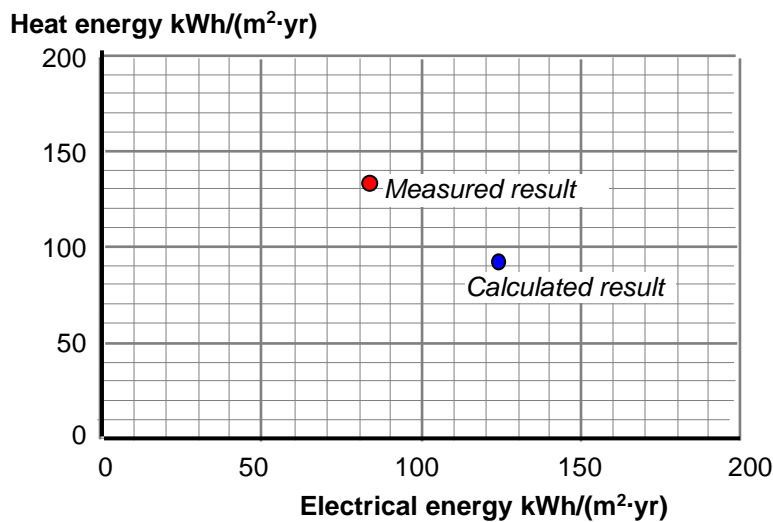
Carry out the first calculation and save the result separately. As an example the first results are illustrated on a heat/electrical energy diagram for comparison in the next step (see Fig.4.9).



**Figure 4.9** The result of the first calculation in the energy calculation process: heat and electrical energy.

#### ***Compare the results to measured values***

The results of the first calculation in an energy calculation process are now compared to the measured values of the energy use in the building supplied by the property owner/client. Check whether the measured values have been adjusted to annual use of a normal year. The comparison between the calculated and measured values is illustrated in Fig. 4.10.

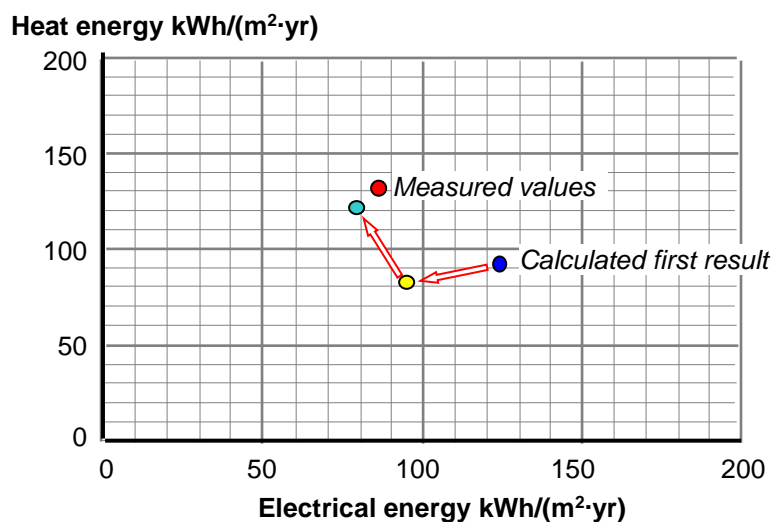


**Figure 4.10** Comparison of the results from the first calculation in the energy calculation process with the measured energy statistics.

#### ***Adjusting uncertain input data – new calculation***

If the calculated result differs greatly from the measured values, an adjustment should be made to the previously assessed uncertain input data and a new calculation carried out. Check the background data and determine what affects the result the most. Assess whether more measurements are need to correct the assumed values.

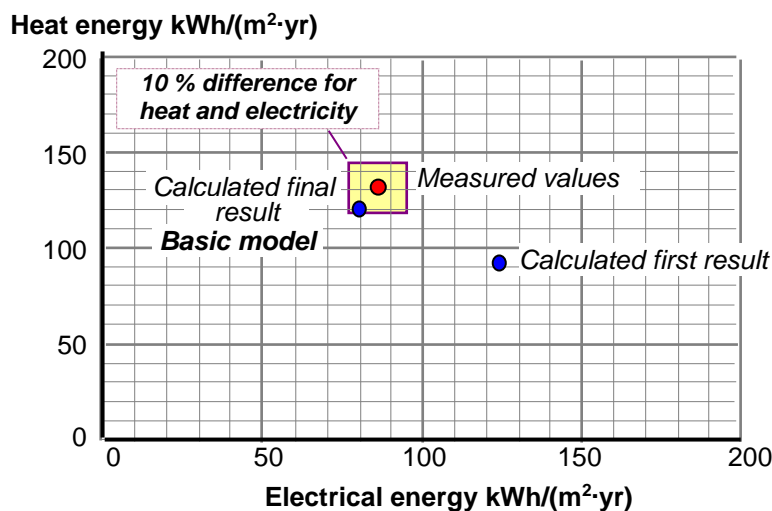
After the assumptions have been adjusted, new calculations are then carried out until the difference between the calculated energy use and measured energy statistics is not more than about 10 %. An example of such a comparison is shown in Fig. 4.11.



**Figure 4.11** Comparison of the results of energy calculations with measured energy statistics after adjustments to uncertain input data.

### ***Establishing a basic model***

When the difference between the calculated energy use and the measured energy statistics is not greater than about 10 % the basic model can be established. The calculation model can then be said to be calibrated and ready for use to study the effects of the different energy saving measures in the building in question. This is illustrated in Fig. 4.12.

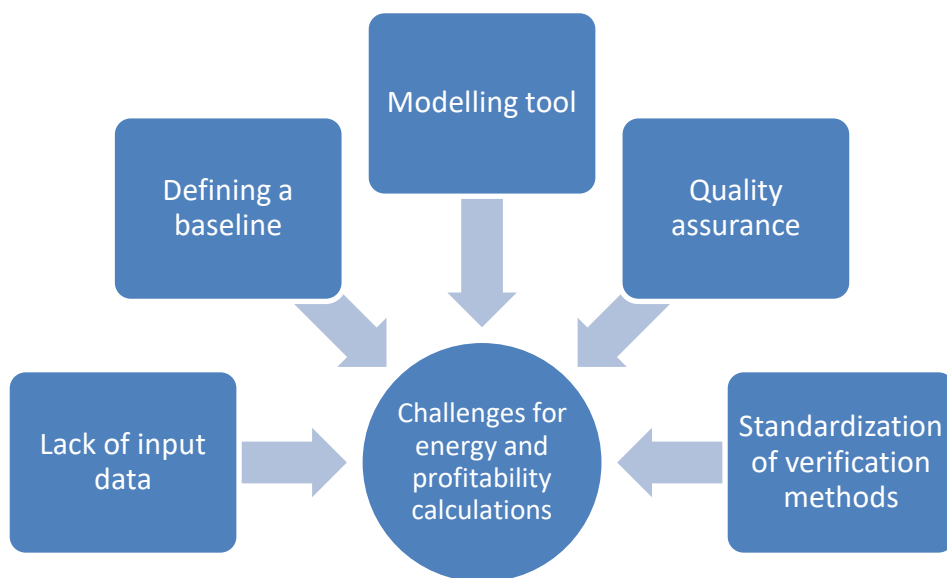


**Figure 4.12** Comparison of the results of energy calculations with measured energy statistics and establishment of a basic model shown in a heat/electrical energy diagram.

It is important not to forget to document the final input-data used and assumptions made for the energy calculations when establishing the basic model as well as when analysing the identified energy saving measures in the next step. These conditions and assumptions must be stated in the report given to the property owner/client.

### **4.11.3 Credibility of the calculations**

Credibility of calculations in Step 1 is one of the crucial elements in the implementation of the BTC method. Poor reliability of assessments in energy savings and necessary investments has a direct influence on project outcomes. There are several factors influencing the quality of calculation results in Step 1. The most important ones are illustrated in Figure 4.13.



**Figure 4.13** Factors influencing quality of calculation results in Step 1.

#### Lack of input data

Lack of input data is a very frequent problem when performing calculations for existing buildings. It is an energy consultant's task to gather as much precise data as possible and it is the responsibility of the in-house key actors to make sure that the information about the building and its use is available for the energy consultant. When some of the data that is not available this should be clearly marked as an assumption when documenting the input data. The input parameters that are often difficult to find are thermal bridges, infiltration rates, some set points in the climate control systems, etc. Table 4.1 below gives a brief guidance on how to evaluate these parameters.

**Table 4.1** Guideline for evaluation if the input data is not available

Parameter	Evaluation
Thermal bridges	If thermal bridges are difficult to evaluate, for instance because of a lack of drawings with structural details: Use thermography to identify heat leakages Evaluate values on the basis of a database with existing buildings or an official guideline (e.g. in DK: "Handbook for energy consultants" - Bekendtgørelse om Håndbog for Energikonsulenter)
Infiltration	Infiltration rates can be evaluated on the basis of national guidelines or by air leakage test if necessary. The test should be scheduled during a weekend to not disturb tenants' activities.
Set points	If set points are not available from BMS system or are varied a lot during operation times for example by the maintenance staff, then agree with the property owner/client what set points should be used in calculations.

### **Defining a baseline for calculations**

Determining a baseline is often not an easy task. This is often because major renovation are not carried out just for energy savings and renovations can also include general upgrade of the building, changes in the building layout, improvement of indoor climate, etc. The energy performance of an existing building based on energy statistics cannot always be used then as a baseline for calculating the effects of the identified energy saving measures. Defining the new baseline must be established in dialogue with a building owner/client.

A new baseline is often calculated on the ambition levels for indoor climate, new technical characteristics of the systems that needs to be replaced, minimum renovation requirements defined in the building codes when carrying out major renovations, etc. The methodology how to determine the baseline for calculations of energy savings is described in chapter 4.6.

### **Modelling tool**

A modelling tool used for energy calculations depends on an individual user/company. In Sweden the different software commonly used for calculation of buildings energy performance and energy saving measures are: IDA ICE, VIP Energy and BV<sup>2</sup> and some others with different pros and cons.

It is essential, when investigating non-residential buildings, that the calculation tools or simulation programs are actually designed for such buildings (e.g. include possibilities to calculate different types of technical systems) and that it is possible to analyse the effects of individual measures using a reasonable amount of work input. Use of the more complex software is often very time consuming when establishing a base model for a building and for carrying out step by step energy calculations when forming an action package. One calculation step can take more than 12 hours for completion, making the whole calculation procedure very long. Therefore for keeping the pre-study phase of the project (Step 1) in a reasonable cost level, more complex programs should be avoided if possible. The engineering companies who are using more complex tools for calculations, e.g. IDA ICE, are usually using it for the design work on daily basis.

It should also be noted, that hardly any available software for energy calculations are yet customized for the calculations needed in the Total Concept method and some manual work is normally needed for step by step calculations of the action package. Step by step calculations are needed for taking into account the different measures have on each other.

It is important that the background/input data used in the calculations is correct, including a correct assessment of the existing conditions in the building and its systems. Assessment of the uncertainty of the input data and its impact on the results is therefore crucial for quality assurance.

### Standardization of verification method

Commonly a calculation model for the existing building is made with the help of an energy calculation software and verified with the existing data from the energy statistics, often corrected to a normal year. The weather data used in a simulation software is commonly based on the weather data of the normal year. A more accurate method of data verification would be simulating the base model with the actual weather data for a specific year and compare it with collected data from energy meters for the same year. However, the biggest barrier for this solution is the price of getting the weather data.

## 4.12 Profitability calculations and the creation of an action package

### 4.12.1 Introduction

The possible energy saving measures that were identified during the energy audit will be studied in detail with the help of the calibrated simulation model and other relevant calculation methods. At the same time an action package will be formed whereas taking into account the effects that each of the individual measures has on each other.

The measures will be graded according to profitability based on the internal rate of return method. Principles of this method were described in detail in Chapter 3. The profitability of each measure is assessed based on its calculated annual net cost saving, investment cost (capital cost) and the economic calculation period. Special consideration should be given for the accuracy of the results - there is always an uncertainty in both savings and investment costs assessments for different measures. The accuracy to which the results are shown should always take into consideration the uncertainty that is included in the calculations.

When annual savings for each measure are evaluated also other cost savings/cost increase should be included to the calculated annual cost savings. It is also important to remember that it is the annual net savings that are used as an input data in profitability calculations. Some of the measures might not only affect annual energy use but also other costs, such as maintenance costs and other resources. For example, the measures concerning domestic hot water might reduce water usage and the replacement of light fittings could save in maintenance costs for light sources (e.g. due to longer lifetime). Or it might be the other way round and carrying out some of the measures might lead to increased operating costs, for example, when introducing heat recovery or demand control. However, it is up to the property owner/client to decide how large a portion of the changes in costs is to be included in the profitability calculation.

For profitability calculations it is essential to know the profitability requirements, defined by calculation interest rate, that have been stipulated by the property owner/client in addition to any other conditions affecting the calculations, for example, energy prices, estimated energy price increases, economic calculation periods, etc. A checklist for



information needed can be found in Appendix 6. How to take into account complex energy price models was discussed in Chapter 3.

#### **4.12.2 Investigating the measures and the creation of an action package**

As a first step energy savings of each identified measure is calculated separately using the calibrated calculation model and savings for heat energy, district cooling energy and electrical energy are specified.

As a second step an action package is created taking into account the effects that each of the individual measures has on each other. In order to avoid complex calculations of all the possible combinations of measures and how each individual measure affects the energy use in these combinations a simplified method will be used. This method has been proven to give equally good result in the profitability calculations of an action package. This evaluation is based on the estimation that measures with the highest profitability will be carried out first, determining the cost savings and profitability of each following measure.

At first ranking based on individual profitability is done, based on the internal rate of return that each individual measure has. This is assessed based on each measure's calculated individual annual net cost saving and investment cost (capital cost), without taking into account any other measures. The economic calculation period is decided by the property owner and is often taken the same as economic lifetime of a measure. After establishing the first most profitable measure then the annual net saving of the second measure is calculated based on the estimation that the first measure has already been carried out. In principle the energy calculations are carried out step by step based on the profitability ranking:

- Measure 1
- Measure 1+2
- Measure 1+2+3
- etc.

It is common that measures affect each other's annual savings but sometimes also the investment cost. This should be taken into account similar way as when estimating combined effects on energy savings. An example below illustrates how a package of measures can be formed.

After package of measures is formed and impact of each individual measure in this package is assessed based on the method described above then all of the measures can be plotted on an internal rate of return diagram by using the Total Concept calculation tool *Totaltool*. The program takes into account different economic calculation periods for different measures and automatically adjusts the action package curve.

The criterion for how many measures are to be included is that the internal rate of return for the package *as a whole* is not less than the calculation interest rate. This means that the calculated internal rate of return for the whole package must not be lower than the property owner's/client's yield requirements expressed as a calculation interest rate. This will determine the size of the action package.

#### Example

An old office building uses a lot of energy and the consultant has identified following five energy efficiency measures and specified how they affect the energy demand.

- **New windows**  
Replacing the old windows with new ones will decrease the thermal transmittance, the solar gain coefficient and the air infiltration.
- **New lighting system**  
A new lighting system will decrease the total installed power of lighting as well as the utilization time.
- **Heat recovery**  
A heat recovery system will recover heat from the exhaust air and cause an increased pressure drop in the ventilation system.
- **Demand controlled ventilation**  
Controlling the airflows according to the actual demand will decrease the average airflow.
- **Balancing the heating system**  
Balancing the hydronic heating system makes it possible to decrease the average indoor temperature without jeopardizing the thermal comfort in the coldest part of the building.

The first step is to identify the single most profitable measure. Following table presents investment costs, calculated annual net savings, economic calculation periods and internal rate of return of each measure if only that single measure is carried out.

Measure	Investment cost [€]	Annual saving [€/year]	Economic calculation period [years]	Internal rate of return [%]
New windows	85 000	3 500	30	1
New lighting system	90 000	5 800	20	3
Heat recovery	130 000	12 000	20	7
DCV	120 000	15 500	20	11
<b>Hydronic balancing</b>	<b>5 000</b>	<b>2 100</b>	<b>10</b>	<b>41</b>

Hydronic balancing yields the highest internal rate of return and is thereby the single most profitable measure. Following table shows the values for the other measures under the presumption that the hydronic balancing is already carried out. Note how the annual savings differ from previous table.

Measure	Investment cost [€]	Annual saving [€/year]	Economic calculation period [years]	Internal rate of return [%]
New windows	85 000	3 200	30	1
New lighting system	90 000	6 000	20	3
Heat recovery	130 000	11 800	20	7
<b>DCV</b>	<b>120 000</b>	<b>14 800</b>	<b>20</b>	<b>11</b>

Demand controlled ventilation appears to be the second best measure. In the following table not only the annual savings are different but also the investment cost of the heat recovery. This is

because it is cheaper to install DCV together with heat recovery than it is to only install DCV plus only install heat recovery.

Measure	Investment cost [€]	Annual saving [€/year]	Economic calculation period [years]	Internal rate of return [%]
New windows	85 000	2 900	30	0
<b>New lighting system</b>	<b>90 000</b>	<b>6 200</b>	<b>20</b>	<b>3</b>
Heat recovery	80 000	4 700	20	2

New lighting system is ranked third despite the reduced cost of heat recovery.

Measure	Investment cost [€]	Annual saving [€/year]	Economic calculation period [years]	Internal rate of return [%]
New windows	85 000	3 200	30	1
<b>Heat recovery</b>	<b>80 000</b>	<b>4 700</b>	<b>20</b>	<b>2</b>

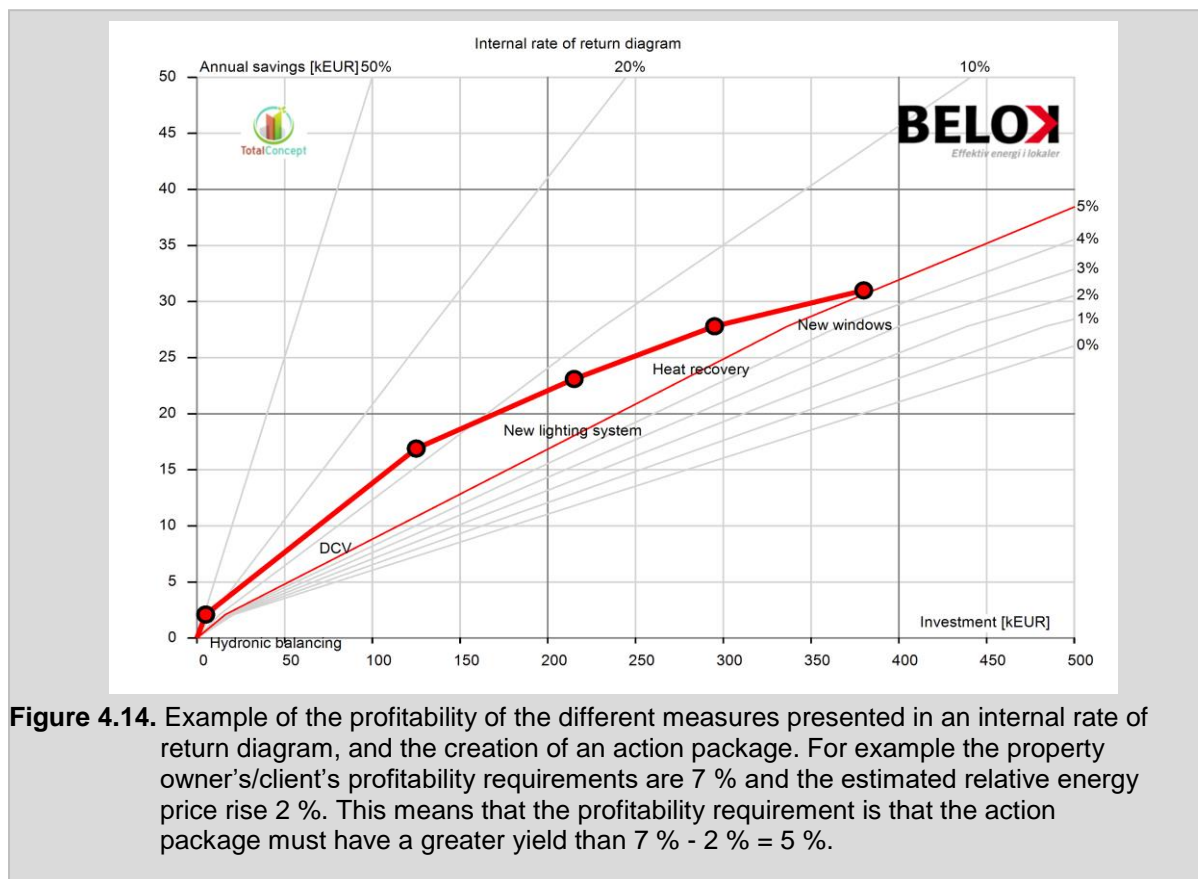
Heat recovery is ranked fourth and since new windows and heat recovery does not affect each other's annual savings the last table is just a cut-out from the previous.

Measure	Investment cost [€]	Annual saving [€/year]	Economic calculation period [years]	Internal rate of return [%]
<b>New windows</b>	<b>85 000</b>	<b>3 200</b>	<b>30</b>	<b>1</b>

By entering the bold values from previous five tables into the *Totaltool* an internal rate of return diagram is plotted.

The diagram presents five packages of measures, and it is easy to identify the package that saves as much energy as possible while still fulfilling the requirement for profitability. The diagram is a graphic version of following table.

Package	Investment cost [k€]	Annual saving [k€/year]	Internal rate of return [%]
Hydronic balancing	5	2.1	41
+DCV	125	16.9	12
+New lighting system	215	23.1	8
+Heat recovery	295	27.8	7
+New windows	380	31.0	5



#### 4.12.3 Finding the action package with maximum cost saving

When creating an action package the point of departure is the profitability of the individual energy saving measures. After calculations for all of the measures have been carried out some of the measures can fall below the profitability curve in the internal rate of return diagram and must therefore be excluded. At the same time, a particular measure might partly touch the curve and should also be excluded. Cases like these can result in the action package having a much higher internal rate of return than stipulated, although the energy saving aspects of the package would be greatly reduced.

In order to find the most energy saving action package within the profitability frames different sequences of measures in the package should be tested. For example, remove some of the measures close to the profitability line and see if the total energy saving of the package would be higher if the measures from the very end of the package line are included. If an expensive measure is found to be the last measure in the action package to fall outside the profitability curve, it could be worthwhile to replace it with smaller measures that might be less profitable but together would fulfil the profitability requirements of the action package. In this way a greater energy saving can be achieved while still fulfilling the profitability requirements.

### Example

An audit using the Total Concept method was carried out in a school building built in the 1950s. There were just over 300 pupils and the total heated floor area was 4000 m<sup>2</sup>,  $A_{temp}$ . There was no heat recovery in the mechanical supply and exhaust air ventilation system. The building envelope was poorly insulated. The annual energy demand was around 195 kWh/m<sup>2</sup> for heat energy and around 60 kWh/m<sup>2</sup> for electrical energy. A number of energy efficiency improvement measures were identified and simulated to calculate the profitability and form the action package. The calculated cost savings and investment costs for the identified measures are presented in Table 4.2.

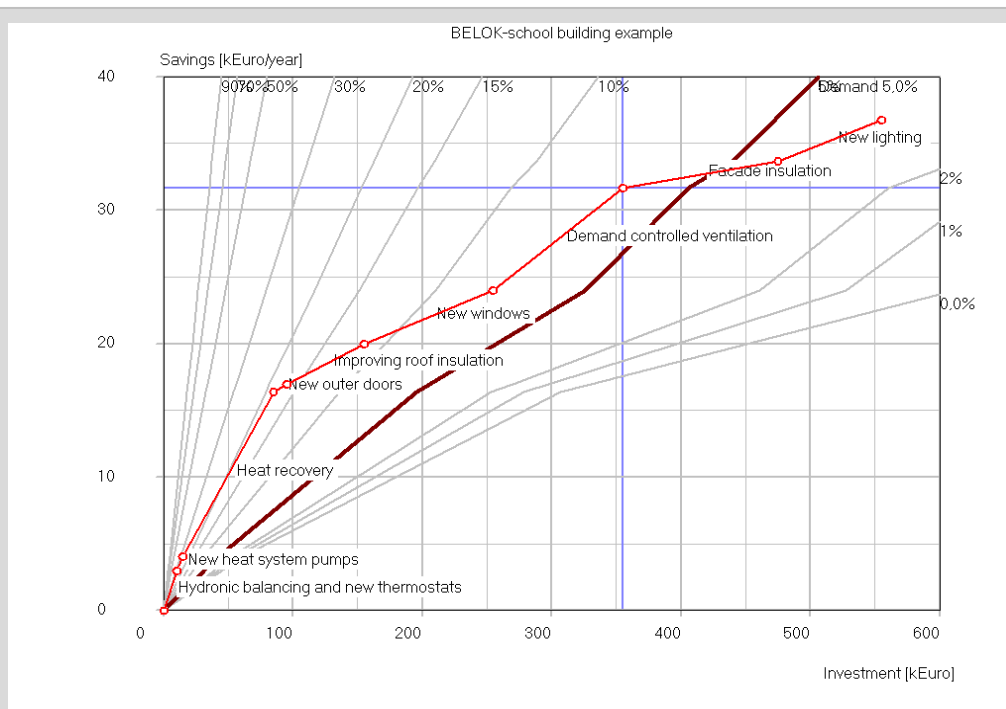
The energy prices used for the calculation were 0.05 €/kWh for heat energy and 0.09 €/kWh electrical energy. The property owner's/client's profitability requirement is 5 % (real calculation interest rate.) Figure 4.15 shows the measures plotted on an internal rate of return diagram together with the profitability requirement (marked as a thick line). As it can be seen from the diagram, the last two measures fall outside the profitability line. In order to find the most energy saving action package within the profitability frame different sequences of measures in the package were tested. On recalculation it was found that the most cost saving package would be when measure 8 "Façade insulation" was excluded. The results of the profitability calculations are shown in figure 4.16.

**Table 4.2.**

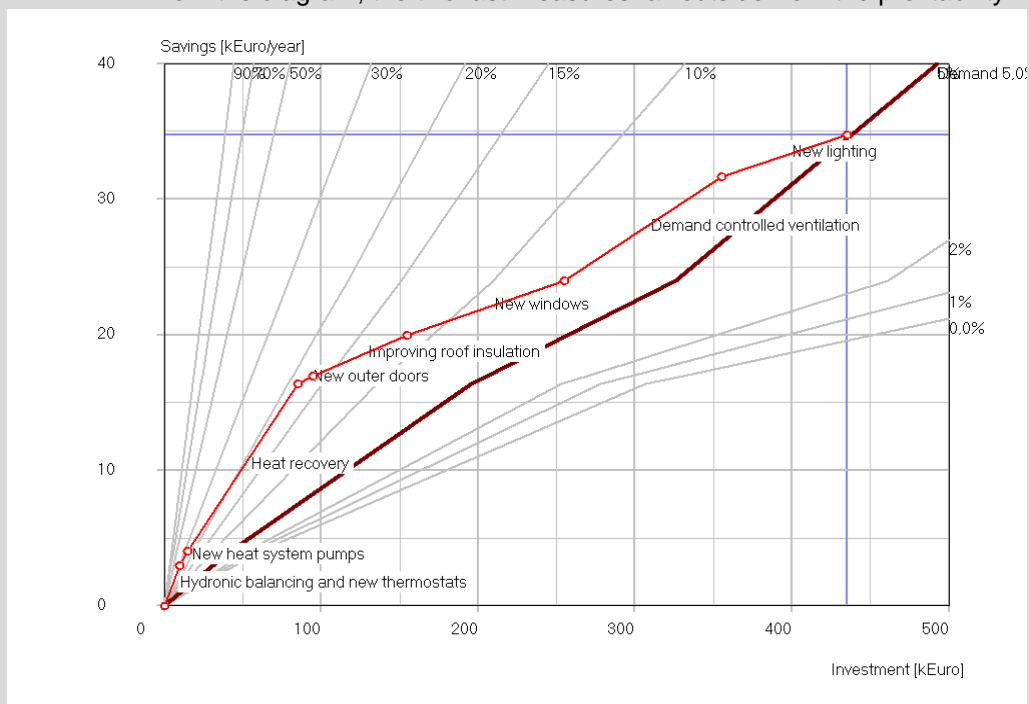
The calculated cost savings and investment costs for the identified measures for a school building.

Identified measure (M)	Invest. cost k€	Calculation period yrs	Heat energy saving kWh/m <sup>2</sup> ·yr	Heat energy saving k€/yr	El. energy saving kWh/m <sup>2</sup> ·yr	El. energy saving k€/yr	Other savings k€/yr	Savings in total k€/yr
M1. Ventilation heat recovery	70	20	65	13	-2	-1	0	12
M 2. Hydronic balancing and new thermostats	10	15	15	3	0	0	0	3
M3: New heat system pumps	5	15	0	0	3	1	0	1
M4: DCV system	100	15	5	1	20	7	-0,5	7,5
M5: Improved roof insulation	60	40	15	3	0	0	0	3
M 6: New outer doors	10	40	3	0,5	0	0	0	0,5
M 7: New lighting	80	15	-5	-1	10	3,5	0,5	3
M8: Façade insulation	120	40	10	2	0	0	0	2
M9: New windows	100	40	20	4	0	0	0	4

The energy decrease with the proposed action package was about 120 kWh/m<sup>2</sup> for heat energy and about 30 kWh/m<sup>2</sup> for electrical energy. This corresponded to total energy decrease for about 60% and the action package resulted in annual savings of approx 35 k€ and required the total investment of 435 k€.



**Figure 4.15** The different identified measures presented in an internal rate of return diagram, and the creation of an action package. The profitability requirement is that the action package must have a greater yield than  $7\% - 2\% = 5\%$ . As it can be seen from the diagram, the two last measures fall outside from the profitability line.



**Figure 4.16** The final action package for a school building. The final profitability of the action package is 5.1 %. The action package results in annual savings of approx 35 k€ and requires the total investment of 435 k€.

#### **4.13 Including replacement of heat supply in the action package based on the Total Concept method**

When a replacement of the heat supply should be included in the Total Concept, there are three thinkable approaches.

- 1) First of all the energy need of the building is to be decreased. Then the most energy efficient heat supply alternative is to be chosen. This approach is often referred to as the Kyoto-pyramid originally formulated by SINTEF Byggforsk.
- 2) A new heat supply alternative is already decided upon and should be regarded as one of the energy saving measures in the package.
- 3) A replacement of the heat supply should be dealt with clearly materialistically as cost saving measure only.

From analysis point of view, the first approach is simplest and the third most laborious. The following example illustrates the three approaches.

### Example

A building has an annual demand of 350 MWh district heat and 20 MWh electricity. The price of heat is 0.08 €/kWh and the price electricity 0.12 €/kWh. Six energy efficiency measures have been identified. None of these measures is influencing any of the others. The measures are presented in the table below. Figure 4.17 shows the corresponding internal rate of return diagram.

	Investment cost [k€]	Electricity saving [MWh/year]	Heat saving [MWh/year]	Economic calculation period [years]
New lighting	13	14	-2	20
Energy efficient DHW-system <sup>5</sup>	7	0	13	30
Improved roof insulation	15	0	9	40
New windows	72	0	40	30
Improved insulation of facade	110	0	38	40
Heat recovery ventilation	78	-4	106	20

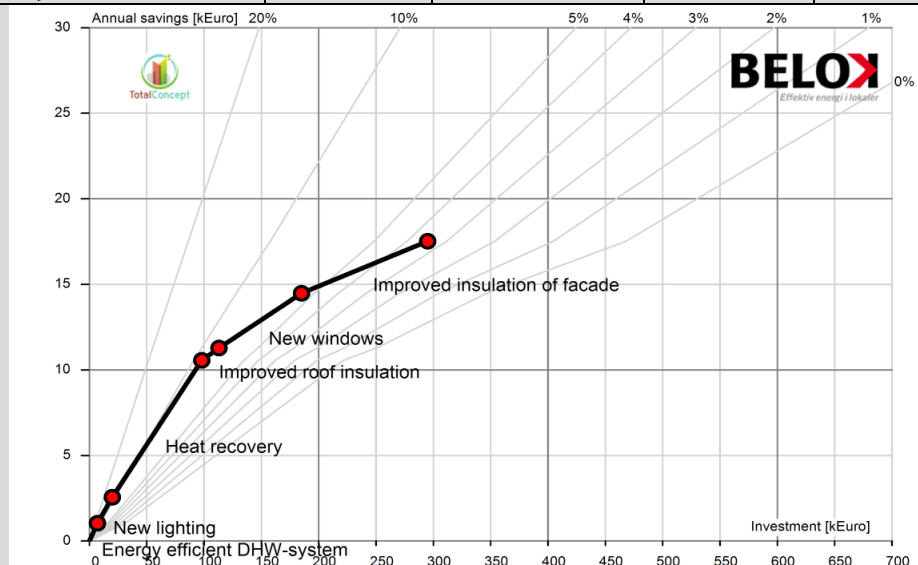


Figure 4.17 The IRR diagram with the six identified energy saving measures

<sup>5</sup> DHW = Domestic hot water



A ground source heat pump for heat supply is to be included in this project. The specific total cost, the performance and the economic calculation period are according to the table below. The seasonal performance factor is the ratio of heat output during one year to the electricity input.

	Investment cost [€/kW]	Seasonal performance factor [-]	Economic calculation period [years]
Ground source heat pump	850	3,1	25

The heat power demand of the building before energy saving measures is 135 kW. The energy efficiency measures will reduce the power demand according to the table below. This is used only to determine the size of the heat pump. (Hot water storage tank is taken into account.)

	Heat power reduction [kW]
New lighting	0
Energy efficient DHW-system	12
Improved roof insulation	4
New windows	11
Improved insulation of facade	9
Heat recovery ventilation	27

## Approach 1

The heat pump is added on top of the energy efficiency measures. When calculating the cost and the savings, the heat pump is handled as the six energy saving measures had already been carried out.

	Investment cost [k€]	Electricity saving [MWh/year]	Heat saving [MWh/year]
Heat pump	61	-47	146

The internal rate of return diagram according to approach 1 is presented in figure 4.18.

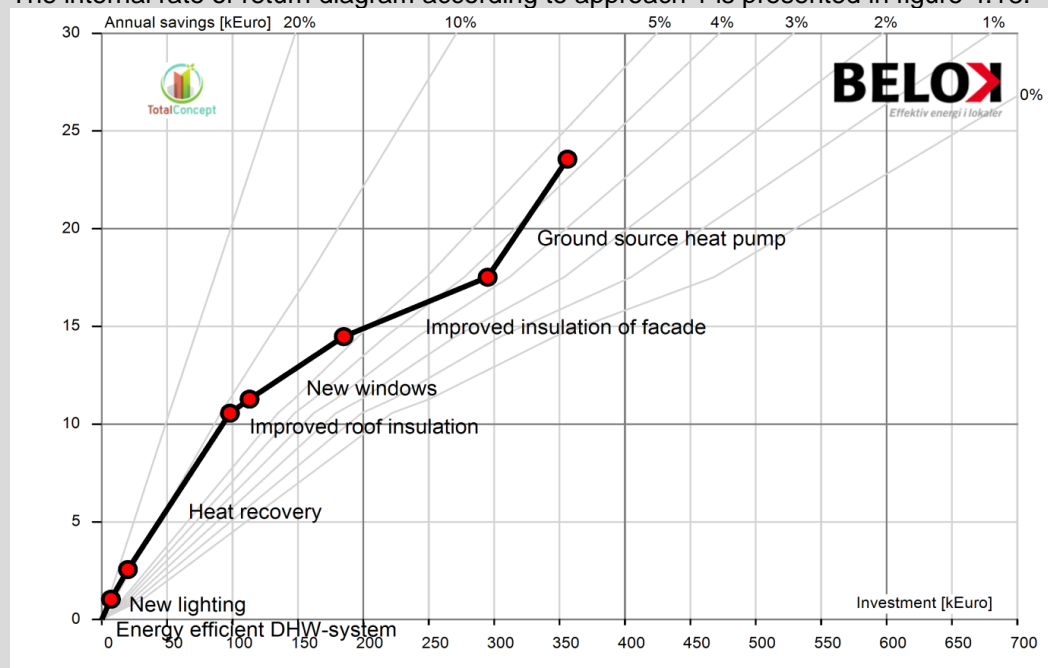


Figure 4.18. The IRR diagram with the heat pump included according to approach 1.

## Approach 2

In the second approach, the installation of the heat pump is predetermined and its cost and savings do not take other measures into account.

	Investment cost [k€]	Electricity saving [MWh/year]	Heat saving [MWh/year]
Ground source heat pump	115	-113	350

Instead, the reduction of its size and the following cost saving is taken into account as reductions of the costs of the six energy saving measures in the building. Note that the measures now save electricity only.

	Investment cost [k€]	Electricity saving [MWh/year]	Heat saving [MWh/year]	Reduction in heat pump cost [k€]
New lighting	13	13	0	0
Energy efficient DHW-system	7	4	0	10
Improved roof insulation	15	3	0	3
New windows	72	13	0	9
Improved insulation of facade	110	12	0	8
Heat recovery ventilation	78	32	0	23

The reduction in heat pump cost is simply subtracted from the investment cost and the resulting internal rate of return diagram is presented in figure 3. Concerning the replacement of DHW system, the influence on the heat pump cost is somewhat higher than the cost of the DHW replacement itself. This appears as a negative investment cost and a twist in the IRR diagram.

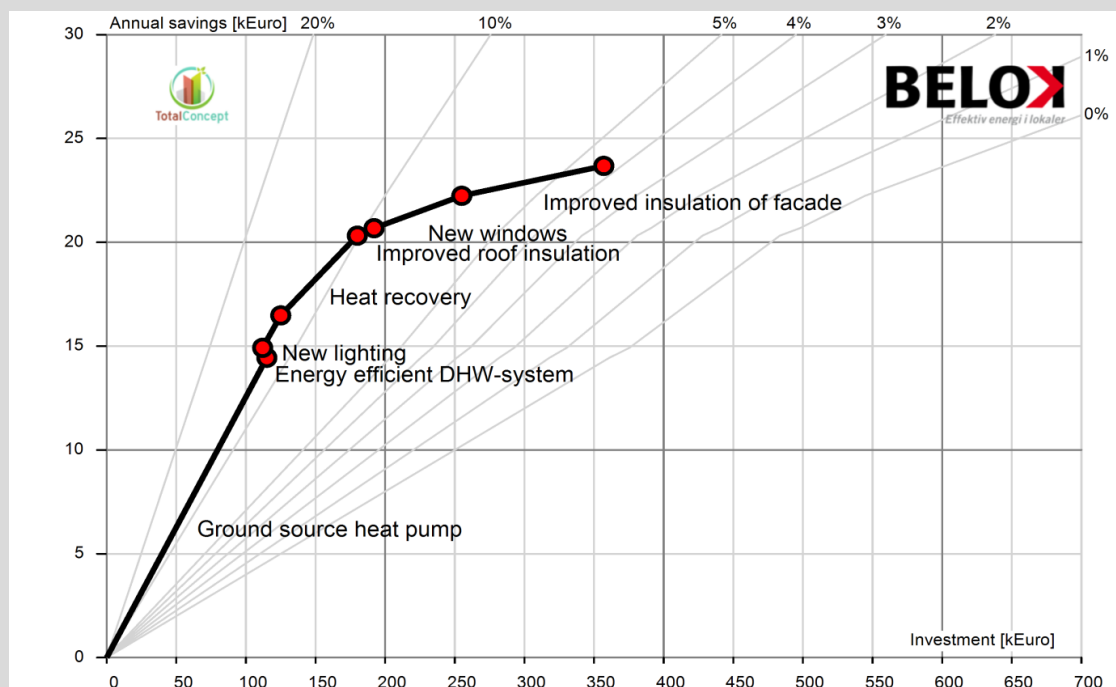


Figure 4.19. The IRR diagram with the heat pump included according to approach 2.

### Approach 3

The heat pump is treated as any other energy efficiency measure. This guarantees a correct order in the diagram but requires careful monitoring of how the heat pump is influenced by the other measures and vice versa. The procedure is as described in chapter 4.11.2.

As shown in following table, the new domestic hot water system is found to be the single most profitable measure.

	Investment cost [k€]	Electricity saving [MWh/year]	Heat saving [MWh/year]	Internal rate of return [%]
New lighting	13	14	-2	10
<b>Energy efficient DHW-system</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>15</b>
Improved roof insulation	15	0	9	4
New windows	72	0	40	2
Improved insulation of facade	110	0	38	0
Heat recovery ventilation	78	-4	106	8
Ground source heat pump	115	-113	350	12

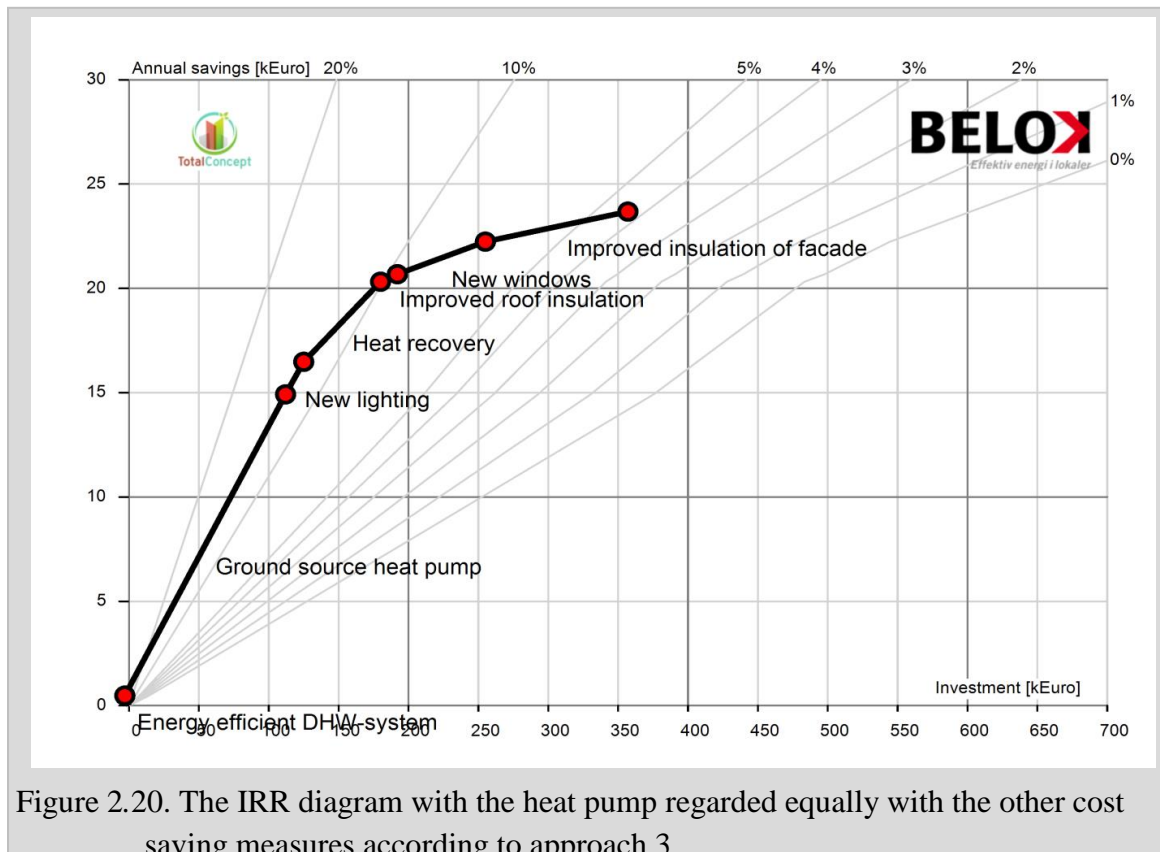
The next step is to redo the calculation taking into account that the first measure is implemented already.

	Investment cost [k€]	Electricity saving [MWh/year]	Heat saving [MWh/year]	Internal rate of return [%]
New lighting	13	14	-2	10
Improved roof insulation	15	0	9	4
New windows	72	0	40	2
Improved insulation of facade	110	0	38	0
Heat recovery ventilation	78	-4	106	8
<b>Ground source heat pump</b>	<b>105</b>	<b>-109</b>	<b>337</b>	<b>13</b>

The heat pump gets the second place and the calculations are redone again.

	Investment cost [k€]	Electricity saving [MWh/year]	Heat saving [MWh/year]	Reduction in heat pump cost [k€]	Internal rate of return [%]
<b>New lighting</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
Improved roof insulation	15	3	0	3	1
New windows	72	13	0	9	-2
Improved insulation of facade	110	12	0	8	-3
Heat recovery ventilation	78	32	0	23	3

So it continues and the internal rate of return diagram is presented in figure 4.20.



Regardless of the approach chosen, the endpoint of the curve will be the same. However, if the endpoint doesn't fulfill the profitability required, the choice of approach influences the design of the package which must be kept in mind when choosing the applicable approach.

#### 4.14 Summing up and the report

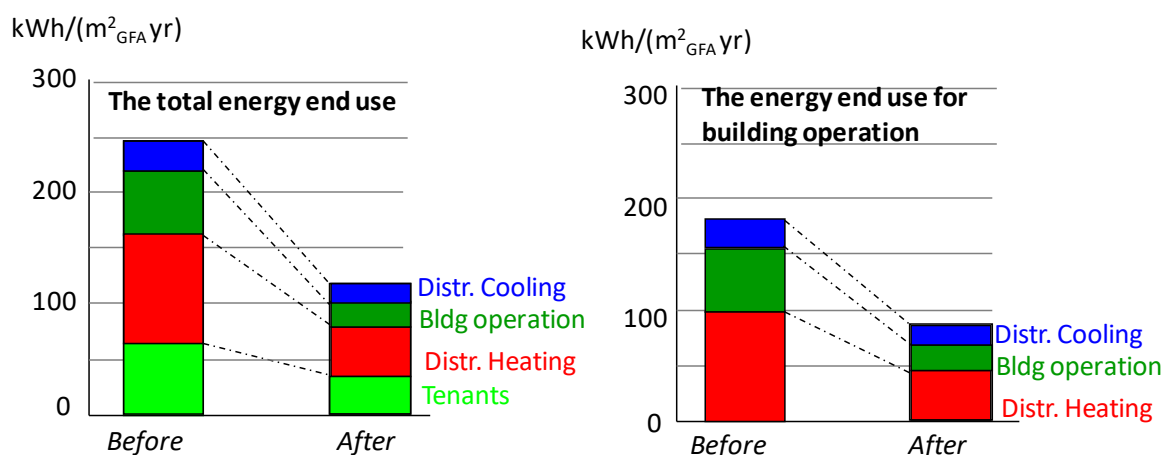
It is up to the property owner/client and the energy consultant to agree about what is to be included in the report from Step 1. The information in the report must be sufficient to enable a decision about if the measures are to be carried out and the project should continue to Step 2. It must therefore be easily understood, both from a technical and financial point of view.

The report should include at least the following details:

- The procedure used.
- Input data in the form of technical details about the building and other assumptions made as well as energy statistics, calculated energy use before carrying out any improvement measures, input data for the feasibility calculations.
- A detailed description of the measures. The report will form the basis for the design work of the project.

- Partial results in the form of calculated energy and investment cost savings for each measure.
- Final results of profitability calculations including summarizing the list of measures included in the action package, the total investments and total savings, the action package plotted in the internal rate of return diagram and the energy use before and after implementing the action package.

An example of results showing the energy use before and after implementing the measures in the action package can be seen in Fig. 4.21. Separate specifications are drawn up for energy savings regarding heat, cooling, electricity used in the building itself and the tenant's use of electricity.



**Figure 4.21** Example of the results showing the energy needs before and after carrying out the measures in the action package, kWh/m<sup>2</sup> (gross floor area).

A template for reporting Step 1 of the Total Concept method can be found from the Total Concept tool-kit.

#### 4.15 Sensitivity analysis for the results

When investment decisions are made based on the Total Concept method it is advisable to carry out some form of sensitivity analysis. In fact, sensitivity analyses should be carried out no matter what method is used to provide a basis for investment decisions, especially if they are large.

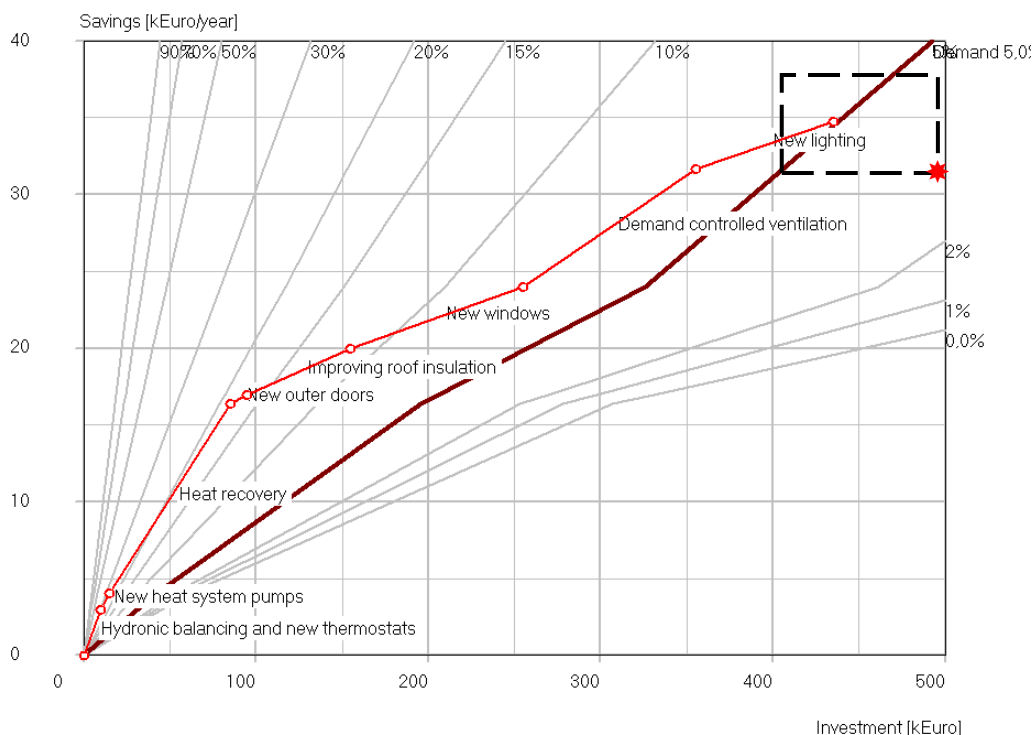
Examples of questions that could be relevant include:

- What will happen if the energy savings have been overestimated?
- What will happen if one of the measures is more expensive than estimated?

- What will happen if the energy price increase is only half that assumed?

One way in which the sensitivity of the different estimations and calculations can be studied is illustrated in the example below. If the initial calculations, using the chosen assumptions, provide results according to the figure below, i.e. an internal rate of return of about 5 %, by how much will the results be affected if the annual savings differ by  $\pm 10$  % from the calculated value, or if the investment differs by  $\pm 10$  % from the calculated value?

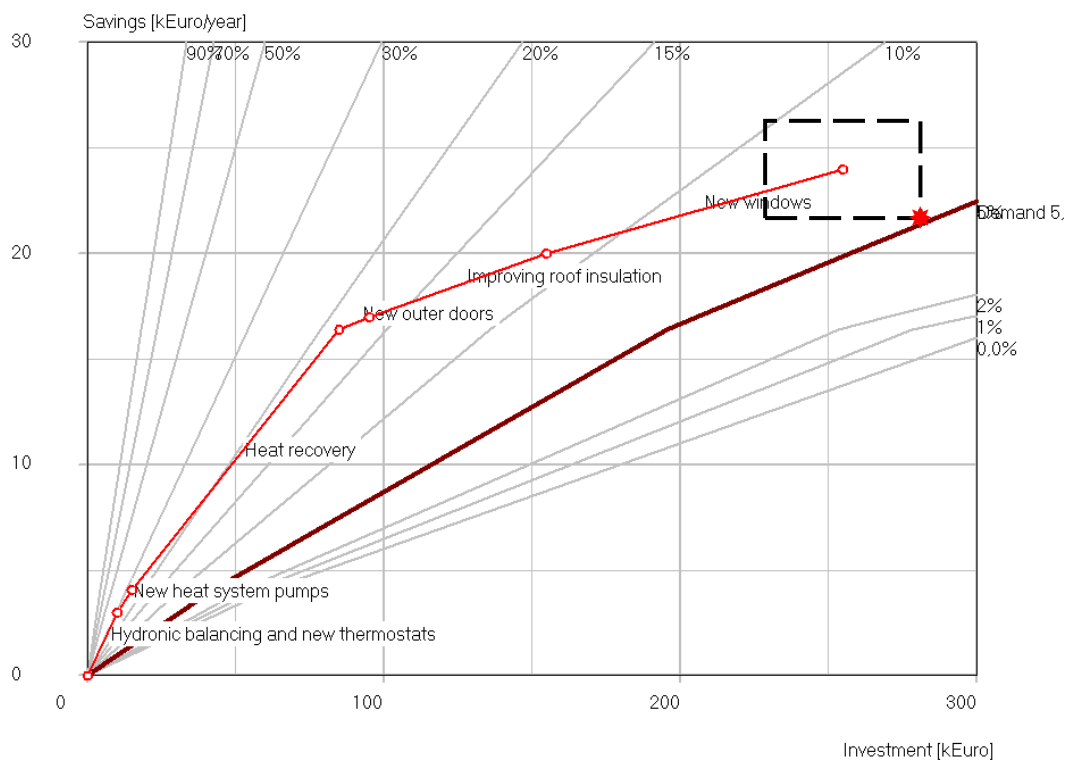
Fig. 4.22 shows that the worst result with regard to the internal rate of return can be about 2.5 % (indicated by ★), while the best possible result could be about 7.5 %.



**Figure 4.22** Sensitivity analysis.  $\pm 10$  % differences for both annual savings and amount invested.

If the property owner/client requires a 5 % yield on invested capital within the scope of the sensitivity analysis, this means that the action package must be limited, so that the worst case yield will be greater than 5 %. If the last two measures are excluded from the action package, then the sensitivity analysis, as shown in Fig 4.23, shows that the internal rate of return will be in the interval 5 to 10%, which agrees well with how the Total Concept model is structured. Every individual measure that is added to an action package contributes to reducing the annual costs but with a somewhat reduced total profitability of the action package. Consequently, if the property owner/client in this example stipulates a

yield on invested capital corresponding to at least 5%, at the same time as the calculations have to fulfil the sensitivity analysis, the last two measures in the action package will have to be excluded.



**Figure 4.23** Sensitivity analysis.  $\pm 10\%$  differences for both annual savings and amount invested. Two measures excluded compared to before.

## 5 Step 2 of a Total Concept method – Carrying out the measures

This chapter discusses the issues which the client should be aware of when carrying out Step 2 of a Total Concept method, i.e. when implementing the action package drawn up in Step 1. Among other things, the role of the client and the information and basic requirements that should be stipulated in the tender documents are discussed.

### 5.1 Introduction

In Step 1 of a Total Concept method, an action package of energy saving measures is identified which will create the biggest energy savings within the profitability range stipulated by the client. In Step 2 the accepted action package is carried out in its entirety.

Step 2 is based on careful procurement, design work and construction work. Basically, these stages are the same as in any normal reconstruction project. However, mistakes must be avoided at all costs as the expected energy savings, and the whole point of carrying out a Total Concept method, could otherwise be lost.

The work of Step 2 is finalized by carrying out thorough functional performance checks. Among other things, this is important in order to make sure that all the measures function correctly. If, for example, an upgraded ventilation system does not function as expected, a large part of the energy savings and, thereby, the cost savings, can be lost. Therefore, before the effect of the action package can be evaluated, it is very important that functional performance checks are performed so that any faults can be rectified.

It is also especially important to ensure that the use of energy in a building can be measured afterwards. This means that extra meters for electricity and heat might be needed. Some form of monitoring system as part of the Buildings Management System (BMS) is often already in place. Some additions might have to be made and these should be carried out at the same time as the energy saving measures.

The key points to consider for achieving good results and assuring quality assurance when carrying out the different work tasks in Step 2 will be discussed in detail in the following sections.



## 5.2 Stakeholders and key actors in Step 2

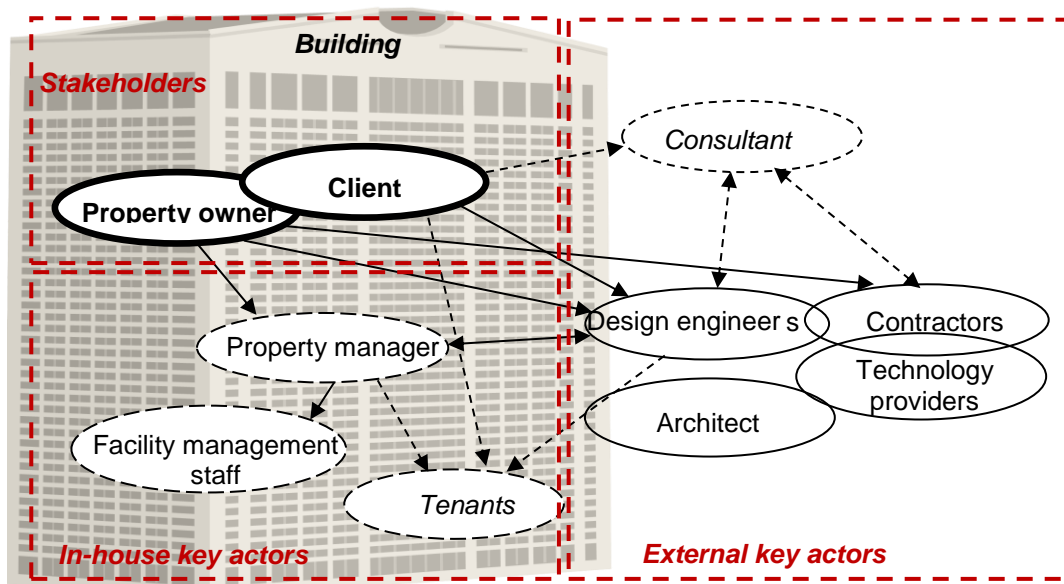
Carrying out Step 2 of the Total Concept method requires cooperation between the following main stakeholders and key actors:

- **Property owner/client**, who is responsible for ordering the practical work based on Step 1 of the Total Concept method from external key actors and coordinating the work between the parties involved. Property owner/client is also responsible for assuring that internal resources are available for project execution, e.g. involvement of in-house personnel like property manager, maintenance staff, etc.
- **Design engineers (including architect)**, who based on the contractual agreement with the property owner/client, will do the detailed design work for the proposed measures.
- **Contractors and technology providers**, who, based on the contractual agreement with the property owner/client, will participate in carrying out the cost-effective package of energy saving measures according to detailed design.
- **Property manager**, who is responsible for the buildings in question and will be involved in coordinating the renovation work and functional performance checks within the building.
- **Facility management staff (maintenance staff)**, who are responsible for operating the systems in a building. Their cooperation with the design engineer and contractor is valuable since they know how the systems work and what must be taken into account when renovation work is carried out. They will also be responsible for carrying out measures involving adjustments of settings in the control and regulating systems as well as following up the function and quality of improvement measures with regard to future operations and maintenance.

Step 2 also requires involvement of **tenants/ building users** as the renovation work needs to be coordinated with them and their use of the building(s). Furthermore, some measures may be tenant's responsibility to carry out, e.g. measures in the lighting system and machines/equipment used.

It is also recommended that the **energy consultant** from Step 1 is available during Step 2, as the person involved in the detailed design work must have a good understanding of the purposes and backgrounds of the different measures.

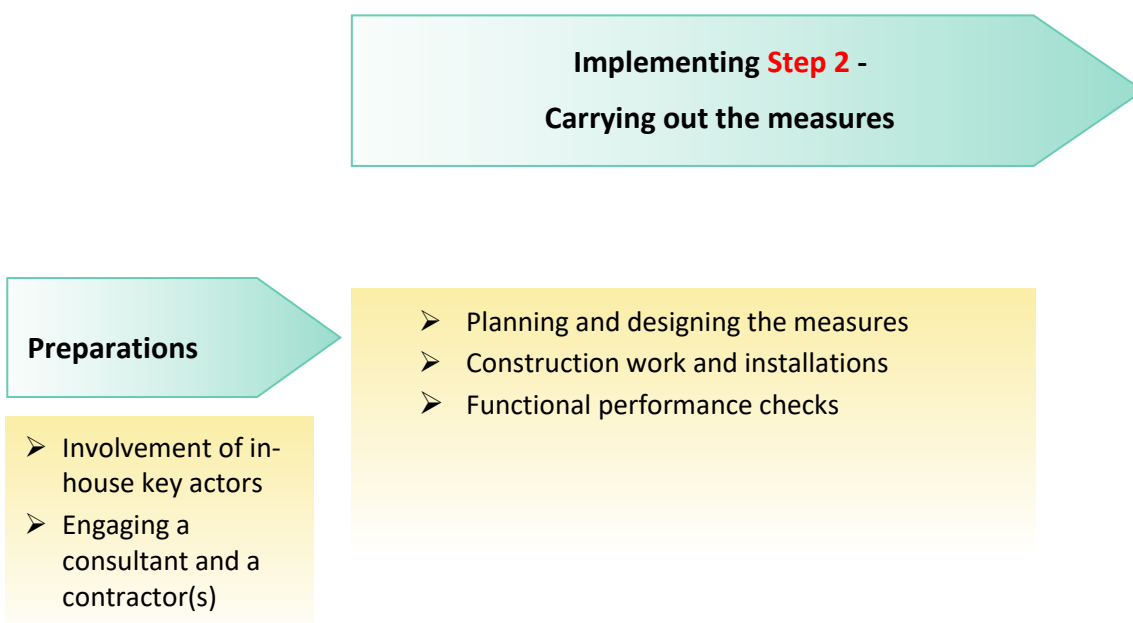
The stakeholders and key actors involved in Step 2 of the Total Concept method is illustrated in Fig. 5.1.



**Figure 5.1** The stakeholders and key actors involved in Step 2 of the Total Concept method.

### 5.3 Key activities of Step 2 of Total Concept

The key activities of Step 2 of Total Concept are illustrated in Fig. 5.2. Carrying out Step 2 requires a number of preparations from the *property owner/client*, such as involvement of relevant in-house key actors for the project and engaging a design engineer and contractor(s). The key activities involving practical work are commonly carried out by the *design engineers, architect, contractors* and *maintenance personnel*.



**Figure 5.2** The key activities included in Step 2 of the Total Concept method.

## 5.4 The client's role and responsibilities

It is important that the client or client's representative follows the project actively. Preferably, this should be done by engaging an internal project manager, for example, a technical property manager, a maintenance manager or an energy and environmental manager. The project manager makes sure that sufficient communication channels are established between the design group, the contractors, the tenants and other parties involved. If project management cannot be carried out using internal own personnel, which would be preferable, a consultant can be engaged.

Experience from previous projects has shown that to actually achieve the savings in energy and, thereby, the assumed profitability, it is important to stipulate clear requirements with regard to the functioning of the completed project when engaging a design engineer and contractors. This means that demands are made on the procurement and design work as well as on the execution of the contracts. Furthermore, functional performance checks should also be included in the final inspection. Everything included in the action package must work properly when contractor hands over the building to the client.

It is also important to take into account how the implementation of the measures will affect the tenants and users and coordinate the whole operation accordingly. Furthermore, depending on the terms of the lease some of the measures might even be the responsibility of the tenants, for example, the replacement of light sources and other measures concerning lighting. The tenants might also be responsible for the investment costs and design of certain equipment/machinery. It is therefore important to have a dialogue between the tenant and the client and that agreement is reached on areas of responsibility and the possibility of coordinating some of the investments.

To be able to carry out Step 3, some of the planning work for this step should begin already in Step 2. It is the client's responsibility to make sure that the tender documents in Step 2 describe the preparations that the different parties involved must make before Step 3 is commenced. These include, for example, measuring points, measuring systems and data handling as well as the documentation of costs that are included in the calculations.

The primary roles of the client or client's representative when carrying out Step 2 include:

- Coordinating internal resources/personnel, for example, the involvement of the facility maintenance staff.
- Drawing up data for the tender documents and engaging the design engineer and contractors.
- Coordinating the contacts between the parties involved: the tenants, maintenance staff, design engineer, contractors and others.

- Plan how the functional performance checking of the improvement measures and final inspection is carried out
- Ensure that the work is quality assured by scrutinizing documents and checking execution.
- Planning for Step 3, for example allocation of responsibilities for the preparations of detailed measurements.

## 5.5 Engaging design engineers and contractors for Step 2

### 5.5.1 Drawing up the tender documents

It is important to clearly specify the design engineers' and contractors' assignments and what final result is expected in the tender documents. The client should also specify the responsibilities of the design engineers and contractors and how their work will be verified. Many property companies have their own guidelines and requirements when it comes to design work, construction and quality demands during the building process. Factors like these might have to be taken into account in a Total Concept method.

In the tender documents, the client should:

- Specify the assignment in detail and the areas of responsibility that the design engineers, contractors and others will have, for example, concerning project management, design work and all-in contracts.
- Specify the demands placed on these parties and what they are contracted to deliver, for example, experience, competence, resources, starting date, completion date, documentation and reports.

When drawing up the tender documents it should be specified how the final inspection and functional performance checks are to be carried out. Everything included in the action package must work properly when the contractor hands over the building to the client. This means that a final inspection is necessary and this will, among other things, include the checking of important functions.

To further emphasize the importance of a fully functional building on completion there is reason to define the economical responsibility connected to this, so that the expected energy savings are verified *before the contractors work is approved*. It could therefore be advantageous to procure the detailed design and contractual work from the same company, i.e. as a type of all-in contract. A combined design engineer and contractor partnership could then be held economically responsible for achieving the expected savings. This could involve extra expense for the client but experience shows that this extra cost, in reality, can be both well motivated and profitable.

When drawing up the tender documents in Step 2 the client should take into account how the results of the measures will be evaluated in Step 3. If careful follow-ups are planned, then it must be ensured that energy use can be measured in sufficient detail and that the actual costs of the energy saving measures are documented. This is needed in order to verify that the investment in the Total Concept method has been successful.

If the consultant who is engaged in Step 2 is responsible for the preparations for detailed measurements, then he/she must already specify, during the design work, which measuring points are required, what data is to be gathered and how, etc. Costs involved with Step 3 should be included to the offer.

### **5.5.2 The design engineer's role and responsibilities**

Some of the measures may require relatively detailed design. The design work will result in documents required for procuring the contractors.

The design engineers who are to be engaged in Step 2 are to take responsibility for the following:

- Carrying out the design work for specified measures based on the documents from Step 1 and according to the project manager's/client's directives.
- Following the client's quality assurance routines and ensure that the quality goals are met.
- Establishing contacts with all the relevant parties regarding the design work, for example, tenants, maintenance personnel, contractors and others, to quality assure the design of the improvement measures. Contact with the consultant who carried out Step 1 is recommended in order to check the details of the measures and ensure that the results reach high standards.
- Make a plan for measurements and follow-up in Step 3, including planning for extra meters so that energy use (heat, cooling, owner's electricity use and tenant's electricity use) can be followed up.

As a large proportion of the saving measures are normally connected to the technical installations, it is important that the design engineer has a good understanding of how they work in the building in question. It is also important that the design engineer is fully aware of the main goals of the project – to reduce the use of energy.

### **5.5.3 The contractor's role and responsibilities**

The main role of the contractor is to carry out the specified improvement measures according to the design engineer's documentation. In addition, the contractor should be

responsible for making sure that the measures that have been carried out function correctly from the very start. The client should stipulate that the contractor must not leave the assignment until an approved functional performance checking has been carried out.

The contractor who is to be engaged in Step 2 is to take responsibility for the following:

- The practical implementation of the specified measures according to the design engineer's documentation.
- Assure that the measures that have been carried out function correctly before Carrying out functional performance checking of the improvement measures before theand final inspection is carried out.
- Following the client's directives regarding the construction work and commissioning the different systems.
- Following the client's quality assurance routines and ensure that quality goals are met.
- Compiling the documentation of the contract costs for the energy measures if required by the client.

## 5.6 Design work and quality assurance

The information contained in the Step 1 report forms the basis for decision-making regarding the implementation of the savings measures. It also forms the basis for the detailed design required.

A number of the measures in the action package will be so simple that they can be carried out without any special preparations being made. Others must be designed and planned in detail and carried out by contractors. Here also the influence on the tenants and building users need to be taken into account.

In the design phase, the detailed design work takes place and drawings, system schematics and technical descriptions are produced. The design work results in the documents that are needed so that a call for tenders from contractors can be made.

When in the design stage it may be discovered that some of the measures are not possible to carry out according to the proposals formulated in Step 1. For example, it might not be possible to install new device or some system component in a loft due to lack of space. It is important to have a discussion with the property owner/client on how to proceed. In this case, the action package as a whole should be investigated, to see what effect this

would have and to make adjustments, if possible, before the actual reconstruction work is commenced.

### How can design mistakes be avoided?

The risk of making design mistakes can be greater when carrying out reconstruction projects than new construction work, as it is a question of integrating new solutions in existing systems. It is therefore important to have an overall view and understanding of how the different systems will interact and be aware of the effects of all the proposed improvement measures.

#### *Example*

When only certain parts of a ventilation system are to be improved while others are to be left unchanged, the design engineer must be especially careful when planning the installation of new supply air terminal devices:

- No old devices which were designed to work at a considerably different pressure than the new ones are to be left in the system. If any of the old devices cannot deal with the working pressures required by the new ones, the functioning of the system will be impaired. If the new working pressure is considerably greater, then both the functioning and the energy savings will be at risk.
- 
- If the system is to be upgraded from a constant flow system to a variable flow system, no devices that require a considerably higher discharge temperature than the new devices can be left in place. Otherwise, there is a danger of the demand-control function being knocked out as the whole system will operate at a high supply air temperature and the VAV devices will be fully open as the cooling capacity of the supply air will be small. In temperature-controlled systems this would lead to the system working at full air flow capacity for most of the year and the VAV advantage would be lost.

## 5.7 The building process and functional performance checks

The contractor must carry out the action package measures according to the documents drawn up by the design engineer and the client's guidelines. It is essential for the profitability of the action package that all the parts of the building, the technical systems and the technical components included in the action package exhibit the properties and functions that were assumed when the package was drawn up.

To ensure good results and high standards throughout a project based on Total Concept method and before the evaluation of the action package can be commenced, care must be taken to check the function of all the improvement measures and, if necessary, remedy any shortcomings. Incorrect balancing, function adjustments and wrong connections



might have significant effects on energy use and ruin the profitability of the whole project. All control systems must function as intended.

Guidelines on how the functional performance checks should be carried out in Step 2 can be found from the BELOK focus project report “Coordinating Functional Performance Checks”<sup>6</sup>.

## **5.8 Commissioning and maintenance after the construction process**

Keeping energy use at a low level on a long-term basis requires the involvement of the maintenance staff, the property manager and the tenants. The maintenance staff who are responsible for the running of all the systems in the building can directly influence the use of energy and also the result of the energy efficiency improvement measures carried out in the building.

Some of the measures in the action package in the Total Concept method can be in fact quite simple, such as adjusting the set point values, operating times, valve settings and alike. These measures can be easily carried out by property management or maintenance staff.

In addition, the maintenance staff and property management staff will be responsible for following up the function and quality of the improvement measures with regard to future operations and maintenance. It is therefore important that operations and maintenance plans are revised to take into account all the changes.

In Step 2, the property management staff and/or maintenance staff must:

- When necessary, complement the operating and maintenance routines, so that they accommodate the new additions or alterations. Additionally, assist during implementation of the measures in the action package that involve adjusting the set point values, operating times, valve settings and alike.
- Cooperate with the design engineer and contractors during the practical execution of Step 2. The maintenance staff knows how the systems work and what must be taken into account when reconstruction work is carried out.

---

<sup>6</sup> Göran Andersson, GICON Installationsledning, 2015 “Samordnad funktionskontroll”



- Ensure that the measures that have been carried out work in the long-term and revise the existing operating and maintenance routines if needed
- Ensure that energy use can be measured in Step 3. New operating routines are to be implemented if necessary.

### 5.9 Planning for follow-up in Step 3

As discussed before some preparation work for Step 3 needs to be started already in Step 2. It is the client's responsibility to make sure that the tender documents in Step 2 describe the preparations that the different parties involved must make before Step 3 is commenced.

A plan for measurements and follow-up is commonly made in Step 2. A template for a plan for measurements and follow-up can be found from Total Concept tool-kit.

In addition to measuring the energy use for heat and district cooling (if any) it is important to follow up the electricity used by the tenant's operations/activities and electricity used for building operations, for example lighting in communal areas, lifts, etc. Extra meters may need to be installed for these measurements and need to be planned already in the design process. Also a special agreement might be required so that the tenant's electricity bills can be inspected. In non-residential building where there is a more than normal use of domestic hot water (restaurant kitchens, hospitals, etc) this should also be followed up. If there are no or too few meters in the building, then additional meters should be installed.

In order to follow up the results of a project based on the Total Concept and to verify that the investments have been successful, the true costs of the improvement measures must be documented in Step 2.

More details for planning for Step 3 can be found in Chapter 6.

## 6 Step 3 of a Total Concept method – Following up

This chapter discusses issues that are important to take into account when carrying out Step 3 of a Total Concept method. Among other things, the preparations necessary before carrying out Step 3 are discussed in more detail and the allocation of responsibility, following up of costs, measurement of energy use and assessment of profitability results are also discussed.

### 6.1 Introduction

The purpose of Step 3 is to follow up the energy use after the action package has been carried out and check the profitability of the action package. When the correct functioning of the measures has been confirmed in Step 2, the energy use in the building can be followed up by taking readings every month for at least a whole year. The results are used in a final profitability analysis. It is, of course, up to the client to decide on the scope of Step 3 and how detailed the work will be.

The key points to consider for achieving good results and assuring quality assurance when carrying out the different work tasks in Step 3 will be discussed in detail in the following sections.

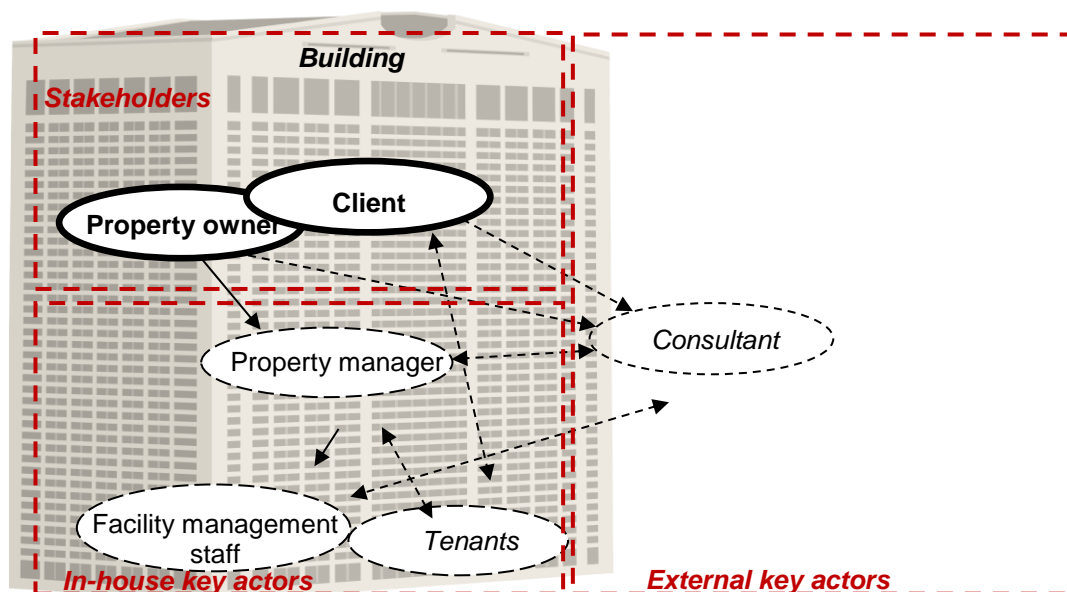
### 6.2 Stakeholders and key actors in Step 3

Carrying out Step 3 of the Total Concept method requires cooperation between the following main stakeholders and key actors:

- **Property owner/client**, who is responsible for involvement of in-house key actors for carrying out Step 3 of the Total Concept method, e.g. maintenance staff, property manager, etc. Alternatively engaging a suitable **consultant** who will manage/ carry out practical work based on Step 3.
- **Property manager**, who is responsible for the buildings in question and will be involved in the follow-up work in Step 3.
- **Facility management staff (maintenance staff)**, who are responsible for operating all the systems in a building. They often handle the follow-up work and gather measurement data, as this work is best done with the aid of the operating and monitoring (BMS) systems.

Step 3 will also require some support from the **tenants/ building users** when basic information about the building's use is gathered during the measurement period in Step 3. The purpose of this is to see whether there are any differences in the operating conditions and usages, compared to those in the assumptions made during Steps 1 and 2.

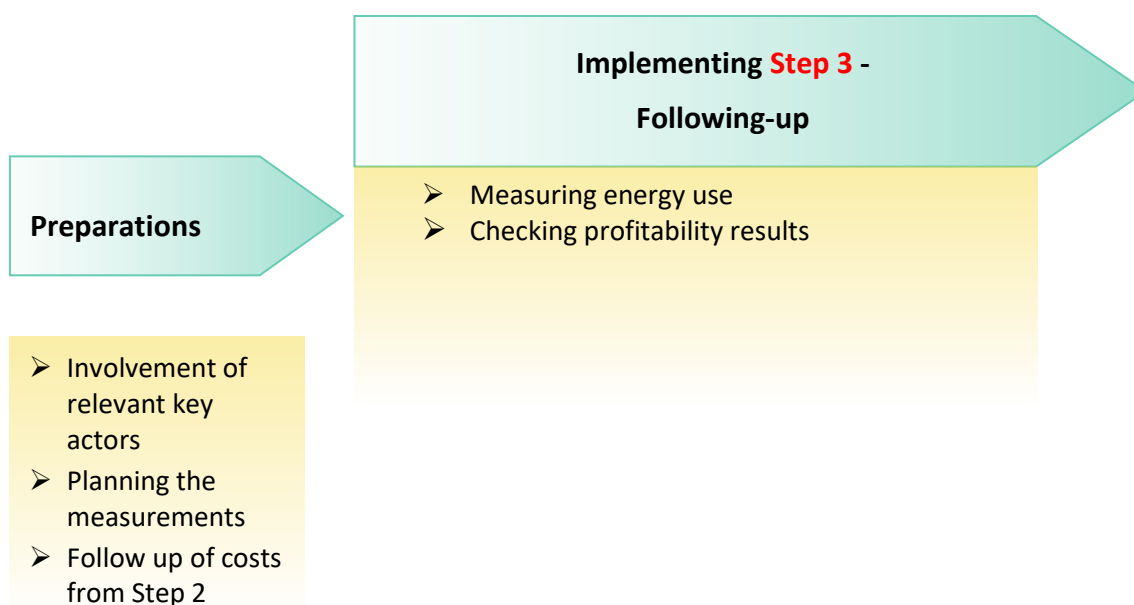
The stakeholders and key actors involved in Step 3 of the Total Concept method is illustrated in Fig. 6.1.



**Figure 6.1** The stakeholders and key actors involved in Step 3 of the Total Concept method.

### 6.3 Key activities of Step 3 of Total Concept

The key activities of Step 3 of Total Concept method are illustrated in Fig. 6.2. The main activities in follow-up process in Step 3 include measuring energy use and checking the profitability results. In order to carry out these tasks preparations are required.



**Figure 6.2** The key activities included in Step 3 of the Total Concept method.

## 6.4 Preparations for Step 3

### 6.4.1 Allocation of responsibility

Step 3 can be carried out by the client or by engaging a suitable consultant. If careful follow-ups are planned, then it must be ensured that energy use can be measured in sufficient detail and that the actual costs of the energy saving measures are documented. This is needed in order to verify that the investment according to the Total Concept method has been successful.

To be able to carry out Step 3, some of the planning work for this step should be begin during Step 2 when preparing the tender documents. It is the client's responsibility to make sure that the tender documents in Step 2 describe the preparations that the different parties involved must make before Step 3 is commenced. These include, for example, identifying measuring points, installation of additional meters and adjustments in data handling system as well as the documentation of costs that are included in the calculations. It is recommended, that the additional measurement points are to be identified by the design engineer and meters installed by the contractor.

Quite often, the maintenance staff will handle the follow-up work and gather measurement data, as this work is best done with the help of the operating and monitoring (BMS) systems. The maintenance staff should therefore be informed about this future assignment so that they have sufficient time to prepare for the involvement.

### 6.4.2 Planning the measurements

To plan and carry out measurements in the most efficient way, it is essential that the following points are taken into account:

- What measured data is required?
- What sort of results need to be studied?
- How should the measurements be carried out, what sort of instruments are needed and what sort of data gathering system is required?
- How will the data be processed?

In order to carry out the energy follow-up, the uses of heat energy, electrical energy and district cooling energy (if any) need to be measured on a monthly basis during at least one year period of time. Guidelines on how the energy follow-up should be carried out in Step

3 can be found from the BELOK focus project report “Coordinating Functional Performance Checks”<sup>4</sup>.

#### **6.4.3 Following up costs**

In order to check the profitability results of the action package the actual investment costs of the energy measures must be carefully documented in Step 2. It is always the client who decides both the economic conditions and the assumptions made in the investment cost calculations. It must be clear whether or not planning and design costs and client costs are included in the calculations. For more information about the investment cost calculation see Chapter 4.

Sometimes, together with the energy saving measures, other measures are also carried out, for example, during a general refurbishment of a building. In this case it is important to differentiate between costs for the energy saving action package and costs which refer to the upgrading work.

### **6.5 Measuring energy use**

When the functional performance checks in Step 2 have been finished the measurement of the energy use can begin and data registered, suitably on a monthly basis, during at least one year of operation.

To make sure that data is gathered correctly, it is important to analyse the collected data carefully, especially at the beginning of a measuring period. Both verifying that the building and its installations are working in the intended way and ensuring that the measured values are registered in the intended way are important aspects. If measured values differ from the expected values, corrective measures must be taken as soon as possible and the measurements repeated. This means that data gathering has to be carried out with the systems functioning as intended during the whole of the evaluation period.

While gathering data, the operating conditions and use of the building must also be followed up. The purpose of this is to see whether there are any differences in the operating conditions and usages, compared to those in the assumptions made during Steps 1 and 2. For example, the occupancy times of the building might have changed or parts of the building might have been left unused or unoccupied, although this was not planned from the start.

Alternatively, it can happen that the building was un-occupied before the project based on Total Concept was started and new tenants have moved in after renovations were

---

<sup>4</sup> Göran Andersson, GICON Installationsledning, 2015 “Samordnad funktionskontroll”

finished. Follow-up investigations on occupancy patterns are then necessary for estimating the actual savings if for example simulations were used for determining baseline. Follow-up investigations are also needed for analysis if any differences occur between expected and actual results.

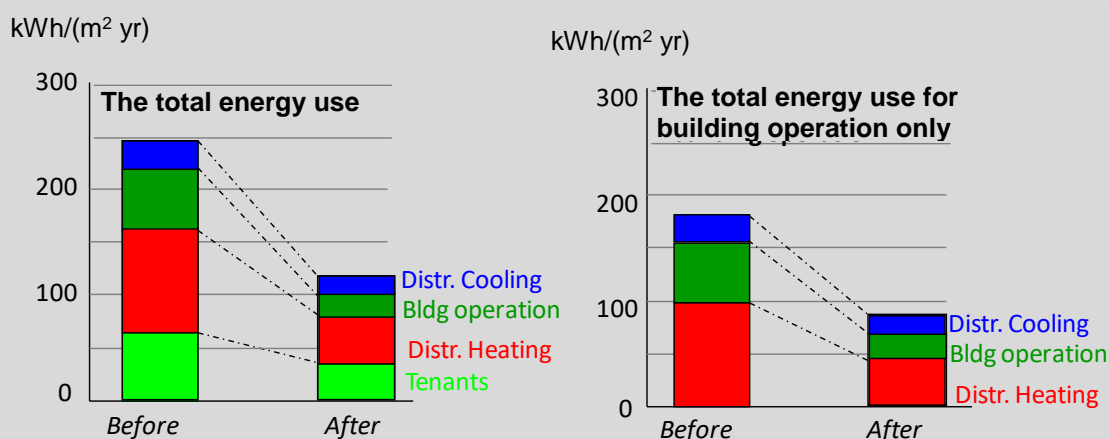
## 6.6 Checking the profitability results

When following up profitability calculations the figures from the measured energy use and the approved final costs for the action package are commonly used, i.e. the costs resulting from Step 2.

The actual profitability result is calculated in the form of an internal rate of return for the whole action package. This is then compared to the internal rate of return that was calculated in Step 1.

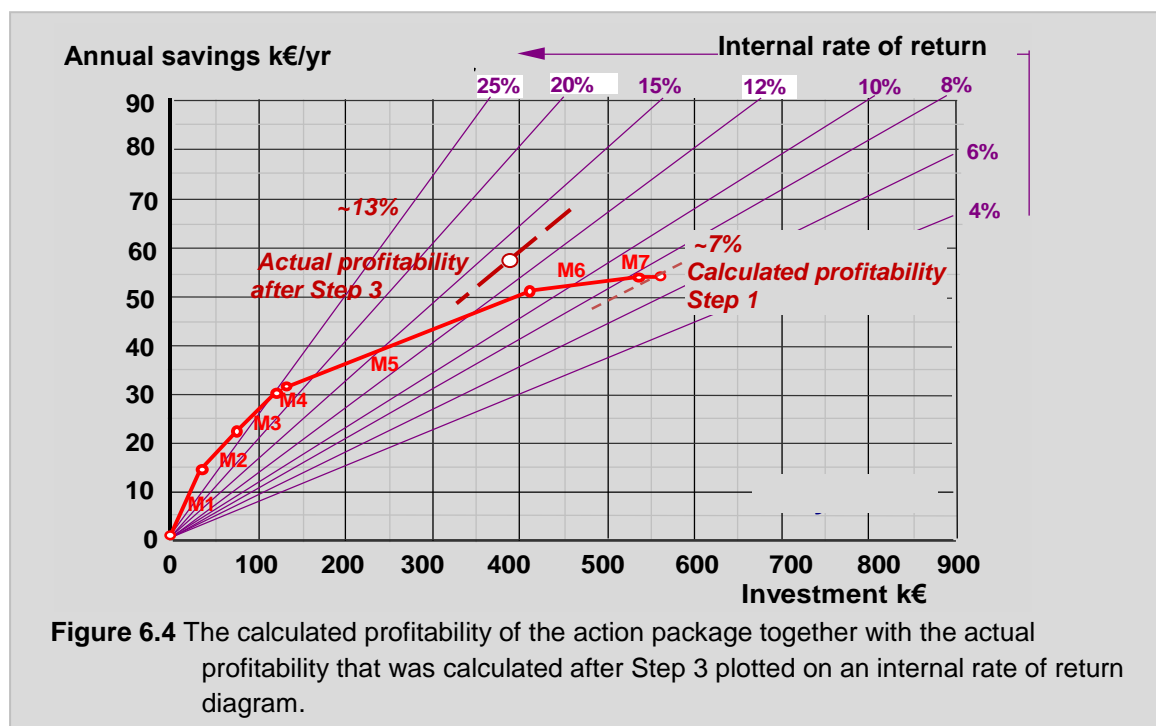
### Example

The results from a completed Total Concept method are shown below. The building comprises 8,500 m<sup>2</sup><sub>GFA</sub>, in which the Total Concept method was implemented in its entirety, Step 1, 2 and 3. The energy use in the building was followed up over a period of one year after completion. The bar chart below summarizes the measured specific energy use before the measures were implemented and the measured energy use after completion. The action package resulted in a halving of the energy needs. The energy use was reduced from 180 kWh/m<sup>2</sup> yr to 80 kWh/yr excluding the tenant's use of electricity.



**Figure 6.3** Measured energy use after carrying out the action package.

The diagram below shows the calculated profitability for the action package together with the true profitability that was calculated after Step 3. The calculated profitability for the package was 7 %. The profitability calculated using the actual costs for the rebuilding work and the measured savings was around 13 %, which is considerably higher than the owner's profitability stipulation of 5 %. During the building process, the actual costs were followed up and the results showed that they had been 25 % lower than calculated. This was partly due to a fall in the market and partly due to the margins allowed for when estimating the costs in the preliminary stages.



If there are differences in the expected and actual savings, and profitability results, the following points should be analysed:

- Does the building and its technical systems function as intended? Be careful to check functions and, if necessary, remedy any shortcomings.
- Have the operating conditions and use of the building changed since gathering the information used in Step 1?
- Do the actual costs differ significantly from those calculated in Step 1? What could be the cause? Is there anything else that could have affected the calculated energy savings, for example, if other works were carried out at the same time that were not connected to the Total Concept method, for example, a general upgrade of the building? If this was the case, it is important to keep the costs of the energy saving action package and the building upgrading work completely separate.



## Appendix 1. Three examples of projects that have used the Total Concept method

### **Pennfäktaren, Vasagatan, Stockholm**

Built in: 1975; Completely refurbished in 2008 – 2010

Offices, restaurant.  $A_{temp}$  12 600 m<sup>2</sup> (heated area)

A project based on Total Concept method was carried out together with the complete refurbishment work

*Before*



*After*



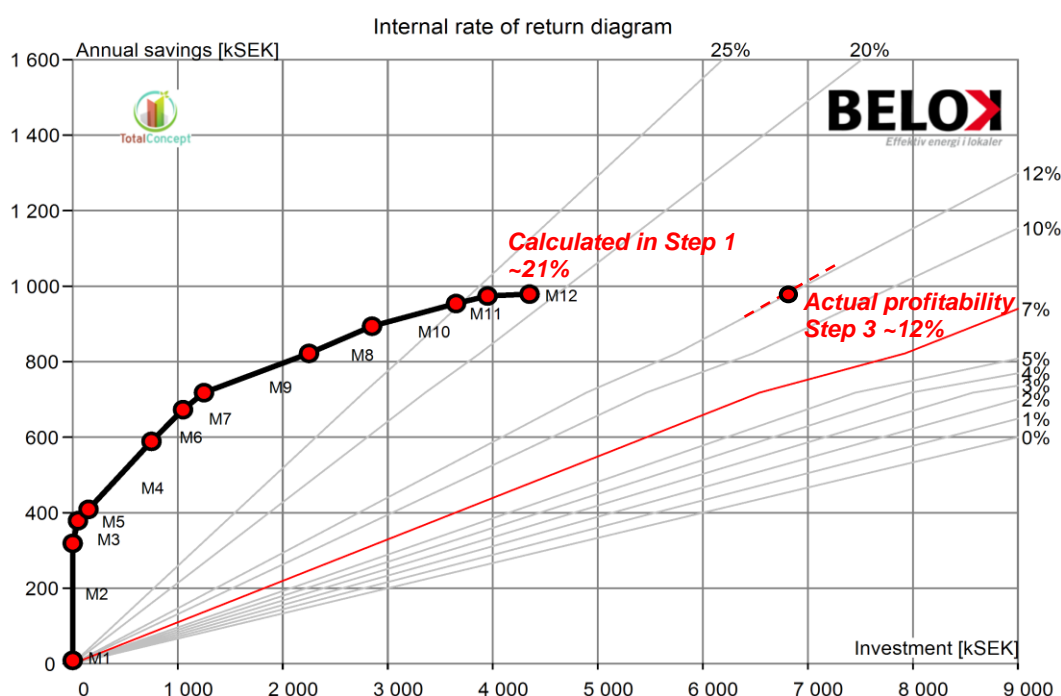
Energy use measurements carried out September 2011 – August 2012. Energy use measurements carried out September 2011 – August 2012. Following measures were included to the profitable action package:

- Optimizing the cooling system operation (M1)
- Demand Controlled Ventilation (M2)
- Installation of modern tap fittings (M3)
- Installation of new cooling unit (M4)
- New energy efficient pumps in the cooling system (M5)
- New ventilation unit with heat exchanger (M6)
- Replacement of district heating heat substation (M7)
- New lighting in the garage (M8)
- Replacement of windows towards the inner yard (M9)
- Installation of solar collectors (M10)
- Replacement of halogen spotlights (M11)
- Solar panels 50 m<sup>2</sup> (M12)

The estimated saving potential with the action package was 55 % (excl. tenants' electricity) and the internal rate of return approximately 21 %, based on the calculations in Step 1. In Step 3 the measured energy use of the building was about 124 kWh/m<sup>2</sup>, yr (excl. tenants' electricity). Total energy saving was about 57 % and actual profitability about 12 %. A number of measures needed more time to implement and optimizing the system performance after renovation was more time consuming than expected.



Energy use	Measured 2006 before action package	Measured 2011–2012 after action package
Heat energy [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	122	69
Electricity for the building operation (excl. tenant's electricity) [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	55	36
District cooling [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	110	19
Total	287	124



**Getholmen, Skärholmen, Stockholm**  
Built in: 1975  
Offices, A<sub>temp</sub> 7 600 m<sup>2</sup> (heated area)  
A project based on Total Concept method  
was carried out 2007 – 2010



Energy use measurements carried out March 2009 – February 2010. Following measures were included the action package:

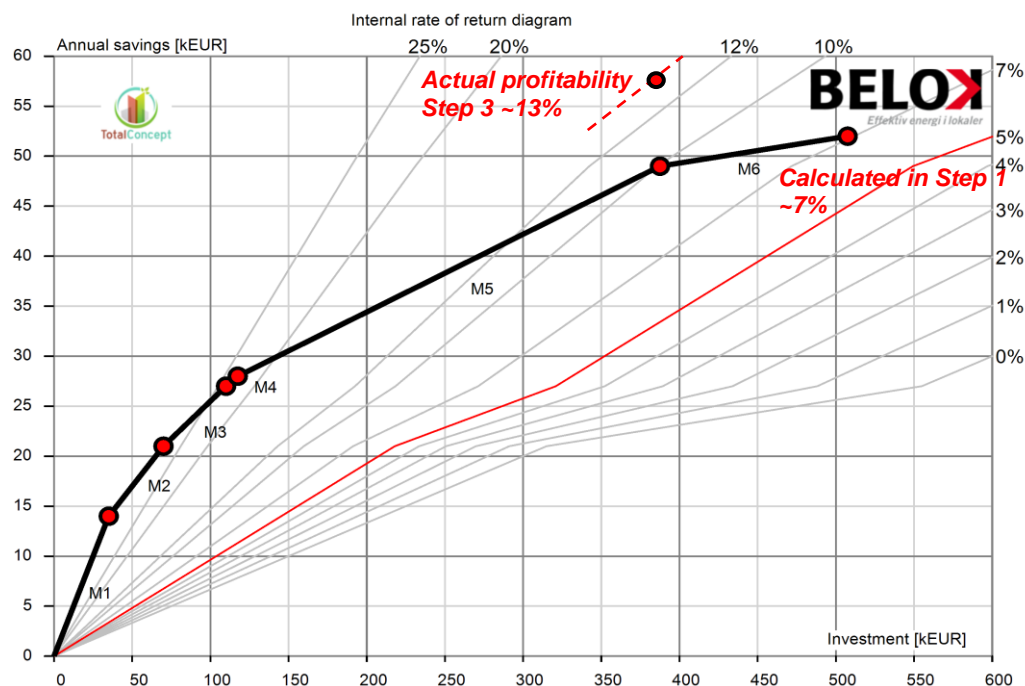
- New common lighting (M1)
- Reduced basic head load (M2)
- Improved roof insulation (M3)

- Introduction of night cooling in the summer time (M4)
- New ventilation system (M5)
- New windows (M6)

The estimated saving potential with the action package was approximately 50 % (incl. tenants' electricity) and the internal rate of return approximately 7 %, based on the calculations in Step 1. In Step 3 the measured energy use of the building was about 126 kWh/m<sup>2</sup>, yr (incl. tenants' electricity). Total energy saving was about 53 % and actual profitability about 13 %. The actual costs were about 25 % lower than calculated. This was partly due to a fall in the market and partly due to the margins allowed for when estimating the costs in the preliminary stages.

Energy use	Measured 2006 before action package	Measured 2009–2010 after action package
Heat energy [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	105	54
Electricity for the building operation (excl. tenants electricity) [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	72	23
Cooling [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	23	9
Tenants electricity use [kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	66	40*
Total	266	126

\*) Parts of the office were not rented out during the measurement period. This resulted in decreased energy use from the tenants' side, but increased heat energy use. When the whole building is rented out the tenants' electricity use will be higher and heat energy use lower.



**Hägern mindre 7**, Drottninggatan, Stockholm  
Built in 1970, refurbished 2001  
Offices and shops.  $A_{temp}$  17 200 m<sup>2</sup> (heated area)  
Total Concept method started 2010

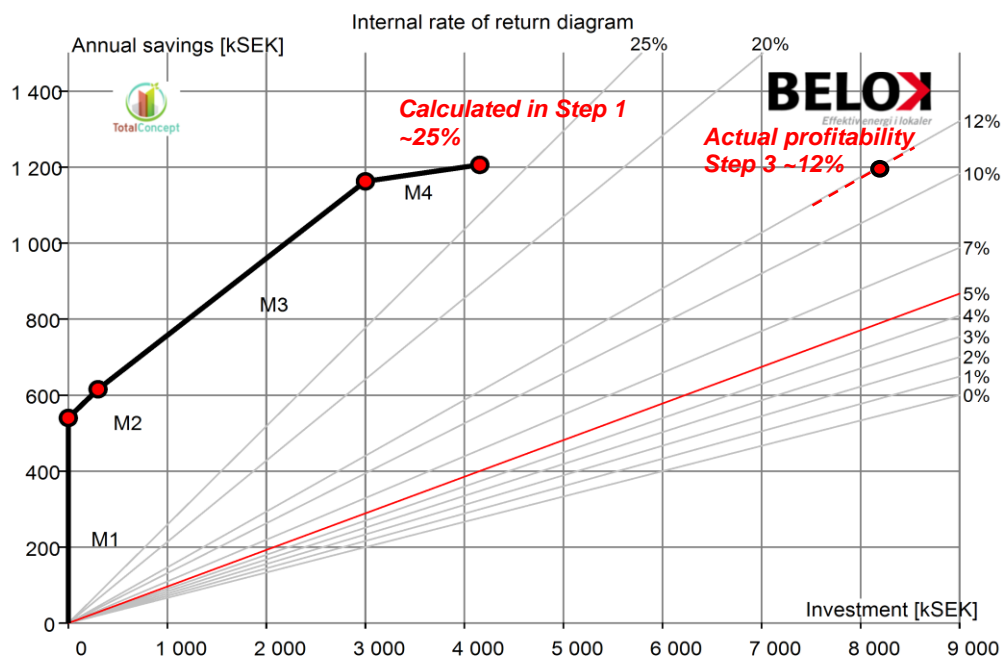


Energy use measurements have been carried out so far during January– August 2012.  
Following measures were included the action package:

- Optimizing the ventilation systems' performance (M1)
- Installation of free cooling to the cooling system (M2)
- New ventilation units (M3)
- Installation of demand controlled ventilation in shops (M4)

The estimated saving potential with the action package was approximately 53 % (excl. tenants' electricity) and the internal rate of return approximately 25 %, based on the calculations in Step 1. In Step 3 the measured energy use of the building was about 99 kWh/m<sup>2</sup>, yr (excl. tenants' electricity). Total energy saving was about 50 % and actual profitability about 12 %. Some of the measures became more expensive since it was difficult to close the shops during the renovations. The figures below are for an assumed whole year period. The internal rate of return of the action package is was approximately 20 %, based on measured energy use in Step 3 and the cost estimations from Step 1.

<b>Energy use</b>	<b><i>Measured 2006 before action package</i></b>	<b><i>Measured 2012 after action package</i></b>
Heat energy [kWh/m <sup>2</sup> $A_{temp}$ ]	131	56
Electricity for the building operation (excl. tenants) [kWh/m <sup>2</sup> $A_{temp}$ ]	50	25
Cooling [kWh/m <sup>2</sup> $A_{temp}$ ]	16	18
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>99</b>



## Appendix 2. Help tables for economical calculations

**Table 1. Net present value factors for individual yields  $i(i,n)$**

$$i(i,n) = \frac{1}{(1 + i/100)^n}$$

where

$i$  = interest rate, %

$n$  = economic calculation period, yrs

Year	4%	6%	8%	10%	12%	15%	20%	25%
1	0.9615	0.9434	0.9259	0.9091	0.8929	0.8696	0.8333	0.8000
2	0.9246	0.8900	0.8573	0.8264	0.7972	0.7561	0.6944	0.6400
3	0.8890	0.8396	0.7938	0.7513	0.7118	0.6575	0.5787	0.5120
4	0.8548	0.7921	0.7350	0.6830	0.6355	0.5718	0.4823	0.4096
5	0.8219	0.7473	0.6806	0.6209	0.5674	0.4972	0.4019	0.3277
6	0.7903	0.7050	0.6302	0.5645	0.5066	0.4323	0.3349	0.2621
7	0.7599	0.6651	0.5835	0.5132	0.4523	0.3759	0.2791	0.2097
8	0.7307	0.6274	0.5403	0.4665	0.4039	0.3269	0.2326	0.1678
9	0.7026	0.5919	0.5002	0.4241	0.3606	0.2843	0.1938	0.1342
10	0.6756	0.5584	0.4632	0.3855	0.3220	0.2472	0.1615	0.1074
11	0.6496	0.5268	0.4289	0.3505	0.2875	0.2149	0.1346	0.0859
12	0.6246	0.4970	0.3971	0.3186	0.2567	0.1869	0.1122	0.0687
13	0.6006	0.4688	0.3677	0.2897	0.2292	0.1625	0.0935	0.0550
14	0.5775	0.4423	0.3405	0.2633	0.2046	0.1413	0.0779	0.0440
15	0.5553	0.4173	0.3152	0.2394	0.1827	0.1229	0.0649	0.0352
16	0.5339	0.3936	0.2919	0.2176	0.1631	0.1069	0.0541	0.0281
17	0.5134	0.3714	0.2703	0.1978	0.1456	0.0929	0.0451	0.0225
18	0.4936	0.3503	0.2502	0.1799	0.1300	0.0808	0.0376	0.0180
19	0.4746	0.3305	0.2317	0.1635	0.1161	0.0703	0.0313	0.0144
20	0.4564	0.3118	0.2145	0.1486	0.1037	0.0611	0.0261	0.0115
25	0.3751	0.2330	0.1460	0.0923	0.0588	0.0304	0.0105	0.0038
30	0.3083	0.1741	0.0994	0.0573	0.0334	0.0151	0.0042	0.0012
35	0.2534	0.1301	0.0676	0.0356	0.0189	0.0075	0.0017	0.0004
40	0.2083	0.0972	0.0460	0.0221	0.0107	0.0037	0.0007	0.0001

<b>45</b>	0.1712	0.0727	0.0313	0.0137	0.0061	0.0019	0.0003	0.0000
<b>50</b>	0.1407	0.0543	0.0213	0.0085	0.0035	0.0009	0.0001	0.0000

**Table 2. Net present value factor  $I(i,n)$**

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

where

$i$  = interest rate, %

$n$  = economic calculation period, yrs

<b>Year</b>	<b>4%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>
<b>1</b>	0.9615	0.9434	0.9259	0.9091	0.8929	0.8696	0.8333	0.8000
<b>2</b>	1.8861	1.8334	1.7833	1.7355	1.6901	1.6257	1.5278	1.4400
<b>3</b>	2.7751	2.6730	2.5771	2.4869	2.4018	2.2832	2.1065	1.9520
<b>4</b>	3.6299	3.4651	3.3121	3.1699	3.0373	2.8550	2.5887	2.3616
<b>5</b>	4.4518	4.2124	3.9927	3.7908	3.6048	3.3522	2.9906	2.6893
<b>6</b>	5.2421	4.9173	4.6229	4.3553	4.1114	3.7845	3.3255	2.9514
<b>7</b>	6.0021	5.5824	5.2064	4.8684	4.5638	4.1604	3.6046	3.1611
<b>8</b>	6.7327	6.2098	5.7466	5.3349	4.9676	4.4873	3.8372	3.3289
<b>9</b>	7.4353	6.8017	6.2469	5.7590	5.3282	4.7716	4.0310	3.4631
<b>10</b>	8.1109	7.3601	6.7101	6.1446	5.6502	5.0188	4.1925	3.5705
<b>11</b>	8.7605	7.8869	7.1390	6.4951	5.9377	5.2337	4.3271	3.6564
<b>12</b>	9.3851	8.3838	7.5361	6.8137	6.1944	5.4206	4.4392	3.7251
<b>13</b>	9.9856	8.8527	7.9038	7.1034	6.4235	5.5831	4.5327	3.7801
<b>14</b>	10.5631	9.2950	8.2442	7.3667	6.6282	5.7245	4.6106	3.8241
<b>15</b>	11.1184	9.7122	8.5595	7.6061	6.8109	5.8474	4.6755	3.8593
<b>16</b>	11.6523	10.1059	8.8514	7.8237	6.9740	5.9542	4.7296	3.8874
<b>17</b>	12.1657	10.4773	9.1216	8.0216	7.1196	6.0472	4.7746	3.9099
<b>18</b>	12.6593	10.8276	9.3719	8.2014	7.2497	6.1280	4.8122	3.9279
<b>19</b>	13.1339	11.1581	9.6036	8.3649	7.3658	6.1982	4.8435	3.9424
<b>20</b>	13.5903	11.4699	9.8181	8.5136	7.4694	6.2593	4.8696	3.9539
<b>25</b>	15.6221	12.7834	10.6748	9.0770	7.8431	6.4641	4.9476	3.9849
<b>30</b>	17.2920	13.7648	11.2578	9.4269	8.0552	6.5660	4.9789	3.9950
<b>35</b>	18.6646	14.4982	11.6546	9.6442	8.1755	6.6166	4.9915	3.9984
<b>40</b>	19.7928	15.0463	11.9346	9.7791	8.2438	6.6418	4.9966	3.9995
<b>45</b>	20.7200	15.4558	12.1084	9.8628	8.2825	6.6543	4.9986	3.9998

50      21.4822      15.7619      12.2335      9.9148      8.3045      6.6605      4.9995      3.9999

**Table 3. Annuity factor  $P(i,n)$**

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

Where,

$i$  = interest rate, %

$n$  = economic calculation period, yrs

Year	4%	6%	8%	10%	12%	15%	20%	25%
1	1.0400	1.0600	1.0800	1.1000	1.1200	1.1500	1.2000	1.2500
2	0.5302	0.5454	0.5608	0.5762	0.5917	0.6151	0.6545	0.6944
3	0.3603	0.3741	0.3880	0.4021	0.4163	0.4380	0.4747	0.5123
4	0.2755	0.2886	0.3019	0.3155	0.3292	0.3503	0.3863	0.4234
5	0.2246	0.2374	0.2505	0.2638	0.2774	0.2983	0.3344	0.3718
6	0.1908	0.2034	0.2163	0.2296	0.2432	0.2642	0.3007	0.3388
7	0.1666	0.1791	0.1921	0.2054	0.2191	0.2404	0.2774	0.3163
8	0.1485	0.1610	0.1740	0.1874	0.2013	0.2229	0.2606	0.3004
9	0.1345	0.1470	0.1601	0.1736	0.1877	0.2096	0.2481	0.2888
10	0.1233	0.1359	0.1490	0.1627	0.1770	0.1993	0.2385	0.2801
11	0.1141	0.1268	0.1401	0.1540	0.1684	0.1911	0.2311	0.2735
12	0.1066	0.1193	0.1327	0.1468	0.1614	0.1845	0.2253	0.2684
13	0.1001	0.1130	0.1265	0.1408	0.1557	0.1791	0.2206	0.2645
14	0.0947	0.1076	0.1213	0.1357	0.1509	0.1747	0.2169	0.2615
15	0.0899	0.1030	0.1168	0.1315	0.1468	0.1710	0.2139	0.2591
16	0.0858	0.0990	0.1130	0.1278	0.1434	0.1679	0.2114	0.2572
17	0.0822	0.0954	0.1096	0.1247	0.1405	0.1654	0.2094	0.2558
18	0.0790	0.0924	0.1067	0.1219	0.1379	0.1632	0.2078	0.2546
19	0.0761	0.0896	0.1041	0.1195	0.1358	0.1613	0.2065	0.2537
20	0.0736	0.0872	0.1019	0.1175	0.1339	0.1598	0.2054	0.2529
25	0.0640	0.0782	0.0937	0.1102	0.1275	0.1547	0.2021	0.2509
30	0.0578	0.0726	0.0888	0.1061	0.1241	0.1523	0.2008	0.2503
35	0.0536	0.0690	0.0858	0.1037	0.1223	0.1511	0.2003	0.2501
40	0.0505	0.0665	0.0839	0.1023	0.1213	0.1506	0.2001	0.2500

---

<b>45</b>	0.0483	0.0647	0.0826	0.1014	0.1207	0.1503	0.2001	0.2500
<b>50</b>	0.0466	0.0634	0.0817	0.1009	0.1204	0.1501	0.2000	0.2500



## Appendix 3. Examples of recommended economic lifetimes for different measures

**Table A1** Recommended economic lifetimes for energy saving measures according to different sources (Reference projects in Sweden, EU standards and documents)

Measure	Economic lifetime [years]		
	Reference projects (Sweden)	CEN 15459	2006/32/EC
Facade insulation	40	-	25 – 30
Roof insulation	40	-	25
Foundations insulation	40	-	25
AHU with heat exchanger	20	15 – 20	17 – 20
Energy-efficient windows	30	-	30
Demand controlled ventilation	15	15	15
Individual domestic hot water metering	15	10 <sup>8</sup>	-
Solar collectors	20	15 – 25	20
Solar cells	20	-	23
Tighter building envelope	40	-	5
Extract air heat pump	15	15 – 20	15
Better control of heating system	15	15 – 25	10
Replacement of domestic hot water fittings	15	-	15
Energy-efficient lighting	15	-	10 – 15
Property measures (lighting and SFP)	15	-	-

---

<sup>8</sup> Applies to meters

## **Appendix 4. Check list for questions to be put to the maintenance staff, property manager and tenant's representative**

### **Check list for questions to be put to the maintenance staff and the property manager**

- Describe the general function of the building. How is the building used, are the tenant's requirements fulfilled?
- What is the history of the building?
- Describe the different technical systems, i.e. HVAC, lighting machines; how the systems function at present?
- What indoor climate requirements apply for the building(s)? Are these requirements fulfilled? What problems occur (if any)?
- Have there been any complaints from the tenants; why, what measures were taken?
- Which structural changes and changes to the technical systems have been carried out over the past 10 years?
- Are there any planned structural changes or renovation works?
- Do the maintenance staff or the property manager have any own suggestions about what should be done in order to save energy?
- 

### **Check list for questions to be put to the tenant's representative**

- How are the premises used?
- How many people use the building, how many rooms are used at the same time, when are they used, are they used during holiday periods, etc?
- What do the tenants/users think about the indoor climate?
- Are there any problems connected to the building or the operation of the building?
- What is their opinion about the condition of the building, are there any suggestions regarding measures that could be taken?
- What types of machines and pieces of equipment are used by the tenant (number, type, operating hours, etc)?

## Appendix 5. Checklists for frequently adopted improvement measures in the building envelope and technical systems

The following checklists are used when investigating whether or not there is potential for improving building envelope and technical systems in a building. The lists contain both check questions and suggestions for possible measures to be taken. It is not complete and only a selection of common issues and possible measures that can be used in non-residential buildings is shown. The opportunities for carrying out improvements to the building envelope are quite limited in non-residential buildings, especially those which have large internal heat loads. However, additional insulation and the use of energy-efficient windows could prove worthwhile, especially if the façade needs to be replaced and the windows need to be replaced for maintenance reasons.

**Note: No matter which measure is carried out, one must always regard the building in its entirety. Always remember that measures can have considerable effects on each other and on the different technical systems in the building.**

### The building envelope

- What types of doors are installed? Are there doors that cannot be completely closed?
  - Install automatic door closers.
  - Seal points of leakage.
  - Consider replacing them with more energy efficient doors.
  - Consider replacing frequently used doors with an air sluice to reduce the inflow of outdoor air.
- What is the situation with the insulation in the loft space (roof)?
  - Consider extra insulation.
- How are the cellar walls and façade insulated?
  - Consider extra insulation
- What types of windows are installed? How are they insulated?
  - Consider sealing the windows.
  - Install extra panes of insulating glass in existing window frames (seldom advisable from an energy point of view, but could be used to improve the indoor climate. The climate benefits are not to be included in the energy savings costs).

- Consider installing energy-efficient windows (seldom advisable from an energy point of view only, but could be used to improve the indoor climate. The climate benefits are not to be included in the energy savings costs).

## Heating systems

### Heat demands

- Is it possible to reduce heat demands?
  - Adjust the room temperature during the heating season.
  - Adjust the supply air temperature.
  - Avoid heating and cooling at the same time in the same space.
  - Improve the efficiency of the building envelope: seal leakages, improve U-values.
  - Improve the efficiency of the ventilation system: improve heat recovery.
  - Improve the domestic hot water system.

### Heat distribution

- Do the room units/radiators work properly? Are there thermostats on the radiators? Do the thermostats work?
  - Install/replace thermostats.
  - Improve the function of the room units/radiators.
- When was the hydronic balancing of the heating system carried out last? Are there any problems regarding uneven temperature distributions in the building? Any problems with warm/cold rooms in winter?
  - Balance the heating system. *Note: Hydronic balancing of the heating system will be required even if the other measures that affect the heat demand are carried out!*
  - Adjust the temperature control curve.
- How are the pumps controlled? Are the pumps dimensioned to meet the demands?
  - Replace old, small pumps, often with very poor efficiencies with new, energy-efficient pumps with higher efficiencies.
  - Install frequency controlled pumps, provided that this will improve the efficiency of the heating system.
  - Adjust the control settings of the pumps (operating times).
- What are the flow temperatures in the different shunt groups? *In non-residential buildings, checks regarding the function of the heating system will normally be carried out outside working hours. During working hours, many spaces normally have a heat surplus, which means that the thermostats in the radiators are closed.*
  - Adjust the temperature control curve.

- Adjust the water flows in the system if these are significantly wrong. If the thermostats are working properly, then they will normally accommodate reasonable balancing errors.
- Are the heating pipes insulated? In what condition is the insulation material?
  - Improve the insulation on piping.
- Is there ground heating in front of the building? How is it regulated? Is ground heating needed, are there any icing problems in winter?
  - Adjust/change the control of the ground heating

### Heat production

- What is the status and condition of the heat production unit? How large are the heat losses in the system?
  - Change to a more efficient unit.
  - Convert to a more environmentally-friendly energy source if an old boiler has to be replaced anyway.

### Domestic hot water system

- In what condition are the present taps and fittings?
  - Install water-saving mixer taps or modern tap fittings. Modern fittings have much better seals and use considerably less water, which can offer savings both regarding water use and heat.
- Are the pipes insulated? In what condition is the insulation?
  - Improve the insulation of the pipes of the hot water supply.
- Check that the circulation pump is working properly.
  - Change to more energy-effective circulation pumps in the circulation system.

•

### Comfort cooling systems

#### Cooling demand

- Is it possible to reduce the need for comfort cooling?
  - Reduce internal heat generation, for example, by replacing the lighting system with a more energy-efficient one.
  - Increase room temperatures during the cooling period.
  - Install external solar shading.
  - Install solar shading films on windows.
  - Make use of night cooling and 'free' cooling

- Eliminate heating and cooling in the same space at the same time, make sure that radiators and other heat sources are switched off when cooling is needed.
- Adjust the supply air temperature. For more information, see Ventilation Systems below.

### **Comfort cooling distribution (flow, pumps, balancing, pipe insulation)**

- How are the pumps controlled? Do the pump sizes correspond to the demands?
  - Adjust, or change the sizes of the pumps. Old, small pumps with low efficiencies and long use should always be changed.
  - Install frequency-controlled pumps if this will improve the functioning of the system.
- When was the hydronic balancing of the cooling system last carried out?
  - Balance the cooling system.
- Are the cooling media pipes insulated enough? What is the condition of the insulation?
  - Improve the pipe insulation.

### **Comfort cooling production**

- What is the status and condition of the cooling unit?
  - Replace with a more efficient unit.
  - Adapt the operating temperature and operating times of the production unit to the demands.
  - Check the status of the heat transmitting surfaces and clean them if necessary.
- Make use of the condenser heat to preheat hot water.
- Make use of ‘free’ cooling. This can be done in water based cooling systems with cooling beams and similar solutions. *This might require extensive extra installations if the cooling system has not been prepared for this.*

## **Ventilation systems**

### **Ventilation demands**

- What ventilation flows are introduced at room level? Do they meet today’s requirements? What are the operating times?
  - Adapt the operating times.
  - Adapt/adjust the air flow rates according to demand.
  - Night and weekend reductions/operating schemes

- Install demand control. In practice, this will mean converting CAV systems to DCV systems<sup>9</sup>
- What is the supply air temperature? How is the supply air temperature controlled? Has the supply air a cooling function or a heating function? Is this needed?
  - Adjust the supply air temperature.

### Ventilation distribution

- What are the ventilation demands in the different parts of the building? Are individual demands met?
  - Balance the ventilation flows.
  - Sectionalise the distribution of the ventilation flows and when needed install more units to meet individual demands.
  - Install after-treatment units with heating/cooling//filtering (humidification).
- What does the ducting system look like? Are there large pressure drops in the ducting system? Is it possible to reduce the pressure drops in the ducting system?
- Does the ducting need insulating?
  - Insulate the ducts

---

<sup>9</sup> Converting from CAV to (Demand Controlled Ventilation) DCV is quite a major measure but it could be profitable. If it is carried out correctly, the need for heating air can almost be eliminated and the electricity need for the fans halved. This means having a correctly designed and built system.

1. Existing terminal devices must be replaced by VAV devices.
2. If flows are governed by room temperatures, then they should be able to manage low supply air temperatures of about +15°C without causing problems with draught.
3. *All* the devices in the system must be able to manage these conditions. If only one single device in the system requires a higher supply air temperature, then this will be the governing device for the supply air temperature in the whole system, the cooling effect of the air will be reduced and all the other devices will increase their air flows to provide the required room temperatures. Displacement devices in practice require a supply air temperature of around +19 °C if problems with draught are to be avoided. If there is one displacement device in a DCV system, this will determine the supply air temperature. The cooling effect of the air will be small and all the devices in used spaces will open fully. The system in practice will function as a CAV system and all the gains of the conversion will be lost.
4. VAV devices must be able to manage quite large pressure drops, normally up to 120 Pa, without causing a disturbing noise. At low flow rates, the pressure drops in the system will be small and the pressure just before the device high. This is important to avoid having to install additional dampers in the system.
5. Frequency control of fans must be installed but this is a comparatively small cost.

## Ventilation production

- What are the operating times for the ventilation system during weekdays and at weekends? Do the operating times match the working hours? Are there different operating levels?
    - Adjust the operating times.
  - What is the estimated SFP for the fan system?
    - Reduce pressure levels.
    - Install frequency control system for the fans.
    - Change to more energy efficient fans.
  - Is there any heat recovery? Is the correct type of heat recovery used? What is the temperature efficiency of the system? What are the system temperatures during different seasons? Does the control system work properly?
    - Replace with a better heat recovery system.
    - Install a heat recovery system if there none in place.
    - Improve system control.
    - Clean the heat recovery system.
  - How are the heating and cooling batteries controlled? How do they interact with each other? Check pumps and leakage from valves.
    - Balance the flows.
    - Add a deadband in the control system between the cooling and heating valve opening.
    - Clean the system.
    - Stop leakages from valves and pumps.
  - Have the right classes of filters been used? Check pressure drops through filters.
    - Replace filters.
    - Change the filter-change times and maintenance routines.
1. Existing terminal devices must be replaced by VAV devices.
  2. If flows are governed by room temperatures, then they should be able to manage low supply air temperatures of about +15°C without causing problems with draught.
  3. *All* the devices in the system must be able to manage these conditions. If only one single device in the system requires a higher supply air temperature, then this will be the governing device for the supply air temperature in the whole system, the cooling effect of the air will be reduced and all the other devices will increase their air flows to provide the required room temperatures. Displacement devices in practice require a supply air temperature of around +19 °C if problems with draught are to be avoided. If there is one displacement device in a DCV system, this will determine the supply air temperature. The cooling effect of the air will be small and all the devices in used spaces will open fully. The system in practice will function as a CAV system and all the gains of the conversion will be lost.
  4. VAV devices must be able to manage quite large pressure drops, normally up to 120 Pa, without causing a disturbing noise. At low flow rates, the pressure drops in the system will be small and the pressure just before the device high. This is important to avoid having to install additional dampers in the system.



Frequency control of fans must be installed but this is a comparatively small cost.

## Lighting

- Are the operating times set to match working hours?
  - Adjust the operating times according to the use of the building.
- How is the lighting in stairways and corridors controlled?
  - Adjust or change the control system and operating times.
- Is outdoor lighting switched on in daytime?
  - Adjust or change the control system and operating times.
- What sort of lighting is used and in what condition is it? What sort of fittings are used and in what condition are they?
- What is the installed power in W/m<sup>2</sup>?
  - Change to more efficient devices (HF devices, more efficient sources and fittings).
- Is lighting automatically controlled? How does it function?
  - Adjust the function of the control system for lighting
  - Sectionalise the lighting and adapt the time channels accordingly.
  - Install occupancy control, occupancy sensors.
  - Install daylight control to the lighting, adjust the daylight control units (lux requirements). *Note: be aware of stand-by effects.*
- 

## Machinery/equipment

- What are the operating times during the week and at weekends?
  - Adjust the operating times.
- Temperatures in computer rooms, TV rooms, control rooms? What are the demands on the set points?
  - Adjust the temperature set points.
- Is there a compressed air system? Are there any compressed air leakages?

## Systems for control and monitoring

- Install separate metering systems for heat, electricity and cooling if there are none in place.
- Install separate metering systems in different buildings if there are none in place.
- Check alarm functions: what?, how?, displays?, logs?
- How often are reports generated: weekly, monthly, yearly?
- How are the systems visualized: circuit diagrams and plots?
-

### **Stand-by effects**

- Stand-by functions for different apparatuses perhaps only require a few watts each but there are often a lot of them and they are often switched on all year round.
  - Form an overall picture and see what can be done to reduce them.
  - Replace old stand-by units.
- Some energy saving measures, such as advanced lighting control, can include stand-by functions which require more energy than would be saved by installing the new lighting control system. Check this before carrying out this measure.