

OULUN SEUDUN  
AMMATTIKORKEAKOULU



Markku Estola

# **KIINTEISTÖN ELINKAARIKUSTANNUKSET KORJAUSRAKENTAMISESSA**

# **KIINTEISTÖN ELINKAARIKUSTANNUKSET KORJAUSRAKENTAMISESSA**

Markku Estola  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Rakentamisen koulutusohjelma (ylempi amk-  
tutkinto)  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakentamisen koulutusohjelma, ylempi amk-tutkinto

---

Tekijä(t): Markku Estola  
Opinnäytetyön nimi: Kiinteistön elinkaarikustannukset korjausrakentamisessa  
Työn ohjaaja(t): Martti Hekkanen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013  
Sivumäärä: 37 + 3 Liitettä

---

Tämä työn aiheena oli kiinteistön elinkaarikustannukset korjausrakentamisessa. Tavoitteena oli luoda laskentaohjelma, jolla saadaan korjausrakentamisen hankesuunnitteluvaiheen tueksi hankevaihtoehtojen kustannustietoutta. Ohjelma tulee WSP Finland Oy:n käyttöön tukemaan hankesuunnitteluvaiheen palveluja.

Ohjelma tehtiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Laskennan sisältö noudattaa Suomen Rakennusmääräyskokoelman osaa D5, Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Ohjelman laskennallinen sisältö keskittyy energiankulutuksen ja energiatehokkuuden parantamisen ympärille, koska uusi asetus energiatehokkuuden parantamisesta korjausrakentamisessa antaa siihen vaatimuksia.

Ohjelmaan syötettävien lähtötietojen pohjalta saadaan 15 ja 30 vuoden ajanjaksolle korjaushankeen elinkaarikustannukset. Elinkaarikustannusmalleja voidaan tehdä hankesuunnitteluvaiheessa useita ja niitä vertailemalla saadaan selville eri toimenpiteiden aiheuttamat kustannukset. Ohjelman antamat tulokset ohjaavat hankesuunnitteluvaiheessa kustannustehokkaisiin korjausratkaisuihin.

Ohjelma testataan ja se otetaan käyttöön tulevan vuoden aikana projektitöiden yhteydessä. Testaamisen suorittavat WSP Finland Oy:n korjausrakentamiseen erikoistuneet konsultit.

---

Asiasanat:  
elinkaarimalli, korjausrakentaminen, kustannuslaskenta

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, Master of Science

---

Author(s): Markku Estola  
Title of thesis: Life Cycle Costs in Renovation Project  
Supervisor(s): Martti Hekkanen  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2013  
Pages: 37 + 3 appendices

---

The objective of this thesis was to create a program to calculate life cycle costs of renovation projects. The program is will be a part of renovation project management planning. This program gives knowledge of life cycle costs on renovation projects. With this program WSP Finland Inc. can increase its renovation services.

This life cycle cost program uses basic information of the renovation project such as dimensions of buildings and new physical values of renovated building parts. Also renovation costs and energy prices are needed. When calculations are done, results show life cycle costs of renovation project. These results provide information for building owners of the costs of different renovation solutions which help to define the best solution.

Program is based on Finnish building code part D5, Calculation of buildings energy consumption and heating energy needs. Possibility to change energymode and renovation project funding is also included in program.

The testing of this program will be made by WSP Finland engineers. After testing this program will be used by renovation projects managing team and it will provide information of the life cycle costs.

---

Keywords:  
life cycle cost, renovation, renovation costs, project managing

## ALKULAUSE

Näin ylemmän korkeakoulututkinnon valmistuttua haluaisin kiittää työkavereitani Anttia, Peteä, Jormaa, Juhoa ja Jannea hyvistä keskusteluista, joista kehitystyöni aihe, elinkaarikustannus korjausrakentamisessa, on saanut tuulta siipiensä alle sekä uusia näkökulmia. Lisäksi haluaisin kiittää esimiestäni Simo Kettusta, jonka kanssa kehitystyön aihe on todettu tarpeelliseksi ja käyttökelpoiseksi yrityksen toiminnan kehitykseen. Samaan hengenvetoon kiitän WSP Finland Oy:tä tämän opinnäytetyön tekemisen mahdollisuuden järjestämisestä sekä mahdollisuudesta opiskella työn ohella. Haluan myös kiittää vaimoani Tanjaa ymmärryksestä ”pitkittänyttä” opiskelurupeamaani kohtaan. Lupaan, että väitöskirjaa tehdään sitten vain virka-aikana ja siihen menee enintään sama aika kuin meni tähän astiseen opiskeluun kokonaisuudessaan.

Kiitokset myös Oulun yliopiston rakennetekniikan professori Mikko Malaskalle, jonka kanssa olen saanut jakaa ajatuksiani rakennusfysiikasta sekä vanhojen rakenteiden toiminnasta ja niiden korjaamisesta. Keskustelujen kautta esille tulleet uudet näkökulmat ovat avartaneet näkemystäni korjausrakentamisesta. Kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajalleni Martti Hekkaselle osaavasta ja ammattitaitoisesta ohjauksesta sekä asioiden kyseenalaistamisesta, joka laittaa opiskelijan todella miettimään saamiaan lopputuloksia.

Oulussa 1.5.2013

Markku Estola

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
KÄSITTEET	7
1 JOHDANTO	9
2 KORJAUSKOHTEEN HANKESUUNNITTELUVAIHE	11
3 KORJAUSHANKKEEN ELINKAARIKUSTANNUKSET	15
3.1 Elinkaarikustannus korjausrakentamisessa	15
3.2 Elinkaarikustannuksen muodostuminen ja osatekijät	16
3.3 Elinkaarimalli korjausrakentamisessa	17
4 KORJAUSHANKKEIDEN ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA-OHJELMA	20
4.1 Elinkaarikustannusten laskenta	20
4.2 Laskennan perustiedot	21
4.3 Laskennan eteneminen	24
5 LASKENTA-OHJELMAN TESTAUS	27
6 POHDINTA	33
LÄHTEET	36

## LIITTEET:

- LIITE 1     Laskennan lohkokaavio
  
- LIITE 2     Korjauskustannukset laskennassa
  
- LIITE 3     Elinkaarikustannukset laskennassa

## KÄSITTEET

Elinkaarikustannuksilla	tarkoitetaan elinkaaren aikaisia kokonaiskustannuksia, esim. suunnittelu- rakentamis-, ylläpito- ja käyttökustannuksia (1, s. 7).
Elinkaarimalli	tarkoittaa sellaista tilapalvelujen hankinta- ja toimitustapaa, jossa palvelun tuottajalle siirretään yhdellä sopimuksella vastuu ainakin rakennuksen suunnittelusta, rakentamisesta ja kiinteistönpalveluista tietyn ajanjakson ajaksi (1, s. 7).
Energiatehokkuus	on ominaisuus jonka mukaan pienemmällä energiamäärällä pyritään aikaansaamaan suurempi tuotos (2, s. 51).
Hankesuunnittelu	Tutkitaan ja asetetaan rakennushankkeen taloudelliset, toiminnalliset, tekniset ja esteettiset tavoitteet (3, s. 3-4).
Hankeselvitys	Tutkitaan tarveselvitysten perusteella tilatarpeen tai muun rakennustarpeen vaihtoehdot (3, s. 12).
Kiinteistön elinkaari	kiinteistön vaiheet maanhankinnasta ja kiinteistön mahdollisesta rakentamisesta sen hyödyntämisestä luopumiseen. Kiinteistön elinkaari pitää myös sisällään rakennuksiin ja rakennusosiin liittyvät erilliset elinkaaret (2, s. 11).
Kiinteistön ylläpito	on toiminta, jonka tarkoituksena on säilyttää kiinteistön kunto, arvo ja ominaisuudet. Ylläpitoon kuuluvia toimia ovat mm. kiinteistön hoito ja kunnossapito (1, s. 7).
Korjauskustannukset	Kokonaiskustannus, joka koostuu korjaushankkeen materiaali- ja työkustannuksista.

Korjaussuunnitelma	on kunnossapitoa ohjaava tietyn aikavälin suunnitelma, jossa otetaan teknisten ja taloudellisten näkökulmien lisäksi huomioon kiinteistön käyttäjien ja omistajien tarpeet (2, s. 36).
Kunnossapito	on kiinteistön ylläpitoon kuuluva toiminta, jossa kohteen ominaisuudet pysytetään ennallaan uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat ilman, että kohteen suhteellinen laatutaso olennaisesti muuttuu (1, s. 8).
Kunnossapitokustannukset	Kiinteistön ylläpitoon kuuluva kustannus, joka muodostuu kohteen ominaisuuksien ylläpitämisestä (4, s. 9).
Käyttäjä	on rakennuksen vuokralainen tai yleisesti henkilö joka käyttää tiloja
Peruskorjaus	Suurena erillisenä hankkeena toteutettava korjauskenttäminen, jossa useimmiten uusitaan taloteknisiä laitteita ja parannetaan rakenteita (2, s. 40).
Rakennuksen pitoaika	Aikaväli rakennuksen valmistumisesta ensimmäiseen peruskorjaukseen (5, s. 11).
Tarveselvitys	Omistajan tai käyttäjän rakennusta koskevien tarpeiden selvitys (3, s. 12).
Tilaaja	on palvelujen hankkiva taho, joka tekee sopimuksen palvelujen tarjoajan kanssa (1, s. 9).
Vuokralainen	on luonnollinen tai juridinen henkilö, joka hankkii kiinteistön tai sen osan omaan käyttöönsä (2, s. 27).
Ylläpitokustannukset	Ylläpitokustannukset muodostuvat hoitokustannuksista ja kunnossapitokustannuksista (5, s. 19).



# 1 JOHDANTO

Tällä hetkellä korjausrakentaminen kohdistuu enimmäkseen rakennuksiin jotka ovat valmistuneet 1960 1980-luvuilla. Rakennuskanta uusiutuu noin 2 % vuodessa, joten vanhojen rakennusten osuus on mittava. Suomessa on noin 2,5 miljoonaa asuntoa, joista noin puolet sijaitsee pientaloissa. Näistä pientaloista noin 75 % on rakennettu ennen vuotta 1990. (6, s. 3.) Korjausrakentaminen tulee yleistymään tulevaisuudessa ja energiatehokkuuden parantamista korjaushankkeissa vaativan lain (7) vuoksi korjausrakentamisen elinkaarimallien kehittäminen on tärkeää.

Rakennushankkeen vaiheet ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen ja ylläpito. Tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa kiinnittyy suurin osa kustannuksista. Tämän vuoksi hankesuunnitteluvaiheessa on tärkeää vertailla elinkaarimalleja. Hankesuunnitteluvaiheessa käsitellään korjaushankkeen laajuutta, mahdollisia korjausvaihtoehtoja ja kustannuksia. Hankesuunnitteluvaiheeseen on tarjolla työkaluja, joiden avulla eri vaihtoehdot ovat vertailtavissa.

Tässä opinnäytetyössä kehitetään korjausrakentamisen hankesuunnitteluvaiheeseen työkalu, jolla saadaan selville korjausten aiheuttamat elinkaarikustannukset määritetyille ajanjaksoille. Kehitystyön tavoitteena on parantaa hankesuunnitteluvaiheessa tilaajalle tuotettavaa informaatiota. Kehitettävää laskenta-työkalua voidaan soveltaa myös uudisrakentamisessa. Ohjelma tulee WSP Finland Oy:n käyttöön.

Tutkimusmenetelmä on osallistuva, eli sovellus on tehty yleisen investointilaskennan teorian pohjalta. Ohjelman toimivuus testataan kuvitteellisissa kohteissa sekä käytännön töiden yhteydessä.

Ohjelma on pyritty luomaan siten, että sen käyttö ja muokattavuus olisi mahdollisimman helppoa. Korjausrakentamisen kohteiden ollessa hyvinkin erilaisia joudutaan ohjelmaa päivittämään aina esimerkiksi korjausrakentamisen kustannusten osalta, koska kaikkia korjauskustannuksia ei tässä työssä ole mahdollista taulukoida yhdellä kertaa. Lisäksi korjauskustannusten muuttuessa voidaan

muutoksiin reagoida helpommin, kun ne syötetään manuaalisesti ohjelmaan. Lisäksi korjauskustannusten alueelliset erot voidaan helpommin ottaa huomioon kokonaiskustannusten muodostumisessa, kun tiedossa olevat kustannukset voidaan syöttää ohjelman taulukkoon käsin.

## 2 KORJAUSKOHTTEEN HANKESUUNNITTELUVAIHE

Hankesuunnittelussa selvitetään hankkeen toteuttamisvaihtoehdot tilaajan määrittämien tarpeiden pohjalta. Samalla hankkeelle määritetään laajuuteen, kustannuksiin sekä laatuun liittyvät vaatimukset. Tilaajalla on myös useasti näkemys hankkeen aikataulusta, joka myös määritellään alustavasti hankesuunnittelun aikana. Hankesuunnittelun pohjalta tehdään yleensä päätös hankkeeseen ryhtymisestä.

Hankesuunnittelu jaetaan yleensä useampaan vaiheeseen. Nämä vaiheet ovat lähtötietojen hankinta, tarveselvitys, hankeselvitys ja itse varsinainen hankesuunnitteluvaihe. Hankesuunnittelua edeltävissä tarveselvitys- sekä hankeselvitysvaiheissa käsitellään käyttäjien sekä yleensä tilaajan toiveet ja tarpeet hanketta varten. Hankeselvitysvaiheen pohjalta tehdään myös päätös vaihtoehdoista ja hankkeen luonne huomioiden voidaan laatia mahdollisia esisopimus. Hankeselvitysvaiheen jälkeen on hankesuunnitelmavaiheen vuoro. Hankesuunnitelmavaihe käsittää toiminnallisten ja teknisten tavoitteiden tarkentumista sekä hankkeen kustannusten ja aikataulutuksen muodostumista. Hankesuunnitelman pohjalta tehdään lopullinen hankepäätös. (3, s. 12.)

### **Lähtötiedot**

Lähtötietoina hankesuunnittelussa on yleensä kiinteistön käyttöön liittyviä vaatimuksia tai muutostarpeita, havaittujen käyttöön vaikuttavien vaurioiden kunnostukseen liittyviä vaatimuksia sekä yleinen tarve muutoksille. Mikäli kiinteistö on jo olemassa, mutta sen käyttötarkoitusta halutaan muuttaa tarpeiden muuttumisen johdosta, voidaan hankesuunnittelussa tarkastella kiinteistön peruserustusta, jossa kiinteistö muutetaan haluttuun käyttötarkoitukseen parantaen samalla sen teknisiä ominaisuuksia. Toisaalta vaihtoehdona on myös kokonaan uuden rakennuksen rakentaminen. Näiden kahden vaihtoehdon kustannusten muodostumisen vertailulla saavutetaan kiinteistön kustannustehokkuus pidemmälle aikavälille. (3.)

## **Tarveselvitys**

Tarveselvitysvaiheessa selvitetään omistajan ja käyttäjien tarpeita. Tarveselvityksessä on oltava perustelut hankkeen toteutukseen. Tarpeiden selvittäminen voidaan tehdä erikseen tai yhteisesti. Tarveselvityksen pohjalta voidaan aloittaa suoraan hankesuunnitelman tekeminen, mutta useimmiten siirrytään hankeselvitysvaiheeseen. Tarveselvitys sisältää tiedot edeltävistä vaiheista ja päätöksistä, osallistujien tiedot, nykytilanteen kuvauksen, tilahankevaihtoehdot ja niiden perustelut, tilavaatimukset, hankintavaihtoehdot suunnittelu- ja toteutusaikataulut sekä alustavat kustannukset (4, s. 39-40). Tarveselvitys tarkastellaan omistajan sekä käyttäjän näkökulmasta. Omistaja tekee nykyisin harvoin tarveselvityksen, sillä organisaatorakenteessa käyttäjä määrittää mitä tarpeita hankkeelle on (3, s. 14).

## **Hankeselvitys**

Kun tilaaja on hyväksynyt tarveselvityksen, laaditaan hankeselvitys, jossa on esitetty laajuus-, laatu- ja ajoitustiedot tarvesuunnittelun pohjalta (4, s. 39-40). Hankeselvitysvaiheessa tutkitaan lähtötietojen pohjalta tulevia hankevaihtoehtoja. Näissä voidaan tarkastella olemassa olevan kiinteistön korjauskustannuksia ja korjausten aiheuttamia vaikutuksia energiankulutukseen ja sitä kautta kustannuksiin tietyillä ajanjaksoilla. Tällöin voidaan verrata korjattavan rakennuksen kustannustehokkuutta uuden vastaavan rakennuksen kustannustehokkuuteen tai vaihtoehtoisten korjausratkaisujen kustannustehokkuutta toisiinsa nähden. Vertailun pohjalta saadaan tietoa siitä, onko kannattavampaa rakentaa uusi vai peruskorjata vanha rakennus ja millä toimenpiteillä peruskorjaus on kustannustehokkain (3, s. 15-16).

## **Hankesuunnitelma**

Tarveselvityksen ja hankeselvityksen pohjalta laaditaan varsinainen hankesuunnitelma. Hankesuunnitelma laaditaan yhteistyössä hankeen osapuolien kesken. Hankesuunnitelmassa tarkennetaan tarveselvityksen ja hankeselvityksen tiedot. Korjausrakentamishankkeen hankesuunnitteluvaihe voi vaatia jo suunnittelijan osallistumista, lähinnä perustasoisen suunnittelulähtökohtien osalta. Nämä tarvitaan kustannusarviota varten. (3, s. 17.)

Hankesuunnitteluun osallistuvat yleensä tilaaja, hankkeeseen palkattu hankkeen vetäjä, mikäli tilaaja ei hoida hankkeen vetoa itse, suunnittelijat sekä tapauskohtaisesti käyttäjien edustajat (3). Tilaaja toimii hankkeen pääasiallisena rahoittajana ja tulee olemaan yleensä tulevan tai perusparannettavan kiinteistön omistaja. Tilaaja toimii myös rakennuttajana. Rakennuttajalla on huolehtimisvelvollisuus hankkeen onnistumisesta. Tällä tarkoitetaan sitä, että rakennuttajan on huolehdittava, että suunnitelmat ja varsinainen rakentaminen on lainsäädännön mukaista ja laadukasta. (8, s. 10.)

Tilaaja määrittää, minkälainen on uudisrakennuksen tai perusparannettavan rakennuksen tarve ja mihin käyttötarkoitukseen se tulee. Tilaaja voi olla myös jokin instanssi tai järjestö. Myös konsultti voi toimia tilaajan edustajana. Tilaajan edustaja esittelee ratkaisut tilaajalle ja tilaaja tekee varsinaiset päätökset. Tilaaja määrittää myös hankkeen yleisaikataulun, joka tarkentuu hankkeen edetessä. Hankesuunnittelun kokonaisuuteen osallistuvat henkilöt vaihtelevat sen mukaan, onko hankkeen tilaajana yksityinen vai julkinen puoli.

Suunnittelijoista osallistuvat yleensä pääsuunnittelija sekä tarvittaessa hankesuunnitteluvaiheen loppupuolella mukana olevat rakennesuunnittelija sekä LVIS-tekniset suunnittelijat. Hankesuunnittelun alkuvaiheessa mukana suunnittelijoista on yleensä vain pääsuunnittelija. Pääsuunnittelija määrittää tilaajan pyynnöstä suuret linjat suunnittelulle ja tekee tilaohjelman kiinteistöön tilaajan toiveiden ja tarpeiden mukaan. Pääsuunnittelija esittelee tilaajalle luonnoksia erilaisista ratkaisuista. Muut suunnittelijat tulevat mukaan yleensä vasta hankesuunnittelun valmistuttua, jonka jälkeen varsinainen suunnittelutyö käynnistyy.

### **Kustannuslaskenta**

Saatujen hankevaihtoehtojen pohjalta tehdään hankkeen kustannuslaskelmat. Kustannuslaskelmista vastaa usein kustannussuunnittelija, mutta pienemmissä kohteissa kustannuksien muodostumisen voi laskea myös pääsuunnittelija tai tilaajan määrittämä muu asiantuntija (9). Kustannukset muodostuvat rakentamisesta sekä käytöstä aiheutuvista kustannuksista. Uudis- ja korjauskohteiden väliset kustannuserot ovat yleensä suurehkot, uudiskohde on useimmiten kalliimpi. Perusparannettavan kohteen kustannukset jäävät yleensä pienemmiksi, kos-

ka olemassa olevaan rakennukseen tehdään tilaajan vaatimusten mukaiset muutokset. Korjauskohde tulee ensisijaisilta kustannuksiltaan halvemmaksi kuin uudisrakennus, mutta pidemmällä aikavälillä kustannukset voivat kääntyä toisinpäin. Myös käytöstä aiheutuvat kustannukset tulee huomioida hankkeen kokonaiskustannuksiin sen odotetun elinkaaren ajalta.

Hankesuunnittelun pohjalta tehdään päätös hankkeesta. Myönteinen päätös johtaa hankepäätökseen ja rakennussuunnittelun käynnistämiseen. Kielteinen päätös lopettaa projektin. (3, s. 18.)

Korjausrakentamisen hankesuunnitteluprosessi toimii pääosin samalla tavalla kuin uudisrakentamisenkin. Hankesuunnittelu käynnistyy lähtötietojen keräämisellä, jonka jälkeen aloitetaan tarveselvitys ja josta edetään hankeselvityksen kautta varsinaiseen hankesuunnitelmaan (3, s. 22). Uudisrakentamisen hankesuunnitteluprosessi voi olla raskas sellaisenaan toteutettavaksi korjausrakentamisessa. Usein korjaushankkeessa osa hankesuunnittelun vaiheista yhdistetään. Tavallisimmin yhdistettyjä osa-alueita ovat lähtötiedot ja tarveselvitys, koska esimerkiksi taloyhtiökohteissa tarpeiden selvitys ja lähtötietojen hankinta tehdään samassa tilaisuudessa. Pienemmissä projekteissa hankesuunnittelun osuus voidaan tehdä myös suunnittelun yhteydessä.

## 3 KORJAUSHANKKEEN ELINKAARIKUSTANNUKSET

### 3.1 Elinkaarikustannus korjausrakentamisessa

Rakennuksen elinkaaren pituudeksi valitaan usein vähintään 25 vuotta, mutta useimmiten se on 50 vuotta. Valinta perustuu tavallisesti korjausten tavoitteellisiin käyttöikiin, mutta se voi myös perustua lainan takaisin maksuaikaan.

Useimmiten valinta perustuu korjauksen tavoitteelliselle käyttöiälle. Monumentaalisisissa rakennuksissa se voi olla jopa 100 vuotta. Yksittäisten rakenneosien tai laitteiden taloudellinen pitoaika voi olla esimerkiksi vain 10 vuotta. Taloudellinen pitoaika tarkoittaa ajanjaksoa, jolloin rakennus pidetään toiminnan mukaisessa käytössä. Elinkaarimallin avulla lasketaan rakennukselle joko nettonykyarvo tai vuosikustannus, jossa investointiajanjakson pituutena käytetään taloudellista pitoaikaa.

Rakennuksen perusparannuksessa sen kaikkia rakenneosia ei välttämättä uusita. Tällöin rakennukseen jää vanhoja tai osittain kunnostettuja rakenteita tai laitteita, joiden tiheämpi huoltoväli tai uusimistarve vaikuttavat käyttökustannuksiin. Kohteen ja sen parannuksen laajuuden mukaan huoltojen ja energiankulutuksen käyttökustannukset voivat muodostuvat korkeammiksi kuin vastaavan uudiskohteen. Tällöin uudiskohteen rakentaminen muodostuu kustannustehokkaammaksi kuin peruskorjaus. Elinkaarikustannusten muodostumista on hyvä tarkastella hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin saadaan selville eri hankeratkaisujen kustannusten muodostuminen.

Vuosikustannuksia vertailemalla saavutetaan myös tietoa erilaisten korjausvaihtoehtojen elinkaarikustannuksista. Vertailua ei siis välttämättä tarvitse tehdä uudisrakennuksen kanssa, vaan vertailua voidaan tehdä myös erilaisten korjausratkaisujen kesken. Rakentamisen kustannukset ovat olleet nousussa jo jonkin aikaa. Vuoden 2012 tammikuusta vuoden 2013 tammikuuhun nousua rakennuskustannuksissa on tapahtunut 1,8 % (10). Tämän vuoksi elinkaarimallien luominen ja niiden avulla korjaustoimenpiteiden määrittäminen on kustannustehokkuuden kannalta tärkeää. Samalla voidaan tulevaisuudessa syntyvät ylläpitokustannukset ottaa investointikustannusten rinnalla huomioon korjausvaihtoehtoista päätettäessä.

### 3.2 Elinkaarikustannuksen muodostuminen ja osatekijät

Elinkaarikustannukset muodostuvat investointikustannuksista, vuosittaisista hoitokustannuksista, rakennusosille tyypillisistä kunnossapitokustannuksista, toiminnallisista parannuksista aiheutuvista parannustöistä sekä rakennuksen purkamisesta tai sen myynnistä aiheutuvista kustannuksista.

Investointikustannukset muodostuvat korjausrakentamisessa yksittäisistä toimenpiteiden aiheuttamista kustannuksista. Vuosittaisia hoitokustannuksia ovat hallinnointi, yleishoito ja valvonta, lämpö-, sähkö- ja vesihuolto, ulkoalueiden hoito, erikoislaitehuolto ja siivous.

Elinkaarilaskennassa tarkasteluun otetaan yleensä vain investointikustannukset ja ylläpitokustannuksista lämmitysenergian, sähköenergian, käyttöveden ja siivouksen kustannukset. Kunnossapitokustannusten huomioon ottaminen edellyttää taloudelliselle pitoajalle laadittua erillistä suunnitelmaa.

Peruskorjaushankkeessa ei aina paranneta kaikkia kiinteistön osa-alueita, vaan korjataan pelkästään esimerkiksi rakennuksen ulkovaippa ja muut tekniset laitteistot jätetään ennalleen. Korjauskohteen elinkaarikustannusten muodostumiseen vaikuttavat siis suuresti myös uusimattomien laitteiden ja rakenneosien aiheuttamat käyttö- ja huoltokustannukset, joita ei uudiskohteen elinkaarikustannuksissa huomioida. Myös näiden laitteiden tai rakenteiden käyttöiän loppuminen ja sitä kautta uusimiskustannukset tulee huomioida korjausrakentamisen elinkaarikustannuksissa.

Elinkaarikustannukset alkavat kiinteistön hankinnasta. Hankinta tehdään joko rakennuttamalla tai ostamalla valmis kiinteistö. Tällöin elinkaaren kustannuslaskentaan tulee mukaan rahoituksen hankinta ja sen myötä korkokustannukset. Kun rakennus on hankittu, alkaa ylläpidosta koitua kustannuksia. Ylläpidon kustannuksista tavallisimpina mainittakoon energiankulutus, jäte-, huolto- ja mahdolliset tilamuutoskustannukset. Samaan aikaan kiinteistön käyttötarkoituksen mukaisesti myös vuokra- sekä käytöstä aiheutuvat tulot kattavat käytöstä aiheutuneita kustannuksia (5, s. 7).

Elinkaarikustannus korjaushankkeessa muodostuu kahdesta pääosa-alueesta, korjaushinnasta ja ylläpito hinnasta. Korjaushinta muodostuu tehtävän korjauk-



sen laajuudesta ja siihen liittyvistä kustannuksista. Ylläpitokustannus muodostuu sähkö- ja lämmitysenergiankulutuksesta ja muista ylläpitoon liittyvistä kustannuksista, kuten hoito- ja kunnossapitokustannuksista. Myös jäännösarvo tulee huomioida kustannuksissa.

Energian hinnan vaihtelut ovat viime vuosina olleet runsaita ja energian hinta on noussut. Esimerkkinä sähköenergian hinta, joka on noussut vuodesta 2003 tähän päivään noin 60 % (11).

Korjaushankkeessa energianhinnalla on merkitystä, etenkin jos lämmitysjärjestelmiin kohdistuu muutoksia. Elinkaarikustannuksissa tämä tarkoittaa sitä, että lämmitysmuodon vuosihyötysuhde vaikuttaa ostoenergian määrän laskemiseen. Eri lämmitysmuodoilla on erilainen vuosihyötysuhde, jolla kokonaisenergiakulutus jaetaan. Lämmitysmuotojen vuosihyötysuhteita on esitetty muun muassa Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D5 (3). Mitä parempi määritetty hyötysuhde on, sitä pienemmäksi ostoenergian määrä muodostuu.

### **3.3 Elinkaarimalli korjausrakentamisessa**

Korjaushankkeen elinkaarimallien luominen on haasteellista etenkin rakenteiden fysikaalisten ominaisuuksien huomioimisen vuoksi. Uudisrakentamisessa rakenteet tehdään parhaan nykytietämyksen ja hyvän rakennustavan mukaisesti, kun peruskorjattavassa rakennuksessa joudutaan ajoittain turvautumaan monimuotoisiin ratkaisuihin. Tämä johtuu siitä, että korjattavan rakennuksen rakenteet eivät kaikissa tapauksissa sovellu sellaisenaan korjattavaksi nykyisen rakennustavan mukaisesti tai tilaajalla ei ole tarvetta tehdä kokonaisvaltaista peruskorjausta. Tämä ei tarkoita, että korjausrakentaminen olisi laadultaan huonoa tai että tilaajat eivät tiedosta perusparannuksen tuomaa hyötyä, vaan että korjausrakentaminen on kohteesta riippuen erilaista ja tilaajan tarpeet muuttuvat myös sen mukaan. Lisäksi tilaajapuolen taloudellinen tilanne vaikuttaa korjaushankkeen kokonaiskustannuksien muodostumiseen. Tämän vuoksi korjausrakentaminen vaatii sekä suunnittelijaltaan että toteuttajaltaan varsin suuren ammattitaidon ja korjausrakentamisen elinkaarimallin luominen on haasteellista.

Korjattavien rakennuksien rakennusfysikaalisella toiminnalla on suuri merkitys, koska vanhoja rakennuksia ei ole alun perin suunniteltu nykyaikaisten vaatimus-

ten määräämille materiaalivahvuuksille, materiaaleille tai laitteille. Ratkaisut tulee suunnitella siten, että ne ovat toiminnallisia eivätkä ne saa aiheuttaa ongelmia. Peruskorjaushankkeen yksi vaativimpia osa-alueita on energiatehokkuuden huomioiminen hankkeessa. Vuoden 2013 aikana voimaan tulevan asetuksen myötä energiatehokkuuden parantamista tullaan vaatimaan myös korjausrakentamisessa (12). Nämä asetukset huomioidaan myös elinkaarimallin luomisessa, koska laki tulee ohjaamaan tehtävien korjauksien sisältöä. Elinkaarimallissa huomioidaan jatkossa enemmän rakennuksen fysikaalisten ominaisuuksien parantaminen. Myös teknisten laitteistojen, kuten lämmitysjärjestelmien, muutostyöt tulevat huomioitaviksi. Laki määrittää erilaisille korjaushankkeille laajuuden sekä E-luvun, joita ei kuitenkaan korjausrakentamisessa tarvitse noudata, jos toimenpiteiden kannattavuus ei ole riittävän hyvä (12).

Energiatehokkuuden parantamisen yleisohjeena voidaan pitää rakennuksen ulkovaipan lämmöneristeiden uusimista ja lämmitys- sekä LVI-järjestelmän perusparannusta tai uusimista. Näillä toimenpiteillä saavutetaan useimmiten huomattava parannus rakennuksen energiatehokkuuteen. Tämän lisäksi voidaan tehdä muitakin energiatehokkuutta parantavia toimia, mutta useimmiten nämä riittävät ja muodostavat samalla suurimman osan energiatehokkuuden parantamisen kustannuksista.

Useasti uudisrakennus on energiatehokkaampi kuin peruskorjattu rakennus. Peruskorjattu rakennus voi olla elinkaaren vuosikustannuksiltaan uudisrakennusta halvempi esimerkiksi 15 vuoden ajanjaksolla, mutta 30 vuoden kohdalla tilanne voi olla toinen. Suurimmat tähän vaikuttavat tekijät ovat energiakulutus, energian hinta sekä käytettävä energiamuoto. Muina tekijöinä mainittakoon huoltokustannukset, jotka uudisrakennuksissa jäävät useimmiten pienemmiksi kuin peruskorjatuissa.

Tärkeimmät laskentaparametrit elinkaarikustannuslaskennassa ovat laskentakorko sekä taloudellinen pitoaika. Jos taloudellinen pitoaika on lyhyt tai laskentakorko korkea, korostuvat laskennassa investointikustannukset. Jos laskentakorko on alhainen ja taloudellinen pitoaika pitkä, korostuvat laskennassa energiakustannukset.

Kannattaa kuitenkin huomioida, että elinkaarimallinnuksessa on kyse laskennallisesta näkemyksestä. Todellisuudessa rakennuksen kustannuksiin vaikuttavat myös ulkopuoliset tekijät, joita ei voida huomioida elinkaarimallinnuksessa. Näitä ovat mm. talouskriisit, jotka vaikuttavat rahoitus- ja vuokratulokustannuksiin, onnettomuudet, joiden vuoksi korjaus- ja ylläpitokustannukset nousevat, ja sääolot, joiden vuoksi energiaa kuluu enemmän.

## 4 KORJAUSHANKKEIDEN ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA-OHJELMA

### 4.1 Elinkaarikustannusten laskenta

Elinkaaren kustannusten laskennassa voidaan painottaa eri osa-alueita sen mukaan, mitä elinkaarilaskennalla halutaan selvittää. Tässä opinnäytetyössä elinkaarikustannukset halutaan luoda korjausrakennuskohteelle, jolloin kiinteistön teknisiä ominaisuuksia parantavat osa-alueet nousevat esille. Tämän osa-alueen painotus on valittu, koska vuonna 2013 voimaan tuleva laki korjausrakentamisen energiatehokkuudesta tulee vaatimaan energiatehokkuuden parannuksia korjauskohteissa.

Ohjelma ei laskennallisesti ota huomioon uutta lakia korjausrakentamisen energiatehokkuuden parantamisesta. Kuitenkin korjausvaihtoehtojen mallinnuksessa suunnittelijan tulee ottaa huomioon vaadittavat U-arvo muutokset sekä taloteknisten laitteistojen vaatimukset rakennuskohtaisesti. Ohjelmassa mainitaan taulukoinnit lain asettamista vaatimuksista, jotta niiden vertaileminen on laskennan yhteydessä mahdollista ja ne tulevat huomioiduksi. Esimerkkinä mainittakoon, että energiakulutusvaatimuksien taulukosta laitetaan maininta saadun laskennallisen arvon vierelle. Kuitenkin lain antama mahdollisuus sen noudattamatta jättämiseen, taloudellisista syistä tai toteuttamiskelpoisuuden vuoksi, jää suunnittelijan omaan harkintaan.

Tässä työssä elinkaarikustannuslaskentaohjelma toteutettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmalla. Ohjelman sisältö suunniteltiin siten, että se ottaa huomioon mahdollisimman hyvin energiatehokkuuden. Ohjelman käyttäjän on huomioitava rakennuksen vaipan rakennusfysikaalisten ominaisuuksien muuttuminen. Käyttäjän on myös huomioitava, että laskennallisesti mahdolliset hyvät ratkaisut eivät ole aina toteuttamiskelpoisia. Tällöin suunnittelijan on osattava huomioida ratkaisun toteuttamiskelpoisuus laskentojen yhteydessä. Ohjelma ei anna vain tietoa siitä, onko perusparannettu rakennus kustannuksiltaan halvempi kuin uudisrakennus, vaan se antaa tiedon myös siitä, minkälaisia kustannuksia vaihtoehdot hankeratkaisut aiheuttavat.

Ohjelmaa käytetään hankesuunnittelun hankeselvitysosa-alueen työkaluna, jolla saadaan selville vaihtoehtoisten korjausten kustannuksia (3, s. 22). Saaduista vaihtoehtoista tehdään päätös korjauksen kokonaisuudesta jolloin muodostuu varsinainen hankesuunnitelma, jonka pohjalta tehdään hankepäätös.

#### **4.2 Laskennan perustiedot**

Lähtötietoina ohjelma vaatii uusittavien ja korjattavien rakenteiden tai laitteistojen tekniset tiedot, kuten U-arvot, vuotoluvut ja vuosihyötysuhteet. Lisäksi lähtötietoihin syötetään tiedot rakennuksen tyypistä, koska se vaikuttaa muun muassa ilmamäärään ja veden kulutukseen. Energian hintana käytetään tilastokeskuksen antamia arvoja ja vuotuisen energian hinnannousun arvioidaan olevan 2 % normaalin indeksikorotuksen lisäksi. Vaadittavat lähtötiedot ovat esitettynä taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Laskennan lähtötiedot

<b>Kohteen perustiedot:</b>	<b>Uudet U-arvot:</b>
Rakennustilavuus	Ulkoseinät
Kerrosala	Maanvastaiset ulkoseinät
Lämmin nettoala	maanvastaiset alapohjat
Kerroskorkeus	yläpohjat
Huonekorkeus	ikkunat
Lämmin ilmatilavuus	Ulko-ovet
<b>Rakenneosien pinta-alat:</b>	Vaipan ilmanpitävyys
Ulkoseinät	
Maanvastaiset ulkoseinät	
Maanvastaiset alapohjat	
Yläpohjat	
Ikkunat	
-etelä	
-pohjoinen	
-itä	
-länsi	
Ulko-ovet	
<b>IV-laitteen vuosihyötysuhde:</b>	<b>Rakennustyyppi</b>
Tuloilmanvaihdon ilmapirta	<b>Laina-aika:</b>
Paine-ero	<b>Rahoitustarve:</b>
Veden kulutus	
-lämpimän veden osuus	
Asukkaiden lukumäärä	
<b>Astepäiväluku:</b>	
<b>Energian hinta (snt/kWh)</b>	
<b>Sisälämpötila</b>	
<b>Ulkolämpötila</b>	

Taulukossa 1 olevat arvot ovat lähtötietoja, jotka D5-määräysten mukainen energiankulutuksen laskenta vaatii. Uuden korjausrakentamisen asetuksen myötä käsitteistöön lisätään lämmin nettoala, jolla tarkoitetaan ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettua lämmitetyn tilan pinta-alaa. Tätä käytetään laskentaohjelmassa olevan lämpimän huonealan määritteenä. Taulukossa olevilla arvoilla saadaan laskettua vaipan johtumishäviöt, vuotoilman, lämpimän käyttöveden, ilmanvaihdon ja sähköjärjestelmien osuudet energiankulutuksesta sekä laitteistojen ja käyttäjien aiheuttamat hyödynnetyt lämpökuormat.

Peruskorjauksesta aiheutuva kustannustiedot saadaan kustannustieto-ohjelmistosta. Tässä tapauksessa käytetään Klaranet-ohjelmistoa (13). Jos kaikki kustannustiedot syötetään käsin, työmäärä on huikea. Tämä ongelma ratkais-

taan syöttämällä tietoja kohde kerrallaan ja tiedot tallennetaan elinkaariohjelman taulukkoon. Tällöin tiedot ovat uudelleen käyttöä varten valmiina. Suoraa linkitystä kustannustietokantaan ei tehdä tässä vaiheessa, mutta tulevaisuudessa ohjelman kehityksessä voidaan tehdä kustannuksille erillinen tietokanta.

Elinkaarikustannusten mallinnuksessa energiankulutuksen kustannukset lasketaan ohjelman sisään laaditun taulukkolaskennan pohjalta. Laskenta on tehty Suomen rakentamismääräyskokoelman D5-määräysten mukaisesti. Laskenta huomioi ulkovaipasta aiheutuvan energiakulutuksen, ilmanvaihdon energiankulutuksen, vuotoilman aiheuttaman energiankulutuksen, lämpimän käyttöveden energiankulutuksen, käyttösähkön energiankulutuksen sekä sisäiset lämpökuormat, jotka voidaan hyödyntää. Energiankulutuksen laskennassa käytetään D5-aineistossa annettuja valmiita suureita, kuten esimerkiksi ihmisen tuottamaa hyötylämpöä tai käyttösähkönkulutusta bruttoneliometriä kohden. Osan suureista voi muodostaa myös laskemalla ne todellisten tietojen mukaan, mutta tämän mallinnuksen pohjalla käytetään täysin valmiita arvoja. Ominaisarvoja käytetään pääasiassa siksi, koska todellisia arvoja on harvoin saatavilla. Mikäli todelliset arvot ovat saatavilla, voidaan niitäkin käyttää, esimerkiksi käyttösähkön kulutuksen osalta.

Lisäksi lähtötietoina tarvitaan korjaushankkeen laajuudesta aiheutuvat korjauskustannukset sekä muut ylläpitoon liittyvät kustannukset. Ylläpitoon liittyviä kustannuksia muodostuu yleistehtävistä, yleisjohdosta ja valvonnasta, lämpö-, sähkö-, ja vesihuollosta, erityislaitehuollosta, siivouksesta, jätehuollosta sekä ulkoalueiden huollosta. Kunnossapidon kustannuksia ei laskennassa oteta huomioon.

Laiteparannusten ympäristöystävällisyyttä voidaan käsitellä valitsemalla lämmitysmuodoksi esimerkiksi maalämpö, jonka vuosihyötysuhde (2,5) on huomattavasti parempi kuin öljyllä (0,9) tai sähkölämmityksellä (1,0) (14, s. 14). Tällä on suuri vaikutus elinkaaren aikana, etenkin jos kyseessä on rakennus, jonka energiatehokkuutta ei kyetä parantamaan merkittävästi lämmöneristevahvuutta lisäämällä.

Uudisrakentamisen laskentakaavat ovat suunnilleen samat. Energiankulutus lasketaan muutoin samoin, mutta lisänä uudisrakentamisessa tulee huomioida myös E-luvun käyttö energiamuodon valinnassa. Tämä tulee vaikuttamaan suoraan kokonaisenergiankulutukseen ja vieläpä varsin huomattavalla tavalla. Esimerkiksi sähkölämmityksen energiamuotokerroin on 1,7, jolloin 1 kW:n suuruisen lämmitystarve muuttuu 1,7 kW:ksi kokonaisenergiatarkastelussa, kun taas kaukolämmön energiamuotokerroin on 0,7, jolloin muutosta ei juuri tapahdu (15).

Laskentaohjelma erittelee energiankulutuksen osa-alueittain. Energiankulutus jakautuu vaipan, IV-laitteiden, käyttösähkön, käyttöveden ja hyötyenergian osa-alueisiin ja se myös ilmoittaa niiden prosentuaalisen kulutuksen kokonaiskulutuksesta. Saaduilla arvoilla voidaan vertailla eri vaihtoehtojen aiheuttamaa kulu- tusta ja sen jakautumista eri rakenneosille.

Ylläpitokustannukset muodostuvat olemassa olevan tietojen ja tulevan raken- nuksen ylläpidon arvioiden pohjalta. Peruskorjattavan rakennuksen osalta on mahdollista saada tietoa toteutuneista huoltoon ja muihin ylläpitoon liittyvien kustannusten muodostumisesta. Tämän pohjalta voidaan laskea uudet ylläpito- kustannukset, joissa huomioidaan tehdyt perusparannukset. Elinkaarimallinnus- ohjelmassa ylläpitokustannuksissa on myös esitetty energiankulutuksen lasken- ta. Energiankulutus on huomattavin ylläpitokustannuksiin vaikuttava tekijä asuinrakennusten sekä hallien osalta.

Elinkaaren aikaan muodostuvien kustannusten muuttaminen nykyarvoon teh- dään laskentakorolla. Laskentakorkona laskentaohjelmassa käytetään käyttäjän määrittämää arvoa, mallilaskelmissa arvona on käytetty 2 prosenttia.

### **4.3 Laskennan eteneminen**

Elinkaarikustannusohjelma muodostaa lähtötietojen pohjalta elinkaareksi määri- tetyn ajanjakson elinkaarikustannukset kiinteistölle. Laskentaohjelma käyttää lähtötietoja elinkaarikustannuksen muodostamiseen liitteenä 1 olevan lohkokaa- vion mukaisesti. Kiinteistöä koskevien perustietojen syöttämisen jälkeen saa- daan tietoon laskennallinen lämmitys- sekä sähköenergiankulutus sekä osto-



energianmäärä. Tämän jälkeen voidaan ohjelmaan syöttää suunnitellut korjaukset, jolla saavutetaan korjauskustannukset.

Korjattavan rakenneosan yksikkökustannuksesta muodostetaan kokonaiskustannus kertomalla se korjattavan rakennusosan suuruudella sekä korjausasteella. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi ulkoseinän lämmöneristystä parannettaessa valitaan lämmöneristeen asennuksen yksikköhinta, määritetään uusittavan rakennusosan laajuus ja kerrotaan se korjausasteella, joka määräytyy sen mukaan, uusitaanko eriste kokonaan vai jääkö jokin osa vanhasta eristeestä paikoilleen. Tällöin saadaan muodostettua kyseisen osan korjauksen kokonaiskustannus. Korjauskustannusten muodostumisen jälkeen lähtötietoihin voidaan syöttää myös rahoitustarpeen määrä. Rahoitustarpeen määrä on hyvä syöttää vasta, kun hankkeen korjauskustannukset ovat tiedossa.

Ympäristökustannuksia tässä ei huomioida. Mahdollisesta purkamisesta ja jätteistä aiheutuvista kustannuksista voidaan ottaa huomioon korjauskustannuksien yhteydessä. Muihin ympäristöasioista aiheutuviin kustannuksiin, kuten uusiokäytöstä aiheutuvat hyötykustannukset tai myyntikustannukset, jätetään huomioimatta. Ympäristökustannuksien osalta ohjelman käyttäjän on kuitenkin pyrittävä huomiomaan korjausrakentamisen kustannuksiin vaikuttavat haitta-aineet purkutöissä, koska haitta-aineiden purkutöiden toteuttaminen on kustannuksiltaan kalliimpaa kuin tavallisen rakenteen purkutöiden ja ne tulee huomioida nousevina purkukustannuksina. Tämä huomiointi tehdään tiedossa olevien toteutumien mukaan.

Energiankulutuksen ja korjauskustannusten laskennan jälkeen ohjelmaan syötetään ylläpitoon liittyvät kustannukset. Ylläpitokustannuksien määreistä sähkö- ja lämmitysenergian kulutuksen arvot ovat jo valmiina taulukossa. Muiden arvojen osalta syötetään tarvittavat arvot laskentaohjelmaan. Samalla voidaan syöttää ylläpitokustannusten yksikköhintoja, mikäli niitä on tiedossa. Muussa tapauksessa käytetään tilastokeskuksen antamia kustannuksia.

Ylläpitokustannusten syöttämisen jälkeen voidaan tarkastella laskennan muodostamia elinkaarikustannuksia. Elinkaarikustannukset välilehdelle on koottu

elinkaarikustannuksen muodostavat osatekijät, jotta niitä voidaan tarkastella osana kokonaisuutta.

## 5 LASKENTAOHJELMAN TESTAUS

Tässä työssä ohjelman toimintaa tarkastellaan soveltamalla sitä kahteen erilaiseen kohteeseen. Kohteina ovat koulurakennus sekä taloyhtiömuotoinen asuin-kerrostalo, joista tarkastellaan kahta erilaista korjausvaihtoehtoa. Ohjelman vaatimat lähtötiedot on esitetty taulukossa 1 (s. 23).

Varsinainen testaamisen tekevät myöhemmin WSP Finland Oy:n konsultit ja käyttöönotto tehdään testien jälkeen todellisten hankkeiden yhteydessä.

Ensimmäisenä kohteena käytetään koulurakennusta, jonka omistajana toimiva kunta pohtii peruskorjaamista, sen mukanaan tuomia vaihtoehtoisia korjausratkaisuja sekä niiden kustannustehokkuutta. Kohde on pinta-alaltaan 400 m<sup>2</sup> ja sen tilavuus on 1600 m<sup>3</sup>. Lämmintä pohja pinta-alaa on 400 m<sup>2</sup> ja lämmin huonekorkeus on 2,7 metriä. Rakennuksen U-arvot ovat esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Rakennuksen U-arvot

Rakenneosa	Alkuperäiset U-arvot (W/m <sup>2</sup> K)	Uudet U-arvot (W/m <sup>2</sup> K)
Ulkoseinät	0,4	0,2
Maanvastaiset ulkoseinät	0,3	0,3
Alapohja	0,3	0,3
Yläpohja	0,3	0,16
Ikkunat	1,6	1
Ulko-ovet	1,4	1

Kohteeseen uusitaan ulkovaipan lämmöneristeet, ikkunat ja ovet sekä laajemmassa ratkaisussa tehdään lisäksi lämmitysmuodon muutos. Uutena lämmitysmuotona käytetään maalämpöä. Korjausvaihtoehtoina käsiteltiin kaksi erilaista kokonaisuutta, laajempi ja suppeampi.

Laajemmassa vaihtoehdossa julkisivujen vanhat kuorielementit ja eristeet poistetaan ja asennetaan lämpörappausjärjestelmä. Kaikki ikkunat ja ulko-ovet uusitaan ja yläpohjaan asennetaan 200 mm:n lisälämmöneristys. Lämmitysjärjestelmä muutetaan öljylämmityksestä maalämpöön. Laajan korjauksen toimenpideohjelman kustannuslaskenta on esitetty taulukossa 3.

Suppeammassa vaihtoehdossa vain ikkunat ja ulko-ovet uusitaan, julkisivut huolletaan ja yläpohja lisälämmöneristetään sekä öljylämmityskattila uusitaan. Suppean korjauksen toimenpideohjelman kustannuslaskenta on esitetty taulukossa 4.

Korjaushankkeen laina-aikana käytetään 15:tä vuotta, korkona 3 %:a ja lyhennystapana on annuiteetti. Rahoitusasteena käytetään 100 %:a. Elinkaaren aikana muodostuvat kustannukset ovat muutettu nykyarvoon laskentakorolla, joka tässä laskennassa on 2 prosenttia. Hoitokustannusten arvioimiseen käytetään tilastokeskuksen julkaisemaa kiinteistön ylläpidon kustannusindeksiä. Sähkön energianhintana on 5,5 snt/kWh.

Kustannusten muodostuminen molempien korjausvaihtoehtojen laskennassa 15 ja 30 vuoden ajanjaksolle on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 3. Laajan toimenpideohjelman kustannuslaskelma

Toimenpide	Määrä, yks	Hinta, €/yks	Hinta, €	€/brm2
Ulkoseinäelementtien purku ja eristerappauksen asentaminen	500 m <sup>2</sup>	146 €/m <sup>2</sup>	73 340,00 €	183,35
Ikkunoiden uusiminen MSE 15X14M	10 kpl	323 €/kpl	3 230,00 €	8,07
Ikkunoiden uusiminen MSE 15X14M	10 kpl	480 €/kpl	4 800,00 €	12
Ikkunoiden uusiminen MSE 15X14M	10 kpl	207 €/kpl	2 070,00 €	5,17
Ulko-ovien uusiminen 10X21M, lasiaukolla	2 kpl	409 €/kpl	818,00 €	2,05
Ulko-ovien uusiminen 9+3X21M	2 kpl	836 €/kpl	1 726,00 €	4,32
Ulko-ovien uusiminen 9+3X21M, teräsovi	3 kpl	1917 €/kpl	5 751,00 €	14,38
Yläpohjan lisäeristys	400 m <sup>2</sup>	30 €/m <sup>2</sup>	12 000,00 €	30
Lämmitysmuodon muutos	1 kpl	44846 €/kpl	44 846,00 €	112,1
<b>YHTEENSÄ</b>			<b>148 581,00 €</b>	<b>371,45</b>

TAULUKKO 4. Suppean toimenpideohjelman kustannuslaskelma

Toimenpide	Määrä, yks	Hinta, €/yks	Hinta, €	€/brm2
Ulkoseinän kunnostus	500,00 m <sup>2</sup>	57 €/m <sup>2</sup>	28 500,00 €	71,25
Ikkunoiden uusiminen MSE 15X14M	10 kpl	323 €/kpl	3 230,00 €	8,07
Ikkunoiden uusiminen MSE 15X14M	10 kpl	480 €/kpl	4 800,00 €	12
Ikkunoiden uusiminen MSE 15X14M	10 kpl	207 €/kpl	2 070,00 €	5,17
Ulko-ovien uusiminen 10X21M, lasi- aukolla	2 kpl	409 €/kpl	818,00 €	2,05
Ulko-ovien uusiminen 9+3X21M	2 kpl	836 €/kpl	1 726,00 €	4,32
Ulko-ovien uusiminen 9+3X21M, te- räsovi	3 kpl	1917 €/kpl	5 751,00 €	14,38
Yläpohjan lisäeristys	400 m <sup>2</sup>	30 €/m <sup>2</sup>	12 000,00 €	30
Öljykattilan uusiminen	1 kpl	12000 €/kpl	12 000,00 €	30
YHTEENSÄ			70 895,00 €	177,24

TAULUKKO 5. Koulurakennuksen elinkaarikustannukset

	<b>Laaja korjaus</b>	<b>Suppea korjaus</b>
Korjauskustannus	148 581,00 €	70 895,00 €
Lämpöenergiakustannus	15v: 45 198 € 30v: 90 397 €	15v: 157 112 € 30v: 314 224 €
15 vuotta, kokonaiskustannus	776 372,00 €	793 493,00 €
30 vuotta, kokonaiskustannus	1 030 105,00 €	1 104 611,00 €

Tehdyn elinkaarikustannusvertailun perusteella laaja korjaus, jossa tehdään korjauskustannuksiltaan kalliimpi remontti, on jo 15 vuoden aikana tullut kokonaiskustannuksiltaan halvemmaksi kuin suppea korjaus, joka on lähtötilanteessa halvempi.

Elinkaarikustannusten muodostumisessa on havaittavissa, että energiamuodolla on suuri merkitys laskennallisen energiakustannuksen muodostumisessa. Tässä kohteessa vertailussa on öljylämmitys ja maalämpö. Öljylämmityksessä lämmitysenergia on kalliimpaa, jolloin se muodostuu kalliimmaksi vaihtoehdoksi pitemmällä aikavälillä.

Tehdyn laskeman perusteella voidaan sanoa, että laajempi korjaus on taloudellisesti perustellumpi vaihtoehto kuin suppea korjaus. Suppeampi korjaus on toteutuneiden kokonaiskustannusten valossa edullisempi, mutta sen aiheuttama energiakustannus nostaa sen pidemmällä aikavälillä kustannuksiltaan kalliimmaksi kuin laajan korjausvaihtoehdon. Laskennassa huomioiduilla energianhinnoina maalämmön energiakustannukset ovat 63 % pienemmät kuin öljylämmityksen. Vaikka julkisivuihin ei energiamuutoksia tehtäisikään, suositellaan lämmitysmuodonmuutos tehtäväksi.

Tehty laskelma ohjaa päätöksen tekoa hankesuunnitteluvaiheessa. Saadun tuloksen nojalla laskelmien teko jatkuisi muodostamalla malli, jossa huomioitaisiin lämmitysmuodon muutos suppeammassa korjauskokonaisuudessa. Sitä taas verrattaisiin laajemman kokonaisuuden kustannuksiin ja se edesauttaisi päätöksentekoa. Energiatehokkuuden ja lämmitysenergian hintojen noustessa maalämpöratkaisu on edullinen vaihtoehto lämmitykselle. Hankesuunnitteluvaiheessa nämä kaikki vaihtoehdot otetaan huomioon ja hankepäätöstä tehtäessä niistä valitaan tilaajalle soveltuvin. Perustelluin ratkaisu on yleensä elinkaarikustannuksiltaan halvin, mutta sisällöltään laajin ratkaisu.

Tarkastelussa suoritettiin myös herkkyystarkastelu, jossa selvitettiin lähtötietojen vaikutusta lopputulokseen. Herkkyyttä tarkasteltiin laskentakoron, energianhinnan sekä korjauskustannusten muutoksien osalta. Energianhinnan kehityksen vaikutus elinkaarikustannuksiin on suuri. Mikäli energiakustannuksien muodostumisessa käytetään normaalin inflaation lisäksi prosentuaalista korotusta, sillä on huomattava vaikutus energiakustannuksiin pitoaikana. Tämän vuoksi energianhinnan korotusten huomioinnissa tulee tehdä tarkastelua, miten se vaikuttaa elinkaarikustannuksiin rakennuksen pitoaikana. Laskentakorossa ei havaittu tapahtuvan merkittäviä muutoksia pitoajan elinkaarikustannuksissa. Herkkyystarkastelussa tarkasteltiin myös korjauskustannusten muodostuminen ja niiden vertaileminen toteutuneiden kohteiden kustannuksiin.

Korjauskustannusten tietokantoina on käytetty KlaraNet-kustannustietohjelmaa (13) sekä Rakennustieto Oy:n Korjausrakentamisen kustannuksia 2010 kirjaa (16). Näiden kustannuksissa on huomattavia eroavaisuuksia verrattuna toteutuneiden kohteiden vastaaviin kustannuksiin. Pääasiallisesti taulukko hinnat ovat pienempiä kuin toteutuneet. Käytettäessä taulukkokustannuksia, korjausten kustannukset jäävät todellisuutta alhaisemmiksi, mikä aiheuttaa elinkaarikustannuksien muodostumisessa poikkeaman.



## 6 POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli kehittää korjausrakentamisen hankesuunnitteluvaiheeseen ohjelma, jolla saataisiin tietoon kiinteistön elinkaarikustannukset tilaajan määrittelemille ajanjaksoille. Itselleni tämä työn aihe tuli luonnollista kautta eli yrityksen palvelujen kehitystarpeen kautta. Ajatuksen työn sisällöstä minulle antoi silloinen yksikönpäällikkö, joka oli totuttamassa kohdetta, jossa tällaiselle ohjelmalle olisi ollut hyötyä.

Varsinaisesti olen ohjelman laskentaosia tehnyt jo, ennen kuin aloitin ylemmän korkeakoulututkinnon. Yksittäisiä laskentakaavoja yhdistellen ja uusia lisäten olen saanut viimeisen vuoden aikana aikaan halutunlaisen sisällön ohjelmalle. Ohjelman sisältöä kootessani ja rajatessani pääsin tutustumaan Suomen rakentamismääräyskokoelmaan sekä VTT:n sekä muiden elinkaarimalleja tehneiden ja tutkineiden henkilöiden tuotoksiin. Lisäksi myös korjauskustannusten sekä rahoituskustannusten muodostuminen tuli tutuksi ohjelman teon aikana. Yksi haasteellisimpia asioita kustannusten muodostumisessa oli juurikin rahoituskustannusten muodostuminen ja takaisinmaksu annuiteettia eli tasaerämenetelmää soveltaen.

Ohjelma tehtiin Excel-taulukkolaskentaohjelmistoa apuna käyttäen. Varsinainen laskenta toteutettiin olemassa olevia kustannustietoja ja kaavoja hyväksi käyttäen. Korjausrakentamisen kustannuksien lähteenä käytettiin Rakennustieto Oy:n KlaraNet-ohjelmaa sekä toteutuneista kohteista saatuja kustannustietoja. Kokonaisenergiankulutuksen laskenta toteutettiin Suomen rakennusmääräyskokoelman D5 mukaisesti. Hoitokustannusten arviointiin käytettiin Tilastokeskuksen julkaisemia kiinteistön ylläpidon kustannusindeksejä. Näiden lisäksi käytössä on toteutuneiden hoitokustannusten tietous, jota voidaan käyttää lisänä elinkaarikustannusten muodostumisessa.

Ohjelmalla saavutettiin haluttu lopputulos. Alkujaan tavoitteena ollutta kokonaisuutta rajattiin siihen laajuuteen, joka on tällä hetkellä riittävä. Myös rajauksen toimivuutta pystyin testaamaan tässä raportissa esitetyllä mallilla. Ohjelman kehitys ja testaaminen jatkuu projektien yhteydessä. Ohjelmaa käytetään projektityössä hankesuunnitteluvaiheen sekä varsinaisen suunnitteluvaiheen tueksi eri

korjausratkaisujen aiheuttamien kustannusten mallintamiseksi. Tällä saavutetaan uusi palvelukokonaisuus yksiköllemme ja mahdollisuuksien mukaan myös uusia asiakkuuksia. Hankesuunnittelu on tällä hetkellä korjausrakentamishankkeissa yksikössämme suhteellisen tuore palvelu, joten sen kehittäminen tämän ohjelman mukaan tulon myötä on jatkuvaa.

Ohjelman kehittäminen jatkuu projektien yhteydessä. Korjauskohteet ovat hyvin usein toisistaan poikkeavia niin laajuutensa kuin luonteensakin puolesta. Tämän vuoksi ohjelma kehitettiin pitäen silmällä sitä, että sitä voidaan kehittää ja parantaa projektien yhteydessä. Tämän vuoksi ohjelma on tehty Excel-taulukkolaskennalla. Yhtenä suurimpana päivityskohteenä ohjelmassa on kustannustietous. Rakennustietopalvelun hinnastot ovat hyvinkin suuntaa-antavia ja niiden muodostamien yksikkökustannukset poikkeavat jonkin verran todellisesta kustannuksesta. Tämän vuoksi tähän ohjelmaan on mahdollista myös syöttää toteutuneiden korjauskustannusten tietoja, jolloin korjauskustannuksista saavutetaan mahdollisimman tarkka tieto. Tällä hetkellä kustannustietokanta on tässä ohjelmassa hyvin lyhyt, mutta se laajenee tulevien projektien myötä. Mahdollisuuksien mukaan kustannuksista luodaan oma tietokantansa, josta ohjelma hakee kustannustietoja.

Ohjelman tulevana kehitystyötarpeena näen sen kustannustietokannan kehittämisen sekä muiden kustannusten muodostumisen kehittämisen. Ohjelman lähtötietojen kerääminen on pitkälle ohjelman käyttäjän työtä. Sen sisällyttäminen osittain ohjelmaan keventäisi ohjelman käyttöä entisestään ja tekisi siitä helpommin lähestyttävän myös uusille käyttäjille.

Ohjelma ei ota huomioon elinkaaren ympäristökustannuksia eikä myöskään jäännösarvoa. Niiden sisällyttäminen ohjelmaan on tulevaisuuden kehitystyötä. Ympäristökustannukset ovat tällä hetkellä yleisenä puheen- ja huolenaiheena, mutta tähän ohjelmaan niitä ei vielä lisätty.

Korjausrakentaminen on tulevaisuudessa erittäin suuri osa rakentamista ja se on myös haasteellista. Jokainen korjauskohde on vaurioidensa tai tilaajan vaatimusten vuoksi erilainen ja useimmiten korjaamista joudutaan katsomaan useasta näkökulmasta. Energiatehokkuuden parantumisen tullessa mukaan myös

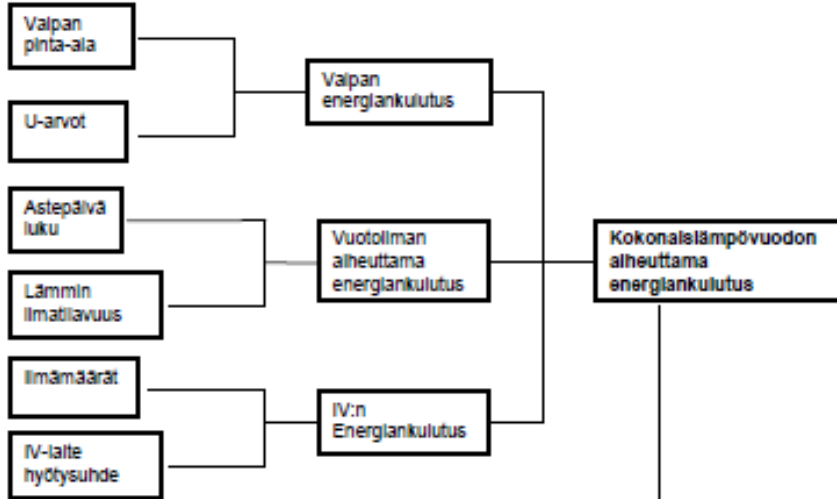
korjausrakentamiseen joudutaan tulevaisuudessa käsittelemään myös korjausten yhteydessä tehtäviä energiatehokkuuden parantamisia. Tämä aiheuttaa nousua korjauskustannuksiin, minkä vuoksi elinkaarikustannusten määrittely on olennaista myös korjausrakentamisessa, etenkin pienissä ja keskisuurissa rakennuksissa.

## LÄHTEET

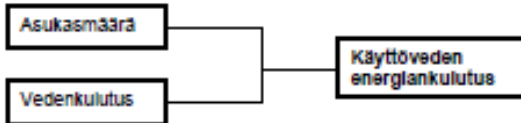
1. Lahdenperä, Pertti – Nykänen, Veijo – Rintala, Kai 2005. Elinkaarimallit. VTT tiedotteita 2315. Espoo:VTT.
2. RAKLI 2012. Kiinteistöliiketoiminnan sanasto, 2. laitos. RAKLI ry.
3. Kujala, Tuire 1999. Tarveselvitys ja hankesuunnittelu nykypäivän rakennushankeessa. Engel rakennuttamispalvelut Oy. Esiselvitys.
4. Rissanen, Anna 2011. Tilahankkeiden suunnittelu- ja toteutusohjeet elinkaarimallilla. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka. Opinnäytetyö.
5. Herrainsilta, Markus 2006. Kiinteistön elinkaarikustannukset. Tampere:Tampereen ammattikorkeakoulu, kiinteistönpitotekniikka. Opinnäytetyö.
6. Paiho, Satu - Kuusisto, Johanna – Stenlund, Olli - Ala-Juusela, Mia 2012. Pientalojen energiaremonttipalvelut. Espoo:VTT.
7. Lakiesitys korjausrakentamisen energiatehokkuudesta lausunnolle. 2012 Ympäristöhallinto. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=412713&lan=fi>. Hakupäivä 8.3.2013
8. RT 18-11004. 2010. Asuntoyhtiön korjaushankkeen kulku. Rakennustieto Oy.
9. Kustannussuunnittelu. Prodeco Oy. Saatavilla: <http://www.prodeco.fi/index.php?p=Kustannussuunnittelu>. Hakupäivä 10.3.2013
10. Rakennuskustannukset nousivat tammikuussa 1,8 prosenttia vuoden takaisesta. 2013. Tilastokeskus. Saatavilla: [http://www.stat.fi/til/rki/2013/01/rki\\_2013\\_01\\_2013-02-15\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rki/2013/01/rki_2013_01_2013-02-15_tie_001_fi.html) Hakupäivä 8.3.2013.

11. Sähköhinta kuluttajatyypeittäin. 2013. Tilastokeskus. Saatavilla: [http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2012/03/ehi\\_2012\\_03\\_2012-12-18\\_kuv\\_005\\_fi.html](http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2012/03/ehi_2012_03_2012-12-18_kuv_005_fi.html) Hakupäivä 8.3.2013.
12. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 2013. Ympäristöhallinto. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=142232&lan=fi>. Hakupäivä 8.3.2013.
13. KlaraNet. Rakennustieto Oy. Saatavilla: <http://www.rakennustieto.fi/index/tietopalvelut/klaranet.html>. Hakupäivä 8.3.2013.
14. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Finlex, Saatavissa: [www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf). Hakupäivä 8.3.2013.
15. Leinonen, Päivi – Mölsä, Seppo 2011. Heinäkuun 2012 energiamääräykset eivät säikäytä. Rakennuslehti 24.11.2011. S. 4
16. Palolahti, Tuomas – Kivimäki, Christian – Koskenvesa, Anssi – Mäki, Tarja – Palomäki, Jenni – Sahlstedt, Satu 2010. Korjausrakentamisen kustannuksia 2010. Rakennustieto Oy.

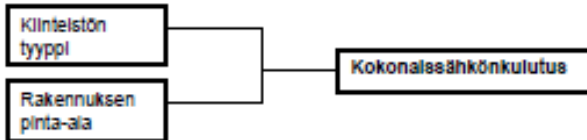
Vaipan kokonaislämpövuodon laskentakaavio



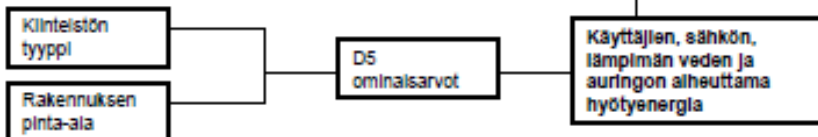
Käyttöveden energiankulutuksen laskentakaavio



Kokonaissähkökulutuksen laskentakaavio

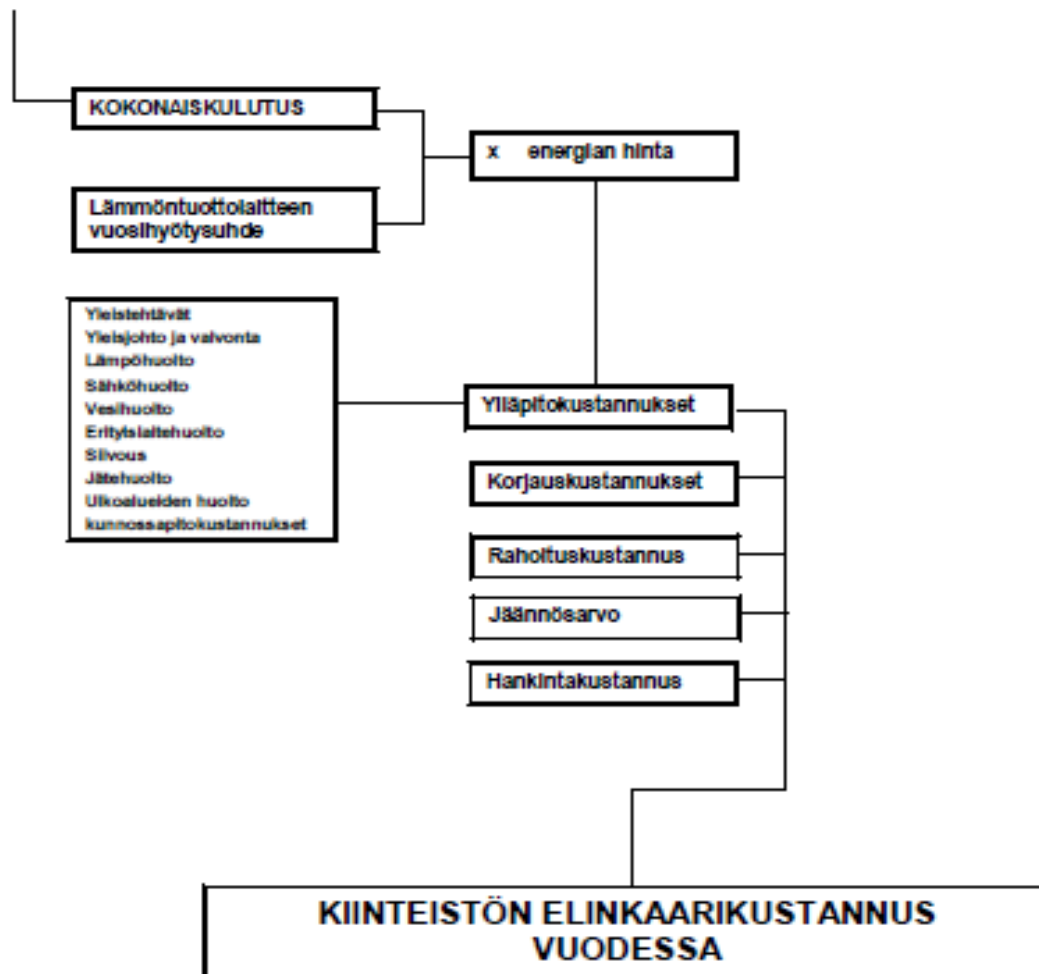


Kokonaishyötyenergian laskentakaavio



**KOKONAISKULUTUS**

Käyttäjien, sähkön, lämpimän veden ja auringon aiheuttama hyötyenergia



Korjauskustannukset		Mallikylän koulu				
Kohde		kpl	korjaus pinta- ala m <sup>2</sup>	korjausaste %	yksikköhinta €/m <sup>2</sup> (alv 0%)	kokonaishinta €/m <sup>2</sup> (alv 0%)
Korjattavat rakenteet:						
Ulkoseinien huolto		1	500	100	57	28500
-		0	0	0	0	0
Yläpohjan lisäeristys, 200mm puhallusvilla+tuulenhajaus		1	400	100	30	12000
Ikkunoiden uusiminen MSE 15x14M		10	1	100	323	3230
Ikkunoiden uusiminen MSE 20x18M		10	1	100	480	4800
Ikkunoiden uusiminen MSE 6x12M		10	1	100	207	2070
Ulko-ovien uusiminen, 10x21M, lasiaukollinen		2	1	100	409	818
Ulko-ovien uusiminen, 9+3x21M,		2	1	100	863	1726
Ulko-ovien uusiminen, 9+3x21M, teräsovi		3	1	100	1917	5751
Öljylämmityksen uusiminen		1	1	100	12000	12000
rakenneosa 11						0
rakenneosa 12						0
rakenneosa 13						0
rakenneosa 14						0
rakenneosa 15						0
rakenneosa 16						0
rakenneosa 17						0
rakenneosa 18						0
rakenneosa 19						0
rakenneosa 20						0
rakenneosa 21						0
rakenneosa 22						0
rakenneosa 23						0
yht.						70895
<b>Hankkeen kok.hinta (alv 24%)</b>						<b>87909,8</b>



<b>Elinkaariikustannukset</b>				
	Laskentakorko 2%	Rahoituskorko 3%	Rahoitusaste 100%	Laina-aika (vuotta) 15
<b>Ostoenergiankulutus:</b>				
Lämpöenergia (Mwh / a)	154	154		
Sähköenergia (Mwh/a)	20	20		
ET-Luku (kWh/bm2/a)	307	307		
ET-luokka				
<b>Elinkaariikustannukset:</b>	<b>15 vuotta</b>	<b>30 vuotta</b>		
Hankintakustannus (mikäli rakennus ostetaan tai uudis rak.)				
Korjauskustannus	87 910	87 910		
Rahoituskustannukset	226 170	452 340		
Hoitokustannukset	412 920	825 840		
Lämpöenergiakustannukset	157 112	314 224		
Sähköenergiakustannukset	20 460	40 920		
<b>Yhteensä (ilman laskentakorkoa)</b>	<b>904 571</b>	<b>1 721 233</b>		
<b>Yhteensä:</b>	<b>672 110 €</b>	<b>950 243 €</b>		