

Sakari Pulakka, Ismo Heimonen,
Juha-Matti Junnonen & Mika Vuolle

Talotekniikan elinkaarikustannukset

Talotekniikan elinkaarikustannukset

Sakari Pulakka & Ismo Heimonen

VTT

Juha-Matti Junnonen & Mika Vuolle

TKK



ISBN 978-951-38-6962-5 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

VTT, Lämpömiehenkuja 2, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 6251

VTT, Värmemansgränden 2, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 6251

VTT Technical Research Centre of Finland, Lämpömiehenkuja 2, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 6251

Pulakka, Sakari, Heimonen, Ismo, Junnonen, Juha-Matti & Vuolle, Mika. Talotekniikan elinkaarikustannukset. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2409. 58 s. + liitt. 3 s.

Avainsanat life-cycle costs, construction industry, life-cycle services, cost efficiency, energy efficiency, procurement models, risks

Tiivistelmä

Rakennushankkeiden vaihtoehtoisten toteutusmuotojen arvioinnissa on hahmotettava kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat tekijät kohteen elinkaaren eri vaiheissa. Kohteen pitkä elinkaari sekä sen eri vaiheisiin liittyvä epävarmuus tekevät tästä tehtävästä usein varsin haasteellisen. Elinkaarilaskennalla pyritään ennakoimaan tietyn valitun tai jo olemassa olevan järjestelmän elinkaaren aikana muodostuvia kustannuksia. Elinkaarilaskelmien avulla voidaan huomioida vaihtoehtoisten ratkaisujen elinkaarivaikutukset perinteisen investointipainotteisen päätöksenteon sijaan ja löytää elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto.

Tutkimushankkeessa on kehitetty suomalaisiin käytäntöihin soveltuvia laskentatapoja ja niiden käyttöä edistäviä sovelluksia, joita voidaan käyttää elinkaarikustannusten laskentaan, elinkaariedullisuuden määrittämiseen, elinkaarihankintojen ja muiden hankintamallien arviointiin, elinkaariperustaiseen päätöksentekoon sekä tarjousten vertailuun.

Sovelluspohjat sisältävät elinkaarihankinnan keskeiset kriteerit: käyttöiän, energiatalouden sekä huolto- ja kunnossapitotarpeet. Sovelluksen avulla määritetään taloteknisen hankinnan hankinta- ja elinkaarikustannukset sekä edullisuus suhteessa perinteiseen hankintaan. Ympäristövaikutuksia ei sovelluksen keinoin lasketa vaan joko hyödynnetään erillistä arviota tai todetaan käyttöikä-, kulutus- ja käyttäjävaikutusten olevan suorassa riippuvuussuhteessa ympäristövaikutuksiin.

Laskentapohjat soveltuvat sellaisenaan isolle kiinteistönomistaja- tai rakennuttajataholle sen määrittäessä tilatarpeiden vaihtoehtoisten täyttämiskäytöiden sekä elinkaarilaadun (käyttöikä, energiatalous, muuntojousto) kustannusvaikutuksia ja edullisuutta. Suunnitteluyrityksissä sovelluksia voidaan hyödyntää elinkaarisuunnittelussa ja elinkaarioptimoitujen toteutusratkaisujen elinkaariedullisuuden todentamisessa, kun lähtötiedot perustuvat pääosin yritysten omiin tietokantoihin. Rakennusyrityksessä tavoitteena on sekä kehittää elinkaarioptimoituja rakennuskonsepteja että tarjota esimerkiksi asunnon ostajalle vaihtoehtoisia elinkaariedullisia tuotteita. CubeCost-laskentaperusta on näiltäkin osin käypä vaihtoehto, sillä lähtötiedot perustuvat yritysten omaan seuranta-aineistoon.

Alkusanat

Tämä julkaisu liittyy Talotekniikan tulevaisuuden elinkaaripalvelut (CubeNet) -tutkimushankkeeseen. Hankkeen tavoitteena on kehittää perusteita elinkaaripalveluille, jotka vastaavat perinteistä toteutusmuotoa paremmin tilaajien ja käyttäjien tarpeisiin paitsi kustannus- ja energiatehokkaasti myös toimintavarmasti. Elinkaaripalveluilla tarkoitetaan tässä yhteydessä taloteknisten järjestelmien hankinta- ja toteutusmuotoa, jossa toteuttaja vastaa järjestelmistä perinteistä takuuaikaa pidemmällä ja laajemmalla vastuulla. Yleensä toteuttajan vastuisiin elinkaaripalveluissa sisältyy vähintään osa suunnittelusta, taloteknisten järjestelmien rakentaminen sekä vastuuta järjestelmien ylläpidosta ja kunnossapidosta erikseen sovittavan ajan verran.

Elinkaaripalveluiden valintaan ja talotekniseen suunnitteluun vaikuttavat keskeisesti elinkaarikustannukset. Vertailulaskelmien tekeminen, suunnitteluratkaisuiden valinta ja tarjousten yksiselitteinen vertailu on ollut vaikeaa laskentakäytäntöjen kirjavuuden takia. Tutkimushankkeessa on kehitetty suomalaisiin käytäntöihin soveltuvia laskentatapoja ja niiden käyttöä edistäviä sovelluksia, joita voidaan käyttää elinkaarimallin ja muiden hankintamallien väliseen arviointiin, elinkaariperustaiseen päätöksentekoon sekä tarjousten vertailuun. Kehitetyt laskentatavat ovat yhteensopivia kansainvälisten standardiluonnosten kanssa.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Alkusanat.....	4
Yleisten käsitteiden määritelmät	6
1. Johdanto.....	8
2. Elinkaarilaskennan käyttötarkoitus.....	10
2.1 Elinkaarilaskennan lähtökohdat.....	10
2.2 Hankintamallien alustava vertailu	18
2.2.1 Riskien jaottelu ja hinnoittelu	21
2.3 Suunnitteluratkaisujen valinta	25
2.3.1 Suunnitteluratkaisuiden valintaan vaikuttavia tekijöitä	25
2.3.2 Muutoksiin varautumisen vaikutus elinkaarikustannuksiin	27
2.4 Tarjousten vertailu.....	29
3. Elinkaarikustannustieto.....	32
4. Elinkaarikustannuslaskenta.....	34
4.1 Elinkaarikustannuslaskennan menetelmät.....	34
4.2 Elinkaarikustannusten muodostuminen.....	35
4.3 Herkkyystarkastelu	39
4.4 Muita laskennassa huomioon otettavia seikkoja	39
5. Elinkaarikustannusten laskentasovelluksia.....	41
6. Sovelluksen käyttöönotto.....	53
7. Yhteenveto	54
Lähdeluettelo	55
Muuta tausta-aineistoa.....	56
Liitteet	
Liite A: Ratkaisuvaihtoehtojen vertailulaskelmia	
Liite B: Esimerkki kustannuserustaisten kriittisten riskien tunnistamisesta	

Yleisten käsitteiden määritelmät

Elinkaari on rakennetun kohteen tai kohteen osan (tuotejärjestelmä, moduuli, komponentti, materiaali) peräkkäiset tai vuorovaikutteiset vaiheet raaka-aineiden hankinnasta tai tuottamisesta loppukäsittelyyn. Elinkaari-sanaa käytetään kuitenkin melko vapaasti. Elinkaarikustannuslaskelmissa käytetään tyypillisesti *laskentajaksoja* 5, 15, 25 ja 50 vuotta.

Elinkaariarviointi on laskentamenettely, jolla tuotteeseen liittyviä ympäristönäkökohtia, ympäristöhaittoja ja ympäristövaikutuksia arvioidaan kaikissa elinkaaren vaiheissa ja koko elinkaaren ajalta.

Elinkaariedullisuus on hankinta- ja elinkaarikustannusten, mahdollisten elinkaaritulojen ja jälleenmyyntiarvovaikutuksen nettosumman ja ympäristöhaittavaikutusten suhde.

Elinkaarikustannus on rakennetun kohteen tai sen osan kokonaiskustannukset koko elinkaaren ajalta.

Elinkaarilaadulla tarkoitetaan ominaisuuksien elinkaarenaikaista säilymistä suunnitellun mukaisina.

Elinkaarioptimointi on elinkaariominaisuuksia koskevien vaatimusten hallinta elinkaarikustannuksiltaan optimoiduin toteutusratkaisuin.

Elinkaarisuunnittelu tarkoittaa rakennetun kohteen ja sen osien kuvausten ja määrittelevien suunnitelmien tuottamista koko elinaikaa ja sen kaikkia vaiheita varten. Elinkaarisuunnitteluun kuuluu suunnittelujaksolle ennakoivien ja optimoivien laskentamallien käyttö.

Elinkaaritaloudellisuus lasketaan elinkaaritulon ja elinkaarikustannuksen erotuksena tai elinkaarikustannusten säästönä.

Elinkaaritekniikka on kohteen koko elinkaaren ajalle suunnattu tekniikan teoria ja käytäntö, jonka tavoitteena on optimoitu elinkaarilaatu. Elinkaaritekniikkaan sisältyvät investointisuunnittelu, suunnittelu, ylläpito ja käytön jälkeinen käsittely (purku, uudelleenkäyttö, kierrätys ja jätteidenkäsittely).

Kiinteistökehitys käsittää kuntokartoituksen, työympäristömäärittelyn sekä käyttö- ja toimivuusvaatimusten uudelleenmäärittelyn kautta toteutettavan perusteellisen kiinteistökehityksen, joka aiheutuu mm. tilojen käyttötarkoituksen muutoksista sekä taloteknisten järjestelmien ja rakennusosien, kuten ikkunoiden, uusimisesta aiempaa paremmiksi.

Kiinteistöliiketoiminta sisältää kiinteistön omistamiseen, hallintaan, hyödyntämiseen ja asiakaspalvelujen tuottamiseen liittyvät toiminnot.

Kuntoarvio on rakennuksen kunnan systemaattinen tekninen määrittely.

Käytettävyys tarkoittaa rakennuksen, rakenteen tai niiden osien kykyä täyttää käyttötoimintojen, terveellisyyden, turvallisuuden ja viihtyisyyden vaatimukset elinkaaren eri vaiheissa ja ajankohtina.

Peruskorjaus on suhteellisen suuri erillinen korjaushanke.

Rakennuskonsepti on monistettavissa oleva ja dokumentoitu suunnittelu- ja rakentamistapa.

Rakennusosaperustainen arvonmäärittäminen tarkoittaa rakennusosaperusteisesti tarkasteltua rakennuksen arvon alentumista, joka on tapahtunut rakentamisvuoden tai viimeisimmän kiinteistökehitysvuoden jälkeen.

Reaalikorko määritetään rahoitustarpeen ja lainakoron perusteella (nimellinen lainakorko – inflaatio).

Riski on mitä tahansa, mikä uhkaa kiinteistöjen ja investointikohteiden rakennuttamisen tavoitteiden saavuttamista tai mahdollisuuksien hyödyntämistä.

Riskienhallinta on systemaattinen ja jatkuva prosessi, jonka avulla tunnistetaan ja arvioidaan kiinteistöjen riskit tavoitteiden saavuttamisen ja mahdollisuuksien hyödyntämisen kannalta sekä hallitaan niitä tehokkaasti.

Tarveselvitys on tilantarvevaihtoehtojen ja toimivuusvaatimusten määrittely suhteessa kustannuksiin ja elinkaarietäisyyteen.

Uudisrakentaminen on tarveselvityksen kautta toteutettava rakennuksen uudisinvestointi.

Ympäristöjärjestelmä on systemaattinen tapa kuvata toimintojen ympäristövaikutuksia sekä ohje siitä, miten yritys voi vaikuttaa omien toimintojensa ympäristövaikutuksiin.

1. Johdanto

Käsillä olevan julkaisun ja laskentasovelluksen tavoitteita ovat elinkaariperustaisessa päätöksenteossa huomioon otettavien seikkojen esille tuominen, elinkaarikäsitteistön yhtenäistäminen sekä sellaisen laskentamenetelmän osoittaminen, jonka avulla kyetään toteuttamaan elinkaarikustannusten laskentaa ja edullisuusanalyysyjä investointihankkeiden päätöksenteon eri tasoilla.

Rakennus- ja kiinteistöalan investointitarpeita aiheuttavat mm.

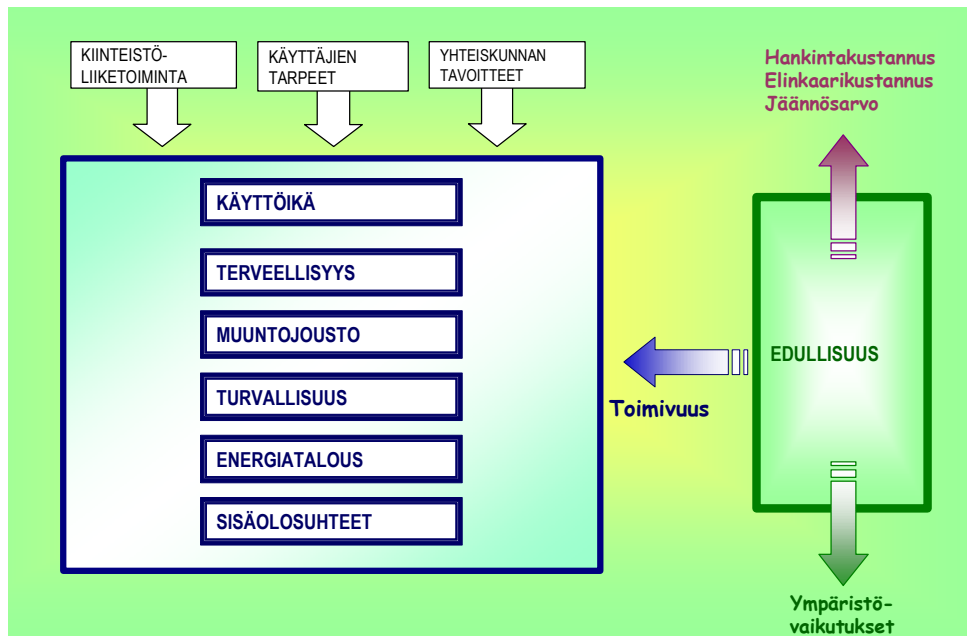
- tilatarpeet, joita tyydytetään rakentamalla uudisrakennus, perusparantamalla olemassa olevaa kiinteistöä tai hyödyntämällä vajaakäytössä olevia muita tiloja
- olemassa olevan kiinteistön perusparannus, jolloin huomiota kiinnitetään mm. käytettävyyden parantamiseen, muuntojoustoon ja energiatalouteen
- sisäolosuhteiden parantamistarpeet, jotka johtuvat mm. työntekijöiden työperäisten sairauspoissaolojen lisääntymisestä tai muusta oireilusta
- korjaustarpeet, jotka johtuvat esim. rakenteiden kosteus- yms. vaurioista
- rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi tehtävät pieninvestoinnit (esimerkiksi talotekniikkalaitteiden uusiminen tavoitteena energiansäästö)
- kiinteistön saattaminen määräysten edellyttämään myyntikuntoon.

Perusparannushanke (kiinteistökehityshanke) on usein pitkän valmistelun tulos. Se aiheutuu kiinteistön teknis-toiminnallisesta vanhenemisestä, hyödynnettävissä olevista uusista teknologioista ja käyttäjien kiinnostuksesta uudentyypiseen toimintaympäristöön.

Talotekniikka on keskeisessä asemassa, kun omistaja ja käyttäjä arvioivat rakennuksen tarjoaman palvelun laatua. Talotekniikan keinoin tuotetaan miellyttävät sisäolosuhteet, puhdas vesi, sähkö- ja tietoliikennepalvelut sekä kiinteä osa turvatekniikkaa. Talo- ja tietotekniikka ovat keskeisessä asemassa varmistettaessa sitä, etteivät sisäolosuhteet vaikuta kielteisesti käyttäjätoimintojen tuottavuuteen.

Vertailulaskelmien tekemistä, suunnitteluratkaisuiden valintaa ja tarjousten yksiselitteistä vertailua varten on ollut tarpeen kehittää suomalaisiin käytäntöihin soveltuva laskentatapa ja sen käyttöä edistäviä sovelluksia elinkaarimallin ja muiden toteutusmallien arviointiin, elinkaariperustaiseen päätöksentekoon ja tarjousten vertailuun. Elinkaariedullisuus ja elinkaarikustannukset tulee osata todentaa realistisesti ottaen huomioon käytettävissä oleva informaatio ja keskeiset riskit ja halliten sopimustekniikka.

Tämä julkaisu sisältää kansainvälisiin standardeihin ja Rakennusten elinkaarimittaristoon (REM) perustuvan elinkaariedullisuuden laskentamenetelmän (rakenne kuvassa 1, Pulakka 2005) sekä sen soveltamisen puitteet asettavat ominaisuus-, riskienhallinta- ja sopimusmäärittelyt.



13.11.2006

10

Kuva 1. CubeCost-sovelluksen rakenne.

Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan käyttää

- päätettäessä toteutusmuoto
- valittaessa vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja
- vertailtaessa saatuja urakkatarjouksia keskenään.

Tilaaajan harkitessa rakennushankkeen toteutusmuotoa tarvitaan laskentatyökalu, jonka avulla voidaan karkeasti vertailla elinkaaripalvelulla tuotettua hankintaa (palveluntuottajalla pidempi ja laajempi vastuu kuin perinteisesti) ns. perinteisesti toteutettuun hankintaan. Elinkaaripalveluihin liittyvä toteutusmuoto sisältää palveluntuottajalle tulevia uusia tehtäviä, jotka on otettava huomioon elinkaaritarkastelussa, jotta eri toteutusmuodot olisivat vertailukelpoisia. Hankemuotoja vertailtaessa on palveluiden toteuttamisen kustannukset pystyttävä arvioimaan myös perinteisen toteutusmuodon osalta, jotta hanke-
muotoja voidaan arvioida tasapuolisesti.

2. Elinkaarilaskennan käyttötarkoitus

Tässä luvussa esitetään elinkaarilaskennan lähtökohdat ja periaatteet. Lisäksi tarkastellaan, missä eri tilanteissa elinkaarilaskentaa voidaan käyttää ja mitkä eri tekijät vaikuttavat kussakin tilanteessa laskentaan. Luvussa 2.2 käsitellään elinkaarilaskennan käyttöä hankintamallien alustavaan vertailuun, luvussa 2.3 suunnitteluratkaisujen valintaan ja luvussa 2.4 tarjousten vertailuun.

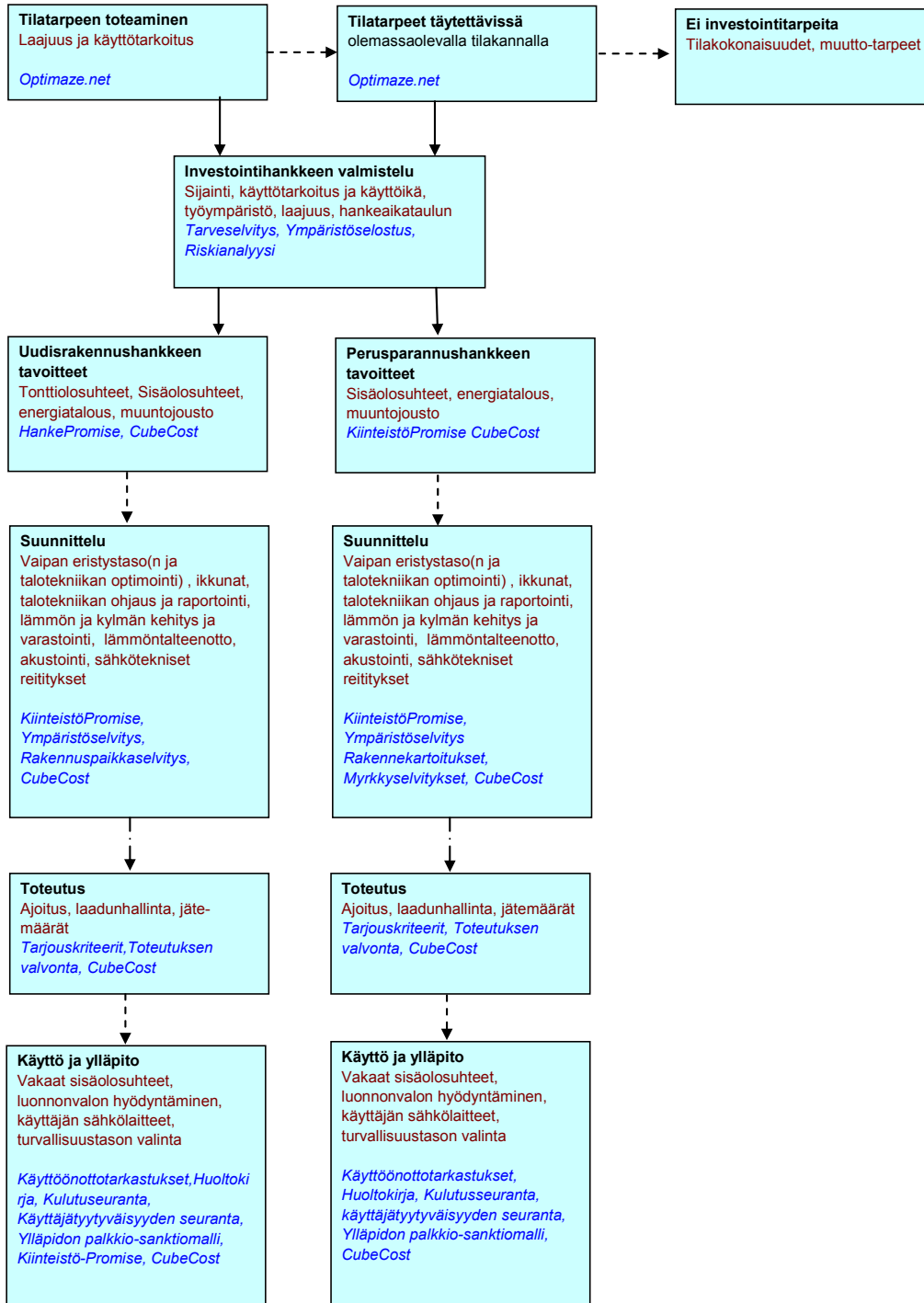
2.1 Elinkaarilaskennan lähtökohdat

Rakennushankkeen talouden hallinnan tarkoituksena on saavuttaa asetetut tavoitteet kohtuullisin kustannuksin. Tämä edellyttää hankkeen tavoitteiden määrittelyä ennen suunnittelua ja rakentamista, minkä jälkeen talouden hallinta on johtamista (Hahtela & Kiiras 2006). Tavoitteiden asettamisen ongelma on usein se, ettei päätöksentekijä tunne päätöstensä aiheuttamia kustannuksia. Ohjaamattomassa hankkeessa seuraukset tulevat ilmi aikaisintaan suunnitteluvaiheessa liian kalliina suunnitteluratkaisuna tai vasta rakennustyön tai käytön aikana, jolloin vaikuttamismahdollisuudet ovat vähissä. Tilaajan tulee saada riittävästi tietoa vaihtoehtoisista mahdollisuuksista ja niiden kustannuksista.

Rakennushankkeen eri vaiheissa tehdään päätöksiä, jotka vaikuttavat elinkaarikustannuksiin (Klemetti & Hyvärinen 2001). Kuvassa 2 esitetään yleinen kuvaus, kuinka (investointi)prosessissa edetään tilantarpeen toteutamisesta käyttö- ja ylläpitovaiheeseen. Tarveselvitysvaiheessa määritetään tilaajan ja käyttäjän tarpeiden kannalta tarkoituksenmukainen toimintaympäristö sekä vertaillaan tilanhankintavaihtoehtojen investointi- ja elinkaarikustannuksia toisiinsa. Ratkaisun valintaan vaikuttavat vallitseva toimintaympäristö, tilaajan oma tilanne ja organisaation palvelu- ja kiinteistöstrategia. Strategisilla tavoitteilla saattaa olla merkittäviä vaikutuksia hankkeeseen valittavaan toteutusmalliin ja sen yksityiskohtiin. Strategiset kannanotot esimerkiksi kiinteistöjen omistamisesta ja niihin liittyvien palvelujen hankinnasta asettavat päätöksenteolle kehykset, joiden mukaan arvioidaan eri vaihtoehtoja. Toisinaan strategia tai vallitseva tilanne ohjaa päätöksentekoa hyvinkin tiukasti: näin tapahtuu esimerkiksi tilanteissa, joissa tietyn välttämättömän investoinnin toteuttaminen investointimahdollisuuksien rajoissa on käytännössä mahdotonta. Päätöksenteossa on lisäksi aina kyettävä ottamaan huomioon kyseisiin tiloihin sijoittuvan palvelutoiminnan luonne ja mahdolliset erityistarpeet.

Investointiprosessin vaihe
Päätöksenteon kohteet
Apuvälineet (esim.)

Vaikuttavuus
Kriittinen →
Asettava - - - →
Toteenpaneva ···· →



Kuva 2. Rakennushankkeen linkaariperustainen investointiprosessi, prosessin vaiheissa huomioitavia tekijöitä sekä eri vaiheita tukevat menettelyt ja työkalut.

Hankesuunnitteluvaiheessa asetetaan suunnittelutavoitteet, määritetään valitun tilanhan-
kintatavan budjetti ja asetetaan hankkeen taloudelliset rajat. Hankesuunnittelun aikana
selvitetään tarkemmin tilatarpeet ja laatuvaatimukset (esimerkkinä taulukko 1). Näiden
vaatimuksien perusteella laaditaan tarkennettuja laskelmia taloteknisten järjestelmien
vaihtoehtoista. Hankesuunnittelun lopussa valittava talotekniikkajärjestelmä määrittää
pitkälti elinkaarikustannusten tason (Ihasalo 2004). Hankesuunnitteluvaiheessa pääte-
tään myös toteutusmuoto ja se, missä määrin suunnittelua hankitaan yhdessä rakennus-
ja taloteknisten töiden urakoitsijalta ja kannattaako lähteä pyytämään elinkaaritoteutus-
sen mukaisia tarjouksia. Käytännössä tämä vaihe voidaan päätöksenteossa sivuuttaa tai
se voidaan tehdä yksinomaan laadullisiin arvioihin perustuen. Mikäli alustava arviointi
osoittaa, että elinkaaritoteutus sopii hankkeeseen ja tuo selkeitä hyötyjä, laaditaan hank-
keesta elinkaaritoteutuksen mukaiset tarjouspyynnöt.

Taulukko 1. Esimerkki tavoitteiden ja toteutusratkaisujen dokumentaatiosta.

Ominaisuus	Ratkaisut	Vaikutukset
Työympäristö	Konttorityyppi Kokoontumistilat Tietoverkotus	Asiakastyytyväisyys Tuottavuus Innovatiivisuus
Energialaus	Kiinteistön suunnittelu kokonaisjärjestelmälähtöisesti Rakennuksen asemointi; tuulelta suojaus Hyvin eristävä kiinteä ja pysyvä vaippa; U-arvotavoitteet (W/m ² K) esim. uudisrakennukselle Alapohja 0,20...0,15 Ulkoseinät 0,20...0,15 Yläpohja 0,15...0,10 Ikkunat 1,20...0,80 (painottuen eteläsuuntaan) Vaipan hyvä tiiveys; n50-luku, 1/h 1,0...2,0 Vaipan varjostukset, väritys ja aurinkosuojaus Vaipan massiivisuuden ja värityksen hyödyntäminen Tarvelähtöinen, uusittavissa oleva talotekniikka ja sen tarpeenmukainen käyttö. Yhdistelmäenergioiden käyttömahdollisuus. Tehokas lämmöntalteenotto Talotekniikan siirtohäviöiden minimointi Sisäisten lämpökuormien minimointi Yöaikaisen ulkoilmalähtöisen jäähdytyksen hyödyntäminen Energiatehokas ja tarpeenmukaista käyttöä tukeva valaistus. Luonnonvalon hyödyntäminen. Energiatehokkaat sähkölaitteet	Vaipan erityistasolla on isoin lämpöenergiankulu- tusvaikutus rakennuksen käyttöajan ajan. Lämmöntalteenotto vähentää ilmanvaihdon mukana siirtyvää hukkalämpöä. Talotekniikan tarpeen- mukainen optimointi varmistaa olosuhteiden ylläpidon, millä on kes- keinen vaikutus sähkö- energiankulutukseen. Massan hyödyntämisellä, varjostuksilla, värityksillä ja luonnonvalon hyödyntämisellä voi yksittäiskohteissa yhteenlaskettuna olla hyvinkin iso vaikutus sekä lämmön- että sähkönkulutuksen.
Sisäolosuhteet	Riittävä ja puhdistava ilmanvaihto Terveelliset rakennus- ja sisustusmateriaalit Kosteusvaurioriskien minimointi Sopivan ja vakaan lämpötilan tuottava lämmitystekniikka	Käyttäjättyytyväisyys Oireilun välttäminen
Muuntojousto	Muunneltavat väliseinät ja talotekniikan reititykset Moduloidut tilakokonaisuudet	Muutostalustusten aleneminen

Seuraavassa kuvataan lyhyesti elinkaariedullisen kiinteistön pääperiaatteet, vaikkakin kukin yksittäinen kohde pyritään suunnittelemaan kokonaisuoptimoidusti.

Rakennetekniikka perustuu siihen, että rakennuksen

- runko on kestävä
- jännevälit, hyötykuormat ja kerroskorkeudet ovat muuntojoustoa silmällä pitäen riittävät
- vaippa on ulkonäöltään kiitettävä ja eristää hyvin lämpöä (tiivius ja eristystaso)
- vaihdettavat osat ovat suhteellisen helposti uusittavissa ja kierrätettävissä.

LVI-tekniikka perustuu yleensä (kiinteistökohtainen kokonaisuoptimointi välttämätöntä)

- muuntojoustavaan ilmanvaihdon kanavistoon
- tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon ja lämpötilaan (jäähdytyksen rakennuskustannusosuus noin 2 % ja sähköenergiankulutusosuus noin 10 %)
- matalalämpötilaisiin lämpöenergiälähteisiin ja korkealämpötilaisiin kylmäenergiälähteisiin
- vakiopainesäätöön vesijärjestelmässä, pienipainehäviöiseen vesiputkistoon, vettä säästäviin vesi- ja toaletikalusteisiin sekä vesipisteiden sijoittamiseen linjakkain
- pyrkimykseen erillISRatkaisuista kokonaispalveluihin.

Sähkö- ja teletekniikka perustuu

- muunneltaviin asennusreitteihin
- hyvän hyötysuhteen omaaviin energiatehokkaisiin (loisteputki)valaisimiin sekä läsnäolon ja päivänvalon huomioon ottavaan valaistuksenohjausjärjestelmään
- kiinteistösähkön osalta tarpeenmukaiseen käyttöalueiden ryhmittelyyn ja korkeisiin hyötysuhteisiin
- käyttäjäsähkön osalta toimisto- ja tietoteknisten laitteiden alhaisiin energiankulutusluokkiin sekä energiansäästöasetusten käyttöönottoon
- lähtökohtaisesti korkeatasoiseen e-infratasoon.

Arkkitehtuuri perustuu erityisesti siihen, että

- rakennuksella kokonaisuutena on ympäristöään parantava vaikutus
- rakennuksen laajentaminen on mahdollisuuksien mukaan otettu huomioon rakennuksen sijoituksessa

- rakennuksen käyttötarkoitus on kohtuullisessa määrin muutettavissa
- rakennus on jaettavissa erikokoisiin itsenäisiin huoneistoihin
- rakennuksen käyttöikätaavoite on oikein asetettu ja tavoite on otettu huomioon suunnitteluratkaisuissa
- muunneltavuus on otettu huomioon rakennuksen kokonaisratkaisussa sekä porrashuoneiden, saniteettitilojen, pystykuilujen ja erikoistilojen sijoituksessa.

Aluerakentamisessa on perusteltua pyrkiä täydennysrakentamiseen perustuvaan *riittäväään eheyteen*, johon kuuluu vaihtelevat yksityiset ja julkiset tarpeet tyydyttäviä rakennus- ja asuntotyyppisiä ja joka edistää vapaamuotoista sosiaalista vuorovaikutusta ja luonnollista liikkumista tehokkaiden ja suhteellisen edullisten tie-, vesi-, viemäri-, tieto- ja lämpöverkkojen rinnalla.

Suunnitteluvaiheessa huomattavia elinkaari vaikutuksia sisältävät päätökset kohdistuvat kulutus-, kustannus- ja sisäolosuhde vaikutuksiltaan keskeisiin taloteknisiin järjestelmiin ja vaipparakenteisiin. Näitä ovat mm. ulkoseinät, ikkunat, välipohjat, lämmön tai kylmän kehitys, lämmön tai kylmän jakelu, tilakohtainen lämmitys tai jäähdytys, valaistuksen säätö ja siihen kytkeytyvät valaisimet, ilman suodatus, lämmön talteenotto, lämpimän käyttöveden varaaja tai vaihdin, käyttäjän sähkölaitteet, mahdolliset suurkeittölaitteet sekä taloautomaatio. Suunnittelijavalinta onkin erittäin tärkeä lopputuloksen elinkaari-laadun kannalta.

Korjaus(kiinteistökehitys)hanke valmistellaan kuntoarvion, sisäilmastotutkimuksen, Kiinteistö-Promise-ympäristöluokittelun ja toimivuuden parantamistarpeiden pohjalta. Lisäksi kiinnitetään huomiota kiinteistön ns. tarinaan (käyttötarkoitus ja merkitys), toteutettuihin toimenpiteisiin, viimeisimmän kuntoarvion osoittamiin merkittävimpiin korjaustarpeisiin, asiakkaan toimintoja ja työympäristöä koskeviin vaatimuksiin ja energiatehokkuuden parantamistarpeisiin. Perussääntönä on, että ns. sairas talo tulee tervehdyttää. Energiatehokkuuden pitkäjänteiseksi parantamiseksi on tarpeen laatia kiinteistösalkku-kohtaisia tavoite- ja toimenpidesuunnitelmia.

Perusteellisen korjaushankkeen (pysyvä asiakas pysyvissä tiloissa) osalta pyritään optimoimaan tekniset ja asiakastarpeet suhteellisen elinkaari edullisella tavalla (taulukko 2). Kokonaiskustannusten kohtuullisuutta verrataan vuokratentiaaliin, kiinteistön arvoon ja jäljellä olevaan käyttöikään.

Taulukossa 2 kuvatun laskelman lopputuloksena on korjaustoimien elinkaari perustainen kohdistaminen sekä asiakkaan maksettavien töiden selkeä erittely. Peruskorjaushankkeen, perusparannushankkeen ja kiinteistökehityshankkeen kokonaiskustannusten kohtuullisuutta voidaan verrata vastaavan uudisrakennuksen investointikustannukseen,

rakennuksen odotettavissa olevaan käyttöikään sekä pitkän aikavälin sovittavissa olevaan tuottoasteeseen. Edullisuutta arvioitaessa otetaan huomioon myös rakennuksen käyttö- ja huoltohistoria sekä mahdollinen rakennusperintöarvo.

Taulukko 2. Perusteellisen korjaushankkeen keskeiset päätöskohteet (taulukkoon täytetään ennakoitua kustannukset niiltä osin kuin on tarpeen tai mahdollista).

Korjaus-/parannuskohde	Välttämättömät V	Elinkaari- perustaiset E1 = ensisijaiset E2 = toissijaiset	Asiakaslähtöiset A1 = ensisijaiset A2 = toissijaiset
1. Työympäristö 1.1 Tilajärjestelyt 1.2 Sisustus 1.3 Muut tavoitteet:			
2. Vauriokorjaukset 2.1 Kosteusvauriot 2.2 Muut vauriot:			
3. Kunnonhallinta 3.1 Korjaustoimet 3.2 Uusimistoimet 3.3 Entisöinti 3.4 Muut korjaustoimet:			
4. Tekniset parannustoimet 4.1 Sisäilmasto 4.2 Energiatalous 4.3 Muuntojousto 4.4 Muut parannustoimet:			
Kustannuspuite milj. eur V V+E1 V+E1+A1 V+E2+A2			

Toteutusvaiheessa varmistetaan suunnitelmien mukainen toteutus. Keskeiset vaatimukset asetetaan aikataulujen pysyvyydelle, laadunvarmistukselle, tiedonhallinnalle ja työturvallisuudelle. Taulukossa 3 on yleisiä kriteerejä rakentamisprosessin laatuvaatimuksille.

Taulukko 3. Elinkaariedullisuuden toteutumista tukeva rakentamisprosessin laatuvaatimus (Pulakka 2005).

	Runko, perustukset	Vaippa	Tilajako	Täydentävät ja pintarakenteet	Talotekniikka
	tuoteosakaupan mahdollistavat järjestelmät ja komponentit, rakennettavuuden ja kokoonpanon huomioonotto				
Rakentamisen prosessi	nopea, häiriötön, turvallinen ja vähäjätteinen rakentaminen, kerralla valmista, logistiikan hallinta	nopea, häiriötön, turvallinen ja vähäjätteinen rakentaminen, asennettavuus, lämpö päälle nopeasti, kuivana pysyminen rakennettaessa	tilajaon ja tekniikan yhteensopivuus	nopeus, jälkitöiden vähäisyys, harkittu työjärjestys, uusittavuus, huollettavuus	tilajaon ja rakentekniikan kanssa yhteensopiva asennettavuus, yhteensopivuus rakennusprosessin kanssa
	Työt toteutetaan suunnitellussa aikataulussa ja kustannustavoitteessa turvallisesti ja laatutavoitteiden mukaisesti hyvää rakennustapaa noudattaen. Edellytyksinä yhteensopivat laatu- ja tiedonhallintajärjestelmät, joustavuus ja yhteistyö muiden osapuolten kanssa. Työmaahenkilöstön riittävä koulutus/opastus.				

Rakennushankkeiden vaihtoehtoisten toteutusmuotojen arvioinnissa on hahmotettava kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat tekijät kohteen elinkaaren eri vaiheissa. Kohteen pitkä elinkaari sekä sen eri vaiheisiin liittyvä epävarmuus tekevät tästä tehtävästä usein varsin haasteellisen. Kokonaistaloudellisuudessa on kysymys monikriteerisestä valinnasta tai arvioinnista, jolloin hanketta arvioidaan mahdollisimman laajasti eri näkökulmista. Kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat myös laadulliset seikat, joita on toisinaan vaikea mitata ja arvottaa. Numeerisesti mitattavien parametrien lisäksi myös laatutekijöiden eroja hankintavaihtoehtojen välillä tulee pyrkiä analysoimaan ja kirjaamaan ainakin sanallisesti. Näitä tekijöitä ovat mm. seuraavat:

1) Investoinnilla saavutettava palvelu- tai laatutaso:

- Onko talotekniikka palvelukyvyltään samantasoinen eri vaihtoehtoissa?
- Onko laatu samantasoinen?

2) Elinkaaren aikaiset tuotot ja kustannukset:

- Onko eri vaihtoehtojen tuottokyvyssä mahdollisesti eroja?
- Onko palvelusisältö vertailukelpoinen?
- Ylläpidetäänkö kiinteistön kuntoa vastaavana? => Eikö tämä liity myös jäännösarvoon; kuinka kunto liittyy otsikon 2) alle, jos se vain todetaan eikä sille tehdä mitään?
- Mikä on investointi- ja ylläpitokustannusten yhteys?
- Kuinka vastuut ja riskit on jaettu? (Näillä on realisoituessaan selkeästi tuotto- ja kustannusvaikutuksia.)

3) Tuottovaade ja korko:

- Sisältääkö tuottovaade vastaavat komponentit? Onko omalla pääomalla tuotto-vaatimusta?
- Onko riskit hinnoiteltu läpinäkyvästi ja vertailukelpoisesti?

4) Jäännösarvo:

- Kuinka realistisesti jäännösarvo elinkaaren lopussa on määritetty?
- Onko kiinteistön kunto ja käytettävyyys eri vaihtoehdoissa vastaava?
- Mitkä ovat kiinteistön jatkokäyttömahdollisuudet eri vaihtoehdoissa?

Keskeistä eri toteutusmallien vertailussa ja valinnassa on sen arviointi, tuoko elinkaari-toteutus lisäarvoa investointiprosessiin ja palvelutuotantoon. Toimintamallin ja toteutus-tavan valinnan tulee perustua siihen, millainen toimijoiden kokonaisuus voi parhaiten tuottaa tavoiteltavan palvelun elinkaariedullisimmin suhteessa elinkaarikustannuksiin.

Suunnitteluvaiheessa elinkaarikustannuksia käytetään vaihtoehtoisten suunnitteluratkai-suiden valinnassa ja suunnitelmien ohjauksen apuvälineenä. Elinkaarikustannuslaskennan syytä voivat olla seuraavat:

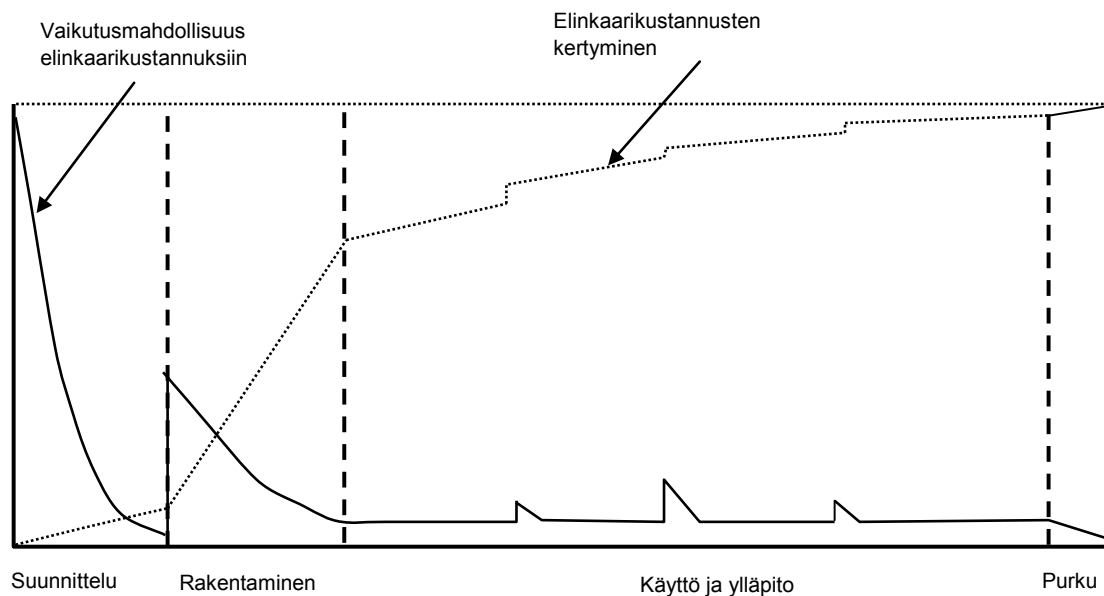
- Rakennukseen aiotaan sijoittaa esimerkiksi energian säästöön tähtääviä koneita, laitteita tai järjestelmiä. Tällöin elinkaarikustannuslaskelmin todetaan, onko ky-seisten järjestelmien rakentaminen kannattavaa eli ovatko saavutettavat säästöt tarvittavia investointeja suuremmat.
- Tarjolla on useampi, rakennuksen toiminnan kannalta hyväksyttävä vaihtoehto, joilla kuitenkin on erilaiset rakennus- ja ylläpitokustannukset. Tällöin elinkaari-kustannuslaskelmin todetaan, mikä vaihtoehdoista on taloudellisin.

Suunnitteluvaiheessa suunnitelmia vielä tarkennetaan ja elinkaarilaskelmat ulotetaan laite- ja komponenttitasolle. Suunnitteluvaiheiden aikana tehdään lopulliset järjestelmä- ja laitevalinnat ja -ratkaisut.

Elinkaarikustannuksia käytetään myös arvioitaessa vaihtoehtoisia tarjouksia. Tällöin tarjoukset ja suunnitteluratkaisuiden aiheuttamat käyttö- ja ylläpitokustannukset saate-taan yhteismitallisiksi elinkaarilaskennalla. Elinkaarilaskennalla pyritään varmistumaan hankkeiden vertailukelpoisuudesta, sisällön yhdenmukaisuudesta ja siitä, että myös laa-tutekijät ja hankkeeseen liittyvät riskit tulevat huomioituiksi päätöksenteossa. Tarjous-pyyntöissä ilmaistut valintaperusteet ja mahdolliset painoarvot tulee ottaa huomioon myös laskelmissa ja laskentamalleissa.

Käyttövaiheessa elinkaarikustannuksia käytetään toteutuneiden kustannusten valvonnassa ja mahdollisten korjaus- ja parannustoimenpiteiden suunnittelussa. Käyttövaiheessa seurataan suunniteltujen ylläpitokustannusten toteutumista ja ryhdytään tarvittaessa säätö- ja korjaustoimenpiteisiin.

Hankkeen alkuvaiheen päätöksillä on suuri merkitys koko elinkaaren aikaisten kustannusten muodostumiseen (kuva 3). Eri vaiheissa laskelmien tarkkuustavoite vaihtelee: Esimerkiksi hankesuunnittelun aikana on tärkeää vertailla eri vaihtoehtoja, jolloin absoluuttiset arvot sinällään voivat olla epätarkkoja (Myllymäki 2006). Suunnitteluvaiheen edetessä absoluuttisten arvojen oikeellisuuden merkitys korostuu ja urakkahintojen vertailun pohjaksi laadittavien laskelmien tulisi olla luonnollisesti varsin luotettavia. Käyttövaiheen elinkaarikustannustiedon keräämisellä on lähinnä informatiivinen vaikutus – tietoa voidaan hyödyntää tehokkaasti vasta seuraavissa hankkeissa.



Kuva 3. Mahdollisuudet vaikuttaa elinkaarikustannuksiin rakennushankkeen eri vaiheissa (Kosonen et al. 1999, s. 11).

2.2 Hankintamallien alustava vertailu

Seuraavassa ohjeistetaan hankintamallien vertailu sekä riskien hallinta ja hinnoittelu. Hankintamallien vertailulla pyritään selvittämään toteutusmuodosta riippuvaiset kustannukset ja tuotot. Hankintamallien vertailun keskeinen etu on nimenomaan siinä, että vertailu ”pakottaa” tunnistamaan ja nostamaan esille hankkeen kokonaistaloudellisuuden ja riskeihin vaikuttavat seikat sekä analysoimaan, miten nämä tekijät eroavat eri toteutusmuotojen välillä (Kaleva & Leiwo 2006). Näin päätöksenteon tukena on mahdollisimman kattavaa ja laadukasta informaatiota. Hankkeen rajaukset ja sisältö sekä

hankkeesta saatavat palvelut ja tuotokset tulee määritellä kohtuullisen tarkasti. Markkina-tilanne ja mahdolliset riskit arvioidaan jo tässä vaiheessa.

Toteutusmuotoja voidaan vertailla muistilistan omaisesti, jolloin ainakin seuraavat asiat tulisi selvittää:

- Mitä toteutusmuotovaihtoehtoja vertaillaan, ja millainen päätös arvioinnin perusteella on tarkoitus tehdä?
- Millaista informaatiota arviointiin tarvitaan? Mistä tarvittava informaatio saadaan?
- Mikä on suunniteltavan hankkeen tarkoitus sekä laadulliset ja määrälliset tavoitteet? Onko ne määritelty riittävän selkeästi?
- Mitkä ovat hankkeeseen liittyvät keskeiset riskit?
- Miten hankkeeseen liittyvä tiedotus ja päätöksenteko järjestetään?

Laadullisessa analyysissä kuvaillaan hankkeesta aiheutuvia kustannuksia, tuloja ja riskejä sekä arvioidaan perinteisen ja elinkaaritoteutuksena toteutetun hankinnan välisiä eroja näiden tekijöiden osalta. Kustannusanalyysissä laaditaan karkeat kassavirtalaskelmat perinteiselle hankinnalle sekä elinkaaritoteutukselle (taulukko 4). Olennaista on kiinnittää huomiota vaihtoehtojen välisiin eroihin ja erojen kustannusvaikutuksiin.

Taulukko 4. Hankintavaihtoehtojen nykyarvojen vertailu.

Nykyarvot	Perinteinen toteutus	Elinkaaritoteutus
Hankintakustannukset		
Huoltokustannukset		
Kunnossapitokustannukset		
Lämpökustannukset		
Sähkökustannukset		
Jäännösarvo		
Tuottovaatimus		
Rahoituskustannukset		
Hinnoitellut riskit (taulukko 6)		
YHTEENSÄ		

Kustannukset ja tuotot määritellään laskentahetken kustannustasoon. Laskentahetkeä myöhemmin realisoituviin eriin tehdään inflaatio-odotusten mukainen indeksikorjaus. Nykyarvolaskennassa nämä erät muunnetaan nykyhetken nimellisellä laskentakorolla. Kustannuksia ja tuottoja voidaan pyrkiä arvioimaan esimerkiksi seuraavilla menetelmillä:

- markkinaselvitykset ja -informaatio
- asiantuntijoiden ja konsulttien arviot

- tutkimukset, selvitykset, raportit jne.
- vertailuprojektit ja -hankkeet
- oma kustannusseuranta.

Vuosittaiset tuotot ja kustannukset investoinnin elinkaaren ajalta eri vaihtoehdoissa voidaan listata esimerkiksi arviointimatriisiin (taulukko 5). Matriisi laaditaan erikseen perinteisen hankintamallin kustannuksista ja elinkaarimallin mukaisen hankinnan kustannuksista. Molempiin matriiseihin on sisällytettävä myös tilaajan oman työn kustannukset, jotka eroavat hankintamalleissa melkoisesti.

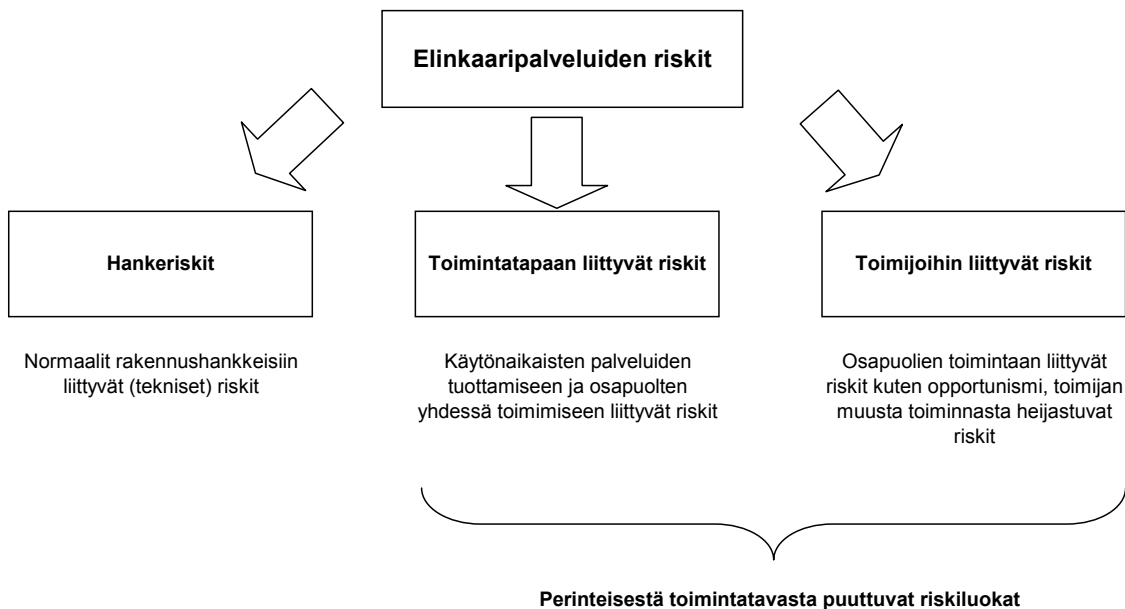
Taulukko 5. Vuosittaisten kustannusten ja tuottojen arviointimatriisi.

Kohde ja paikkakunta	Kustannustason nousu Nimellinen/ reaalinen	Rakennusvuosi					Normivuosi				
Rakennuskustannus €											
Poistoaika v		20xx	V. 2	V. 3	V. 4	V. 5	V. 6	V. 7	V. 8	V. 9	V. 10
Pääomakustannus (poistot)											
Rahoituskustannus											
Hallintokustannus											
Kiinteistöverot											
Huoltokustannukset											
Kunnossapitokustannukset											
Lämmityskustannus											
Sähkökustannus											
Puhtaanapito											
Jätehuolto											
Muu kustannus											
Elinkaarikustannus							xxx				
Tuotot											
1. vuoden nettotuotto		xxx									
Keskimääräinen nettotuotto											

2.2.1 Riskien jaottelu ja hinnoittelu

Toteutusmuotojen vertailussa on riskien hinnoittelulla huomattava merkitys. Elinkaaritoteutus tuo mukanaan uusia riskiluokkia (kuva 4). Elinkaaripalveluissa lähinnä palveluntuottajalle tulee uusia tehtäviä, sillä se vastaa käytönaikaisista kustannuksista suhteellisen pitkän ajan. Verrattaessa perinteiseen toimintaan havaitaan uusien riskiluokkien synty (Lehtinen 2005). Uudet riskiluokat syntyvät toimintatapaan liittyvistä riskitekijöistä sekä toimijoista itsestään syntyvistä riskeistä. Kokonaisuuden kannalta elinkaaripalveluihin liittyvät riskitekijät voidaan jaotella seuraavasti:

- a) **Hankeriskit:** Yksittäiseen hankkeeseen liittyvät, lähinnä tekniset riskit, jotka voidaan edelleen jakaa suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta liittyviin riskitekijöihin. Hankeriskit sisältävät kaikki nämä eri riskitekijät.
- b) **Toimintatapaan liittyvät riskit:** Käytönaikaisten palveluiden tuottamisen ja osapuolten yhdessä toimimisen aiheuttamat riskit, kuten eri organisaatioiden ja henkilöstön toimintatapaerot ym. sekä palvelun sisällöstä aiheutuvat muut riskit (esim. rahoitusriskit, jos palveluntuottajan tehtäviin kuuluu investoinnin vaatima rahoitus).
- c) **Toimijoihin liittyvät riskit:** Osapuolien omaan toimintaan liittyvät riskit niin kyseisen palvelun kuin muun toiminnan osalta. Eräs merkittävimmistä riskeistä on hyväksikäyttöriski.



Kuva 4. Elinkaaripalveluihin liittyvät riskiluokat rakennusyrityksen kannalta.

Hankeriskit ovat usein täysin hankekohtaisia ja riippuvaisia yksittäisten toimintatapojen toimivuudesta ja toimijoiden osaamisesta. Hankeriskien todennäköisyys on riippuvainen osapuolten osaamisesta ja hankkeen osapuolten hallussa olevan informaation määrästä

ja on näin ollen täysin riippuvainen osapuolten toiminnasta ja tehdyistä valinnoista. Arvioita hankeriskien todennäköisyydestä ei etukäteen voida uskottavasti tehdä, sillä arvioiden tekemiseksi pitää arvioitsijoiden tuntee niin itse hanke kuin hankkeeseen osallistuvien eri osapuolten osaaminen ja toimintatavat. Elinkaaripalveluiden toimintatapaan ja toimijoihin liittyviä riskejä ei sen sijaan perinteisessä toiminnassa ole.

Toimintatapaan liittyvien riskien osalta kustannus syntyy uusien tehtävien mukanaan tuomista kustannuksista sekä hankkeessa mukana olevien organisaatioiden keskinäisen toimimattomuuden aiheuttamista kustannuksista. Uusien tehtävien aiheuttamat kustannukset ovat periaatteessa eriltään samoja kuin perinteisessä toimintatavassa, mutta ne kohdentuvat uudella tavalla. Näitä yleisiä sopimusjärjestelmään liittyviä kustannuseriä ovat seuraavat (Tieva & Junnonen 2005):

1. Yhteydenottokustannus: kustannus, joka syntyy sopivien palveluntuottajien etsimisestä.
2. Seulontakustannus: kustannus, joka syntyy sopivien palveluntuottajien valinnasta.
3. Neuvottelukustannus: kustannus, joka syntyy neuvottelusta valittujen palveluntuottajaehdokkaiden kanssa.
4. Toimeenpanokustannus: kustannus, joka syntyy, kun sopimus pannaan täytäntöön.
5. Valvontakustannus: kustannus, joka syntyy voimassa olevan sopimuksen valvonnasta.
6. Voimaansaattamiskustannus: kustannus, joka syntyy sopimusrikkomuksiin puuttumisesta ja niiden saattamisesta takaisin sopimuksen edellyttämään olotilaan.

Lisäksi on uusia kustannuseriä, joita ei perinteisesti toimittaessa ole. Tällaisia kustannuksia aiheutuu henkilökunnan (jatko- tai uudelleen)koulutuksesta sekä henkilöstön tai järjestelyn uudelleenorganisoinnista. Lisäksi toimintatapaan mahdollisesti nivoutuvan organisaatioiden keskinäisen toimimattomuuden aiheuttamat kerrannaisvaikutukset heijastuvat hankeriskeihin. Suurimpana toimintatapaan liittyvänä riskinä voidaan pitää toisen osapuolen poistumista hankkeesta ja sen aiheuttamaa järjestelyn uudelleenorganisoinnista aiheutuvaa kustannusta. Toimintatapaan liittyviä riskejä tarkasteltaessa on syytä muistaa, että eri organisaatioiden vallitsevat toimintatavat ja henkilöstö niin toimintakulttuurin kuin yksittäisten henkilöidenkin osalta voivat aikaansaada sen, että organisaatioiden yhdessä toimiminen voi olla lähtökohtaisesti mahdotonta, vaikka kaikki osapuolet kuinka haluavat päästä yhteistyöhön.

Toimijoihin liittyvät riskit ovat merkittävä tekijä siksi, että ne eivät ole kyseisestä hankkeesta johtuvia. Tilaajan maksukyvyttömyys, joka johtuu tilaajan muista toiminnoista, on merkittävä riskitekijä elinkaaripalveluhankkeiden kokonaisriskejä arvioitaessa. Tämä tilaajasta johtuva riski voi olla hyvinkin pieni, mikäli tilaajana on julkinen taho. Yksityisen tahon toimiessa tilaajana tilaajasta aiheutuva riski voi sen sijaan olla merkittäväkin. Myös esimerkiksi palveluntuottajan konkurssi on seurausta kyseisen hankkeen ulkopuo-

lisistä tekijöistä ja aiheuttaa suuria ongelmia. Toisaalta palveluntuottajan vaihtuminen voi olla positiivinen asia, sillä uudelleenorganisoinnin seurauksena toiminta voi itse asiassa jopa tehostua.

Toimintatavan pitäisi perustua luottamukseen ja yhteisiin päämääriin. Elinkaaripalvelumalleissa pyritään luomaan riskien uudelleenjärjestelyn avulla win (palveluntuottaja) – win (palvelun tilaaja) – win (palvelun käyttäjä) -tilanne, jossa sekä palvelun tilaaja että palveluntuottaja hyötyvät kyseisestä järjestelystä. Ilman win-win-win-asetelmaa voidaan perustellusti olettaa, että järjestely ei toimi tai siihen ei edes alun perin lähdetä.

Elinkaaren aikana rakennuksen kokonaiskustannuksiin vaikuttavat myös muut tekijät kuin pelkkä investoinnin tekninen kuluminen. Lisäksi ei voida unohtaa aika-arvoa ja sen merkitystä riskejä hinnoiteltaessa tai riskien aiheuttamien kustannusten suuruuksia määriteltäessä. Hankinnan tekniseen ikään liittyvät riskien osalta muistettava, että tuleva investointi ei sinällään ole riski vaan riskinä on investoinnin ajoitus ja sen suuruus. Suuruudenkin osalta riskinä voidaan pitää ainoastaan arvioitun kustannuksen ja toteutuneen kustannuksen erotusta. (Lehtinen 2005.) Esimerkiksi ikkunoiden korjaus tulevaisuudessa ei ole riski. Päinvastoin riskinä voidaan pitää sitä, jos ikkunoita ei korjata, tai ikkunoiden lopullista korjaushetkeä suhteessa arvioituun korjaushetkeen. Ongelmia syntyy, jos on varauduttu tekemään ikkunaremontti hetkellä T+15 ja todellisuudessa kyseinen investointi joudutaan tekemään hetkellä T+10: näin ollen viiden vuoden varaumajakso jää pois. Vastaavasti jos investoinnin kooksi on arvioitu 100 yksikköä ja investoinnin todellinen koko onkin 150 yksikköä, syntyy myös tällöin vajaus arvioitujen varausten riittävyyden osalta. Nämä tekijät voivat yksin ja varsinkin yhdessä olla oleellisia koko hankkeen ja sopimussuhteen toimivuuden kannalta.

Uusien riskiluokkien syntyminen ei kuitenkaan välttämättä tarkoita, että riskeistä aiheutuva oletettu kustannus nousee. Päinvastoin palveluntuottaja voi tuoda mukanaan osaaamista ja informaatiota, joiden seurauksena riskien todennäköisyys pienenee, ja näin ollen myös oletettu kustannus pienenee riskiluokkien määrän kasvusta huolimatta. Lisäksi kun puhutaan riskeistä ja niiden aiheuttamasta oletetusta kustannuksesta, kustannusten lasku ei välttämättä ole kaikissa tilanteissa edes tavoite. Kun nähdään toimintatapa ja siihen liittyvä riskiensirto vakuutusajattelun näkökulmasta käsin, voi olla syntynyt tilanne, jossa kustannusten kasvu on jopa hyväksyttävää. Toimintatavan aiheuttama kustannus voidaan nähdä perinteisten vakuutusmaksujen kaltaisena kulueränä. Kokonaisriskien lisäksi kokonaiskustannuksiin vaikuttaa myös koettu riski eli osapuolten tietämättömydestä johtuvat kustannukset, olettaen tiettyjen riskien syntyminen, vaikka niitä ei ole. Varautuminen olemattomiin riskeihin voi kuitenkin aiheuttaa kustannuksia.

Keskeiset riskit on syytä listata ja arvioida, kuinka todennäköistä niiden toteutuminen on ja miten niitä voidaan allokoida eri hankintavaihtoehdoissa osapuolten kesken (tau-

lukko 6). Riskin taloudellinen vaikutus voidaan ottaa huomioon laskelmissa arvioimalla, miten riskin toteutuminen vaikuttaa kustannuksiin ja tuottoihin (Kaleva & Leiwo 2006). Tämän perusteella riskin kantava osapuoli voi päättää riskien mahdollisista pienentämistoimenpiteistä ja hallintakeinoista. Lähtökohtaisesti sellaiset riskit, joiden hallinnassa kummallakaan tai millään osapuolella ei ole selkeää etua, kannattaa jättää tilaajan kannettavaksi. Tästä käytännön esimerkkinä ovat vaikkapa energiakustannukset, joiden osalta voi olla järkevää jättää hintariski tilaajan kannettavaksi, kun taas kulutusmäärien osalta riski voidaan osin siirtää palveluntuottajalle.

Taulukko 6. Riskien arviointimatriisi (rahalliset vaikutukset).

Riski	Todennäköisyys ja taloudellinen vaikutus T1 = todennäköisesti toteutuva T2 = pessimistinen arvio T3 = optimistinen arvio	Allokointi (Esim. $0,5 \times T1 + 0,25 \times T2 + 0,25 \times T3$)
Käyttäjän toiminnan päättyminen	T1 = T2 = T3 =	
Investointikustannusten hallittavuus	T1 = T2 = T3 =	
Rahoituskustannusten ennakoimaton nousu	T1 = T2 = T3 =	
Ennakoidun käyttöiän ja jäännösarvon toteutumattomuus	T1 = T2 = T3 =	
Lämpökustannustavoitteiden toteutuminen	T1 = T2 = T3 =	
Sähkökustannustavoitteiden toteutuminen	T1 = T2 = T3 =	
Sisäolosuhdetavoitteiden toteutuminen	T1 = T2 = T3 =	
Huoltokustannusten ennakoimaton nousu	T1 = T2 = T3 =	
Kunnossapitokustannusten ennakoimaton nousu	T1 = T2 = T3 =	

Riskimatriisia voidaan tarpeen mukaan muokata yksityiskohtaisemmaksi ja sitä voidaan hyödyntää hankkeen kaikissa eri vaiheissa. Ensimmäinen matriisissa pyritään havainnollisesti esittämään kaikki hankkeeseen liittyvät olennaiset riskit. Neuvotteluvaiheessa osapuolet voivat hyödyntää matriisia muistilistana ja varmistaa, että kaikki riskit on hinnoiteltu ja allokoitu osapuolien kesken ja että niistä vallitsee yhteisymmärrys.

Riskien listauksen jälkeen seuraava vaihe on laskea tarkasteltavien vaihtoehtojen vuosittaisten tuottojen ja kustannusten nykyarvot. Käytännössä tämä tapahtuu diskonttaamalla

nimelliset tuotto- ja kustannuserät laskentakorkoa käyttämällä nykyhetkeen. Mikäli riskit tai osa niistä voidaan hinnoitella, myös niiden nykyarvo otetaan mukaan laskelmiin. Nämä nykyarvot ovat peruste suosituksille siitä, mitä toteutusmallia kyseisessä hankkeessa tulisi soveltaa.

2.3 Suunnitteluratkaisujen valinta

2.3.1 Suunnitteluratkaisuiden valintaan vaikuttavia tekijöitä

Elinkaarikustannuslaskelmissa järjestelmien ja laitteiden käyttöiällä on keskeinen merkitys. Käyttöikään vaikuttavat olosuhteet, käyttö ja kunnossapitotoimenpiteet. Vertailtaessa kahta vastaavaa laitetta tai järjestelmää aiheuttavat eripituiset käyttöiät helposti merkittäviä eroja laskelmiin. Tämän vuoksi käyttöiän mahdollisimman tarkka tunteminen jäännösarvon määrittämisen ohella on tärkeää. Tarkastelussa on huomioitava myös huolto- ja kunnossapitotoimenpiteiden vaikutus käyttöikään (Hyartt & Saari 1993).

Käyttöikäsuunnittelu on elinkaaritarkastelun keskeinen osa. Rakennuksen ja sen osien käyttöikä vaikuttaa suoraan sekä rakennuksen kelpoisuuteen ja toimivuuteen että toisaalta ratkaisun aiheuttamaan resurssien käyttöön, ympäristökuormitukseen ja elinkaarikustannuksiin. Ongelmana käyttöikäsuunnittelussa on yleisesti ottaen ollut se, että suunnittelijalla ei ole käytössään riittävästi suunnitteluun soveltuvia käyttöiän arviointimenetelmiä, joilla voitaisiin toteuttaa asetetut käyttöikävaatimukset.

Käyttöikäsuunnittelussa tarvitaan hyvää tietämystä paitsi rakennusten käyttö- ja ympäristöolosuhteista myös tuotteiden ominaisuuksista, käyttäytymisestä ja eri tekijöiden vaikutuksesta materiaalien ja tuotteiden ikääntymiseen. Suunnittelussa ei ole ajallisia eikä tiedollisia resursseja tämän tiedon itsenäiseen hankintaan ja hallintaan. Näin ollen tarvittava tieto tulisi saada laitevalmistajilta. Pelkästään tieto ei tietenkään riitä, vaan sitä on myös osattava käyttää oikealla tavalla. Tuotteen käyttöikä kohteessa riippuu

- suunnittelun laadusta
- rakennustyön laadusta
- sisäympäristöstä
- ulkoisesta ympäristöstä
- käyttöoloista (vuosittainen käyttöaika ja käyttötapa)
- huollon tasosta.

Nämä ovat tekijöitä, jotka suunnittelijan tulee huomioida määrittäessään tuotteen käyttöikä tiettyssä kohteessa. Suunnittelukäyttöikä on suunnittelijan yhdessä rakennuksen omistajan kanssa määrittämä rakennuksen tai rakennusosan käyttöikätaavoite tai -vaatimus. Käyttöikäsuunnittelussa on olennaista tunnistaa

- vaadittu toimivuus
- osatekijöiden vaikutus rakennuksen toimivuuteen
- rakennusosien ja järjestelmien sekä niiden osien käyttöikä ja sen edellytykset.

Ennakoitu käyttöikä on suunnittelijan laatima käyttöikäennuste, johon vaikuttavat myös käyttötapa ja -aste. Näiden lisäksi laitteen tai järjestelmän ikää voidaan tarkastella sen taloudellisen kannattavuuden keston mukaan. Taloudellisella käyttöiällä tarkoitetaan tuotteen taloudellisesti kannattavaa käyttöikää. Taloudellisen käyttöiän määrittäminen ennakkoon on erityisen vaikeaa. Tulevaisuuden teknologiset innovaatiot yhdistettynä esimerkiksi energian hinnan vaihteluun voivat hyvinkin nopeasti tehdä vanhan järjestelmän taloudellisesti kannattamattomaksi. Yleensä laitteen vanhetessa sen huolto- ja kunnossapitokustannukset nousevat, ja jossain vaiheessa ne ylittävät taloudellisen kannattavuuden rajan, vaikka teknistä käyttöikää korjauksia tehden olisikin jäljellä.

Laitteiden ja järjestelmien kunnossapitokustannusten ajoittumiseen vaikuttaa laitteen tai järjestelmän ikä. Laitteen tai järjestelmän iän kasvaessa kunnossapitokustannukset kohoavat. Perusparannuksen tai purkamisen lähestyminen aiheuttaa kunnossapitotoimenpiteen lykkäystä laajemman korjauksen yhteyteen. Laitteen tai järjestelmän iän lisääntyminen kasvattaa kunnossapitokustannuksia rakennusosien normaalin vanhenemisen ja kulumisen johdosta. Kunnossapitotarkastusten arvioiminen on vaikeaa. Usein joudutaan arvioimaan kunnossapitotarkastuksia sellaisille laitteille ja järjestelmille, joiden ennakoitua olevan käytössä useita vuosikymmeniä, mutta joiden käytöstä ei ole kuin joidenkin vuosien kokemuksia. Vanhojen perinteisten laitteiden arviointi on suhteellisen luotettavaa, mutta näidenkin laitteiden käyttöympäristö ja huollon taso voivat vaikuttaa merkittävästi kunnossapitotarpeeseen.

Käyttöikäsuunnitteluun kuuluu rakenteiden kunnosta huolehtiminen käyttöiän aikana. Rakennusten ja järjestelmien osalta suunnittelija laatii kunnossapitosuunnitelman. Kunnossapitosuunnitelmassa annetaan ohjeita rakennusosakohtaisesti. Ohjeita ovat mm. tarkastusväli ja tarkastusten yhteydessä tehtävät huoltotoimenpiteet:

- kunnossapitotarkastukset ja toimenpiteet
- uusimisjaksot.

Kunnossapitosuunnitelman teossa on otettava huomioon ennakoitava huolto. Osien uusiminen ja ennakoitava huolto kohdistuvat rakennusosaan, joka on vielä käyttökunnossa. Tällöin joudutaan päättämään esimerkiksi se, minkälaisin väliajoin jokin osa vaihdetaan, vaikka se vielä rikkoutuisikaan. Ennakoivalla huollolla pyritään siihen, että välteillä kustannukset, jotka syntyvät vikaantumisen osan korjauksesta, ja erityisesti kustannukset, jotka osan vikaantuminen aiheuttaa muille osille ja järjestelmille. Oleellista ennakoivan huollon suunnittelussa on selvittää, missä vaiheessa huolto kannattaa suorittaa, jotta se olisi kaikkein edullisinta.

2.3.2 Muutoksiin varautumisen vaikutus elinkaarikustannuksiin

Talotekniikan suunnittelussa pyritään saamaan aikaan tietyt toiminnallisuudet ja olosuhteet suunniteltaville tiloille. Muutoksiin varautuminen eli kyky vastata käyttäjien muuttuviin tarpeisiin ja vaatimuksiin on liiketoimintojen nopeiden muutosten takia tärkeää monille yrityksille. Toimistorakentamisessa taloteknisten järjestelmien muutostarpeet liittyvät pääasiassa käyttäjäkohtaisten tai käyttäjäryhmäkohtaisten tilojen ja vyöhykkeiden uudelleenjaotteluun. Vyöhyke- ja tilajakojen muutokset johtavat usein myös säätöjärjestelmien muutoksiin.

Muutoksiin varautuminen vaikuttaa elinkaarikustannuksiin tyypillisesti siten, että rakennusaikaiset kustannukset nousevat ja käytönaikaiset muutuskustannukset laskevat. Muutoksiin varautumista kutsutaan usein muuntojoustavuudeksi. Tärkeimpiä muutoksien tekemiseen johtavia syitä ovat mm. seuraavat:

- Toiminta laajenee tai siirtyy toiseen paikkaan.
- Toiminta muuttuu tai vaihtuu.
- Toimintaa on tehostettava.
- Rakennus on vanhentunut.

Muuntojoustavuuden määrittelemiseksi ja mittaamiseksi ei ole kehitetty yksiselitteisiä menetelmiä ja mittareita. Taloteknisten järjestelmien joustavuutta voidaan pitää avaintekijänä rakennuksen kyvyllä mukautua muutoksiin. Talotekniikan ja rakennusautomaation hankintakustannus on toimistorakennuksissa usein jo yli kolmasosa rakennuskustannuksista, ja järjestelmien laajennusten kustannukset sekä muutuskustannukset ovat usein huomattavan korkeita. Muutospaineita lisäävät vielä nopeasti etenevä tekninen kehitys ja sen asettama uudistamistarve.

Muutoksiin varautumisen suunnittelun lähtökohtana on ns. moduulijattelu (Pohjolainen 2001). Siinä rakennuksen sisävyöhyke jaetaan moduuleihin ja talotekniikka suunnitellaan moduulijaon mukaan. Muuntojoustavuus tulee kytkeä elinkaarikustannuksiin tai elinkairituottoihin. Rakenteiden ja järjestelmien ominaisuuksien yhteyttä muuntojoustavuuteen ja sen vaikutusta edelleen elinkaaren aikaisiin tapahtumiin tulisi arvioida erilaisten todennäköisten vaihtoehtojen vertailun perusteella, koska kysymys on tulevaisuuden ennustamisesta.

Muuntojoustavuus voidaan jaotella (Ripatti 2004)

- muunneltavuuteen
- joustavuuteen
- täydennettävyyteen
- laajennettavuuteen.

Muunneltavuudella tarkoitetaan varautumista väliseinien siirtoon. Muunneltavuudelle voidaan määritellä kolme eri tasoa: joko täydellinen tai kohtuullinen muunneltavuus tai sitten ei lainkaan muunneltavuutta. Nykyaikaisessa toimitilan suunnittelussa muunneltavuus huomioidaan suunnittelemalla tilat moduuleista, jolloin tilat ovat joko täydellisesti tai kohtuullisesti muunneltavia riippuen toteutuksen tasosta.

Joustavuudella tarkoitetaan varautumista tilojen käyttötarkoituksen muutoksiin. Tämä edellyttää kuvausta siitä, miten järjestelmien tulee milläkin alueella kyetä mukautumaan tilojen käyttötarkoituksen muutoksiin. Tällöin mm. tilojen ilmavirtoja ja jäähdytystehoa tulee voida myöhemmin lisätä tai vähentää. Tyypillinen esimerkki joustavuusvaatimuksista toimitalossa on toimistohuoneen muuntaminen neuvotteluhuoneeksi tai päinvastoin.

Täydennettävyydellä tarkoitetaan varautumista teknisten järjestelmien täydentämiseen eli esimerkiksi ilmastoinnin tason nostamiseen myöhemmin. Teknisten järjestelmien täydentäminen vaatii tilaa kone- ja laitehuoneissa sekä mahdollisesti varauksia kuiluihin ja alaslaskuihin. Jos näitä asioita ei oteta huomioon suunnitteluvaiheessa, muodostuu niistä merkittäviä kustannuksia myöhemmässä vaiheessa tai koko toteutus saattaa olla mahdotonta.

Laajennettavuudella tarkoitetaan varautumista lisärakentamiseen. Lisärakentaminen tulisi suunnitteluvaiheessa huomioida esimerkiksi riittäväillä kunnallistekniikan liittymillä.

Rakentamisessa käyttäjien tarpeiden tunnistaminen ja erityisesti järjestelmien väliset riippuvuudet aiheuttavat haasteita muuntojoustavuustavoitteiden määrittämiselle ja tavoitteiden toteuttamiselle juuri halutunlaisena. Kaikkien yksityiskohtien huomioon ottaminen hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa ei ole tarkoituksenmukaista, vaan silloin on oleellisempaa asettaa avoimen rakentamisen periaatteita mukaillen ääriarvot muuntojoustavuuden kannalta tärkeimpien järjestelmien runko-osille. Tämä edesauttaa suunnittelujoukon säilymistä sisävarustusta koskevan toteutussuunnittelun osalta ja jättää riittävästi liikkumatilaa vaihtoehtojen tarkasteluun.

Muuntojoustavuustarpeiden tunnistaminen käyttäjien toiminnasta on vaikeaa. Liian usein käyttäjät olettavat suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden pystyvän omatoimisesti toteuttamaan järjestelmissä riittävän muuntojoustavuuden ja tulevaisuuteen varautumisen. On kuitenkin tärkeää, että käyttäjä osallistuu suunnitteluun ja pyrkii selkeästi kertomaan, millaista muuntojoustavuutta tarvitaan.

Muuntojoustavuuteen erityisesti vaikuttavista ratkaisuksista tulisi teknisten tietojen lisäksi määrittää, kuinka muuntojoustavuus ilmenee ja kuinka muutostarpeita nimenomaan näillä ratkaisuilla pyritään tyydyttämään. Muutoksiin varautumisen kustannusvaikutusten arvioimisessa ei riitä muutoksista aiheutuvien suorien kustannusten arvioiminen,

vaan lisäksi on arvioitava esim. vuokranmenetyksen suuruus. Muutoksiin varautumisen suhteen on kiinteistösjoiittajalla ja kiinteistön käyttäjäomistajalla erilaiset näkökannat. Kiinteistösjoiittajat pyrkivät saamaan muutoksiin varautumisen lisäinvestoinneille tuoton heti ensimmäiseltä käyttäjältä perittävässä vuokrassa. Kun lasketaan muutoksiin varautumisen vaikutusta elinkaarikustannuksiin, tulee huomioida seuraavat asiat:

- Verrataan tapaukseen, jossa ei varauduta muutoksiin. Mikä on muutoksiin varautumisen hinta?
- Ennustetaan muutokset, niiden lukumäärä ja kustannukset sekä muuntoaika.
- Voidaan myös laskea, montako muutosta tarvitaan, jotta muutoksiin varautuminen kannattaa.

2.4 Tarjousten vertailu

Tarjouspyynnössä esitetään yksiselitteisesti tarjousten vertailun perusteet mukaan lukien käytettävät (energian) kulutukset ja yksikköhinnat sekä talotekniikan käyttötapa ja käyttöajat samoin kuin huomioon otettavat huoltotoimet.

Tarjouksia verrataan sisällön osalta tarjouspyyntöön ja siinä asetettuihin ehtoihin sekä toisiinsa. Laskelman avulla tarjousten sisältöä voidaan ”avata” ja arvioida, mistä mahdolliset hintaerot johtuvat ja onko tarjousten sisältö yhtenevä tarjouspyynnössä esitetyn sisällön kanssa. Tarjousten vertailun kulmakiviä ovat yksiselitteisyys ja elinkaariedullisuus asiakkaan kannalta. Elinkaarikustannuksissa otetaan huomioon hankkeen kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat määrä- ja laatutekijät. Elinkaarikustannuslaskelma on siis apuväline tarjousten väliseen vertailuun ja niiden yhdenmukaisuuden arviointiin. Vertailun keskeiset tehtävät ja hyödyt ovat seuraavat:

- toimii päätöksenteon apuvälineenä
- kiinnittää huomion lopputulosten määrittelyyn, riskien allokontiin sekä hankkeen kokonaisvaltaiseen kustannusanalyysiin
- konkretisoi elinkaaritoteutuksen tuoman mahdollisen lisäarvon
- osoittaa eri toimijoiden tehokkuuserot.

Tarjousten vertailun edellytyksenä on, että tarjouspyynnössä on pyydetty antamaan vertailua varten oleelliset tiedot tarjouksesta. Tällaisia tietoja ovat suunnitteluratkaisun käyttöikä, tuotettujen ”palveluyksiköiden” määrä (esim. lämpö- ja sähköenergian vuotuinen kulutus) sekä kustannustiedot. Kaikki nämä tiedot arvioidaan koko laskentajakson ajalta ja kirjataan laskentataulukkaan.

Tarjouksia vertailtaessa tulee varmistua siitä, että tarjouksissa riskien allokointi on tehty samalla lailla kuin tarjouspyynnössä ja muissa tarjouksissa on esitetty (Kaleva & Leiwo 2006). Tarjouksia verrattaessa tulee varmistua myös siitä, että ne perustuvat samanlaisiin oletuksiin. Tarvittaessa tarjouksia voidaan joutua yhdenmukaistamaan näiden oletusten osalta.

Laatutekijät tulee ottaa huomioon tarjouksia arvioitaessa. Ne pyritään mahdollisuuksien mukaan sisällyttämään laskennallisiin kustannuksiin, tuottoihin ja riskeihin, mutta aina tämä ei onnistu. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi

- mahdolliset lopputuotteen tai olosuhdepalvelun laadussa olevat erot, joita ei voida kvantifioida
- elinkaaritoteutuksen mukaiseen toteutuksen liittyvät yleiset hyödyt
- laskelmissa käytetyn informaation oikeellisuus ja kattavuus sekä niihin mahdollisesti liittyvä epävarmuus.

Laatutekijät voidaan listata esimerkiksi \pm -matriisiin sen mukaisesti, onko niiden vaikutus positiivinen vai negatiivinen (esim. tyydyttävä ratkaisu saa miinusmerkin ja erinomainen plussia). Laatutekijöiden arvioinnissa voidaan hyödyntää myös erilaisia sanallisia luokituksia, kouluarvosanoja tms. mahdollisimman yksiselitteisiä kriteerejä silloin, kun niiden vaikutuksia kassavirtoihin on mahdoton tai hyvin vaikea määrittellä. Laatutekijöiden merkitys korostuu erityisesti silloin, kun tarjousten kesken ei ole merkittäviä määrällisiä eroja. Mikäli päätöksenteko perustuu osin laatutekijöihin, tulee nämä tekijät ja niiden vaikutus dokumentoida tarkasti.

Elinkaarikustannuslaskenta perustuu yleensä hankkeesta aiheutuvien kassavirtojen nykyarvon laskentaan koko sopimuskaudelta. Kustannukset kuvaavat ajantasaisia, tehokkain toimintatavoin saavutettavia kustannuksia. Kilpailuedut ja -haitat otetaan laskelmissa huomioon, jolloin kustannukset ovat vertailukelpoisia ja päätös pystytään tekemään neutraaliin informaatioon perustuen.

Nykyarvolaskelmissa voidaan käyttää nimellistä laskentakorkoa ja nimellisiä eli inflaatio-odotuksilla korjattuja kassavirtoja. Tämä tulee mainita myös tarjouksia pyydetessä, jotta inflaation käsittely ei aiheuta eroja tarjousten välillä.

Riskit allokoitetaan ja hinnoitellaan mahdollisuuksien mukaan kassavirtoihin, jolloin niitä ei sisällytetä laskentakorkoon. Olennaista on, että tilaaja saa vähintään käsityksen riskien hinnoittelusta, vaikka tarjouksessa ei tarkoin eriteltyä laskentaa yleensä vaaditaakaan. Laskelmassa riskien vaikutus arvioidaan kassavirtaperusteisesti eli arvioidaan yksittäisten riskien toteutumisen vaikutukset vuosittaisiin kassavirtoihin. Tämä tuo seuraavia etuja verrattuna muihin riskien käsittelytapoihin:

- Riskien ajallinen kohdentuminen elinkaaren eri vaiheissa voidaan ottaa huomioon.
- Riskien arvo elinkaaren eri vaiheissa voidaan laskea.
- Kassavirta-arvio on läpinäkyvä riskien arviointimenetelmä.
- Kassavirtapohjaista arviota voidaan käyttää riskien allokoinnin työkaluna.

3. Elinkaarikustannustieto

Elinkaarikustannuslaskelmat tarjoavat hankkeelle tavoitteet, joihin tulisi pyrkiä. Näitä laskelmia tarkennetaan hankkeen edetessä samalla tavalla kuin suunnitelmiakin tarkennetaan (hankevalmistelu, suunnittelu, toteutus, rakennuksen käyttö). Suunnittelijan tietotaito ja ajatukset elinkaariedullisista toteutusratkaisuksista edustavat puolestaan hiljaista tietoa. Komponenttien valinta vaatii ammattitaitoa. Laskelmien tekijällä täytyy olla käsitys toteutuskelpoisista vaihtoehdoista ja elinkaarikustannuksia alentavista ratkaisuksista ja menetelmistä.

Elinkaarikustannuslaskelmien perusteella valitaan toteutettava järjestelmä, joka on lähtökohta teknisille suunnitelmille. Tästä eteenpäin elinkaarikustannusinformaatio onkin osa teknistä dokumentaatiota. Elinkaarikustannuksiin liittyy erillistä havaittavaa tietoa ei enää ole, vaan se on sulautunut teknisiin piirustuksiin.

Taloteknisessä hankkeessa toiminta alkaa asiakkaan tilantarpeen ja tilojen laatuvaatimusten määrittämisestä. Näiden tietojen perusteella suunnittelijat etsivät kiinteistölle toteutuskelpoisia järjestelmävaihtoehtoja. Järjestelmävaihtoehtojen vertailua varten tarvitaan puolestaan tietoa komponenttien investointi- ja käyttökustannuksista. Elinkaarikustannusinformaatiota varten tarvitaan siten tietoa asiakkaan vaatimuksista, suunnittelijoiden ehdottamista toteutusvaihtoehdoista sekä taloteknisten laitteiden investointi- ja käyttökustannuksista.

Elinkaarikustannuslaskelmia varten tarvitaan tietoa asiakkaan tarpeisiin sopivista laitteista ja niiden hinnoista, käyttöiästä, käyttöajasta, energiankulutuksesta sekä hoito- ja kunnossapitokustannuksista. Tätä tietoa ei löydy yhdestä paikasta, vaan se on jakautunut useille hankkeen osapuolille. Myös elinkaarikustannustietoa tarvitsee usea taho omien tarkoitustensa mukaisesti (taulukko 7). Suunnittelija toteuttaa laitevalinnan käyttäjän tilavaatimuksen kautta. Laitteen hinnan taasen määrittää laitevalmistaja. Suunnittelija tekee laitevalinnan käyttäjän tietojen pohjalta. Suunnittelijan laitevalintaa on ohjaamassa urakoitsija, joka on kiinnostunut laitteen hinnasta ja sen aiheuttamista käyttökustannuksista. Huolto-yhtiö tarvitsee tiedot kiinteistön laitteista, jotta se pystyy määrittämään hoito- ja kunnossapitokustannukset. Tilaaja tarvitsee käyttäjän, laitevalmistajan ja suunnittelijan tiedot elinkaarikustannuslaskelmia varten (Ihasalo 2004).

Taulukko 7. Elinkaari-informaation tarve ja haku.

	Osapuolet					
	Käyttäjä	Laitevalmistaja	Suunnittelija	Urakoitsija	Huoltoyritys	Tilaaja
Laitevalinta	määrittää	määrittää	määrittää/tarvitsee	määrittää/tarvitsee	tarvitsee	tarvitsee
	tilavaatimus	laitteen hinta	laitevalinta	urakkahinta	huollontarve	investointikustannus
Laitteen käyttöikä		määrittää	tarvitsee	tarvitsee	tarvitsee	tarvitsee
		laitteen käyttöikä	laitevalinta	urakka- ja käyttökustannus	huollontarve	investointi- ja käyttökust.
Laitteen käyttöaika	määrittää		tarvitsee	tarvitsee	tarvitsee	tarvitsee
	tilavaatimus		laitevalinta	käyttökustannus	huollontarve	käyttökustannus
Energiankulutus	määrittää	määrittää		tarvitsee		tarvitsee
	käyttöaika	laitteen kulutus		käyttökustannus		käyttökustannus
Hoitokustannus	määrittää	määrittää		tarvitsee	määrittää	tarvitsee
		huoltoväli		käyttökustannus	huoltokustannus	käyttökustannus
Kunnossapitokusta	määrittää	määrittää		tarvitsee	määrittää	tarvitsee
	laatuvaatimus	laitteen laatu		käyttökustannus	kunnossapitokusta	käyttökustannus

Näiden kvalitatiivisten seikkojen lisäksi laskelmissa pitäisi huomioida lähtöarvojen epävarmuus ja valittavien ratkaisujen muuntojoustavuus. Molempia on vaikea arvioida, mutta niitä ei pidä unohtaa laskelmista. Tärkeä osa kustannuslaskentaa on muokata laskelmat läpinäkyvään ja päätöksentekijälle helposti ymmärrettävään muotoon.

Suunnittelijoille elinkaarikustannusinformaatio saattaa tarjota perusteluja kalliimmille investoinneille. Toteutusvaiheessa elinkaarikustannuksien ymmärtäminen motivoi elinkaarilaadukkaampaan laitteiden asentamiseen ja vitykseen. Talotekniikan käyttäjille elinkaarikustannuksien oivaltaminen luo perustan jatkuvalla järjestelmän ja prosessien kehittämiselle. Laadukkaalla huollolla ja kunnossapidolla sekä järjestelmän säätöjen ja prosessien parantamisella saavutetaan pienemmät käyttökustannukset. Käyttövaiheessa on osattava käyttää taloteknisiä järjestelmiä tehokkaasti käyttöohjeiden mukaisesti.

4. Elinkaarikustannuslaskenta

Tässä luvussa kuvataan elinkaarikustannuslaskennan menetelmät. Lisäksi määritellään elinkaarikustannusten muodostuminen, esitetään, millaisia herkkyystarkasteluja tarvitaan, ja kuvataan muita laskennassa huomioitavia tekijöitä.

4.1 Elinkaarikustannuslaskennan menetelmät

Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan pitää yhtenä ns. elinkaariajattelun osa-alueena. Elinkaariajattelu sisältää mm. seuraavat näkökulmat: rahatalous, luonnontalous (ekologia), turvallisuus, terveellisyys, viihtyisyys, rakennuskulttuuri ja niitä vastaavat ominaisuudet, joita ovat käytettävyys, toimivuus, muunneltavuus, energiatalous ja käyttöikähallinta.

Elinkaarilaskennalla pyritään ennakoimaan tietyn valitun, rakennettavan tai jo olemassa olevan järjestelmän elinkaaren aikana muodostuvia kustannuksia. Elinkaarikustannuslaskenta käsitetään lisäinformaation tuottamiseksi päätöksentekoon vertailutilanteessa. Elinkaarilaskelmien avulla voidaan huomioida vaihtoehtoisten ratkaisujen elinkaarivaikutukset perinteisen investointipainotteisen päätöksenteon sijaan ja löytää elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto. Investointikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto ei välttämättä osoittaudu elinkaaren aikana edullisimmaksi. Energiansäästöön pyrkivien järjestelmien kannattavuutta elinkaaren aikana joudutaan tarkastelemaan tapauskohtaisesti. Järjestelmien kannattavuus riippuu paljolti tilan käyttöajasta ja asetetuista laatuvaatimuksista.

Elinkaarikustannuslaskelmien perustyökaluina käytetään perinteisen investointilaskennan menetelmiä. Niiden lisäksi laskennassa tarvitaan tarkempaa tietoa mm. laitteiden tai järjestelmien energiankulutuksesta, huoltotarpeesta, ikääntymisen vaikutuksista ja muista elinkaaren aikana aiheutuvista kustannuksista.

Elinkaarilaskelmat ovat vahvasti riippuvaisia ennustetuista kustannuksista ja tuotoista. Osa näistä ennustuksista on vain asiantuntijoiden parhaita arvauksia. Ennusteiden tekeminen varsinkin kauas tulevaisuuteen on vaikeaa. Oletuksia joudutaan tekemään, kun lukuja tai laadullista tietoa ei ole tai ne ovat epäluotettavia. Myös tiedon ja oletuksien valintaan liittyy epävarmuuksia. Esimerkiksi laitteen käyttöikää määritettäessä tehdään oletuksia laitteen käytöstä ja huollosta. Sama laite voi kestää hyvin huollettuna 20 vuotta, mutta ilman huoltoa vain viisi vuotta. Varsinkin rakennusten osalta vertailu- ja historia-tiedon käyttäminen on vaikeaa. Jotta eri rakennuksien tietoja voidaan yksiselitteisesti vertailla, täytyisi rakennuksien olla samanikäisiä ja sijaita samalla alueella ja rakenteiden, teknisten ratkaisujen ja käyttötarkoitusten tulisi olla samanlaisia. Luvut eivät todennäköisesti kuitenkaan paljasta piilotettuja seikkoja, kuten jäljellä olevaa käyttö-

ikä, tarvittavia muutostöitä tai tekemättömiä huoltotöitä (Myllymäki 2006). Epävarmuustekijöitä voidaan käsitellä laskelmissa herkkyyksianalyysillä tai todennäköisyyksillä.

Esimerkiksi varautuminen jäähdytysjärjestelmän rakentamiseen saattaa vaikuttaa saataisiin vuokratuloihin huomattavasti merkittävämmiin kuin itse rakentamisesta syntyvään kustannukseen. Tällöin etsitään maksuvirtojen kombinaatio, joka antaa suurimman positiivisen erotuksen nettotuoton ja jäännösarvon summan ja perusinvestoinnin välille eli maksimoi nettohyötyä.

4.2 Elinkaarikustannusten muodostuminen

Elinkaarikustannuslaskelmat muodostuvat seuraavista osista:

- hankintakustannukset (pääomakustannukset, investointikustannukset)
- rahoituskustannukset
- huoltokustannukset
- kunnossapitokustannukset
- lämpöenergiakustannukset
- sähköenergiakustannukset
- ympäristökustannukset
- jäännösarvo
- laskentajakson pituus
- laskentakorko.

Hankintakustannusten sekä käyttö- ja ylläpitokustannusten yhdistämisessä perusongelma on niiden erilainen syntyajankohta. Rakennuskustannus on kertaluontoinen investointi, joka suoritetaan hankkeen kuluessa. Rakennusosien ylläpidosta aiheutuu kustannuksia tiettyjen ajanjaksojen välein rakennuksen tai rakennusosan koko eliniän ajan. Rakennus ei yleensä ole menettänyt täysin arvoaan rakennuksen pitoajan päätyttyä, vaan sillä on ns. jäännösarvo. Uusittavilla rakennusosilla tai järjestelmillä ei ole korjausvaiheessa jäännösarvoa.

Hankintakustannukset

Hankintakustannukset muodostuvat järjestelmän, rakennusosan tai laitteen hankintahinnasta sekä asennus- ja kuljetuskuluista. Rakennuksen osalta ns. pääoma- tai investointikustannukset kattavat rakennuttajan kustannukset, rakennuskustannukset ja rakennuksen luovutuksen edellyttämät kustannuserät.

Rakennuskustannusten arvioinnissa käytetään yleisesti tunnettuja kustannusarviomenetelmiä ja lähteitä. Laskelmissa erityinen huomio on kiinnitettävä tekijöihin, jotka aiheuttavat

eroja eri vaihtoehtojen välille. Jos tarkasteltavilla vaihtoehtoilla on tietty samansuuruinen, mutta vaikeasti arvioitava kustannus, ei sen tarkkaa arviointia ole tarpeellista suorittaa.

Rahoituskustannukset

Rahoituskustannukset aiheutuvat mahdollisen rahoituksen kustannuksista valitulla laskenta-ajalla. Rahoituskustannuksiin sisällytetään myös esim. lyhytaikaiset lainajärjestelyt + uudelleenjärjestelyt.

Uusimiskustannukset

Uusimiskustannuksia ovat järjestelmän tai rakennusosan uusimisesta aiheutuvat kustannukset käyttöiän ollessa lyhyempi kuin laskentajakso.

Huoltokustannukset

Huoltokustannukset aiheutuvat ohjelmoiduista huoltotöistä. Huoltokustannusten laskennan tulisi perustua laitteiden todelliseen huoltotarpeeseen. Mikäli arvioinnin lähtökohtana käytetään pelkästään tilastoista saatuja huoltokustannuksia, on toiminnan todellista laatua vaikea arvioida.

Hoito- ja huoltokustannuksiin vaikuttavat valittu järjestelmä, huollon laatutaso sekä huoltoyhtiön veloituspäätteet ja toimintatavat. Toiset järjestelmät vaativat usein taaphtuvaa huoltoa, kun taas toiset järjestelmät toimivat pitkiäkin aikoja ilman erityistä huolenpitoa. Huollon laadulla on merkitystä, sillä hyvä huolto korjaa investoinneissa syntyviä puutteita.

Kunnossapitokustannukset

Kunnossapitokustannukset aiheutuvat ohjelmoiduista tai muutoin välttämättömiksi todetuista kunnossapitotoimista. Niillä pyritään estämään rakennuksen kulumista. Talotekniikan osalta kunnossapitokustannusten arvioimiseen vaikuttavat huomattavasti laitteiden käyttöympäristö ja kunnossapidon taso. Hyvissä olosuhteissa ja hyvällä kunnossapidolla laite voi kestää 50 vuotta, mutta huonoimmassa tapauksessa vain muutaman vuoden. Kunnossapitoon luetaan myös kaikki pienimuotoiset ennakoimattomat korjaukset.

Lämpöenergiakustannus

Rakennusten lämmitysenergiakustannukset aiheutuvat tilojen lämmityksestä ja käyttöveden lämmityksestä. Rakennustasoisissa tarkasteluissa määritetään paikkakunta- ja lämmönjakelukohtaiset eriteltyt lämmityskustannukset, jotka perustuvat arvioituihin tai todennettuihin kulutuksiin.

Sähköenergiakustannukset

Sähköenergiakustannukset aiheutuvat kiinteistösähköstä, käyttäjäsähköstä sekä talotekniikan laitteista ja järjestelmistä. Talotekniikan osalta energiakustannukset käsittävät taloteknisten laitteiden ja järjestelmien aiheuttamat sähköenergiakustannukset (pumput, puhaltimet, kompressorit, toimilaitteet, valaistus jne.). Jäähdytysenergiakustannukset sisältyvät yleensä erittelemättöminä sähköenergiakustannuksiin.

Ympäristökustannukset

Ympäristökustannukset sisältävät mm. mahdolliset rakentamista edeltävät maaperän puhdistuksen ja suojausten kulut sekä purku- ja kierrätyskulut elinkaaren päättyessä.

Jäännösarvo

Jäännösarvo on arvo, joka hankinnalla (investoinnilla) on pitoajan päättyessä. Jäännösarvo voi olla myös negatiivinen sen mukaan, peittävätkö laitteen myynnistä saadut tulot purku-, hävittämis-, kierrätys- ja kaatopaikkamaksut. Jäännösarvolla voidaan tapauksesta riippuen tarkoittaa romu-, purku- tai käyttöarvoa elinkaaren lopussa. Romuarvolla tarkoitetaan purkamiskustannuksilla vähennettyä romuhintaa. Purkuarvolla tarkoitetaan purkamiskustannuksilla vähennettyä uudelleenkäyttöarvoa tai myyntihintaa. Käyttöarvo on arvo, jota kohteen arvioidaan edustavan laskentakauden lopussa, kun se jää paikalleen palvelemaan edelleen alkuperäistä tarkoitusta. Purku- ja käyttöarvojen määrittämisessä voidaan tapauksesta riippuen käyttää lineaarista eli suoraviivaista, degressiivista eli laskevaa tai progressiivista eli kasvavaa arvovähennystä. Usein voidaan taloteknisten komponenttien jäännösarvoa pitää niin pienenä, ettei sen tarkempi arviointi ole tarpeen. Rakennuksen suhteen kiinnostuksenkohteena on jälleenmyyntiarvo, jonka osalta ei ole käytettävissä tarkkoja laskennallisia menetelmiä, koska jälleenmyyntiarvoon vaikuttavat voimakkaasti alueellinen kehitys, suhdannemuutokset ja trendit.

Jäännösarvoerot otetaan huomioon taloteknisiä tuote- ja järjestelmävaihtoehtoja vertailtaessa, jos laskentajakso on lyhyempi kuin käyttöikä ja vaihtoehtojen välillä on laskennallisia käyttöikäeroja.

Laskentajakson pituus (elinkaari)

Laskentajakso on määriteltävä aina tapauskohtaisesti. Se voi olla rakennuksen, järjestelmän tai komponentin elinikä tai käyttäjän määrittelemä vuokrasopimusaika. Laskentajakson pituuden valintaan vaikuttaa useita tekijöitä, esimerkiksi vertailtavat rakennevaihtoehdot ja ylläpitostrategiat. Jakson valinta on oleellinen osa elinkaarikustannuslaskentaa. Elinkaarta voidaan pitää ajanjaksona, jolloin tuote aiheuttaa käyttäjälleen kustannuksia (ja mahdollisesti tuottoja). Taloudellisessa laskennassa on syytä käyttää

laskentajaksona ns. taloudellista pitoaika, joka voi olla huomattavasti lyhyempi fyysisen kestävyuden pitoikaan verrattuna. Kiinteistön eri järjestelmille ja osille voidaan valita eripituiset pitoajat ja pitoajan peruste voi myös poiketa taloudellisesta pitoajasta tarpeen mukaan. Rakennusten taloudellinen pitoaika on aikaväli rakennuksen valmistamisesta ensimmäiseen peruskorjaukseen (perusparannukseen, kiinteistökehitykseen) tai kahden peräkkäisen peruskorjauksen väli. Asuinrakennuksilla taloudellinen laskentajakso on enintään 30–50 vuotta, toimistorakennuksilla 20–40 vuotta ja liikerakennuksilla 5–20 vuotta. Tällöinkin osa tiloista saatetaan uusia huomattavasti lyhyemmällä aikavälillä. Peruskorjaus aiheutuu yleensä siitä, että rakennus on teknisesti vanhentunut erityisesti sisäosien ja taloteknisten järjestelmien osalta.

Laskentakorko

Elinkaarikustannusten laskemiseksi laskentajakson aikana eri vuosina tehtävien toimenpiteiden nimelliskustannukset muunnetaan tarkastelun alkamisajankohtaan (taulukko 8). Alkamisajankohtana laskelmissa käytetään yleensä nykyhetkeä, jolloin muunto tehdään nykyarvomenetelmällä. Laskentakoron avulla eri vuosina tehtävien toimenpiteiden kustannukset muunnetaan vertailukelpoisiksi nykyhetkessä. Laskentakoroksi valitaan yleensä ennakoitu kustannustason nousu.

Taulukko 8. Nimellisten vuotuisten kustannusten muuntokertoimet nykyarvoksi vuosittain ja laskentakorkokannoittain.

Vuosi	Laskentakorkokanta			
	1 %	3 %	5 %	7 %
1	0,99	0,97	0,95	0,93
2	0,98	0,94	0,91	0,87
3	0,97	0,92	0,86	0,82
4	0,96	0,89	0,82	0,76
5	0,95	0,86	0,78	0,71
6	0,94	0,84	0,75	0,67
7	0,93	0,81	0,71	0,62
8	0,92	0,79	0,68	0,58
9	0,91	0,77	0,64	0,54
10	0,91	0,74	0,61	0,51
11	0,9	0,72	0,58	0,48
12	0,89	0,7	0,56	0,44
13	0,88	0,68	0,53	0,41
14	0,87	0,66	0,51	0,39
15	0,86	0,64	0,48	0,36

4.3 Herkkyystarkastelu

Elinkaarilaskelmissa joudutaan aina ennakoimaan tulevaisuutta. Laskelmaa tehtäessä ovat useat lopputuloksen kannalta keskeiset muuttujat tuntemattomia. Muun muassa inflaation taso, energian hinta, tulevaisuuden käyttäjät ja kiinteistön järjestelmien ja laitteiden kestävyys on arvioitava parhaalla mahdollisella tavalla. Herkkyystarkastelulla pyritään selvittämään, mitkä tekijät vaikuttavat milläkin tavalla lopputulokseen (Myllymäki 2006). Herkkyystarkastelussa tutkitaan investoinnin kannattavuustekijöiden arviointivirheiden vaikutusta investoinnin kannattavuuteen. Riskiä ajatellen nimenomaan epäedullisesti vaikuttavien arviointivirheiden tutkiminen on keskeistä.

Herkkyysanalyysin avulla tutkitaan yksittäisissä muuttujissa tapahtuvien muutosten vaikutusta investoinnin kannattavuuteen. Tarkoituksena voi olla

- löytää ne tekijät, joiden pienikin muutos vaikuttaa suuresti kannattavuuteen
- laskea, miten tietyn suuruinen muutos jossain tekijässä muuttaa investoinnin kannattavuutta
- selvittää, kuinka paljon tietty muuttuja voi muuttua tai poiketa odotetusta, jotta investointi säilyy kannattavana
- selvittää, kuinka paljon tietyn muuttujan täytyy muuttua tai poiketa odotetusta, jotta muutoin kannattamaton investointi olisikin kannattava.

Herkkyystarkastelu suoritetaan esimerkiksi siten, että muutetaan yhden oletusarvon arvoa muiden arvojen pysyessä vakiona ja todetaan muutoksen vaikutus laskelmien lopputulokseen. Havainnollisen kuvan laskelmien herkkyudesta saa etsimällä vastauksen kysymykseen, kuinka paljon tarkasteltavan tekijän on muututtava, jotta vaihtoehtojen edullisuusjärjestys muuttuu. Mikäli pienikin muutos oletusarvoissa aiheuttaa edullisuusjärjestyksen muutoksen, voidaan vaihtoehtoja pitää valintatilanteessa kustannusten osalta keskenään tasa-arvoisina.

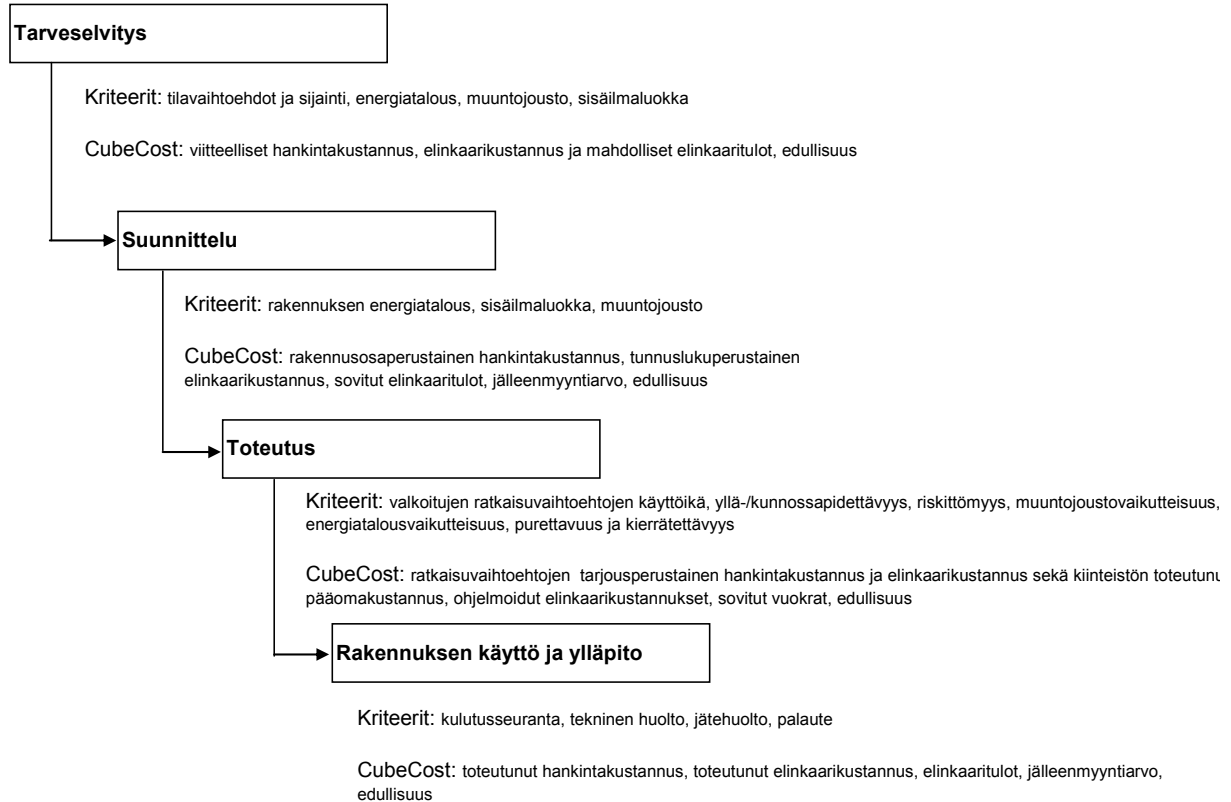
4.4 Muita laskennassa huomioon otettavia seikkoja

Talotekniikkaa ei käsitellä erillisenä järjestelmänä, vaan siihen vaikuttavat olennaisesti arkkitehtuuriset ja rakennustekniset ratkaisut. Esimerkiksi suurten lasijulkisivujen käyttö lisää rakennusvaipan lämpöhäviöitä ja auringon säteilyn vaikutusta sisälämpötilaan. Rakennuksen lämpöhäviöiden ja -tuottojen ollessa suuret joudutaan jäähdytys- ja lämmityslaitteet mitoittamaan suuremmiksi ja sitä kautta enemmän energiaa kuluttaviksi. Koska rakennuksen käyttötarkoitus todennäköisesti muuttuu käyttöiän aikana, tulisi muuntojoustavuuden olla olennainen tekijä valittaessa taloteknisiä ratkaisuja. Muunto-

joustavuuteen päästään mm. jättämällä varauksia järjestelmien laajennuksille sekä modulaarisuudella. Modulaarisuudella tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi ilmanvaihdon kanavointi, ilmastointipalkit ja poistoventtiilit sijoitetaan siten, että tiloissa voidaan siirrellä vapaasti väliseiniä ilman taloteknisiä asennusmuutoksia, lukuun ottamatta säätölaitteita.

5. Elinkaarikustannusten laskentasovelluksia

Elinkaarikustannusten laskentaa varten on kehitetty erilaisia laskentapohjia (työnimenä käytetty CubeCost-sovellusta), joita voidaan hyödyntää eri käyttötarkoituksiin. Sovelluspohjaa voidaan kustannustiedon jatkuvasti tarkentuessa soveltaa neljässä vaiheessa: tarveselvitys, hankesuunnittelu, toteutus ja käyttö (kuva 5).



Kuva 5. Elinkaariperustaisen päätöksenteon keskeiset kohteet ja keinot.

Sovellusta voidaan hyödyntää

- rakennuksen, järjestelmän tai tuotteen elinkaarikustannuslaskelmana
- verrannollisten toteutusratkaisujen vertailussa (ominaisuudet, kustannukset ja edullisuus)
- määrittäessä taloteknisen elinkaarihankinnan edullisuutta suhteessa perinteiseen hankintaan
- tarjousten vertailussa.

Sovelluspohjat sisältävät elinkaarihankinnan keskeiset kriteerit: käyttöiän, energiatalouden ja huolto- ja kunnossapitotarpeet. Sovelluksen avulla voidaan määrittää (taloteknisen) hankinnan hankinta- ja elinkaarikustannukset sekä edullisuus suhteessa perinteiseen hankintaan. Sovelluspohjat ovat räätälöitävissä vertailutilanteeseen parhaiten soveltuvaksi. Ympäristövaikutuksia ei sovelluksen keinoin lasketa, vaan joko hyödynnetään erillistä arviota tai todetaan käyttöikä-, kulutus- ja käyttäjävaikutusten olevan suorassa riippuvuussuhteessa ympäristövaikutuksiin.

Rahalliset vaikutukset määritetään seuraavasti:

Elinkaarikustannus kattaa päätöksenteon tarpeita vastaavan elinkaaren kokonaiskustannukset (esimerkiksi sopimusaika 2–5 vuotta, hankinnan käyttöikä sekä rakennuksen suunnittelu-aika 50 vuotta). Kustannukset kootaan nykyarvoksi (nykyinen kustannustaso) normivuoden (laskentajakson puolivälin ennakoituihin reaalisiin) yksikkökustannuksin.

- **Hankintakustannus (investointikustannus, pääomakustannus).** Kiinteistön, järjestelmien, tilojen ja tuotteiden hankinnasta aiheutuvat kustannukset, jotka poistetaan valitun laskentajakson aikana. Määritetään viitetiedon, yleisen kustannustiedon tai yleisimmin kyselyjen tai tarjouspyynnön perusteella. Sisältää elinkaarihankinnan osalta vaurioriskin.
- **Rahoituskustannus.** Rahoitusaikaan, -asteeseen ja reaalikorkoon perustuva korkokustannus (rahan hinta).
- **Kiinteistöhallintokustannus.** Kiinteistöön liittyvän talouden, toiminnan, henkilöstön ja tietohuollon ohjauksesta ja valvonnasta aiheutuva kustannus, joka määritetään yleensä tunnuslukuperustaisesti (eur/m²/v).
- **Huoltokustannus.** Määritetään viitetietojen, LifePlan-tuotetiedon, KH-kortiston ja kyselyjen perusteella. Rakennustasolla voidaan hyödyntää viitekohteiden toteutuneita keskimääräisiä tunnuslukuja (eur/m²/v). *Elinkaaripalvelujen osalta tarjousten jättäjiltä pyydetään sovelluksessa käytettävä kustannustieto.*
- **Kunnossapitokustannus** kattaa rakennusosien osittaisesta tai täydellisestä uusimisesta sekä kunnossapidosta aiheutuvat kustannukset. Koko talotekniikan osalta arvoltaan noin puolet (mm. putkistot ja keskukset) on käyttöikänsä 40–50 vuotta. Kunnossapitokustannukset määritetään kunnossapitajaksojen ja nykyhintaisten kunnossapitotoimien pohjalta; apuvälineenä esim. KuntoRYHTI. Kunnossapitokustannuksiin sisällytetään ennakoimattomista vaurioista aiheutuva riskikustannus, joka esimerkiksi 25 vuoden elinkaarella voi olla 20 %:n lisäkustannus suhteessa ohjelmoituun kunnossapitoon. Rakennustasolla voidaan hyödyntää viitekohteiden toteutuneita keskimääräisiä tunnuslukuja (eur/m²/v). *Elinkaaripalvelujen osalta tarjousten jättäjiltä pyydetään sovelluksessa käytettävä kustannustieto.*

- **Lämpöenergiakustannus.** Tilojen ja käyttöveden lämmityksestä aiheutuva kustannus. Määritetään energialaskennan tai viitetiedon pohjalta. Laskelmassa pyritään ennakoimaan reaalin kustannustason nousu (%/v). *Elinkaaripalvelujen osalta tarjousten jättäjiltä voidaan pyytää sovelluksessa käytettävä kustannustieto.*
- **Sähköenergiakustannus.** Kiinteistö- ja käyttäjästä aiheutuva kustannus. Käyttäjäsähkön maksaa yleensä käyttäjä. Määritetään energialaskennan tai viitetiedon pohjalta. Laskelmassa pyritään ennakoimaan reaalin kustannustason nousu (%/v). *Elinkaaripalvelujen osalta tarjousten jättäjiltä voidaan pyytää sovelluksessa käytettävä kustannustieto.*
- **Muu käyttökustannus.** Muu laskennassa huomioon otettava tilojen käytöstä aiheutuva kustannus. Määritetään viitetiedon tai energialaskennan pohjalta.
- **Ympäristökustannus.** Maanpuhdistus-, purku-, jätehuolto-, kierrätys- yms. kustannus.

Jäännösarvo (jälleenmyyntiarvo) voidaan laskea suoraviivaisesti hankintahinnan (= täysi jäännösarvo) ja elinkaaren päättyessä jäljellä olevan käyttöiän (jäljellä oleva käyttöikä tai koko käyttöikä) pohjalta. Energiatohokkuustodistuksella tulee olemaan olennainen merkitys energiatohokkuuden ja jälleenmyyntiarvon riippuvuuteen.

Elinkaaritaloudellisuus lasketaan elinkaaritulon (Life-Cycle Income, LCI) ja elinkaarikustannuksen erotuksena tai elinkaarikustannusten säästönä: **LCI – LCC tai LCC_{ero}**.

Tarjousten vertailu voidaan määrittää suhteellisena ottaen huomioon tavanomaiseen ratkaisukoostumukseen verrattut erot hankinta- ja elinkaarikustannuksiin sekä energiankulutukseen. Painotuksena voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia arvoja:

- hankintakustannus 0–25 %
- energiankulutus 0–25 %
- elinkaarikustannus 50–100 %.

Painotusten valintaperusteita muodostavat mm.

- hankintabudjetin kireys (hankintakustannuksen merkitys)
- sitoumusten täyttämisen edellyttämät energiankulutusvaatimukset (energiankulutukset ja niihin sidoksissa olevien päästöjen merkitys)
- rakennuskannan koko ja vuokrasopimusten pituus (elinkaarikustannuksen merkitys).

Seuraavissa taulukoissa esitetään laskentapohjia ja esimerkkilaskelmia seuraavasti:

- Taulukko 9. CubeCost-sovelluspohja.
- Taulukko 10. Perinteisen ja elinkaarioptimoidun, elinkaarivastuuseen sidotun talotekniikan vertailu Viikin infokeskuksessa.
- Taulukko 11. Elinkaarikilpailutukseen perustuvien talotekniikkaa koskevien elinkaarivastuullisten tarjousten vertailu Viikin infokeskuksessa.
- Taulukko 12. Perinteisen toimitalon ja VTT:n Digitalon vertailu.
- Taulukko 13. Digitalon odotettavissa olevat elinkaarikustannukset nykyarvona.
- Taulukko 14. Kahden tilatehokkuudeltaan ja energiankulutukseltaan poikkeavan peruskoulurakennuksen elinkaarikustannusten vertailu.
- Taulukko 15. Keskusrikospoliisin lämpöpumppujen hankinta energiankulutusvastuulla.

Taulukko 9. CubeCost-sovelluspohja.

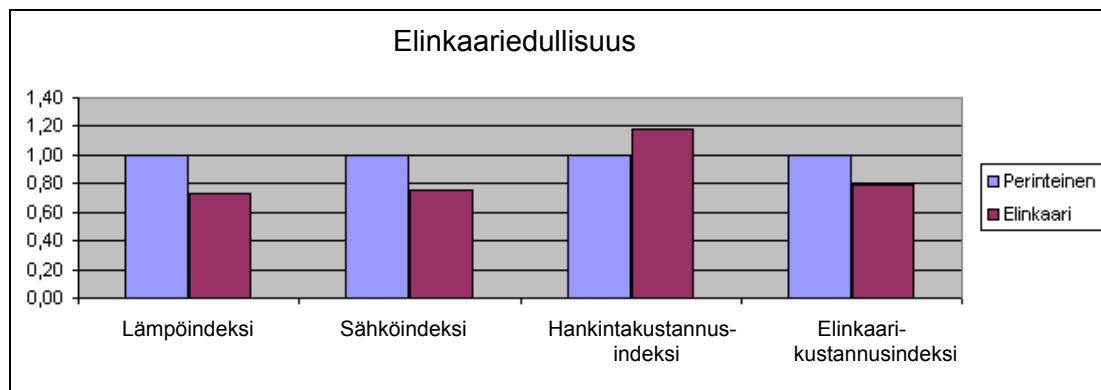
CubeCost		Sijainti:	Vaihe:	Kust.taso:	Laatija:
Hankinnan kuvaus ja laajuus:					
Elinkaari:					
TOIMIVUUS					
Käyttöikä (v)					
Lämpöenergian kulutus (MWh/a)					
Sähköenergian kulutus (MWh/a)					
- sähkölaitteet					
- kiinteistösähkö					
- jäähdytys					
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET					
Hankintakustannus					
Huoltokustannus					
Kunnossapitokustannus					
Lämpöenergiakustannus					
Sähköenergiakustannus					
Muu kustannus:					
Jäännösarvo					
Elinkaarikustannus		0	0	0	0
EDULLISUUS					
Lämpöindeksi		1,00	#DIV/0!	1,00	#DIV/0!
Sähköindeksi		1,00	#DIV/0!	1,00	#DIV/0!
Hankintakustannusindeksi		1,00	#DIV/0!	1,00	#DIV/0!
Elinkaarikustannusindeksi		1,00	#DIV/0!	1,00	#DIV/0!

Elinkaariedullisuus

Indeksi	Perinteinen	Elinkaari
Lämpöindeksi	1,00	1,00
Sähköindeksi	1,00	1,00
Hankintakustannusindeksi	1,00	1,00
Elinkaarikustannusindeksi	1,00	1,00

Taulukko 10. Perinteisen ja elinkaarioptimoidun, elinkaarivastuuseen sidotun talotekniikan vertailu Viikin infokeskuksessa.

CubeCost	Sijainti: Helsinki	Vaihe: Käyttö	Kust.taso: 6/2006	Laatija: Pulakka
Hankinnan kuvaus ja laajuus: Energiatehokas, kompakti talotekniikka Viikin infokeskuksessa 5 vuoden elinkaarivastuulla.				
Elinkaari:	5 v	5 v	30 v	30 v
	Perinteinen	Elinkaarivastuu	Perinteinen	Elinkaarivastuu
TOIMIVUUS				
Käyttöikä (v)	40	50	40	50
Lämpöenergian kulutus (MWh/a)	700	510	700	510
Sähköenergian kulutus (MWh/a)	100	75	100	75
- sähkölaitteet				
- kiinteistösähkö				
- jäähdytys				
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET				
Hankintakustannus	1400	1660	1400	1660
Huoltokustannus	130	100	900	700
Kunnossapitokustannus	90	60	700	500
Lämpöenergiakustannus	100	75	600	450
Sähköenergiakustannus	50	30	300	180
Muu kustannus:				
Jäännösarvo	1225	1495	350	660
Elinkaarikustannus	545	430	3550	2830
EDULLISUUS				
Lämpöindeksi	1,00	0,73	1,00	0,73
Sähköindeksi	1,00	0,75	1,00	0,75
Hankintakustannusindeksi	1,00	1,19	1,00	1,19
Elinkaarikustannusindeksi	1,00	0,79	1,00	0,80



Taulukko 11. Viikin tiedepuiston päärakennuksen eli Infokeskuksen (energiatekninen koerakennuskohde) LVI-työt (nykyarvona).

	Laatija: VTT & TKK	Paikka- kunta: Helsinki	Kustan- nustaso: 1/2006			
Kohde: Energiatehokas, kompakti talotekniikka Viikin Infokeskuksessa 5 vuoden elinkaarivastuulla.						
Elinkaari:	5 v	5 v	5 v	30 v	30 v	30 v
	Viher-hemmot	EKOAIR	Tietoviisas	Viher-hemmot	EKOAIR	Tieto-viisas
TOIMIVUUS						
Käyttöikä (v)	50	50	25	50	50	25
Lämpöenergia (MWh/a)	510	350	540	510	350	540
Sähköenergia (MWh/a)	75	75	240	75	75	240
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET 1 000 €						
Hankintakustannus	1 660	1 950	1 980	1 660	1 950	1 980
Uusimiskustannus						990
Huoltokustannus	100	150	120	580	900	740
Kunnossapitokustannus	60	40	70	500	350	600
Lämpöenergiakustannus (30 e/MWh)	75	55	80	450	320	480
Sähköenergiakustannus (80 e/MWh)	30	30	95	180	180	570
Muu kustannus: rakennustyöt	40	10	40	40	10	40
Jäännösarvo	-1 495	-1 750	-1 780	-660	-780	-1 230
Elinkaarikustannus LCC	470	485	605	2 750	2 930	4 130
EDULLISUUS						
Energiankulutusindeksi (30%)	1,38	1,00	1,84	1,38	1,00	1,84
Hankintakustannusindeksi (20 %)	1,00	1,11	1,19	1,00	1,11	1,19
Elinkaarikustannusindeksi (50 %)	1,00	1,03	1,29	1,00	1,03	1,51
Kokonaisedullisuus	1,12	1,04	1,44	1,12	1,04	1,54

Taulukot 10 ja 11 osoittavat, ettei elinkaaren pituudella, rahoitustarpeella tai tuottovaatimuksella ole ratkaisevaa edullisuusvaikutusta, kun järjestelmiä vertaillaan keskenään (ei siis verrata esimerkiksi kahden eri elinkaaren tai kahden erilaisen tuottovaatimuksen ratkaisuja). Myöskään ns. muita kustannuseroja (tilamuutokset, ympäristökustannus yms.) ei ole yleensä tarpeen määrittää ja ottaa huomioon, koska niiden suhteellinen merkitys on vähäinen. Sen sijaan keskeisiä päätöstekijöitä ovat käyttöikä, lämpöenergian kulutus, sähköenergian kulutus sekä investointikustannus. Energiankulutuksen merkitys kohoaa kulutuserojen kasvaessa ja elinkaaren pituuden lisääntyessä.

Viikin Infokeskuksen tapauksessa energiakulutukset ylittivät tyypillisesti tavoitearvot kolmena ensimmäisenä vuonna, mutta alittivat ne suuruusluokaltaan 5 %:lla vuosina 2004–2005.

Taulukossa 12 verrataan VTT:n Digitalon elinkaariedullisuutta vastaavalle henkilöstölle toteutettavaan perinteiseen toimitaloon (perinteisen toimitalon luvut on valittu Senaatti-kiinteistöjen asiantuntijoiden kanssa). Menettelyssä on määritetty tarkasteluvaihtoehtojen energiankulutukset ja -kulutuserot sekä hankinta- ja elinkaarikustannukset. Edullisuutta on analysoitu suhteellisen energiankulutusvaikutuksen, rakennuskustannusvaikutuksen ja elinkaarikustannusvaikutuksen pohjalta.

Digitalon suunnittelussa oli tavoitteena luoda moderni, vuorovaikutteista toimintaa tukeva työtilaratkaisu. Lisäksi pyrkimyksenä olivat alhaiset elinkaarikustannukset, hyvä muuntojousto sekä pitkä käyttöikä. Digitalo valittiin Senaatti-kiinteistöjen vuoden 2005 rakennushankkeeksi.

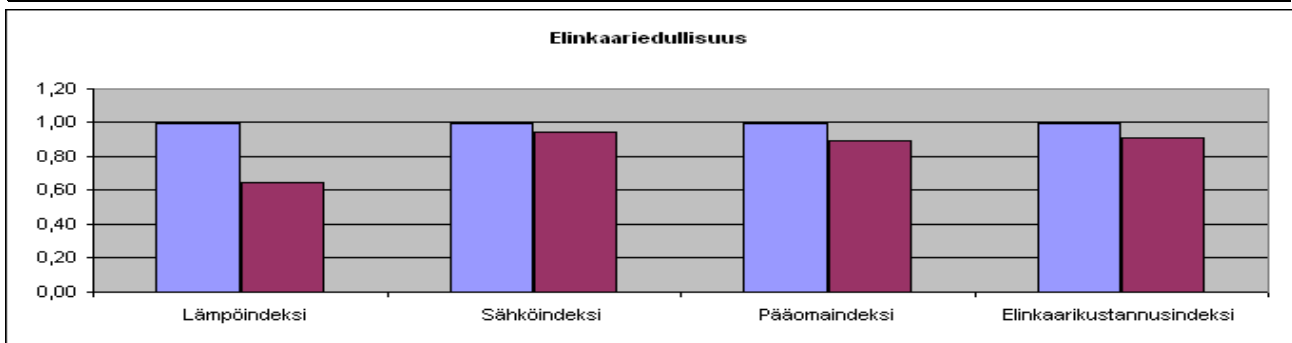
Vertailun keskeisiä päätelmiä ovat seuraavat:

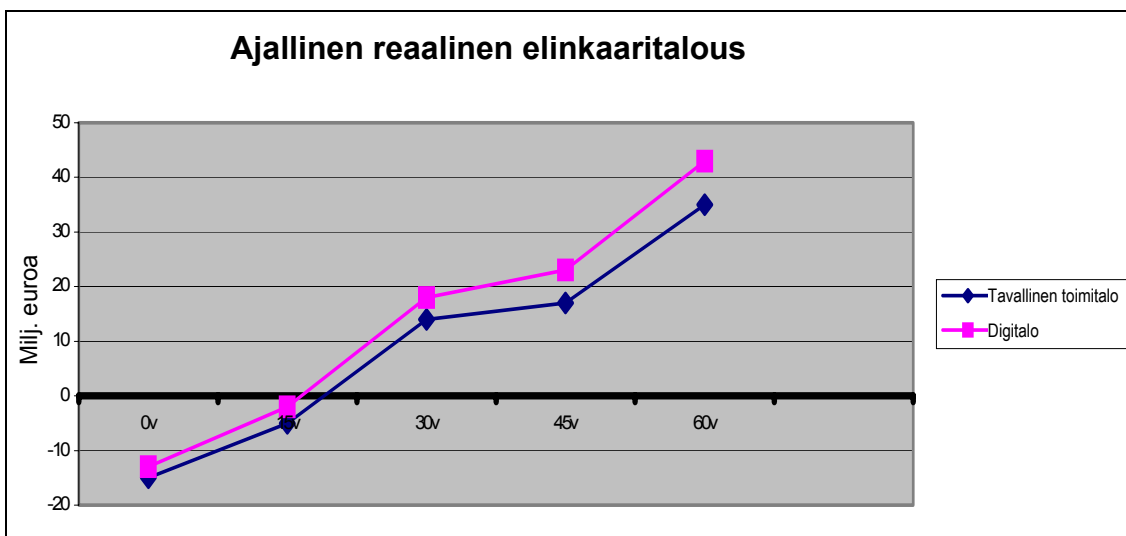
- Digitalo on tilatehokkuudeltaan noin 20 % tavanomaista toimitaloa niukempi sellaisen tilatehokkuusoptimoinnin kautta, joka täyttää myös valtion toimitilastrategian vaatimukset.
- Digitalon hyvä käytettävyys ja muuntojousto sekä energiatalous merkitsevät suhteellisen hyvää arvonsäilyvyyttä pidemmälläkin elinkaarella.
- Hyvä energiatalous merkitsee huomattavasti alhaisempia energiakustannuksia ja päästövaikutuksia suhteessa tavanomaiseen toimitaloon.
- Pääomakustannusten osuus on yli 50 % elinkaarikustannuksista, joten elinkaarikustannusten optimointi on yleensäkin tarpeen toteuttaa pääomakustannusvaikutusten kautta, alimitoittamatta kuitenkaan sekä arvoon että sisäolosuhteisiin vaikuttavia huolto- ja kunnossapitokustannuksia. Energiakustannusten osuus on suuruusluokkaa 5 %, joten vaikuttavin energiansäästön motiivi tulee sitoumusten sekä käyttäjäsähkön ja kiinteistönhoidon palkkio-sanktiomallin kautta.

Digitalon osalta vuokratuloilla päästään noin 36 %:n nimelliseen ($585/1640 \times 100$ %) ja tuloutus valtiolle huomioon ottaen noin 27 %:n vuotuisen reaalityttöön. Tämä osaltaan antaa Senaatti-kiinteistöille erinomaisen pelivaran ennakoimattomien vaurioiden korjaamiselle myös koko VTT:n hallinnassa Otaniemessä olevassa rakennuskannassa ja keventää tyhjien tilojen myyntituottopaineita. Tuottovaatimuksen sisällä on siten sekä salkku- että hanketasoista riskivarausta, jota ei erikseen ole pyritty erittelemään ja allokoimaan. VTT on saanut käyttöönsä tarvelähtöiset tilat, jotka ovat elinkaariedulliset verrattuna ns. perinteiseen toimitaloon. 15 vuoden päästä käyttöönotosta vuokranmääritysperusta on yhä pitävä ja VTT todennäköinen vuokrasopimuksen jatkaja. 30 vuoden päästä käyttöönotosta ns. pääoma on poistettu vuokrana, jolloin uuden vuokran pääomaperustana on ennakoitavissa oleva 60–80 %:n perusteellisuusasteen korjaus- tai kiinteistökehitysinvestointi. (Ks. kuva 6.)

Taulukko 12. Perinteisen toimitalon ja VTT:n Digitalon vertailu.

CubeCost		Sijainti: Espoo	Vaihe: Toteutus	Kust.taso: 9/2006	Poistoaika: 30 v
Kohdekuvaus: Muuntojoustava, tulevaisuuden tekniikoita ja uutta toimintaympäristöä tukeva Digitalo, jossa elinkaarioptimoitu talotekniikka.					
Vaihtoehdot:		Perinteinen talo	Digitalo	Perinteinen talo	Digitalo
Elinkaari:		15 v	15 v	30 v	30 v
Investointikustannus (milj. euroa)		20	18	20	18
Jäännösarvo (milj. euroa)					
TOIMIVUUS					
Laajuus htm ² /brm ² /rm ³		8500/11000/38000	7000/9000/30800	8500/11000/38000	7000/9000/30800
Henkilömäärä		280	280	280	280
Tilatehokkuus (hyötയാ/henkilö)		30	25	30	25
Käyttöikä/kiinteistökehitysväli (v)		100/40	100/40	100/40	100/40
Lämpöenergia (kWh/rm ³)		28	18	28	18
Kiinteistösähkö (kWh/rm ³)		9,5	9	9,5	9
Sisäilmaluokka		S2	S1/S2	S2	S1/S2
TILAKUSTANNUKSET		1000 euroa/v	1000 euroa/v	1000 euroa/v	1000 euroa/v
Pääomakustannus		670	600	670	600
Rahoitus (7 milj. euroa / 3 % / 15 v)		60	50	0	0
Kiinteistöhallintokustannus		90	80	80	70
Kiinteistövero		55	50	40	35
Huoltokustannus		65	60	80	70
Kunnossapitokustannus		90	80	220	240
Lämpöenergia		50	25	60	30
Kiinteistösähkö		40	30	50	40
Puhtaanapito		25	30	25	30
Muu vuokravaikutteinen käyttökustannus		30	30	30	30
Tilamuutuskustannus:		40	10	90	20
Ympäristökustannus		10	10	30	25
Elinkaarikustannus		1 225	1 055	1375	1190
Elinkaaritulot		1 770	1 640		
Elinkaaritaloudellisuus		545	585		
EDULLISUUS					
Lämpöindeksi		1,00	0,64	1,00	0,64
Sähköindeksi		1,00	0,95	1,00	0,95
Pääomaindeksi		1,00	0,90	1,00	0,90
Elinkaarikustannusindeksi		1,00	0,91	1,00	0,88





Kuva 6. Digitalon elinkaaritalouden summautuminen (nettonykyarvo).

Taulukossa 13 ennakoidaan Digitalon elinkaarikustannukset 30 vuoden ja 45 vuoden elinkaarilla sillä oletuksella, että talossa toteutetaan kiinteistökehitys kyseisen elinkaaren lopulla, jolloin saadaan uusi lähtötilanne arvonmääritykselle ja elinkaarikustannusten laskennalle.

Taulukko 13. Digitalon odotettavissa olevat elinkaarikustannukset nykyarvona.

Elin-kaari	Hankinta-kustannus	Huolto	Kunnossa-pito	Kiinteistö-kehitys-investointi	Lämpö-energia	Sähkö-energia	Muu kustannus	Elinkaari-kustannus yhteensä
30 v	22,0	1,5	2,5	0	0,7	1,8	3,0	31,5
45 v	22,0	2,8	3,7	15,0	1,3	3,2	5,6	53,6

Taulukossa 14 verrataan kahden investointikustannuksiltaan ja energiatehokkuudeltaan erilaisen peruskoulun elinkaarikustannuksia. Tulokset osoittavat tilatehokkuuden ja kerroskorkeuden keskeisen elinkaariedullisuusmerkityksen. Vaikka energiakulutusten tunnusluvut hyötyalaa kohti ovat Poikkilaakson ala-asteen koulurakennuksen osalta suuruusluokkaa 20 % pienemmät, eivät kulutukset lämmitettyä tilavuutta kohti juurikaan poikkea toisistaan. Hiidenkiven peruskoulu on elinkaarikustannuksiltaan huomattavasti edullisempi, koska siinä on parempi tilatehokkuus ja pienempi kerroskorkeus.

Taulukko 14. Poikkilaakson ala-asteen ja Hiidenkiven peruskoulun ominaisuuksien ja kustannusten vertailu.

CubeCost	Sijainti: Helsinki	Vaihe: Käyttö	Kust.taso: 6/2006	Poistoaika: 40 v
Kohdekuvaus: Energiatohokkuudeltaan poikkeavien koulujen elinkaarikustannuslaskelmat				
Vaihtoehdot:	Poikkilaakson ala-aste	Hiidenkiven peruskoulu		
Elinkaari:	20 v	20 v		
Investointikustannus (milj. euroa)	5,7	12,6		
Jäännösarvo (milj. euroa)	2,8	6,3		
TOIMIVUUS				
Laajuus htm ² /brm ² /rm ³	3130/3460/17600	7540/8030/34830		
Henkilömäärä	280	840		
Tilatehokkuus (hyötyala/henkilö)	11	9		
Käyttöikä/kiinteistökehitysväli (v)	100/40	100/40		
Lämpöenergia (kWh/rm ³)	22	26		
Sähköenergia (kWh/rm ³)	12	15		
Vedenkulutus l/m ² /v	87	79		
TILAKUSTANNUKSET	euroa/htm ² /v	euroa/htm ² /v		
Pääomakustannus	45,5	41,7		
Huoltokustannus	8,3	5,3		
Kunnossapitokustannus	4,0	4,0		
Lämpöenergia	4,2	4,1		
Sähköenergia	5,6	4,9		
Puhtaanapito	0,9	0,8		
Elinkaarikustannus (euroa/htm ² /v)	73,4	59,5		
Elinkaarikustannus (euroa/henkilö/v)	807	535		
Elinkaaritaloudellisuus	545	585		
EDULLISUUS				
Kerroskorkeus	1,00	0,85		
Tilatehokkuus (hyötyala/henkilö)	1,00	0,82		
Lämpöindeksi	1,00	1,18		
Sähköindeksi	1,00	1,25		
Pääomaindeksi	1,00	0,92		
Elinkaarikustannusindeksi	1,00	0,81		

Taulukossa 15 tarkastellaan LVI-pumppujen tarjousten vertailua. Kilpailutuksen perusteina olivat hankintahinta sekä 15 vuoden aikaiset sähköenergiakustannukset, jotka laskettiin nykyarvoon tarjouksessa annetuin tariffein kertomalla yhteen tariffit, kulutus ja laskentajakson pituus (= 15 vuotta). Vastaaventyypiset tarjouspyynnöt ja tarjousten vertailulaskelmat on mahdollista toteuttaa erityyppisten rakenne- ja taloteknisten rakennusosien ja laitteiden hankinnoista.

Taulukko 15. LVI-pumppujen elinkaarikustannusten nykyarvon vertailu.

CubeCost	Sijainti: Vantaa	Vaihe: Toteutus
Kohdekuvaus: Keskusrikospoliisin laajennuksen LVI-pumput		
Tarjoajat:	Tarjous 1	Tarjous 2
Elinkaari:	15 v	15 v
ELINKAARIKUSTANNUKSET	euroa	euroa
Pääomakustannus	9 400	13 800
Sähköenergia	65 500	63 100
Elinkaarikustannus	74 900	76 900
EDULLISUUS		
Pääomaindeksi	1,00	1,46
Sähköindeksi	1,00	0,96
Elinkaarikustannusindeksi	1,00	1,03

6. Sovelluksen käyttöönotto

Elinkaarikustannusten laskennan sovellus (CubeCost) soveltuu sellaisenaan isolle kiinteistönomistaja- ja rakennuttajataholle, sillä se määrittää tilatarpeiden vaihtoehtoisten täyttämiskäytöiden sekä elinkaariominaisuuksien (käyttöikä, energiatalous, muuntojousto) kustannusvaikutuksia ja edullisuutta. Suunnitteluyrityksissä sovellusta voidaan hyödyntää elinkaarisuunnittelussa sekä elinkaarioptimoitujen toteutusratkaisujen elinkaari-edullisuuden todentamisessa, sillä lähtötiedot perustuvat pääosin yritysten omiin tietokantoihin. Rakennusyrityksessä tavoitteena on sekä kehittää ja tarjota elinkaarioptimoituja rakennuskonsepteja että tarjota esimerkiksi asunnon ostajalle vaihtoehtoisia tuotteita. CubeCost-laskentaperusta on näiltäkin osin käypä vaihtoehto, sillä lähtötiedot perustuvat yritysten omaan seuranta-aineistoon.

Tarkkuustaso esimerkiksi 15 vuoden elinkaarella lienee suuruusluokka $\pm 10\%$ ja 25–30 vuoden elinkaarella $\pm 25\%$. Siihen vaikuttavat etenkin käyttäjän toiminnan jatkuvuus, energiakustannusten kehitys, ennakoimattomat kunnossapitotarpeet vaurioista johtuen, huolto- ja kunnossapitokustannusten reaalin kehitys sekä käyttäjän toiminnan vaikutukset.

Sovelluksessa esitetyt periaatteet ovat hyödynnettävissä tuotemallinnukseen perustuvassa suunnittelussa. Mallinnus helpottaa elinkaaritiedon sisällyttämistä ja hallintaa sekä vähentää ennakoimattomia vaurioita. Visualisointi vähentää suunnitteluvirheitä, ja mallinnus ohjaa käyttämään lähtötiedoiltaan riittäviä tuotteita. Oudot tuotteethan saattavat sisältää huomattavia terveys- ja ympäristöriskejä, jotka saattavat tulla tietoon kymmeniä vuosia käyttöönoton jälkeen. Tuotemallinnuksen edut korostuvat suurten kohteiden hallinnassa (suunnittelu, toteutus ja ylläpito).

ICT-alustoihin liittyy edelleen nopeasti kasvavia muutostekijöitä talotekniikan ja kiinteistökehityksen osalta. Näin ollen e-infrataso on lähtökohtaisesti syytä valita korkeatasoiseksi mukaan lukien henkilökohtaiset käyttöliittymät ja ottaen huomioon erilaisten web-pohjaisten sovellusten jatkuva yleistyminen. Informaatioita käsitteleviä yleistyviä prosesseja muodostavat mm. indeksoitu tuote- ja järjestelmätieto, kiinteistö- ja rakennus-alaa palvelevat tietokannat sekä verkon kautta palveluja tarjoavat yritykset.

7. Yhteenveto

Tämä julkaisu liittyy Talotekniikan tulevaisuuden elinkaaripalvelut (CubeNet) -tutkimushankkeeseen, jonka tavoitteena on kehittää perusteita elinkaaripalveluille, jotka vastaa nykytilannetta paremmin tilaajien ja käyttäjien tarpeita paitsi kustannus- ja energia-tehokkaasti myös toimintavarmasti.

Tutkimushankkeessa on kehitetty suomalaisiin käytäntöihin soveltuvia laskentatapoja ja niiden käyttöä edistäviä sovelluksia, joita voidaan käyttää elinkaarikustannusten laskentaan, elinkaariedullisuuden määrittämiseen, elinkaarihankintojen ja muiden hankintamallien väliseen arviointiin, elinkaariperustaiseen päätöksentekoon sekä tarjousten vertailuun.

Rakennushankkeiden vaihtoehtoisten toteutusmuotojen arvioinnissa on hahmotettava kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat tekijät kohteen elinkaaren eri vaiheissa. Kohteen pitkä elinkaari sekä sen eri vaiheisiin liittyvä epävarmuus tekevät tästä tehtävästä usein varsin haasteellisen.

Elinkaarilaskennalla pyritään ennakoimaan tietyn valitun tai jo olemassa olevan järjestelmän elinkaaren aikana muodostuvia kustannuksia. Elinkaarilaskelmien avulla voidaan huomioida vaihtoehtoisten ratkaisujen elinkaarivaikutukset perinteisen investointipainotteisen päätöksenteon sijaan ja löytää elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto.

Sovelluspohjat sisältävät elinkaarihankinnan keskeiset kriteerit: käyttöiän, energiatalouden sekä huolto- ja kunnossapitotarpeet. Sovelluksen avulla määritetään taloteknisen hankinnan hankinta- ja elinkaarikustannukset sekä edullisuus suhteessa perinteiseen hankintaan. Ympäristövaikutuksia ei sovelluksen keinoin lasketa vaan joko hyödynnetään erillistä arviota tai todetaan käyttöikä-, kulutus- ja käyttäjävaikutusten olevan suorassa riippuvuussuhteessa ympäristövaikutuksiin.

Laskentapohjat soveltuvat sellaisenaan isolle kiinteistönomistaja- tai rakennuttajataholle sen määrittäessä tilatarpeiden vaihtoehtoisten täyttämiskäytös- ja elinkaari- (käyttöikä, energiatalous, muuntojousto) kustannusvaikutuksia ja edullisuutta. Suunnittelurytyksissä sovelluksia voidaan hyödyntää elinkaari-suunnittelussa ja elinkaarioptimoitujen toteutusratkaisujen elinkaariedullisuuden todentamisessa, sillä lähtötiedot perustuvat pääosin yritysten omiin tietokantoihin. Rakennusyrytyksessä tavoitteena on sekä kehittää elinkaarioptimoituja rakennuskonsepteja että tarjota esimerkiksi asunnon ostajalle vaihtoehtoisia elinkaariedullisia tuotteita. CubeCost-laskentaperusta on näiltäkin osin käypä vaihtoehto, sillä lähtötiedot perustuvat yritysten omaan seuranta-aineistoon.

Lähdeluettelo

Haahtela, Y. & Kiiras, J. (2006). Talonrakennuksen kustannustieto. Helsinki: Haahtela-kehitys.

Hyartt, J. & Saari, A. (1993). Rakennusosien ja järjestelmien elinkaaren kustannusten laskenta. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, rakennetekniikan laitos, rakentamistalous.

Ihasalo, H. (2004). Talotekniikan elinkaarikustannusinformaation välittyminen rakennushankkeessa. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, automaatio- ja systeemitekniikan osasto.

Kaleva, H. & Leiwo, K. (2006). Elinkaarimallien taloudelliset arviointiperusteet ja analyysit. Helsinki: KTI Kiinteistötieto Oy.

Klemetti, E. & Hyvärinen, K. (2001). Elinkaariliiketoiminta ja talotekniikka. Teoksessa: Talotekniikan elinkaaritarkastelut. Talotekniikan Käsikirja 1. Helsinki: Suomen talotekniikan kehityskeskus TAKE.

Kosonen, R., Laitinen, A., Laine, T. & Martiskainen, V. (1999). Huonekohtaisten talotekniikkajärjestelmien elinkaarikustannukset. VTT Tiedotteita 1947. Espoo: VTT.

Lehtinen, M. (2005). Julkinen ja yksityinen kumppanuus toimitila- ja infrapalveluissa. Helsinki: Efeko Oy.

Myllymäki, O. (2006). Elinkaarikustannuslaskenta kiinteistöliiketoiminnassa. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, konetekniikan osasto.

Pohjolainen, M. (2001). Muuntojoustavuuden kustannusvertailut. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, rakentamistalous.

Pulakka, S. (2005). Ekotehokkaan tuotannon kustannustehokkuus. Ympäristöklusterin tutkimusohjelma 2003–2005. Loppuraportti. Espoo: VTT.

Ripatti, H. (2004). Ilmastoinnin suunnittelun tavoitteet ja sisältö. Teoksessa: Seppänen, O. (toim.). Ilmastoinnin suunnittelu. Espoo: Suomen LVI-liitto.

Tieva, A. & Junnonen, J.-M. (2005). Elinkaaritoteutuksen sopimusoikeudelliset ulottuvuudet. Raportti 231. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, rakentamistalouden laboratorio.

Muuta tausta-aineistoa

Standardit:

- ISO 15686 Buildings – Service life planning. Part 5 – Life Cycle Costing. (www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=39843&scopelist=PROGRAMME)
- CEN/TC 348 Facility Management (www.teknologiateollisuus.fi/standard/aiheet/a348.html)
- NORDTEST Nordic LCC model (www.nordicinnovation.net/nordtest.cfm)

Ohjeistus ja kehitystyö:

* *Elinkaarimallit* (www.asuntotieto.com/elinkaarimallit/)

- Elinkaarimallien taloudellinen päätöksenteko (Kiinteistötalouden Instituutti)
- Elinkaarimallien palvelut ja sopimukset (TKK)
- Elinkaarihankkeen kilpailuttaminen (Asianajotoimisto Hannes Snellman Oy)
- Tilapalveluhankkeiden vaihtoehtoiset toimintatavat (VTT)

* *Talotekniikan tutkimusohjelma*

(<http://websrv2.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/CUBE/fi/etusivu.html>)

- YIT Palveleva Rakennus (YIT Huber Oy)
- Talotekniikan toimivuuden ja energiankulutuksen optimointipalvelu (JP-Talotekniikka Oy)

* *Yleiset tiedot ja ohjeet*

- Rakenteiden elinkaaritekniikka: RIL 216-2001 (www.ril.fi/Resource.phx/tietop/kestava.htx)
- European Commission, Life cycle costs in construction (europa.eu.int/)
- LifePlan-ohjeistus (http://www.vtt.fi/rte/projects/environ/enviro_prj_tuki.htm)
- Rakennusten elinkaarimittarit -projekti, REM (<http://80.81.172.117/>)
 - Lohjan seudun Prisma-hanke (SOK Kiinteistötoiminnot)
 - Kuopion yliopiston Mediteknia II (Senaatti-kiinteistöt)
 - Espoon Niittymaa (Skanska)
 - Finnforest modular office (Finnforest Oy)
- PromisE-ympäristöluokitus (<http://80.81.172.117/>)
- Talotekniikan elinkaaritarkastelut (www.take.fi/julkaisut_elinkaaritarkastelut.htm)
- Rakennusten elinkaarikustannusten arviointimenetelmät. RAKET T608. (www.tekes.fi/ohjelmat/teknologiaohjelmat/)

- INDUCON-rakennuskonseptit ([www.ril.fi/~public/LifeTime/ indu-con.pdf?folderId=~public%2FLifeTime&cmd=download&action=view](http://www.ril.fi/~public/LifeTime/inducan.pdf?folderId=~public%2FLifeTime&cmd=download&action=view))
- Life-cycle-cost optimised wooden multi-storey apartment building (http://www.tekes.fi/ajankohtaista/uutisia/uutis_tiedot.asp?id=343&paluu=)
- ETERA Ekotehokas rakentaminen (<http://www.hietaranta.net>)
- COMBINE – Life-Cycle Costing (<http://elegal.vtt.fi/projects/combine2/combine2.html>)
- NonCore – Kiinteistöjen uusliiketoiminta rakennusteollisuudessa ([websrv2.tekes.fi/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/ Sara/fi/system/projekti.html?id=8009514&nav=Projekti](http://websrv2.tekes.fi/OhjelmaPortaali/Kaynnissa/Sara/fi/system/projekti.html?id=8009514&nav=Projekti))

* *Verkkotieto*

- LCC för Byggverk (www.LCC-bygg.com)
- LIFETIME-verkottumisprojekti (<http://www.ril.fi/lifetime>)
- EUROLIFEFORM-projekti (<http://eurolifeform.dk>)
- Eurostat (<http://europa.eu.int/comm/eurostat/>)
- OPET-BUILDING (www.opet-building.net)

Työkaluja:

Kiinteistön tilat ja ominaisuudet:

- BS-LCB-tuottavuustyökalu (Olof Granlund Oy)
- EcoProp (VTT)
- REKSU (RIL)
- Komartek Kiinteistönpito (Komartek Oy)
- TILA-SUKU ja Optimaze.net (Rapal Oy)
- SeneCost-kokonaisedullisuustuki

Rakennetekniikka:

- Ekometri (Skanska)
- Ekoarvio (NCC)
- BeCost (VTT)
- LC-Window (VTT)

Talotekniikka:

- RETU ja RYHTI (Olof Granlund Oy)
- VTT Talo (VTT)
- Talotekniikan elinkaarityökalut LCA ja LCC (Talotekniikan kehityskeskus TAKE)
- WinEtana (VTT)
- VTT Promain

Kiinteistöhallinto:

- KERKKO-toimintamalli (Projektikonsultit Oy)
- VTT Benchnet
- Kulu – Energiankulutuksen monitorointi suurelle kiinteistömassalle (VTT)

Liite A: Ratkaisuvaihtoehtojen vertailulaskelmia

CubeCost		Sijainti: Espoo	Vaihe: Suunnittelu	Kust.taso: 3/2007	Laatija: Pulakka
Hankinnan kuvaus: Asunnon LTO		Perinteinen (50%)	Regeneratiivinen (70%)		
Elinkaari:		25v	25v		
		Perinteinen (50%)			
TOIMIVUUS					
Käyttöikä (v)					
Lämpöenergian kulutus (MWh/a)					
Sähköenergian kulutus (MWh/a)					
- sähkölaitteet					
- kiinteistösähkö					
- jäähdytys					
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET					
Hankintakustannus		340	420		
Huoltokustannus		60	60		
Kunnossapitokustannus		0	0		
Lämpöenergiakustannusero		170	0		
Sähköenergiakustannus		0	0		
Muu kustannus:		0,00	0,00		
Jäännösarvo		0	0		
Elinkaarikustannus		570	480	0	0
EDULLISUUS					
Lämpöindeksi		1,00			
Sähköindeksi		1,00			
Hankintakustannusindeksi		1,00	1,24		
Elinkaarikustannusindeksi		1,00	0,84		

Elinkaariedullisuus

Indeksi	Perinteinen	Elinkaari
Lämpöindeksi	1,00	1,00
Sähköindeksi	1,00	1,00
Hankintakustannusindeksi	1,00	1,24
Elinkaarikustannusindeksi	1,00	0,84

CubeCost

Sijainti: Espoo

Vaihe: Toteutus

Kust.taso: 3/2007

Laatija: Pulakka

Hankinta: Lamput

Hehkulamppu 60 W

Säästölamppu 15 W

Elinkaari:

10v

10v

TOIMIVUUS

Käyttöikä (v)	1 v	5 v
Lämpöenergian kulutus (MWh/a)		
Sähköenergian kulutus (MWh/a)		
- sähkölaitteet		
- kiinteistösähkö		
- jäähdytys		

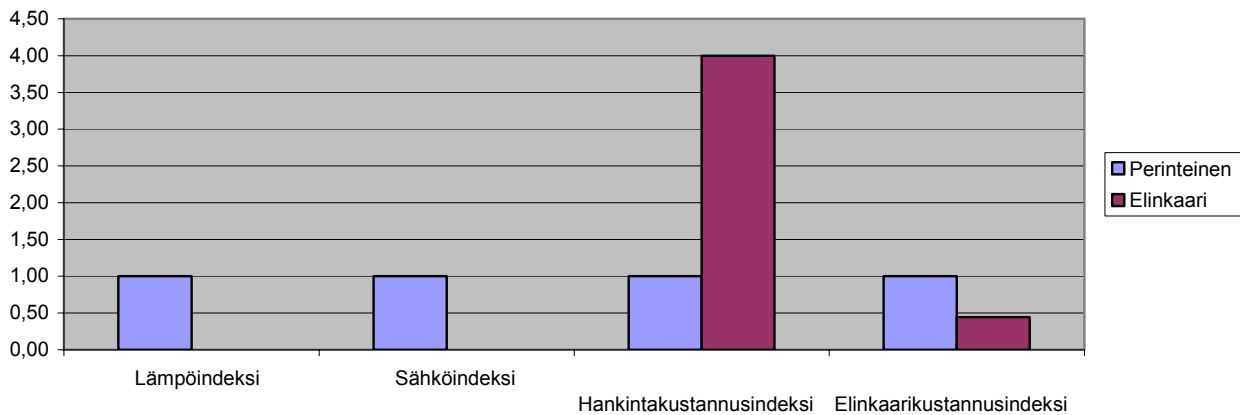
TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Hankintakustannus	1	4		
Uusimiskustannus	10	8		
Kunnossapitokustannus				
Lämpöenergiakustannus	0	0		
Sähköenergiakustannusero	50	15		
Muu kustannus:				
Jäännösarvo				
Elinkaarikustannus	61	27	0	0

EDULLISUUS

Lämpöindeksi	1,00		1,00
Sähköindeksi	1,00		1,00
Hankintakustannusindeksi	1,00	4,00	1,00
Elinkaarikustannusindeksi	1,00	0,44	1,00

Elinkaariedullisuus



Liite B: Esimerkki kustannusperustaisten kriittisten riskien tunnistamisesta

Toimijat

Ti Tilaaaja
Tu Tuottaja
Kä Käyttäjä

Todennäköisyydet

1 Epätodennäköinen
2 Mahdollinen
3 Todennäköinen

Hyöty/Riski	Hyödyn-/Riskinjako	Merkitys ja mahdollinen taloudellinen vaikutus	Todennäköisyys	Riskin hallinta
Aloitus- ja kestoaikataulutuksen pitävyys	Ti, Tu, Kä	Huomattavia kustannus- ja toimintavaikutuksia	2	Realistinen aikataulus
Laadun ja elinkaarilaadun toteutuminen	Ti, Tu	Käyttäjätyytyväisyys, vaurioitumiset	2	Rakentamisenaikainen laadunvarmistus
Tavoitteiden asettamisen onnistuneisuus / investointipäätöksen onnistuneisuus / suunnitteluprosessin kesto	Ti, Tu	Epärealistiset tavoitteet voivat johtaa suunnitteluprosessin pitkään kestoan ja huomattaviin kustannuslylyksiin	2	Vaatimusten hallinta, tavoitteiden realismus
Ennakoidun käyttöiän ja jäännösarvon toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Odotettua aiemmin vanhentunut tekniikka / uusiutuneet käyttäjätarpeet	2	Kelpoisuuden varmistaminen, käyttö- ja huolto-ohjeet
Hankintahinnan hallittavuus	Ti, Kä	Tarpeettoman tiukka kustannuspuite	2	Tarjouspyynnöt, suunnittelun pullonkaulojen tunnistus
Rahoituskustannusten ennakoidun nousu	Ti	Tuottoaste	2	Rahoitussopimus
Lämpöenergiakulutustavoitteiden toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	2	Energialaskenta, opastus, palkkio-sanktio
Sähköenergiakulutustavoitteiden toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	2	Energialaskenta, opastus, palkkio-sanktio
Sisäolosuhdetavoitteiden toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Kunnossapitotarpeet, asiakastytyväisyys, asiakaspysyvyys, tuottoaste	3	Toimivuuden varmistaminen, palkkio-sanktio
Lämmityksen yksikkökustannusten ennakoidun kustannustason nousu	Ti, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	3	Energialoudellisuus, vuokrasopimus
Sähkötariiffien ennakoidun kustannustason nousu	Ti, Kä	Käyttökustannukset, tuottoaste	3	Sähköpörssi, vuokrasopimus
Huoltokustannusten ennakoidun nousu	Ti, Tu	Käyttökustannukset, tuottoaste	3	Huolto-ohjelmointi ja sen toteutumisen seuranta
Kunnossapitokustannusten ennakoidun nousu	Ti, Tu	Kunnossapitokustannukset, tuottoaste, käyttäjätyytyväisyys	3	Vauriomekanismien hallinta, ennakointi ja optimaalinen kunnossapito, markkinaennusteet
Ennakoidun käyttöiän ja jäännösarvon toteutuminen	Ti, Tu, Kä	Odotettua aiemmin vanhentunut tekniikka / uusiutuneet käyttäjätarpeet	2	Kelpoisuuden varmistaminen, käyttö- ja huolto-ohjeet
Toiminnan päätyminen	Ti	Käyttäjä purkaa vuokrasopimuksen	2	Riittävä muuntojousto, asiakkuudenhallinta, kiinteistön kunnossapito

Tekijä(t) Pulakka, Sakari, Heimonen, Ismo, Junnonen, Juha-Matti & Vuolle, Mika		
Nimeke Talotekniikan elinkaarikustannukset		
Tiivistelmä Rakennushankkeiden vaihtoehtoisten toteutusmuotojen arvioinnissa on hahmotettava kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat tekijät kohteen elinkaaren eri vaiheissa. Kohteen pitkä elinkaari sekä sen eri vaiheisiin liittyvä epävarmuus tekevät tästä tehtävästä usein varsin haasteellisen. Elinkaarilaskennalla pyritään ennakoimaan tietyn valitun tai jo olemassa olevan järjestelmän elinkaaren aikana muodostuvia kustannuksia. Elinkaarilaskelmien avulla voidaan huomioida vaihtoehtoisten ratkaisujen elinkaarivaikutukset perinteisen investointipainotteisen päätöksenteon sijaan ja löytää elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto. Tutkimushankkeessa on kehitetty suomalaisiin käytäntöihin soveltuvia laskentatapoja ja niiden käyttöä edistäviä sovelluksia, joita voidaan käyttää elinkaarikustannusten laskentaan, elinkaariedullisuuden määrittämiseen, elinkaarihankintojen ja muiden hankintamallien arviointiin, elinkaariperustaiseen päätöksentekoon sekä tarjousten vertailuun. Sovelluspohjat sisältävät elinkaarihankinnan keskeiset kriteerit: käyttöiän, energiatalouden sekä huolto- ja kunnossapitotarpeet. Sovelluksen avulla määritetään taloteknisen hankinnan hankinta- ja elinkaarikustannukset sekä edullisuus suhteessa perinteiseen hankintaan. Ympäristövaikutuksia ei sovelluksen keinoin lasketa vaan joko hyödynnetään erillistä arviota tai todetaan käyttöikä-, kulutus- ja käyttäjävaikutusten olevan suorassa riippuvuussuhteessa ympäristövaikutuksiin. Laskentapohjat soveltuvat sellaisenaan isolle kiinteistönomistaja- tai rakennuttajataholle sen määrittäessä tilatarpeiden vaihtoehtoisten täyttämiskäytöiden sekä elinkaarilaadun (käyttöikä, energiatalous, muuntojousto) kustannusvaikutuksia ja edullisuutta. Suunnitteluyrityksissä sovelluksia voidaan hyödyntää elinkaarisuunnittelussa ja elinkaarioptimoitujen toteutusratkaisujen elinkaariedullisuuden todentamisessa, kun lähtötiedot perustuvat pääosin yritysten omiin tietokantoihin. Rakennusyrityksessä tavoitteena on sekä kehittää elinkaarioptimoituja rakennuskonsepteja että tarjota esimerkiksi asunnon ostajalle vaihtoehtoisia elinkaariedullisia tuotteita. CubeCost-laskentaperusta on näiltäkin osin käypä vaihtoehto, sillä lähtötiedot perustuvat yritysten omaan seuranta-aineistoon.		
ISBN 978-951-38-6962-5 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 1067
Julkaisuaika Lokakuu 2007	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 58 s. + liitt. 3 s.
Projektin nimi Talotekniikan tulevaisuuden elinkaaripalvelut (CubeNet)		Toimeksiantaja(t) Tekes, yritykset
Avainsanat life-cycle costs, construction industry, life-cycle services, cost efficiency, energy efficiency, procurement models, risks		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

Rakennushankkeiden vaihtoehtoisten toteutusmuotojen arvioinnissa on hahmotettava kokonaistaloudellisuuteen vaikuttavat tekijät kohteen elinkaaren eri vaiheissa. Kohteen pitkä elinkaari ja sen eri vaiheisiin liittyvä epävarmuus tekevät tästä tehtävästä usein varsin haasteellisen. Elinkaarilaskennalla pyritään ennakoimaan tietyn valitun tai jo olemassa olevan järjestelmän elinkaaren aikana muodostuvia kustannuksia. Elinkaarilaskelmien avulla voidaan huomioida vaihtoehtoisten ratkaisujen elinkaari-vaikutukset perinteisen investointipainotteisen päätöksenteon sijaan ja löytää elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto.

Tutkimushankkeessa on kehitetty suomalaisiin käytäntöihin soveltuvia laskentatapoja ja niiden käyttöä edistäviä sovelluksia, joita voidaan käyttää elinkaarikustannusten laskentaan, elinkaari-edullisuuden määrittämiseen, elinkaarihankintojen ja muiden hankintamallien arviointiin, elinkaari-perustaiseen päätöksentekoon sekä tarjousten vertailuun.

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4404
Faksi 020 722 4374

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4404
Fax 020 722 4374

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4404
Fax + 358 20 722 4374
