

Harri Hänninen

**1950-LUVUN PIENTALON KUNNOSTUSSUUNNITELMA JA KUSTANNUSARVIO**

# **1950-LUVUN PIENTALON KUNNOSTUSSUUNNITELMA JA KUSTANNUSARVIO**

Harri Hänninen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
Rakennusalan työnjohdon  
tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma, talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Harri Hänninen

Opinnäytetyön nimi: 1950-luvun pientalon kunnostussuunnitelma ja kustannusarvio

Opinnäytetyön nimi englanniksi: 1950 century house renovation plan and estimate

Työn ohjaaja: Matti Toppi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 31 + 2 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia 1950-luvulla rakennetulle pientalolle korjaussuunnitelma ja karkea kustannusarvio. Työssä oli tavoitteena selvittää korjausrakentamiseen liittyviä viranomaisvaatimuksia, haitta-ainekartoituksen ja rakennuslupamenettelyn osalta. Lisäksi tavoitteena oli antaa kyseiselle hankkeelle karkea kustannusarvio sekä arvioida korjauksella saatava hyöty.

Työssä käytettiin U-arvon ja E-arvon laskemisessa apuna D.O.F-lämpöohjelmaa ja eristevalmistajien rakennekirjastoja. Energian säästölaskelmissa käytettiin laskennassa Motivan esimerkistä löytyvää kaavaa. Työmenekin laskemisessa käytettiin Rakennustöiden menekit 2015-kirja. Viranomaisvaatimuksia selvitettiin Oulun rakennusvalvonnan, Työsuojelun ja Finlexin internetsivuilta.

Työn tuloksena saatiin selvitys rakenteiden korjaustavasta, nykyisten ja korjattujen rakenteiden energiatehokkuudesta ja viranomaisvaatimuksista sekä kustannusarvio käytettävien materiaalien ja töiden osalta.

---

Asiasanat: korjaussuunnitelma, energian säästö, U-arvo, kustannusarvio

## **ALKULAUSE**

Tämä opinnäytetyö on tehty Oulun ammattikorkeakoulussa rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelmassa keväällä 2020. Aihe opinnäytetyöhöni tuli eräältä Oulun alueella toimivalta rakennusliikkeeltä. Haluan kiittää Lehtori Matti Toppia opinnäyttyöni ohjauksesta. Haluan kiittää myös Ekovillan rakenne- ja tuoteneuvonnan tuotepäällikköä Ilkka Romppaista avusta.

12.5.2020

Harri Hänninen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 KUNNOSTUSSUUNNITELMAN TAUSTATIEDOT	9
2.1 Kohderakennus	9
2.2 U-arvon laskenta	9
2.3 U-arvon vaikutus	9
2.4 Lämmityksen energiatehokkuuden parantaminen	10
2.5 Korjausrakentamisen hankkeen vaiheet	10
3 1950-LUVUN PIENTALO	12
3.1 Rakenteet	12
3.2 Rakenteiden U-arvot	13
3.3 Lattiarakenne	14
3.4 Ulkoseinärakenne	15
3.5 Yläpohjarakenne	16
3.6 Ikkunat	17
3.7 Ilmanvaihto	17
3.8 Asbesti ja haitta-ainekartoitus	17
3.9 Purkusuunnitelma	18
3.10 Korjausrakentamisen luvanvaraisuus	18
4 KORJAUSTAPA	19
4.1 Työtä edeltävät toimenpiteet	19
4.2 Purkutyö	19
4.3 Rakenteiden uusiminen	19
4.3.1 Lattia- ja seinärakenteen uusiminen	20
4.3.2 Ikkunoiden uusiminen	22
4.3.3 Märkätilat	22
4.3.4 Sisustustyöt	22
4.4 Korjattujen rakenteiden U-arvot	22

4.5 Energian säästö	24
5 KUSTANNUSARVIO	25
6 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	29
LIITTEET	32

## SANASTO

E-arvo on laskennallinen vertailuarvo, joka kertoo, kuinka paljon yksi ikkuna- $m^2$  aiheuttaa lämmitystarvetta vuodessa. E-arvon perusteella määräytyy ikkunan energialuokka. Jos E-arvo on esimerkiksi  $100 \text{ kWh/m}^2, \text{a}$ , yksi neliö tällaista ikkuna aiheuttaa  $100 \text{ kWh:n}$  lämmitystarpeen. (1.)

U-arvo eli lämmönläpäisykerroin on lämpövirran tiheys, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen. U-arvo kuvaa rakenteen lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi rakenteen U-arvo on, sitä paremmin se eristää lämpöä. U-arvon yksikkö on  $\text{W/m}^2, \text{K}$ . U-arvo kertoo, kuinka monta wattia lämpötehoa siirtyy rakenteen läpi yhtä neliömetriä kohden, kun rakenteen yli on yhden lämpötilasteen lämpötilaero. (2.)

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda vanhan 1960-luvulla rakennetun puurakenteisen talon korjaussuunnitelma ja kustannusarvio. Suunniteltujen saneerausten avulla pystytään parantamaan talon energiatehokkuutta, asumisviihtyisyyttä sekä käytettävyyttä. Suunnitellut korjaukset nostavat rakennuksen arvoa ja lisäävät sen käyttöikä. Rakennuksen suunniteltu käyttötarkoitus on vuokra-  
käyttö.

Rakennusta on käytetty asumiseen. Vuokralaiset ovat olleet tyytymättömiä ikkunoiden ja lattioiden viileyteen sekä nurkkien vetoisuuteen kylmillä ilmoilla. Lisäksi edellinen omistaja on aloittanut yläkerran pesutilan purku- ja korjaustyöt. Yläkerran työt ovat jääneet kesken. Energiatehokkuutta rajoittavat lämmitysmuoto, kakasilasiset ikkunat, rakenteiden ilmavuodot ja purutäytteinen alapohja.

Korjausrakentamista ohjaava lainsäädäntö Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) ja sitä täydentävät ympäristöministeriön asetukset 4/13 ja 2/17 ohjaavat energiatehokkuuden parantamiseen (3). Kun ryhdytään rakennus- tai toimenpideluvanvaraaseen korjaus- tai muutostyöhön, on rakennuksen energiatehokkuutta parannettava, silloin kun se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. (3, s. 1–2.)

Opinnäytetyössä ei keskitytä mahdollisiin ja todennäköisiin laho- ja kosteusvaurioihin ja niiden korjaamiseen. Talotekniikan kuntoon tulee kiinnittää huomiota rakenteita purettaessa ja tutkia niiden mahdolliset korjaustarpeet samalla. Näitä asioita voidaan mainita ja sivuta tekstissä.

Työvaiheiden ja materiaalien hintatiedot ovat tarkoitettu vain yrityksen sisäiseen käyttöön eikä liitteinä olevia laskelmia julkaista.



## **2 KUNNOSTUSSUUNNITELMAN TAUSTATIEDOT**

### **2.1 Kohderakennus**

Kohteena oleva pientalo on tyypillinen puolitoistakerroksinen, jyrkkäkattoinen, aikakautensa talo, joka on paikalleen rakennettu aikakaudelleen tyypillisesti. Rakentamisessa on käytetty pääosin puuta ja eristeenä sahan- ja kutterinpurua, jotka ovat olleet helposti saatavilla ja helposti aikakauden työkaluilla käsiteltäviä materiaaleja. Perustus on betonista paikalleen valettu pilari-palkkiperustus. Ulkivuorena on lautaverhous.

### **2.2 U-arvon laskenta**

U-arvo rakenteissa vaikuttaa suoraan rakennuksen lämmitysenergian kulutukseen, koska se vaikuttaa rakenteen läpi kulkeutuvan lämmön määrään. Rankarakenteisen seinän U-arvon laskenta: Lämmöneristeiden lämmönvastukset lasketaan jakamalla eristeen paksuus sen lämmönjohtavuudella, jonka ilmoittaa materiaalin valmistaja. Koska rakenne on epähomogeeninen, on sille laskettava sen erilaisille osille pinta-alaosuudet. Näiden pinta-alojen perusteella lasketaan ylä- ja alalikiarvot ja niiden keskiarvo eli kokonaislämmönvastus. Korjaamaton lämmönläpäisykerroin saadaan jakamalla 1 kokonaislämmönvastuksella. Lopullinen eli korjattu U-arvo saadaan ottamalla huomioon rakenteen korjauskertoimet, tässä tapauksessa käytetään ilmarakojen korjaustekijää  $W / (m^2 \times K)$ . Kun laskettu ilmarakojen korjaustekijä on yli 3 %, se otetaan huomioon korjatun U-arvon laskennassa. Näin saadaan rakenteen korjattu U-arvo. (4.)

### **2.3 U-arvon vaikutus**

Rakennusinsinööriyhdistys on julkaissut vuonna 1949 ohjekirjan, jossa on esitetty asuinrakennusten seinämien U-arvot ja niiden suositeltavat enimmäisarvot. Rakenteiden U-arvo vaatimukset ovat tiukentuneet asteittain siirryttäessä 2020-luvulle. Nykyvaatimusten mukaisten rakenteiden tekeminen olisi ollut mahdotonta 1950-luvun materiaaleilla niin, että rakennevahvuudet pysyisivät kohtuullisissa rajoissa. (5.)

Rakenteiden U-arvon parantaminen parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ja lämmitykseen käytettävän energian tarve pienenee. Rakenteiden U-arvon parantaminen tapahtuu vaihtamalla rakenteissa olevat eristeet nykyaikaisempiin, kasvattamalla rakenteiden rakennevahvuutta sekä parantamalla rakenteen ilmanvuotolukua.

#### **2.4 Lämmityksen energiatehokkuuden parantaminen**

Lämmityksen energiatehokkuutta voidaan parantaa kohtuullisen helposti lisäämällä rakennukseen kahdesta kolmeen ilmalämpöpumppua, joiden avulla saadaan ulkoilmasta lämmitysenergiaa. Ilmalämpöpumpun suorituskerroin eli COP kertoo, kuinka paljon on lämmitykseen käytettävän energian kerroin ulkoilman ollessa +7 astetta celsiusta, eli jos pumpun COP-arvo on 4,5 yhdellä kilowatilla sähköä saadaan 4,5 kilowattia lämmitysenergiaa. Nykyaikaisten ilmalämpöpumppujen COP-arvot ovat tyypillisesti yli 5,0 ja ne pystyvät tuottamaan lämpöä 2,0:n kertoimella vielä -20 celsiusasteessa. Lämpöpumpun ulkoyksikkö ottaa lämmitysenergian talteen ulkoilmasta ja siirtää sen laitteen sisäyksikköön kylmäaineen välityksellä. Lämpöpumpun tuottama lämmitysenergia siirretään rakennuksen sisäilmaan laitteen sisäyksikön avulla. (6.)

#### **2.5 Korjausrakentamisen hankkeen vaiheet**

Tarve korjausrakentamiselle lähtee käyttäjän havaitsemista muutos- ja korjaustarpeista. Hänen tarpeensa muutoksiin määrittelee alustavan korjaus- ja muutostarpeet. (7.)

Seuraavaksi neuvotellaan vaurioista ja korjaustarpeista rakennusalan asiantuntijan kanssa sekä tehdään alustavia arvioita ja suunnitelmia kohteen kunnostamiseksi. Selvitetään mitkä asiat ovat aiheuttaneet vaurioita ja mietitään ratkaisuja niihin sekä etsitään sopivia materiaaleja ja korjaustapoja kyseiseen kohteeseen asiantuntijan kanssa. (7.)

Etsitään kuntoarvioitsija, joka suorittaa kohteeseen kuntoarvion. Kuntoarvion perusteella arvioidaan asiantuntijan kanssa kohteeseen tarvittavat toimenpiteet, niiden laajuus sekä korjaustyönkustannukset. (7.)

Suunnitellaan korjaustyöt huolellisesti käyttäen korjausrakentamiseen erikoistunutta ammattilaista. Suunnittelusta laaditaan kirjallinen sopimus. Lisäksi selvitetään vaativatko suunnitellut työt rakennus- tai toimenpidelupia. (7.)

Laaditaan hankkeelle alustava kustannusarvio ja varataan hankkeelle tarvittava rahoitus. Tutkitaan, onko kohteeseen mahdollista saada korjausavustus. Korjausavustusta saavat esimerkiksi historiallisesti arvokkaat kohteet. Lisäksi on mahdollista saada energia-avustus rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen. Päätetään mahdollisten avustusten hakemisesta. (7.)

Kilpailutetaan korjausrakka useammalla korjausrakentamiseen erikoistuneella urakoitsijalla. Valitaan urakoitsija ja tehdään kirjallinen urakkasopimus, josta käy ilmi tilaajan ja urakoitsijan välinen vastuiden jakautuminen. Tilaaja voi palkata itselleen valvojan, joka valvoo rakennustyön edistymistä ja laatua. (7.)

Urakoitsija toteuttaa rakennusurakan sovitusti ja suorittaa mahdolliset erikseen sovitut lisätyöt. Urakan aikana suoritetaan välitarkastuksia, joissa pystytään havaitsemaan täyttääkö tehty työ asetetut vaatimukset. (7.)

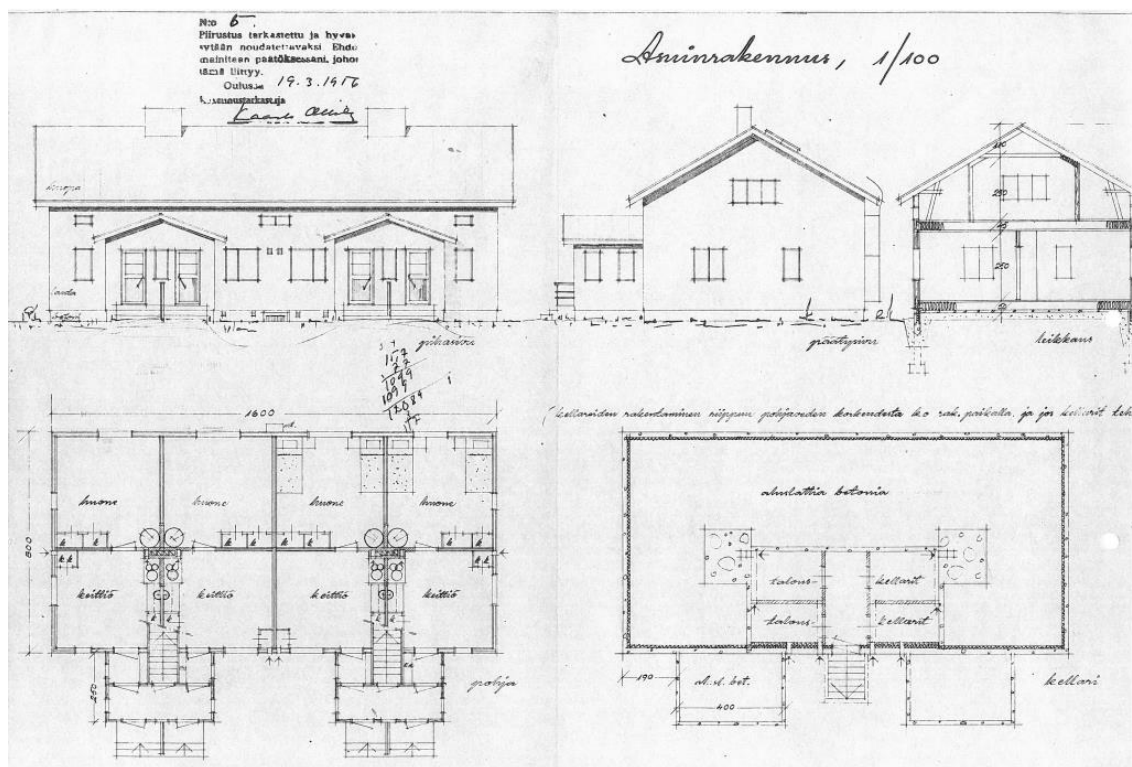
Urakka vastaanotetaan ja tehdään puutelistä urakoitsijalle, jos havaitaan vikoja tai puutteita. Urakoitsija korjaa urakassa havaitut puutteet ja virheet. (7.)

### 3 1950-LUVUN PIENTALO

Tämän opinnäytetyön kohteena on tyypillinen puurakenteinen 1950-luvulla rakennettu puolitoistakerroksinen, kolme huoneistoa sisältävä pientalo. Talo sijaitsee Oulun Kynsilehdossa. Talossa on pieni, huonekorkeudeltaan matala kellari-tila, joka toimii teknisenä tilana.

#### 3.1 Rakenteet

Rakennuksesta on olemassa 1950-luvulla piirretyt rakennuslupakuvat, jotka on esitetty kuvassa 1. Rakennusta ei kuitenkaan ole toteutettu rakennuslupakuvien mukaan. Rakennukseen on tehty useita muutoksia vuosien kuluessa.



KUVA 1. Rakennuslupakuvat (Yrityksen sisäinen lähde.)

Rakennus on perustettu pilari- palkkiperustukselle ja alapohja on aikakaudelle tyypillisesti tuulettuva. Perustukset ovat silmämääräisesti arvioituna tyydyttävässä kunnossa, kiviainesta irronnut paikoitellen, perustusten elämisestä aiheutuvia halkeamia ei kuitenkaan löydetty. Kohteeseen teetetty kuntotutkimus

vuonna 2016. Tutkimuksessa ei löydetty rakenteista kohonneita kosteuspitoisuuksia Lattiana on puurakenteinen, purutäytteinen tuulettuva alapohja. Ulkoseinät ovat puurunkoiset ja purutäytteiset. Ulkoseiniin on tehty lisäeristykset mineraalivillalla ulkoapäin vuonna 2010 ja ulkovuorena toimii pystylauditus. Ikkunat ovat vanhat puukarmiset ja kaksilasiset. Katemateriaalina toimii suoraprofiilinen peltikate. Ilmanvaihto on painovoimainen. Lämmitysmuotona toimii suorasähkö.

Rakennusta on käytetty asumiseen (vuokratyö), vuokralaiset ovat olleet tyytymättömiä ikkunoiden ja lattioiden viileyteen, sekä nurkkien vetoisuuteen kylmillä ilmoilla. Lisäksi edellinen omistaja on aloittanut yläkerran huoneiden ja pesutilan purku ja korjaustyöt. Yläkerran työt ovat jääneet kesken. Taloon on tehty korjauksia ja muutoksia vuosien kuluessa, näistä ei ole tarkempaa tietoa, pois lukien ulkoseinien lisäeristykset vuonna 2010. Silmämääräisesti tarkasteltuna taloon on uusittu lattioiden ja seinien pintarakenteita, keittiöiden kalusteet sekä WC- ja suihkutilat sekä yläkerran yläpohjan sisäpuolinen lisäeristys.

Runkorakenteisiin ei ole tehty muutoksia. Seinäeristeenä toimivat sahanpuru sekä lisäeristykseksi on asennettu mineraalivilla. Lattia eristeenä toimii sahanpuru. Ikkunat ovat kaksilasiset ja puurunkoiset.

### **3.2 Rakenteiden U-arvot**

Eristeiden U-arvot ovat parantuneet merkittävästi 1950-luvulta 2020-luvulle tultaessa. U-arvojen laskennassa käytettiin D.O.F.-lämpöohjelmaa. (8.) Taulukossa 1 on esitetty eristeiden U-arvon kehittymisestä ulkonurkan viivamaisessa liitoksessa eri eristemateriaaleilla.

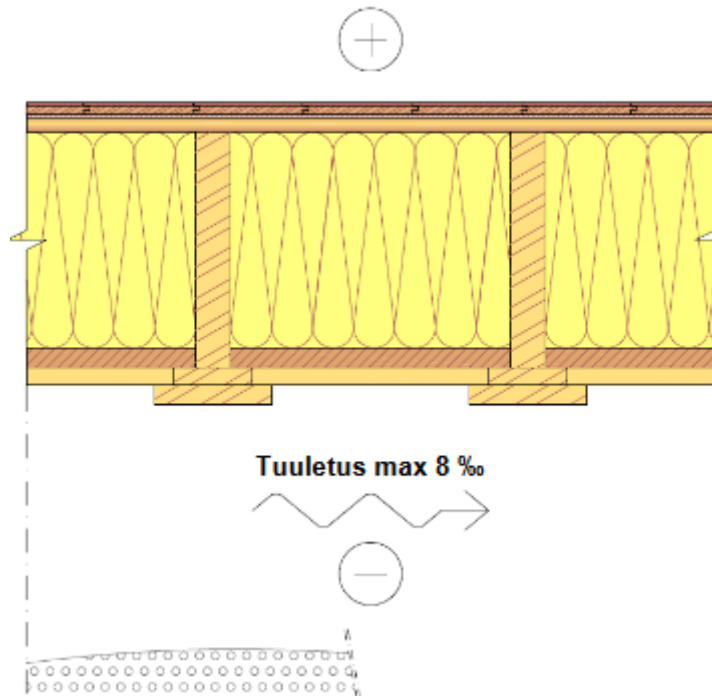
TAULUKKO 1. Ulkoseinän ulkonurkan liitoksen viivamaiset kylmäsillat eri eristysmateriaaleilla ja paksuuksilla vertailtuna. (9, s. 5)

Eristemateriaali	Rakenteen paksuus, mm	Kokonaislämpövirta, W/mK	Viivamainen liisäkonduktanssi, W/mK	Keskimääräinen U-arvo, W/m <sup>2</sup> K
Puru/kutterinlastu 0,07 W/mK  (Alkuperäinen eristemateriaali 1950- luvulla)	125	0,8996	0,0574	0,4498
Mineraalivilla 0,033 W/mK  (Nykyaikainen eristemateriaali)	125	0,5185	0,0616	0,2593
Puru/kutterinlastu 0,07 W/mK  (Alkuperäinen eristemateriaali 1950- luvulla)	250	0,5272	0,0521	0,2636
Mineraalivilla 0,033 W/mK  (Nykyaikainen eristemateriaali)	250	0,2895	0,0460	0,1447

### 3.3 Lattiarakenne

Lattiarakenteena toimii tuulettuva alapohjarakenne eli niin sanottu rossipohja. Lattiarakenne on esitetty kuvassa 2. Rakennekerrokset sisäpinnasta ulospäin ovat laminaatti, eristetila, tervapaperi, aluslaudoitus ja aluslaudoituksen tukilaudoitus. Laminaatin alla on vanha lattialaudoitus. Eristetilassa on purutäyte,

jonka paksuus on 350–400 mm. Lisäksi eristetilassa on lattian kannattajat. Aluslaudoituksen päällä on tervapaperi, joka toimii tuulensuojana sekä estää purutäyteen valumisen ulos rakenteesta.



KUVA 2. Alapohjarakenne (10, s.1.)

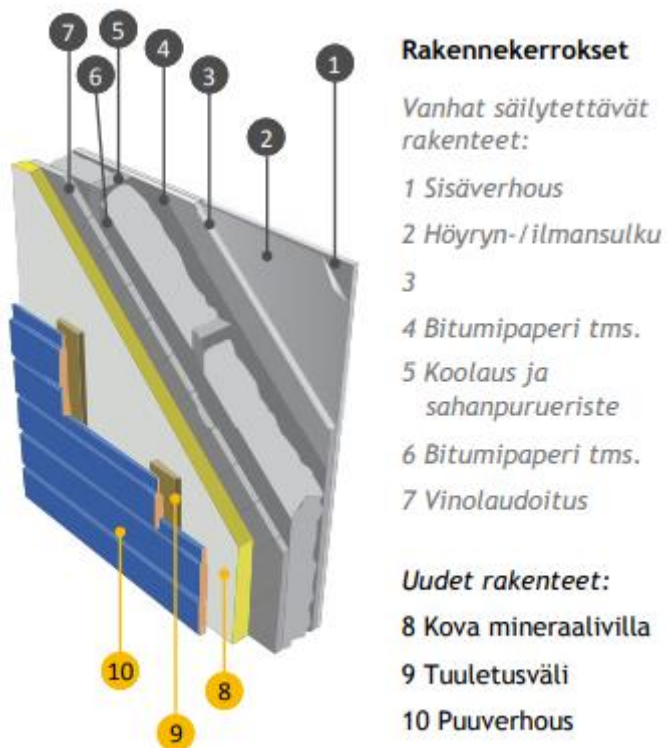
Lattiarakenteen arvioitu U-arvo  $0,19 \text{ W/m}^2$ . Arvioinnissa käytettiin apuna D.O.F-lämpöohjelmaa (8).

### 3.4 Ulkoseinärakenne

Ulkoseinärakenteena toimii rakenne, joka on lisälämmöneristetty kuvan mukaisesti vuonna 2010 kuvassa 3. Rakennekerrokset sisäpuolelta ulospäin ovat sisäverhouslevy, vinolaudoitus, tervapaperi, pystyrunko ja purueriste, tervapaperi, vinolaudoitus, kovamineraalivilla, tuuletusrako ja ulkoverhous. Pystyrungon ja purueristeen arvioitu vahvuus on 125 mm. Tuuletusrako on 25 mm. Ulkoverhouksena toimii vaakapaneeli 20 x 120 mm.

Alkuperäisen seinärakenteen U-arvoksi on arvioitu  $0,59 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . Arvioinnissa käytettiin apuna Rakennustiedon julkaisua Nykyaikaisten rakenteiden lämmöneristyskyky (9).

Seinän kantavan rungon vahvuus on todennäköisesti 125 mm ja se on eristetty purulla. Ulkopintaan on asennettu 50 mm:n paksuinen kova mineraalivillaisäeristys vuonna 2010. Kova mineraalivillaeristys toimii samalla tuulensuojana. Seinän todennäköinen rakenne on esitetty kuvassa 3. Tämän seinän u-arvoksi on arvioitu 0,30 W/(m<sup>2</sup>K). (9.)

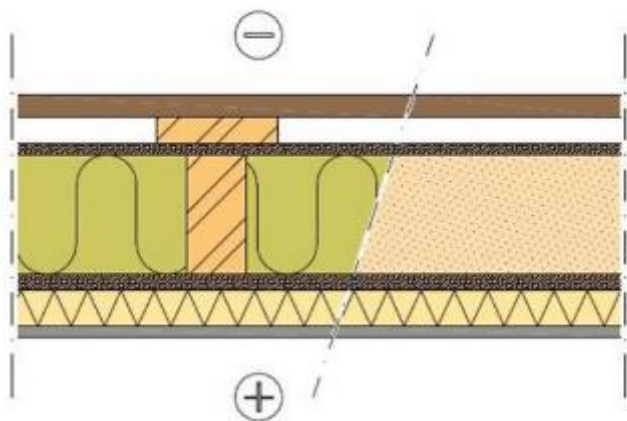


KUVA 3. Ulkoseinärakenne (11)

### 3.5 Yläpohjarakenne

Yläpohjarakenteena toimii korjattu rakenne, jossa eristetilän purueristys on vaihdettu mineraalivillaan ja sisäpuolelle on asennettu 50 mm lisälämmöneristys ja kipsilevy. Yläpohjarakenne on esitetty kuvassa 4. Rakenteen laskennalliseksi U-arvoksi saatiin 0,18 W/m<sup>2</sup>K.





KUVA 4. Yläpohjarakenne (12.)

### 3.6 Ikkunat

Alkuperäiset ikkunat ovat puurakenteiset ja kaksilasiset. Ikkunoiden arvioitu U-arvo on  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ikkunat ovat teknisen käyttöikänsä lopussa. Puurakenteisilla ikkunoilla käyttöikä on noin 30–50 vuotta Tiia Niemisen Turun AMK:n opinnäytetyön mukaan. (13, s. 10)

### 3.7 Ilmanvaihto

Ilmanvaihto talossa on painovoimainen. Poistoilmakanavina käytetään vanhoja muurattuja hormeja sekä yläkerrassa erillisiä poistoilma kanavia. Korvausilma on tullut rakennukseen rakenteiden läpi sekä vanhojen ikkunoiden puitteiden välistä.

### 3.8 Asbesti ja haitta-ainekartoitus

Asbestilla tarkoitetaan kuitumaisia silikaattimineraaleja, joille on yhteistä pölyävyys käsiteltäessä. Asbestille altistuminen aiheuttaa syöpää ja sen takia purkaminen on säädetty luvanvaraiseksi työksi. Asbestia on käytetty tyypillisesti uudis- ja korjausrakentamisessa 1910–1994.

Asbesti- ja haitta-ainekartoituksessa selvitetään, sisältävätkö purettavat rakenteet asbestia tai muita haitta-aineita. Haitta-aineita ovat mm. kreosootti, PCB- ja lyijy-yhdisteet sekä kosteus- ja mikrobivaurioituneet rakenteet. Kartoituksen

avulla selviää pitääkö kohteessa käyttää luvanvaraista asbestinpurkutyötä. (14.) Aluehallintovirasto pitää yllä Asbestipurkutyöluparekisteriä, josta löytyvät luvalliset asbestin purkajat (15).

### **3.9 Purkusuunnitelma**

Purkutyö on aina suunniteltava turvalliseksi ja purkutyön turvallisuussuunnittelu on esitettävä keskeisiltä osiltaan kirjallisena. Tästä vastaa rakennuttaja tai muu taho, joka ryhtyy rakennushankkeeseen. Edellä mainittu taho huolehtii, että rakenne tai purkusuunnittelija laatii purettavista rakenteista purkutyöselostuksen eli purkupiirustukset, varmistaa vanhojen suunnitelmien paikkansapitävyyden, tunnistaa turvallisuusriskejä sisältävät työvaiheet ja ottaa ne esille. Purku-urakoitsija tekee purkusuunnitelmat ja tarvittaessa hyväksyttää ne rakennesuunnittelijalla. (16, s. 11–14.)

Purkusuunnitelmana pienissä ja helppoissa kohteissa voidaan käyttää täytettyä Purkutoimenpiteet ja -sopimus -lomaketta RATU 5009. Lomakkeeseen lisätään purkutyösuunnitelmat. Kyseistä lomaketta voidaan lisäksi käyttää apuna pyydetessä purku-urakoitsijoilta tarjouksia. (17, s. 13.)

### **3.10 Korjausrakentamisen luvanvaraisuus**

Korjausrakentaminen vaatii joissain tapauksissa rakennusluvan. Jos työ on verrattavissa uuden rakentamiseen tai rakennusta laajennetaan tai kerrosalaa lisätään, vaatii se rakennusluvan hakemista. Jos rakennuksen vaippaan tai teknisiin järjestelmiin kohdistuva työ vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen, tarvitaan myös rakennuslupa. (18.) Tämän kohteen osalta täytyy tiedustella rakennusluvan tarvetta Oulun rakennusvalvonnasta. Rakennusluvan tarve on todennäköistä, koska rakennuksen energiatehokkuus muuttuisi.

## **4 KORJAUSTAPA**

Korjaustavaksi valittiin lattian ja seinärakenteiden avaaminen rakennuksen sisäpuolelta. Eristevaihtoehdoiksi valittiin selluvilla rakenteisiin puhallettuna. Ilmansulkuna käytetään ilmansulkupaperia. Lattialevy vaihtoehtoja ovat 18 mm:n OSB-levy sekä 19 mm:n WISA-Kate Plus -vaneri. Molemmille vaihtoehdoille on laskettu eritellyt kustannukset liitteessä 1 ja 2.

### **4.1 Työtä edeltävät toimenpiteet**

Ennen työn aloittamista täytyy talon sähköjärjestelmä tehdä jännitteettömiksi tarvittavilta osin eli korjattavien rakenteiden osalta. Lisäksi vesijohdon pääsulku on suljettava. Korjaus voidaan aloittaa, kun kiinteistönomistaja on toimittanut asbestikartoituksen ja siinä mahdollisesti löytyneisiin kohteisiin on tehty erillinen asbestipurkusuunnitelma (14.)

### **4.2 Purkutyö**

Purkutyöt aloitetaan rakennuksen kiintokalusteiden ja suihkutilojen purkamisella. Seuraavaksi jatketaan ulkoseinien sisärakenteiden purkamisella, joka suoritetaan nykyisen lattian päältä. Seiniltä puretaan sisäpuolen levytys ja tervapaperi. Vanhat purueristeet imetään pois imuautolla.

Purkutyötä jatketaan purkamalla lattian pintarakenteet kauimmaisesta huoneesta ulko-ovea kohti edeten vanhaa lattiaa kulkutienä käyttäen. Seuraavaksi lattian vanha purueriste poistetaan imuautolla.

Kun edeltävät purkutyöt on saatu päätökseen, tarkastetaan mahdolliset laho- ja kosteusvauriot sekä suunnitellaan niiden vaatimat korjaustyöt. Lattiassa ja seinissä sijaitsevat talotekniikan osat ovat tässä vaiheessa tarkastettava ja tarvittaessa vaihdettava.

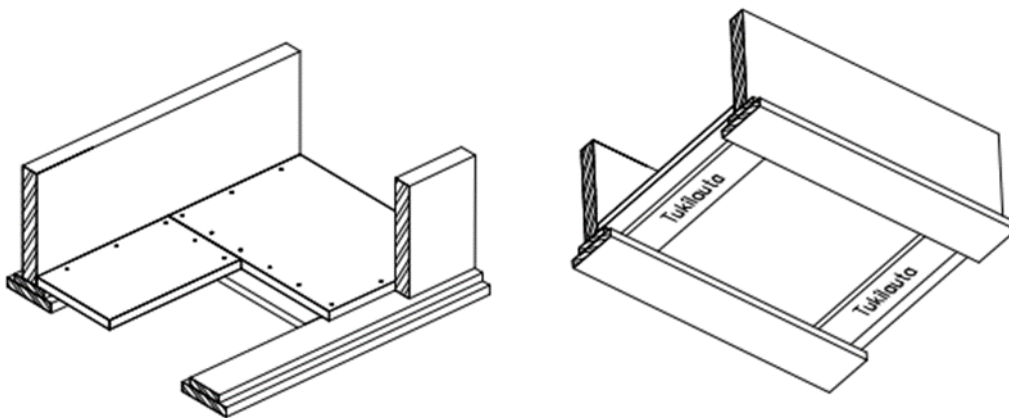
### **4.3 Rakenteiden uusiminen**

Seuraavaksi aloitetaan varsinainen eristeiden- ja ilmansulunasennustyö. Työ suoritetaan noudattaen eristevalmistajan ohjeita (19).

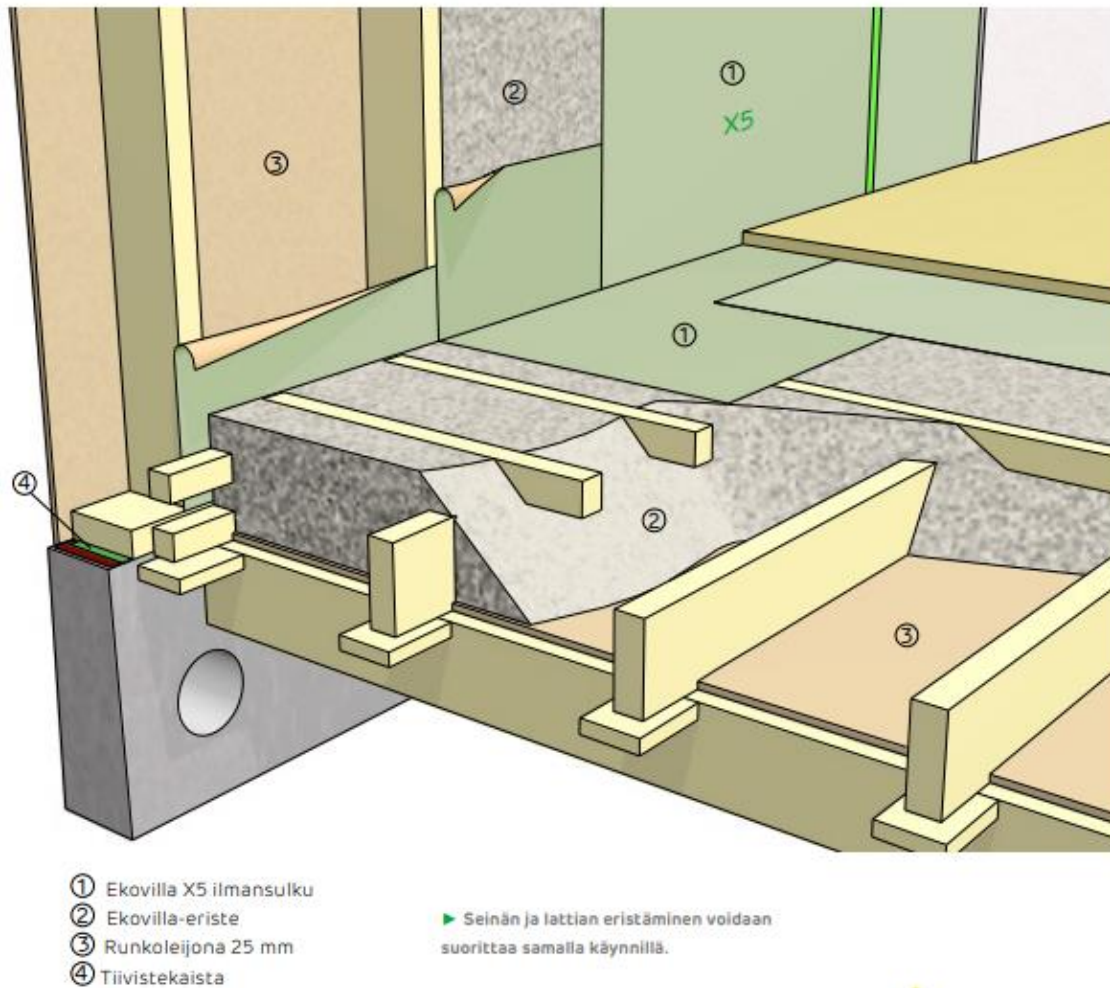
### 4.3.1 Lattia- ja seinärakenteen uusiminen

Työ aloitetaan asentamalla 25 mm:n Runkoleijona-levy lattianiskojen väliin tuulensuojaksi, kuten kuvassa 5 on esitetty. Seuraavaksi keskitytään seinän ja lattian liitoskohtiin. Puhallettavaa selluvillaa käytettäessä voidaan seinän alaosan ilmansulkupaperi asentaa ennen seinävillan puhallusta. Ilmansulkupaperin liittymiin ja läpivientien tiivistyksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta saadaan ilman hallitsematon kulku rakenteessa pysäytettyä (kuvassa 6 merkittynä numerolla 1).

Seuraavassa vaiheessa asennetaan seinä- ja lattiaeristeet puhallusvilla Ekovilla eristyksenä (kuvassa 6 merkittynä numerolla 2). Puhallusvillan ruiskutus- ja puhallusasennuksesta huolehtii villan toimittaja.



*KUVA 5. Lattianiskojen tuulensuojalevy (10, s. 1)*



*KUVA 6. Uusi alapohja- ja seinärakenne (20)*

Tämän jälkeen asennetaan lattian ilmansulkupaperi sekä lattialevyt. Lattialevyinä voidaan käyttää 18 mm:n OSB-levyä tai 19 mm:n WISA-Kate Plus -vaneria. Levyt asennetaan valmistajan ohjeita noudattaen (21).

OSB- ja vanerilevyt kiinnitetään asennuspaikkaan nautoilla tai ruuveilla. Naulojen pituuden on oltava vähintään kolminkertainen levyn paksuuteen nähden. Ruuvien pituuden on oltava vähintään kaksi ja puoli -kertainen levyn paksuuteen nähden. Naulojen tai ruuvien välin tulee olla maksimissaan 150 mm. Vanereiden asennuksessa vierekkäisten levyjen saumat eivät saa olla samalla kohdalla siten, että saumat muodostavat ristikuvion.

Lattian levytyksen jälkeen aloitetaan seinien eristystyö selluvillan ruiskutusasennuksena. Ruiskutusasennuksen suorittaa eristeen toimittaja. (22.)

Seinäeristyksen jälkeen asennetaan ilmansulkupaperi seiniin. Ilmansulkupaperin asennuksessa noudatetaan eristetoimittajan ohjeita kuivumisajoista (22). Ilmansulkupaperin asennuksen jälkeen asennetaan sisäpuolen kipsilevyt valmistajan ohjeita noudattaen. Märkätiloissa käytetään Gyproc Märkätilalevyä GRI 13. (23.)

#### **4.3.2 Ikkunoiden uusiminen**

Kipsilevyjen asennuksen jälkeen aloitetaan ikkunoiden vaihtotyö ikkuna kerrallaan purkaen ja uusi ikkuna aukkoon asentaen. Purkutyössä käytetään apuna akkukäyttöistä puukkosahaa. Ikkunoiden sisäpuolen listoitukset asennetaan vasta, kun sisäpuolen seinäpinnat on tasoitettu ja maalattu valmiiksi. Uudet ikkunat asennetaan valmistajan ohjeita noudattaen (24).

#### **4.3.3 Märkätilat**

Tämän jälkeen suoritetaan märkätilojen vesieristys ja laatoitustyöt valmistajan ohjeita noudattaen. Näissä töissä tulee huomioida, että vesieristyksessä ja laatoituksessa käytetään saman valmistajan tuoteperhettä pohjasta pintaan asti. Lopuksi suoritetaan sisäseinäpintojen tasoite- ja maalaustyöt.

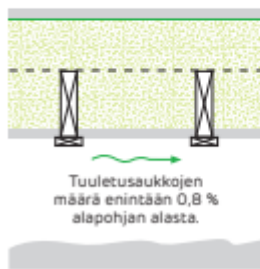
#### **4.3.4 Sisustustyöt**

Maalaustöiden jälkeen asennetaan purkutöissä irrotetut kiintokalusteet takaisin sekä tehdään mahdolliset talotekniikka-asennukset. Lopuksi asennetaan valittu lattiapinnoite ja listoitukset.

### **4.4 Korjattujen rakenteiden U-arvot**

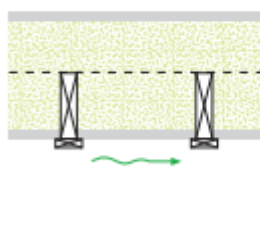
Korjatun lattiarakenteen U-arvoksi saatiin  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . U-arvo saatiin interpoloimalla se kuvan 7 taulukossa esitettyjen lattiarakenteiden arvojen väliltä. Materiaalivahvuus asettuu taulukossa esitettyjen materiaalivahvuuksien välille. Seinärakenteen korjatuksi U-arvoksi saatiin  $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  käyttämällä apuna Ekovillan lisäeristyslaskuria. Lisäeristyslaskuri on esitetty kuvassa 8. Ikkunoiden toimittajan ilmoittama U-arvo on  $0,94 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

## ALAPOHJA



Alapohja, ryömintätilaan rajoittuva

	Lämmin tila
U-arvo W/m <sup>2</sup> K	<b>0,17</b>
Sisäpuolinen rakenne	Lattialauta 28 mm
Ilmansulku	Ekovilla X5 ilmansulku
Eriste	Ekovilla 250 mm
Tuulensuoja	Runkoleijona 25 mm



Alapohja, ulkoilmaan rajoittuva

	Lämmin tila
U-arvo W/m <sup>2</sup> K	<b>0,09</b>
Sisäpuolinen rakenne	Lattialauta 28 mm
Ilmansulku	Ekovilla X5 ilmansulku
Eriste	Ekovilla 490 mm
Tuulensuoja	Runkoleijona 25 mm

KUVA 7. Alapohjan U-arvot (25.)

Täytetyt tiedot	
Nykyinen U-arvo	0.51 W/m <sup>2</sup> K
Rakenteen koko	250 m <sup>2</sup>
Energian hinta	0.0423 €/kWh
Eriste	Ekovilla SE
Uusi U-arvo	0.22 W/m <sup>2</sup> K
<b>SÄÄSTÖSI VUODESSA</b>	<b>478 €</b>
<b>TAKAISINMAKSUAIKA</b>	<b>7 VUOTTA</b>

KUVA 8. Ekovillan lisäeristyslaskuri (26.)

## 4.5 Energian säästö

E-arvolla ilmoitetaan rakenneosan energian kulutus neliöltä per vuosi. Mitä pienempi E-arvo on, sitä parempi on energiatehokkuus. U-arvo kertoo, kuinka paljon rakenneosa läpäisee lämpöä  $W/(m^2K)$ . Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on lämmöneristävyys. Energian säästö laskettiin kaavalla:

Rakenteen pinta-ala x (vanhan rakenteen E-arvo – uuden rakenteen E-arvo)  
= kWh

Ikkunat:  $22,56 \text{ m}^2 \times (320 \text{ kWh/m}^2, \text{a} - 76 \text{ kWh/m}^2, \text{a}) = 5504,64 \text{ kWh}$

Lattia:  $154 \text{ m}^2 \times (25 \text{ kWh/m}^2, \text{a} - 16,9 \text{ kWh/m}^2, \text{a}) = 1401,4 \text{ kWh}$

Seinät:  $267 \text{ m}^2 \times (40,3 \text{ kWh/m}^2, \text{a} - 26,4 \text{ kWh/m}^2, \text{a}) = 3711,3 \text{ kWh}$

Rakenteiden muutoksilla yhteensä saavutettava laskennallinen energian säästö olisi vuosittain 10617,34 kWh. Tämän hetkisen sähköenergian- ja siirtohinnan mukaan (11,35 senttiä/kWh) saatiin laskennalliseksi säästökseen vuodessa 1209,32 euroa.



## 5 KUSTANNUSARVIO

Tämän opinnäytetyön yhteydessä tehtiin kohteen korjaustöistä kustannusarvio. Kustannusarvio antaa suuntaa-antavan arvion hankkeeseen suunniteltujen töiden ja materiaalien kustannuksista kiinteistön omistajalle.

Kustannusarvio perustuu tehtyyn korjaussuunnitelmaan. Työvaiheet ja työ- sekä materiaalikustannukset on eritelty taulukoissa, jotka on esitetty liitteenä.

Kustannusarvion laskemisessa on käytetty töiden osalta kirjaa Talorakennusteollisuuden Rakennustöidenmenekit 2015. Kirjasta Ratu KI-6026 löytyvät seikka-peräiset ohjeet laskentaa varten. (27.)

Materiaalien kustannukset laskettiin laskettujen menekkien ja saatujen tarjousten mukaan. Liitteessä 2 on esitetty materiaalivalintojen vaikutukset hankkeen materiaalikustannuksiin, joista voitiin havaita, että sopivien materiaalien käytöllä voidaan materiaalikustannuksia pienentää alkuperäisestä noin 20 %:lla. Työkustannukset laskettiin mitattujen alojen sekä kappalemäärien mukaan. Kustannusarvion teko aloitettiin erittelemällä työvaiheet. Seuraavaksi laskettiin jokaisen työvaiheen sisältämä suoritemäärä. Tämän jälkeen käytettiin kirjan Rakennustöidenmenekit 2015 kaavaa, josta saatiin suoritemäärän perusteella tehollinen aika T3 ja työvaiheen lisäajat TL3. Tehollinen työaika T3 kerrottiin työvaiheen lisäaikakertoimella TL3 ja tulokseksi saatiin työvaiheen kokonaisaika T4. Kokonaisajan muodostuminen on esitetty kuvassa 9.

Perusaika T1	Menetelmän lisäaika TL1	Työvuoron lisäaika TL2 Alle 1,0 tunnin keskeytykset	Pelivarat TL3-aika
Menetelmäaika T2			
Tehollinen aika (työvuoroaika) T3		Pienet erilliset työvaiheet (T3p) ja työehtosopi- muksen mu- kaiset taudit	
Kokonaisaika (työnvaiheaika) T4			

KUVA 9. Kokonaisajan muodostuminen (27, s. 8.)

Purueristeiden poisto imuautolla seinistä ja lattiaista on kallein työvaihe. Sen osuus töistä on 36 % sisältäen kaksi asentajaa, käyntikertaveloitukset ja jätemaksut. Toiseksi suurin osuus töistä n. 22 % on ikkunoiden uusiminen sisältäen purkamisen, listoitukset ja pellitykset. Laskelmat on esitetty liitteessä 1.

Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin korjaussuunnitelma ja karkea kustannusarvio. Nämä antavat omistajalle pohjaa arvioida tulevia toimenpiteitä rakennuksen tulevaisuuden suhteen.

## 6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda 1950-luvun taloon korjaussuunnitelma ja karkea kustannusarvio. Korjaussuunnitelman tavoitteena oli suunnitella rakennukseen rakennuksen käyttäjien havaitsemat puutteet ja epäkohdat korjauvat toimenpiteet. Kustannusarvion tarkoituksena oli antaa kohteen töille ja tarvikkeille karkea hinta.

Kohteeseen oli tehty kuntoarvio jo aikaisemmin ja sitä käytettiin apuna arvioitaessa kohteeseen tarvittavia muutoksia ja parannuksia. Kohteen muutostöitä suunniteltaessa otettiin huomioon rakennuksen iän tuomat haasteet uusien rakenteiden toimivuudessa. Rakenteiden toimivuuden takia päädyttiin käyttämään ekovillaa ja ilmansulkupaperia, jotka mahdollistavat rakenteen hengittävyuden ja sisäilman kosteuden vaihteluiden tasaamisen.

Rakenteita suunniteltaessa pyrittiin varmistamaan rakenteiden toimivuus ja niiden hyvä lämmöneristävyys sekä ilmanvuotoluvun pienentäminen. Näillä parannuksilla pystytään parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta ja käyttömukavuutta huomattavasti. Ilmanvaihto päätettiin jättää painovoimaiseksi, koska koneellinen ilmanvaihto olisi näin vanhassa talossa aiheuttanut riskin hallitsemattomasta korvausilman tulosta rakenteiden läpi ja aiheuttanut riskin rakenteiden kosteusvaurioon. Hallittu korvausilman saanti on varmistettava ilmanvaihdon toimivuuden varmistamiseksi. Tässä tapauksessa päädyttiin ikkunoihin asennettaviin raitisilmaventtiileihin.

Vaikka tähän aiheeseen ei perehdytty opinnäytetyössä muutamaa mainintaa enempiä niin ilmalämpöpumpuilla voidaan parantaa rakennuksen lämmityksen energiatehokkuutta, koska kyseessä olevassa rakennuksessa on käytössä suoravirta. Ilmalämpöpumpuilla voidaan vuodessa lämmitykseen käytettävän sähköenergian määrää vähentää jopa 50 %. Tätä asiaa kannattaa omistajan miettiä, jos se päättyy aloittamaan kohteessa suunnitellut korjaustyöt.

Näin iäkkään talon korjauksessa tullaan todennäköisesti kohtaamaan yllätyksiä rakenteita purettaessa ja niiden aiheuttamiin lisätöihin ja kustannuksiin tulee varautua hankkeeseen ryhtyessä. Tämän asian arvioinnissa auttoi kymmenien vuosien työkokemus rakennusosalta.

Työn tuloksena saatiin karkea kustannusarvio ja korjaussuunnitelma, jotka antavat omistajalle pohjaa arvioida tulevat toimenpiteet rakennuksen tulevaisuuden suhteen. Vaihtoehtoina ovat rakennuksen ennalleen jättäminen, kunnostaminen tai sen purkaminen ja korvaaminen uudella. Asiaa pitää tarkastella useammalta näkökulmalta ja miettiä ainakin nykyisen ja mahdollisen uuden rakennuksen käytettävyyttä, vuokrattavuutta, tuottavuutta sekä jälleenmyyntiarvoa.

Korjaussuunnitelmaa tehtäessä pyrittiin valitsemaan kohteeseen sopivat lisäeritykset, rakenteet ja tuotteet, jotka mahdollistavat kustannustehokkaan työskentelyn ja ovat energiatehokkaita sekä rakenteina toimivia. Mielestäni tässä onnistuttiin hyvin ja saatiin tuloksena toimiva, energia- ja kustannustehokas ratkaisu.

Tämän tutkimustyön tekeminen antoi paljon tietoa vanhoista rakennuksista ja niissä käytetyistä rakenteista sekä vaihtoehtoisista rakenteiden energiatehokkuuden parantamiseen. Työssä perehdyttiin myös rakennusmääräyksiin ja rakentamiseen liittyviin viranomaisvaatimuksiin. Työmenekkien laskemissa perehdyttiin Talorakennusteollisuuden kirjaan Rakennustöidenmenekit 2015 ja sen käyttämiin, joka oli mielenkiintoista ja opettavaista.

## LÄHTEET

1. Ikkunoiden energiatehokkuus. 2019. Motiva Oy. Saatavissa: [http://motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/rakentaminen/ikkunoiden\\_ energialuokitus/ikkunoiden\\_ energiatehokkuus](http://motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/ikkunoiden_ energialuokitus/ikkunoiden_ energiatehokkuus). Hakupäivä 8.4.2020.
2. Lämmöneristys. 2020. Energiatehokas koti. Saatavissa: [http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen\\_ suunnittelu/lammoneristys](http://energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/rakennuksen_ suunnittelu/lammoneristys). Hakupäivä: 8.4.2020.
3. Ympäristöministeriö: 2/17 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/43242>. Hakupäivä 21.2.2020.
4. Huttunen, Jukka 2018. Käsinlaskentaesimerkkejä. Betonirakenteiden korjaaminen ja rakennusfysiikka. Betoniyhdistyksen kurssimateriaali. Saatavissa: [http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/bkrf-2018/16\\_ kasinlaskentaesimerkit-jukka-huttunen\\_ juha-valjus.pdf](http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/bkrf-2018/16_ kasinlaskentaesimerkit-jukka-huttunen_ juha-valjus.pdf). Hakupäivä 2.1.2020.
5. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. 2018. Energiatodistusoppaan liite 2018. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/16465/Tyypillisia\\_ olemassa\\_ olevien\\_ vanhojen\\_ rakennusten\\_ alkuperaisia\\_ suunnitteluarvoja\\_ -\\_ Energiatodistusoppaan\\_ 2018\\_ liite.pdf](https://www.motiva.fi/files/16465/Tyypillisia_ olemassa_ olevien_ vanhojen_ rakennusten_ alkuperaisia_ suunnitteluarvoja_ -_ Energiatodistusoppaan_ 2018_ liite.pdf). Hakupäivä 2.1.2020.
6. Ilmalämpöpumppu. 2019. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Ilmal%C3%A4mp%C3%B6pumppu>. Hakupäivä 2.1.2020.
7. Korjausrakentajan ohjeet. Oulun kaupunki. Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskus. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/ppm/korjausrakentajan-ohjeet>. Hakupäivä 15.12.2019.
8. Rakennusalan laskenta- ja mitoitusohjelmat. 2020. D.O.F tech Oy. Saatavissa: <https://www.dof.fi/www/index.php?lang=fin&page=proglampo>. Hakupäivä 21.2.2020.

9. Jokinen, Jussi 2016. Nykyaikaisten eristeiden lämmöneristyskyky. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK160301.pdf>. Hakupäivä 21.2.2020.
10. Tuuletettu puualapohja. 2011. Puuinfo. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/tuuletettu-puualapohja.pdf>. Hakupäivä 15.12.2019.
11. Tekninen kortti 6. Energiakorjaus.info. Oulun rakennusvalvonta. Saatavissa: <http://www.energiakorjaus.info/pientalot/tekniset-kortit/>. Hakupäivä 2.3.2020.
12. Lisälämmöneristys. Rakentaja.fi. Saatavissa: [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/5538/sisapuolinen\\_lisalammoneristys.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/5538/sisapuolinen_lisalammoneristys.htm). Hakupäivä 20.1.2020.
13. Nieminen, Tiia 2016. Taloyhtiön ikkunanvaihtourakan pääpiirteet. Turku: Turun AMK, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/119640/Niemi-Tiia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Hakupäivä 15.4.2020.
14. Asbesti. 2019. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Saatavissa: <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/rakennusala/asbesti>. Hakupäivä 21.2.2020.
15. Asbestipurkutyökisteri. Aluehallintovirasto. Saatavissa: <http://asbestipurkutuparekisteri.ahtp.fi/>. Hakupäivä 21.2.2020
16. Palolahti, Tuomas & Koskenvesa, Anssi & Lindberg, Rita & Sahlstedt, Satu 2014. Purkutyöt ohjeita teettäjälle ja tekijälle 2014. INFRA ry - Talonrakennusteollisuus ry. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/jasenpalvelu/sahkoiset-julkaisut/purkutyot-ohjeita-teettajalle-ja-tekijalle-2014.pdf>. Hakupäivä 21.2.2020.
17. Purkutöiden suunnittelu. 2009. Purkutöiden tehtäväsuunnittelu. Ratu S-1221. RT tietoväylä. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto.fi.ezp.oamk.fi:2047/kortit/Ratu%20S-1221?page=2>. Hakupäivä 21.2.2020.
18. Korjausrakentaminen. Verkkopalvelu. Oulun rakennusvalvonta. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/korjausrakentaminen>. Hakupäivä 21.2.2020.

19. Asennusohjeet. Ekovilla verkkopalvelu. Saatavissa: <https://www.ekovilla.com/ohjeet/asennusohjeet/>. Hakupäivä 20.1.2020.
20. Alapohja, Rossilattia ja maanvaraiset lattiat. Ekovilla verkkopalvelu. Saatavissa: [https://www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/rakenneopas/2020/Ekov\\_Rakopas022020s11.pdf](https://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/rakenneopas/2020/Ekov_Rakopas022020s11.pdf). Hakupäivä 20.1.2020.
21. Katelevy OSB 4 TG4 18X1200X2700 ympäripontattu. Puukeidas verkkokauppa. Saatavissa: <https://www.puukeidas.fi/oulu/katelevy-osb-4-tg4-18x1200x2700-ymparipontattu-4108051.html>. Hakupäivä 15.12.2019.
22. Ekovilla-seinäeristeen valmistautumisohje. Ekovilla. Saatavissa: [https://www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/dokumentit/Ekov\\_ValmistOhjeSeina\\_2016\\_02.pdf](https://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/dokumentit/Ekov_ValmistOhjeSeina_2016_02.pdf). Hakupäivä 15.12.2019.
23. Puurunkoisen kipsilevyseinien asennus. Gyproc Saint-Gobain. Saatavissa: <https://www.gyproc.fi/asentaminen/asennusohjeet/puurunkoisten-kipsilevyseinien-ja-kattojen-asennus/puurunkoisten-kipsilevyseinien-asennus>. Hakupäivä 15.12.2019.
24. Ikkunoiden asennus. Fenestra. Saatavissa: <http://www.fenestra.ee/fi/ikkunoiden-asennus>. Hakupäivä 15.12.2019.
25. Rakenneopas. 2012. Ekovilla. Saatavissa: [www.ekovilla.com/fileadmin/user\\_upload/rakenneopas/Rakopas2012\\_16.pdf](http://www.ekovilla.com/fileadmin/user_upload/rakenneopas/Rakopas2012_16.pdf). Hakupäivä 15.4.2020.
26. Lisäeristyslaskuri. Ekovilla. Saatavissa: <https://www.ekovilla.com/lisaeristyslaskuri/>. Hakupäivä 15.12.2019.
27. Ratu KI-6026. 2015. Rakennustöidenmenekit 2015. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6026>. Hakupäivä 21.2.2020.

## **LIITTEET**

Liite 1 Työvaiheiden hinnat. Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.

Liite 2 Materiaalien hinnat. Vain yrityksen sisäiseen käyttöön.