

Tommi Neuvonen

**Julkisivusaneerauksen
hankesuunnitelman kehitystyö
Betonirakenteisen kerrostalon
korjaustapavaihtoehtojen vertailua**

Opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2016



KYAMK
University of Applied Sciences

Tekijä (tekijät)	Tutkinto	Aika
Tommi Neuvonen	Insinööri (AMK)	Toukokuu 2016
Opinnäytetyön nimi Julkisivusaneerauksen hankesuunnitelman kehitystyö		52 sivua 5 liitesivua
Toimeksiantaja Karves Suunnittelu Oy		
Ohjaaja Lehtori Anu Kuusela		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Karves Suunnittelu Oy:lle. Yritys on keskittynyt korjausrakentamiseen, ja tämänhetkisenä kehityskohteenä on julkisivusaneerauskonseptin kehittäminen. Julkisivusaneerauskonseptin kehityskohteisiin kuuluvat hankesuunnittelu ja toteutussuunnittelu. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia betonisandwich-julkisivun eri korjaustapavaihtoehtoja hankesuunnitelman näkökulmasta. 1970-luvulla rakennettujen kerrostalojen julkisivut ovat elinkaarensa päässä ilman korjaustoimenpiteitä, ja siksi oli ajankohtaista keskittyä ajanjakson tyypillisimpään julkisivuratkaisuun.</p> <p>Tutkimusosuutta varten luotiin esimerkkikohte, joka oli tyypillinen 1970-luvun betonisandwich-ulkoseinäinen, korjaustarpeessa oleva asuinkerrostalo. Esimerkkikohteen avulla tutkittiin viiden eri korjausvaihtoehdon ominaisuuksia. Tutkittavien korjausvaihtoehtojen laajuus vaihteli kevyistä korjaustoimenpiteistä raskaisiin korjaustoimenpiteisiin. Korjausvaihtoehtoja vertailtiin korjauskustannusten, rakennusfysiikan, elinkaariodotuksen ja kohdekohtaisen soveltuvuuden näkökulmista. Korjaustapavaihtoehtojen vertailun päätteeksi valittiin kaksi soveltuvinta vaihtoehtoa, joiden valinta perusteltiin hankesuunnitelmamaiseen tapaan.</p> <p>Tutkimuksen ja teoriaosuuden avulla saatiin yritykselle työkaluja hankesuunnitteluvaihetta varten. Erilaisia korjausvaihtoehtoja varten luotiin taulukoituja pohjia, joita on mahdollista käyttää hankesuunnitelman raportissa. Korjausvaihtoehtojen tutkimuksen avulla voidaan valita tilanteeseen sopivia lämmöneristepaksuuksia ja julkisivun vaurioitumista hidastavia tai vaurion pysäyttäviä toimenpiteitä. Tutkimusosuus esitettiin hankesuunnitelman mallin mukaisesti ja sen otsikkoja sekä aihealueita on mahdollista käyttää yrityksen hankesuunnitelmassa. Tutkimusosuudesta pyrittiin tekemään asiakaslähtöistä ja helposti luettavaa, sillä hankesuunnitelman tilaavalla asiakkaalla ei usein ole rakennusalan kokemusta.</p>		
Asiasanat hankesuunnitelma, julkisivu, korjausrakentaminen, julkisivusaneeraus		

Author (authors) Tommi Neuvonen	Degree Bachelor of Engineering	Time May 2016
Thesis Title The development of the façade renovation project design		52 pages 5 pages of appendices
Commissioned by Karves Suunnittelu Ltd		
Supervisor Anu Kuusela, Senior Lecturer		
<p>Abstract</p> <p>This thesis was created for engineering consultant company Karves Suunnittelu Ltd. The company is focused on renovation projects and at the moment development target is to improve the façade concept's process. The façade concept's improvement targets includes implementation design stage and project design stage. The purpose of this thesis is to examine repair options for concrete sandwich facades in the view of project design stage. Apartment houses that were built in the 1970s are at the end of their life-cycle without proper renovation actions and because of that it is topical to focus on era's most typical façade solution.</p> <p>An example renovation project was created for the purpose of the research. The example project was a typical apartment building built in the 1970's and was in the need of renovating. Example renovation project allowed to examine the attributes of five different options. The spread of examined options varied from light to heavy renovation actions. The renovating options were compared from the perspective of implementation costs, construction physics, life-cycle and the project-specific suitability. At the end of the research two of the best options were chosen and rationalized in the style of project design stage.</p> <p>Based on the research and theory, tools were created for the company's project design form. Different renovation option layouts were produced and they are able to be re-used for upcoming project design reports. Based on the researched renovation options, the most suitable insulation solution and level of the renovation action can be chosen. The research part is presented in the project design style and the headlines and themes can be used in company's project design report. Research section was aimed to be customer-oriented and easy to read, because the customer does not often have the construction experience.</p>		
<p>Keywords project design, façade, renovation</p>		

SISÄLLYS

1	Johdanto.....	6
2	Työn tavoitteet ja toteutus.....	6
3	Hankesuunnitelma	7
4	Betonielementtijulkisivut	8
4.1	BES-järjestelmä	8
4.2	Runkotyypit.....	9
4.3	Betonisandwich-elementit.....	10
5	Betonijulkisivun tyypillisimmät vauriot.....	11
6	Korjausmenetelmän valinta	12
7	Julkisivun korjausvaihtoehtoja	12
7.1	Kevyet korjaustoimenpiteet.....	12
7.2	Uuden julkisivurakenteen verhous vanhan ulkokuoren päälle	14
7.2.1	Eristerappaus	15
7.2.1.1	Ohutrappaus.....	16
7.2.1.2	Paksurappaus.....	17
7.2.2	Tuulettuva levyverhous	18
7.2.3	Muurattu tiiliverhous	20
7.2.4	Kuorielementit	21
7.2.5	Tiiliverhouslevyt.....	21
7.2.6	Tuulettuva levyrappaus	23
7.3	Vanhan ulkokuoren purkaminen ja uusiminen	24
8	Korjausvaihtoehtojen vertailua hankesuunnitelman näkökulmasta esimerkkikohteen avulla	27
8.1	Tarkasteltavien korjaustapavaihtoehtojen rajaus.....	27
8.2	Korjaustapavaihtoehtojen tarkastelun menetelmät	27
8.2.1	Kustannusarviot	27
8.2.2	Lämpöominaisuuksien vertailu	28
8.3	Rakennuskohde.....	30
8.4	Kaavamääräykset.....	31

8.4.1	Kaavamääräykset lyhyesti.....	31
8.4.2	Esimerkkikohteen kaavamääräys.....	31
8.5	Julkisivujen nykytila	32
8.5.1	Esimerkkikohteen sandwich-elementin rakennetyyppi	32
8.5.2	Julkisivun vaurioiden valintakriteerit	33
8.5.3	Esimerkkikohteen julkisivun vauriot.....	33
8.6	Korjaustapaehdotusten pääkohdat	33
8.7	Korjaustapavaihtoehtojen yhteenveto, kustannusarviot ja U-arvot	34
8.7.1	VAIHTOEHTO 1: Ulkokuoren purku, paksumpi lämmöneristyskerros, osittainen tiiliverhouselementti ja osittainen tuulettuva levyrappaus	35
8.7.2	VAIHTOEHTO 2: Peittävä korjaus tiiliverhouselementillä nykyisen ulkokuoren päälle ja lisälämmöneristys	37
8.7.3	VAIHTOEHTO 3: Ohutrappauseristejärjestelmä nykyisen ulkokuoren päälle	40
8.7.4	VAIHTOEHTO 4: Vanhan ulkokuoren purku ja eristerappaus kolmikerrosrappausjärjestelmällä.....	42
8.7.5	VAIHTOEHTO 5: Vanhan ulkokuoren paikkaus ja pinnoitus	44
8.8	Korjaustapaehdotuksien yhteenveto ja ensisijaiset korjaustapaehdotukset.....	45
8.8.1	Ensisijainen korjaustapaehdotus.....	45
8.8.2	Toissijainen korjaustapaehdotus	46
9	Opinnäytetyön tutkimusosuuden tarjoama hyöty yritykselle ja kehittymismahdollisuudet	48
9.1	Opinnäytetyön tarjoama hyöty yritykselle	48
9.2	Kehittymismahdollisuudet.....	49

Taulukot

Taulukko 1. Rakennuskohteen perustietoja

Taulukko 2. Vaihtoehto 1

Taulukko 3. Vaihtoehto 2

Taulukko 4. Vaihtoehto 3

Taulukko 5. Vaihtoehto 4

Taulukko 6. Vaihtoehto 5

Taulukko 7. Korjaustapavaihtoehtojen ominaisuuksien vertailua

1 JOHDANTO

1960- ja 1970-luvuilla rakennettiin lukumäärältään eniten kerrostaloja. Tuotanto oli todella kiivasta ja materiaaleja sekä ajankäyttöä pyrittiin minimoimaan. Elementtirakentamisella pyrittiin nopeuttamaan tuotantoa ja tekemään rakentamisesta järjestelmällisempää. Elementtirakentaminen oli tuohon aikaan alkutekijöissään, eikä tietämystä vielä juuri ollut. Tämä johtui osaltaan aikakauden määräysten sekä ohjeiden puuttumisesta. Määräysten ja ohjeiden puute johti useisiin työvirheisiin ja elementtien rakennusteknisiin heikkouksiin, joita on havaittu kymmenien vuosien kuluessa. (3,142; 24.)

BeKo – Betonijulkisivujen ja parvekkeiden korjausstrategiat -tutkimuksen mukaan betonijulkisivujen järjestelmällistä ja tehokasta korjausta on toteutettu Suomessa 1990-luvulta lähtien. Tässä ajassa julkisivukannasta on kertaalleen korjattu vuoteen 2010 mennessä noin 10 prosenttia. (18, 38.)

Tutkimuksen mukaan vuonna 2010 korjaustarpeita esiintyi 69–77 prosentissa koko maan julkisivukohteista. Paikkaus ja pinnoituskorjauksien osuus on korjaustarpeista noin 27–34 prosenttia, jotka ovat vielä tällä hetkellä suosituimpia korjaustapavaihtoehtoja. Raskaampia korjaustapavaihtoehtoja julkisivut ovat vaatineet noin 5–10 prosentin osuudella. Raskaampien julkisivun korjaustarpeiden osuus tulee kasvamaan, ja arvioiden mukaan se ylittää paikkaus ja pinnoituskorjausten osuuden Helsingissä vuoteen 2025 mennessä. (18, 40.)

2 TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTUS

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan betonisandwich-julkisivujen korjaustapavaihtoehtoja hankesuunnittelun näkökulmasta. Tutkimuksen avulla on tarkoitus tuottaa yritykselle sisältöä hankesuunnitelmapohjaan sekä työkaluja hankesuunnitelmapohjan liitteiksi.

Tutkimuksessa tarkastellaan puolueettomasti korjaustapavaihtoehtoja ja valitaan vaihtoehtoista sopivimmat opinnäytetyötä varten luotuun esimerkkikohteeseen. Tutkimuksen tukena on teoriaosuus, jossa käsitellään eri korjaustapavaihtoehtojen ominaisuuksia.

Esimerkkikohteena käytetään mahdollisimman perusratkaisuun rakennettua tyypillistä 1970-luvun betonisandwich-elementtirakenteista kerrostaloa. Tutki-

mus rajataan käsittelemään vain julkisivujen vaurioita ja niiden korjausvaihtoehtoja. Esimerkkikohteen rajaus esitellään tarkemmin kappaleessa 8. Esimerkkikohteeseen valitaan mahdollisimman monipuolisesti rasituksista, rakennusmateriaalien ominaisuuksista ja rakennusvirheistä johtuvia vaurioita. Korjaustapavaihtoehtoiksi on valittu kevyitä sekä raskaita vaihtoehtoja, ja tarkoituksena on saada mahdollisimman laaja käsitys eri vaihtoehtojen mahdollisuuksista ja rajoituksista.

Tutkimusosuus esitellään hankesuunnitelman muodossa ja tekstin rakenne noudattelee Karves Suunnittelu Oy:n linjasaneerauksen hankesuunnitelmaa. Tekstistä on pyritty tekemään asiakaslähtöistä ja helppolukuista, esimerkiksi taulukoimalla vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia.

3 HANKESUUNNITELMA

Hankesuunnitelma on osa saneerausprosessin päävaiheita. Saneerausprosessin päävaiheet esitetään kuvassa 1. Onnistunut projekti edellyttää usein hankesuunnitelmaa. Hankesuunnitelman tarkoitus on luoda pohja, tarkat suuntaviivat ja tavoitteet korjausrakentamisprojektille sekä listata eri vaihtoehtoja, joista valitaan kokonaistaloudellisin. Hankesuunnittelu on tärkeää projekteissa, joissa asukkaiden tarpeet on otettava huomioon jo ennen projektin alkua. (9.)

Julkisivukorjausprojektin tavoitteina voidaan pitää esimerkiksi:

- Sisäilman laadun parantamista
- Rakenteiden vaurioitumisen pysäyttämistä
- Rakenteiden vaurioiden korjaamista
- Energiatehokkuuden parantamista
- Ulkoasun parantamista
- Asuntojen arvonnousua (1, 14.)

Hankesuunnitelmaa edeltää hankevalmistelu, jossa selvitetään ja arvioidaan hankkeen tarvetta ja edellytyksiä. Hankevalmistelun aikana tehdyillä päätöksillä pyritään karsimaan lisäkustannuksia sekä selvittämään hankkeen kiireellisyys. Tätä vaihetta voidaan kutsua myös tarveselvitysvaiheeksi. Hankevalmisteluvaiheessa tehdään tai teetetään kartoituksia rakennuksen nykytilasta.

Näitä ovat esimerkiksi: kuntoarvio, PTS eli pitkän tähtäimen suunnitelma, asukaskysely, piirustusten digitalisointi, kuntotutkimus, rakennustaiteellinen arvio

ja rakennushistoriaselvitys. Hankkeen tarpeellisuuden ja edellytyksien perusteella voidaan tehdä hankesuunnittelupäätös. (8, 11.)

Hankesuunnitelmavaiheen aikana talonyhtiön hallituksen on myös hankittava yhtiökokoukselta projektin velvoittamat valtuudet hankkeen toteuttamiseksi. Hankesuunnittelun jälkeen taloyhtiön hallituksen tulee hyväksyttää hankesuunnitelma taloyhtiöllä, jonka jälkeen taloyhtiö valitsee toteutussuunnitteluun hinta-laatusuhteeltaan parhaan mahdollisen suunnitteluryhmän. (8, 11; 9.)

Laadukas hankesuunnitelma sisältää tiedot kohteen nykytilasta ja hankkeen laajuudesta sekä kohdekohtaiset taloudellisimmat ja teknisesti soveltuvimmat vaihtoehdot. Vertailuja ja vaihtoehtoja on mahdollista tukea kustannus- ja elinkaarilaskelmien avulla. Hankesuunnitelma antaa myös selkeät suuntaviivat toteutussuunnitteluun valitulle suunnitteluryhmälle. (9.)



Kuva 1. Rakennusprosessin päävaiheet. (9.)

4 BETONIELEMENTTIJULKISIVUT

4.1 BES-järjestelmä

Betonielementtisysteemi eli BES -järjestelmä kehitettiin vuosina 1968–1970 lisäämään asuntotuotannon tehokkuutta. Järjestelmä loi betonielementeille ja niiden liitosdetaljeille standardit.(22.)

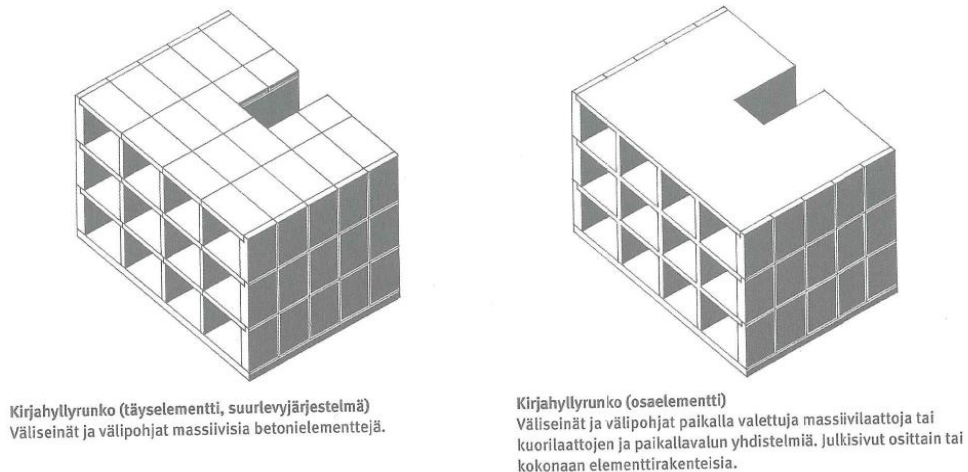
BES-järjestelmässä elementtitalojen päätyseinät rakennettiin kantavista sandwich-elementeistä ja pitkät sivut ei-kantavista sandwich-elementeistä. Seinät koostuvat useista betonisandwich-elementeistä. Kuvassa 3 esitellään tyypillisen 1970-luvulla valmistetun sandwich-elementin rakennetyyppi. Betonielementtijulkisivuissa pyrittiin kustannustehokkaisuun, selkeisiin ja suoralinjaisiin ratkaisuihin. Suuret muottiyksiköt mahdollistivat selkeiden rakenneratkaisujen käytön ja elementtitehtailla valmistettiin paljon identtisiä elementtejä. (22.)

4.2 Runkotyypit

Betonielementtijulkisivu tarvitsee rungon, johon se voidaan kiinnittää. Vuosien 1960–75 yleisin asuinkerrostalon runkotyyppi oli kirjahyllyrunko. Kirjahyllyrunko koostuu kantavista betoniseinistä ja välipohjista. Betonielementtien kehittyessä myös kirjahyllyrunko kehittyi samalla soveltumaan yhteen elementtien kanssa. (3, 148.)

Kirjahyllyrungosta esiintyi toteutustavaltaan sekä ulkoseinä- ja välipohjarakenteiltaan erilaisia ratkaisuja. Yleisin muunnelma oli osaelementeistä rakennettu kirjahyllyrunko. Osaelementtirakenteinen kirjahyllyrunko koostuu paikanpäällä suurmuotein valetuista kantavista väliseinistä ja välipohjalaatoista. Ulkoseinät on rakennettu kokonaan tai osittain elementtirakenteisina. Yleisin ulkoseinä rakenne oli betonisandwich-elementti. Myös rakennuksen kevyet väliseinät, portaat ja parveketornit olivat usein elementtirakenteisia. (3, 150.)

Kirjahyllyrunko on mahdollista toteuttaa myös kokoaan paikallavalettuna tai erilaisilla elementtimuunnelmilla. Muita aikakauden yleisiä runkotyyppejä ovat betoniseinärunko, tiilimuurirunko ja betonipilarirunko. (3, 148.)



Kuva 2. Osaelementti- ja täyslementtirakenteisen kirjahyllyrungon havainnekuva (3, 150.)

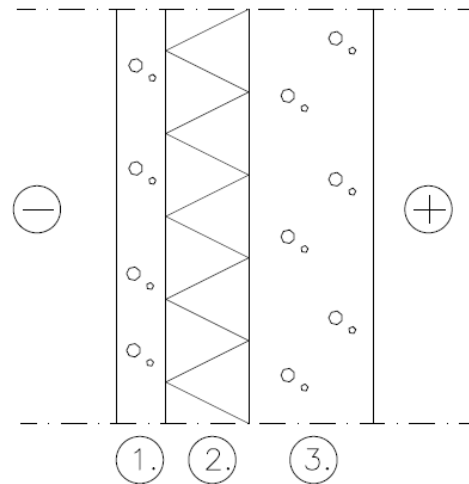
4.3 Betonisandwich-elementit

Sandwich-elementti on julkisivuelementti, joka muodostuu nimensä mukaisesti kolmesta pääkerroksesta: sisäkuoresta, eristeestä ja ulkokuoresta. Sandwich-elementin kerrokset valmistetaan ja liitetään toisiinsa tehtaalla. Elementin kantava sisäkuori on vähintään 120 mm paksu, ei-kantava sisäkuori 80 mm paksu, lämmöneriste n. 70–140 mm paksu ja ulkokuori noin 70 mm paksu. (6,4.) Sandwich-elementin sisäkuori on kantava, eli se välittää rakenteen kuormia. Kuormitussuunta on ylhäältä alaspäin, joten sisäkuori on raudoitettu vain puristusta vastaan. Ulkokuori suojaa lämmöneristettä ja sisäkuorta ulkoisilta rasituksilta ja sateelta. Ulkokuori on raudoitettu suojaamaan ulkokuorta mekaaniselta rasitukselta ja vähentämään kutistumahalkeilua. (23.)

Lämmöneristyskerros on mineraalivillaa tai polyuretaania. Nykyään mineraalivillassa on pystyuria jotka tuulettavat kuorten välistä tilaa. Vanhoissa sandwich-elementeissä tuuletusuria ei ole. Polyuretaanieristeessä ei ole tuuletusuria. (23.)

Kerrokset liitetään toisiinsa liitosraudoitteilla eli ansailla. Ansaiden avulla seinäelementin ulkokuoren omapaino saadaan ripustettua seinäelementin sisäkuoreen. Näin vältetään kuorien liian suurelta kaareutumiselta sekä kuorien välinen yhteistoiminta paranee. (6, 4.)

Sandwich-elementti on tyypillisesti kerroksen korkuinen ja väliseinälinjan levyinen. Julkisivun pintamateriaalina voidaan käyttää erityyppisiä tiililaattoja, ke-raamisia laattoja, betonipinnoitteita, luonnonkiveä tai valuun tarttuvaa materiaaleja. Kuorten välinen lämmöneriste on yleensä tuuletusurin varustettua mineraali- tai lasivillaa. Elementtiin on myös mahdollista asentaa ikkunoita, ovia, kiinnikkeitä tai muita läpivientikappaleita. (4; 6, 4.)



1. ULKOKUORI n. 70 mm.
2. ERISTEKERROS n. 70–140 mm.
3. SISÄKUORI
 - EI KANTAVA. n. 80 mm.
 - KANTAVA n. 120 mm.

Kuva 3. Periaatekuva sandwich-elementin rakenteesta.

5 BETONIJULKISIVUN TYYPILLISIMMÄT VAURIOT

1960- ja 1970 lukujen aikana rakennetuissa betonielementtijulkisivuissa on erityisen paljon vaurioita, jotka aiheutuivat kiivaasta rakentamistahdistista sekä suunnittelun, valmistustekniikan ja valmistuksen ammattitaidon puutteesta.

(15.) Hankesuunnitelmassa keskitytään kohteen nykytilaan ja korjausvaihtoehtoihin, eikä siinä ole tarpeen esitellä vaurioita ja niiden aiheuttajia, joten vauriot on esitelty vain pintapuolisesti. (9.)

Tyypillisiä betonijulkisivuun kohdistuvia vaurioita ovat:

- Raudoitteiden korroosio
- Betonin rapautuminen
- Kiinnitysten, kannatusten ja sidontojen vaurioituminen
- Rakenteiden kosteustekniset toimivuuspuutteet
- Pintatarvikkeiden vaurioituminen
- Pinnoitteen vaurioituminen
- Betonin halkeilu ja muodonmuutokset
- Käytön aiheuttama vaurioituminen (15.)

6 KORJAUSMENETELMÄN VALINTA

Julkisivun kuntoa tutkittaessa korjausmenetelmän valintaan vaikuttaa julkisivun vaurion kehittymisaste ja sen laajuus. Eniten vaurioita on syntynyt pesu- betoni- ja betonipinnoissa. Hyvin toteutettu betonijulkisivu, jonka vedenpoisto- järjestelmä ja saumat on pidetty kunnossa, saavuttaa noin 50–100 vuoden käyttöiän. Julkisivu voi tarvita peruskorjauksen jo 30 vuoden ikäisenä puutteellisen huollon tai valmistusvirheiden vuoksi. Ikähaarukka on hyvin laaja ja julkisivun kuntoon vaikuttavat monet tekijät, kuten esimerkiksi toteutusmenetelmä, rakennuksen muoto, sääolosuhteet, sijainti ja huolto. Jos julkisivu on kärsinyt vain lievästi, vauriot voidaan korjata säilyttävillä toimenpiteillä. Lievillä vaurioilla tarkoitetaan yksittäisten terästen korroosiovaurioita, esimerkiksi nurkkaterästen kohdalla, ja yksittäisiä betonipinnan vaurioita. Säilyttäviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi laastipaikkaus ja erilaiset pintakäsittelyt kuten maalaus, impregnointi, suojakäsittely ja sähkökemialliset käsittelyt. Julkisivun korjaukseen liittyy usein muitakin toimenpiteitä, jotka lisäävät korjatun julkisivun käyttöikää vähentämällä julkisivun kosteusrasitusta. (21, 2.)

Näitä liittyviä korjauksia voivat olla esimerkiksi:

- elementtisaumojen uusinta
- räystäspelttien uusinta
- ikkunapelttien uusinta
- räystäskourujen uusinta
- syöksytorvien uusinta
- tikkaiden kiinnitysten kunnostaminen
- parvekkeiden korjaus ja lasitus sis. parvekepielet ja kaideosat
- parvekkeiden kaatojen korjaus (21, 1.)

7 JULKISIVUN KORJAUSVAIHTOEHTOJA

7.1 Kevyet korjaustoimenpiteet

Kevyet korjaustavat, kuten vanhan ulkokuoren vaurioiden paikkaus ja pinnoitus ovat ratkaisuja, joissa on alhainen investointikustannus. Kevyet korjaustoimenpiteet ovat hyviä vaihtoehtoja, jos rakenteet eivät ole pitkälle vaurioituneita ja rakennuksen ulkonäköä ei haluta muuttaa. (3, 169.)

Kevyillä korjaustavoilla on tarkoitus pysäyttää tai hidastaa rakenteiden paikoinen vaurioituminen alentamalla rakenteiden kosteusrasitusta eli estämällä

veden kulkeutumista rakenteisiin. Korjatun julkisivun käyttöikä jää kuitenkin lyhemmäksi verrattaessa muihin korjausvaihtoehtoihin, eikä toimenpiteellä paranneta rakennuksen energiatehokkuutta. Toimenpide voi kuitenkin parantaa rakennuksen ulkonäköä. (3, 169; 19, 3.)

Korjaustapoja on seuraavanlaisia:

- saumakorjaus
- huoltomaalaus
- suojaava pinnoitus
- paikkaus- ja pinnoituskorjaus (19, 3.)

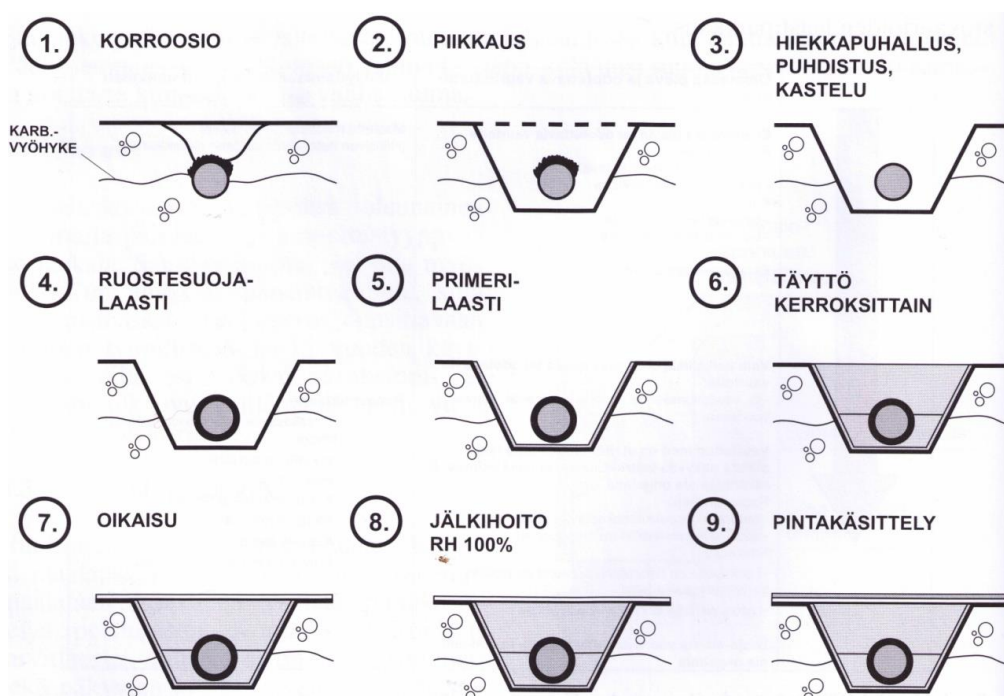
Kevyiden korjaustapojen onnistuminen edellyttää rakenteen oleellista kosteusrasituksen alentamista, jonka vuoksi kevyitä korjaustapoja suositellaan käytettäväksi monipuolisesti. Monien kevyiden korjaustapojen yhteisvaikutus on tekijä, jolla saadaan rakenteiden vaurioita hidastettua tehokkaimmin. (19, 3.)

Saumakorjaus tarkoittaa betonisten julkisivuelementtien välissä olevien saumojen uusintaa. Saumojen uusinta parantaa julkisivun tiiveyttä ja vähentää rakenteiden kosteusrasitusta. (19, 5.)

Eri saumausvaihtoehtoja ovat elastiset saumamassat, paisuvat saumanauhat ja profiilinauhat. Saumojen korjaus on aina toteutettava uusimalla eikä päälle saumaamalla. Suositeltavaa on myös uusia saumat kauttaaltaan eikä vain vaurioituneilta osin. Saumat uusitaan usein muiden julkisivun korjaustöiden ohessa. Saumojen uusittaessa on otettava huomioon vanhojen saumausmassojen sisältämät terveydelle haitalliset PCB- ja lyijy-yhdisteet sekä pinnoitteen mahdollinen asbesti. (19, 7.)

Huoltomaalaus tehdään vanhan maalikerroksen päälle ja se on nimensä mukaisesti vain huoltotoimenpide. Pinnoitus eroaa huoltomaalauksesta siten, että vanha maalikerros poistetaan hiekkapuhaltamalla tai vastaavalla menetelmällä ennen kuin rakenne pinnoitetaan. Pinnoitteen tarkoituksena on parantaa rakenteiden kosteudenkestävyyttä ja estää veden kulkeutumista pintaa syvemmälle. Korjaaminen suojaavalla pinnoitteella soveltuu parhaiten rakenteeseen, jonka vaurioituminen on vasta alkanut. Pidemmälle edenneiden vaurioiden tapauksessa pinnoittaminen voidaan yhdistää laastipaikkaukseen. (19, 9, 15.)

Paikkauskorjauksia suositellaan käytettäväksi silloin, kun rakenne on pääosin ehjä, mutta julkisivun betonipinnoissa on vähäisiä kosteudesta aiheutuvia korroosiovaurioita tai alkavia pakkasrapautumia. Paikkauskorjauksen päälle on suositeltavaa lisätä pinnoituskerros, joka lisää julkisivun käyttöikä. Paikkakorjaus tarjoaa kevyistä korjausvaihtoehdoista parhaimman käyttöiän. Käyttöikä jää kuitenkin lyhemmäksi verrattuna raskaampiin korjausvaihtoehtoihin. Alla olevassa kuvassa 4 on kuvattu betonin raudituksen vaurio ja paikkaus- ja pinnoituskorjauksen vaiheet. Laajempien vaurioiden korjaaminen edellyttää muotitus- ja valutöitä. (19, 17.)



Kuva 4. Perusteellisen paikkaus- ja pinnoituskorjauksen toteutus (19, 17.)

7.2 Uuden julkisivurakenteen verhous vanhan ulkokuoren päälle

Uusi julkisivuverhous on paikkausta ja pinnoitusta järeämpi ratkaisu. Tämä vaihtoehto on myös kustannuksiltaan huomattavasti suurempi investointi. Toimintaperiaate on, että uusi rakenne peittää vanhan julkisivun ja se hidastaa tai jopa pysäyttää vanhan rakenteen vaurioitumisen. (3, 169.)

Uuden julkisivuverhouksen lisäksi on samalla mahdollista lisätä lisälämmöneristyskerros. Lisälämmöneristys parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ja vähentää rakenteessa mahdollisesti esiintyviä kylmäsiltoja, joilla tar-

koitetaan rakenneosia, joissa syntyy korkeita lämpöhäviöitä. Toteutuksia lisää-
lämmöneristykseen on monia ja ne vaihtelevat verhousrakenteesta riippuen.
(20, 4.)

Yleisimpiä verhousrakenteita ovat:

- Eristerappaus
- Tuulettuva levyverhous
- Muuraus
- Kuorielementit
- Tiiliverhouslevyt (20, 4.)

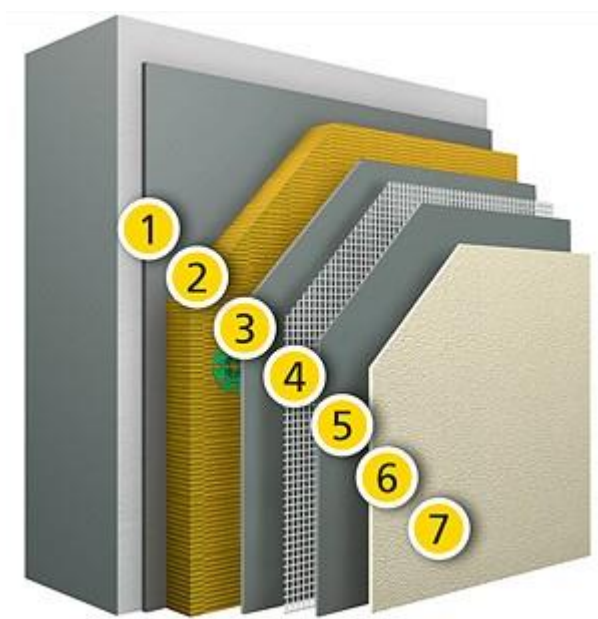
Lisätyistä rakennekerroksista johtuen seinän paksuus kasvaa ja ikkunat jäävät
syvemmälle seinän sisään. Kantavien sisäkuorien on myös kestettävä lisära-
kenteiden paino ja ulkokuorien kannatusten on oltava kunnossa. Rakennuk-
sen alkuperäisen ilmeen säilyttämiseksi joudutaan usein siirtämään ikkunoita.
Vanhojen ikkunoiden ja uuden lämmöneristykseen kanssa saattaa myös ilmetä
ongelmia korvausilman saamisen kanssa. Syvällä seinän sisällä olevat ikku-
nat lisäävät myös julkisivun saderasitusta. Tästä johtuen korjausten yhteyteen
suositellaan rakennuksen ulkoseinästä ulkonevia räystäitä. (3, 169.)

Julkisivun uudelleenverhous on kannattavin valinta, jos ulkokuoren purkami-
selle ei ole tarvetta. Ulkokuoren purkamisen tarpeen määrittelee esimerkiksi
ulkokuoren, lämmöneristeen ja sideterästen kunto. Jos ulkokuorta ei pureta,
säästetään huomattavasti purku- ja jätteenkäsittelykustannuksissa.

7.2.1 Eristerappaus

Eri-
sterappaus, toiselta nimeltään myös lämpörappaus, on verhouskorjauk-
sissa käytetty rakenne. Eristysrappautapoja ovat paksurappaus ja ohutrap-
paus. Rappaus tehdään uuden lämmöneristekerroksen päälle. Lämmöneris-
teenä käytetään joko jäykkää mineraalivillaa tai solumuovieristettä. Eristeker-
roksen päälle tulee pintarappaus, jolla saadaan aikaan lopullinen pinnan ulko-
näkö. Eristerappausrakenteeseen ei kuulu tuuletusrakoa, ja rappauskerrosten
tulee olla kosteutta läpäiseviä eli hengittäviä. Hengittävät rappauskerrokset
mahdollistavat kosteuden kulkeutumisen molempiin suuntiin ja rakenteiden
kuivumisen. Rappauspinnat tehdään saumattomana, lukuun ottamatta raken-
teiden välttämättömiä kutistumis- ja liikuntasauvoja. (1, 90; 20, 7.)

Kummatkin menetelmät soveltuvat sekä vanhan että puretun julkisivun päälle, mutta menetelmien hyödyt korostuvat eri julkisivun eri korjausvaihtoehdoissa. Menetelmien ominaisuuksia käsitellään kappaleissa 7.2.1.1 ja 7.2.1.2.



Kuva 5. Eristerappauksen järjestelmäkuvaus (26.)

1. Liimalaasti tai kiinnikkeet
2. Lämmöneriste
3. Kiinnike
4. Verkotuslaasti
5. Teräsverkko
6. Primer
7. Pinnoite

7.2.1.1 Ohutrappaus

Ohutrappaus, toiselta nimeltään myös yksikerrosrappaus, on näistä vaihtoehdoista hieman halvempi toteuttaa, koska siinä on muita rappausvaihtoehtoja alhaisemmat materiaalikustannukset ja vähemmän työvaiheita. Ohutrappaus on yleisin Suomessa käytetty rappausmenetelmä, ja siitä on jo noin kahdenkymmenen vuoden kokemus korjaus- sekä uudiskohteissa. Ohuesta rakenteesta johtuen ohutrappaus ei kestä yhtä kovaa mekaanista rasitusta kuin kolmikerrosrappaus. Ohutrappaus-järjestelmällä saadaan aikaan tasainen ja lähes saumaton julkisivu. Slamkaus on harjaamalla tehty ohutrappauskerros. (13; 20, 8.)

Rappauskerros muodostaa lämmöneristyskerroksen pintaan verkotuslaastilla kiinnitetyn yhtenäisen 5–10 mm paksun muovipinnoitetulla lasikuituverkolla

vahvistetun levyn, joka on sitkeä ja taipuisa. Pintakäsittelyksi sopii epäorgaaninen sementtipohjainen kuidutettu laasti. Liikuntasauvoja tehdään vain rakennuksen rungon liikuntasaumojen kohdalle. Ohutkerrosrappauksen seinälle aiheuttavat kuormat eivät ole suuria, ja betonielementtien ulkokuorien kiinnityspulttaukset ja rakenteiden kantavuus eivät yleensä tuota ongelmia. (13; 1, 91.)

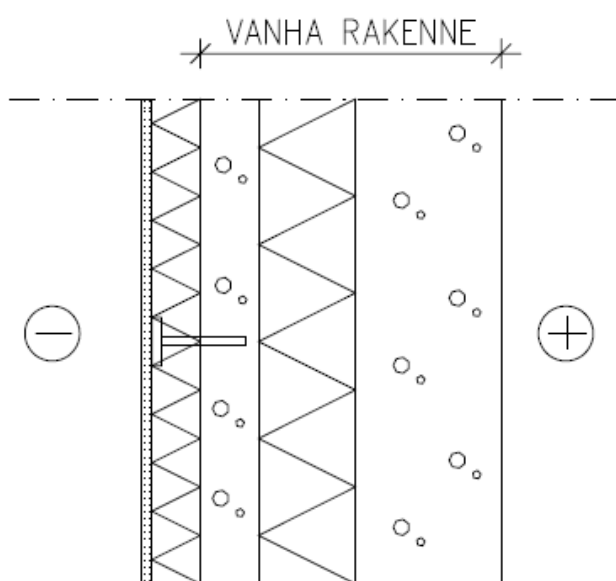
Ohutrappauksen hyödyt tulevat parhaiten esiin, kun se lisätään ulkokuoren päälle. Ohutrappauksen etuja ovat sen kustannustehokkuus ja rakenteen ohut kerrospaksuus. Rakenteen ohut kerrospaksuus tarkoittaa sitä, että julkisivun osat, kuten esimerkiksi ikkunat eivät jää syvälle seinän sisälle. Sisäkuoreen asti puretun julkisivun eristerappaaminen ohutrappaamalla ei ole kiellettyä, mutta johtuen ohutrappauksen mekaanisen rasituksen heikosta kestäväydestä, kannattaa siihen suhtautua varauksella. (1, 91; 20, 9.)

7.2.1.2 Paksurappaus

Paksurappaus muodostaa uuden eristekerroksen päälle 20–25 mm paksun jäykän kolmikerrosrappauksesta muodostuvan levyn. Rappauskerros on vahvistettu metallisella rappausverkolla. Levy kiinnitetään omilla kiinnikkeillään uuden eristekerroksen läpi alusrakenteeseen. Kolmikerrosrappauksesta syntyvään levyyn kuuluu kolme eri kalkki- tai kalkkisementtिलाastikerrosta. Tartuntarappauksella kiinnitetään eriste kiinni tuleviin rappauskerroksiin. Täyttörappauksen tehtävä on tasata alustan epätasaisuudet. Pintarappauksella saadaan aikaan haluttu pinta rakennukselle. (20, 8; 1, 90–91.)

Pinta voidaan maalata kalkki- tai kalkkisementtimaaleilla. Rappauskerroksen on mahdollista liikkua melko vapaasti uuden eristekerroksen päällä, mikä parantaa rakenteen lämpö- ja kosteusteknisiä ominaisuuksia. Rappauksen hallittu liikkuminen edellyttää julkisivussa 10–12 metrin välein liikuntasauvoja. Liikuntasauvoja on tehtävä myös rakennuksen rungon liikuntasaumojen kohdalle. Paksurappaus on ohutrappausta huomattavasti kalliimpi ja raskaampi rakenne ja vaatii perusteellisemmat suunnitelmat rappauksen kannakoinnille ja kiinnitykselle. (1, 90.)

Johtuen useista rappauserroksista paksurappauksen kosteustekniset ominaisuudet ja mekaanisen rasituksen kestävyys ovat parempia kuin ohutrappauksella, joten paksurappausta suositellaan ennemmin sisäkuoreen asti puretuille julkisivuille kuin ulkokuoreen lisättäväksi eristerappaukseksi. Rappauserrosten ja lisälämmöneristyksen kannakointi on myös helpompaa sisäkuoreen kiinnittyessä, koska silloin ei tarvitse huomioida vanhaan ulkokuoreen paksurappauksesta tulevia lisäkuormia. (10, 8.)



UUDET RAKENNEKERROKSET:
 –KOLMIKERROSRAPPAUS/OHUTRAPPAUS
 –JÄYKKÄ MINERAALIVILLA/SOLUMUOVI

Kuva 6. Periaatekuva nykyisen seinän päälle lisätystä eristerappausrakenteesta.

7.2.2 Tuulettuva levyverhous

Levyverhous on rakenne, jossa vanhan rakenteen ja lisäeristyskerroksen päälle on asennettu uudeksi ulkopinnaksi julkisivulevytys tai -kasetti. Uusi pintaverhous kiinnitetään rankarakenteeseen, joka on kiinnitetty kantavaan sisäkuoreen. Kiinnitysrangan materiaaliksi kelpaavat lahonkestävät puuosat sekä korroosion kestävät metalliosat. Levyn kiinnitystapa valitaan tuotteen toimittajan ohjeen mukaisesti. (20, 17.)

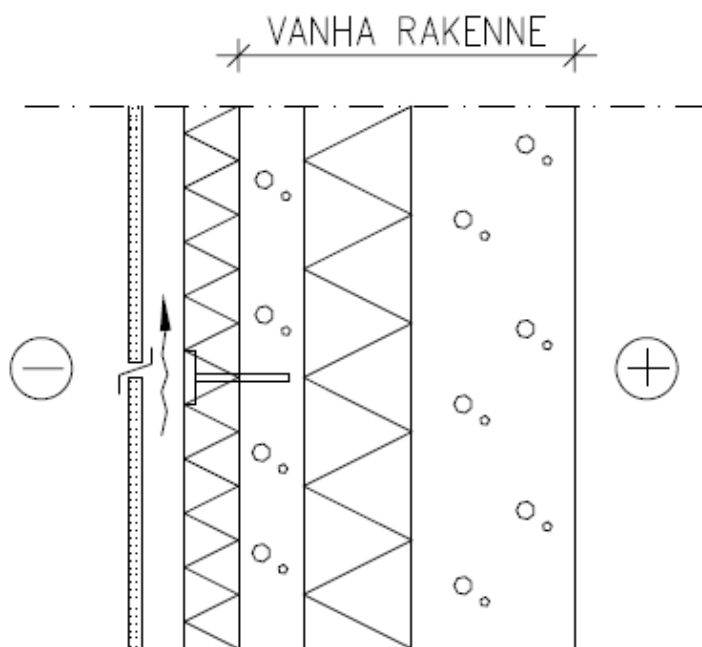
Uuden eristekerroksen ja pintaverhouksen väliin jäävä ranka toimii tuuletusrakona. Tuuletusraon tehtävänä on poistaa seinärakenteen läpi kulkeutuvaa

kosteutta sekä erottaa pintaverhous ja lämmöneristekerros toisistaan. Uusi pintaverhous taas suojaa muita rakenteita ulkosilta rasituksilta, kuten vesisaatteelta. Pintaverhoustuotteelta vaadittuja ominaisuuksia ovat pakkasenkestävyys, iskunkestävyys, kosteuden kesto ja UV-säteilyn kestävyys. (20, 17, 19.)

Tätä korjaustapavaihtoehtoa on mahdollista laajentaa vanhan betonisen ulkokuoren purkamisella. Ulkokuoren purkamisen omaisuuksia käsitellään kappalessa 7.3.

Pintaverhousmenetelmänä voi olla esimerkiksi joku seuraavista.

- Kuitusementtilevyt
- Komposiittilevyt
- Kalsiumsilikaattilevyt
- Metallilevyt
- Metallikasetit
- Tiililaattapintaiset levyt
- Keraamiset laatat ja levyt
- Betonilaatat
- Luonnonkivilevyt
- Rapattavat levyt (20, 18.)



UUDET RAKENNEKERROKSET:
 –JULKISIVULEVY TAI JULKISIVUKASETTI
 –PYSTYRANKA+TUULETUSRAKO
 –MINERAALIVILLA

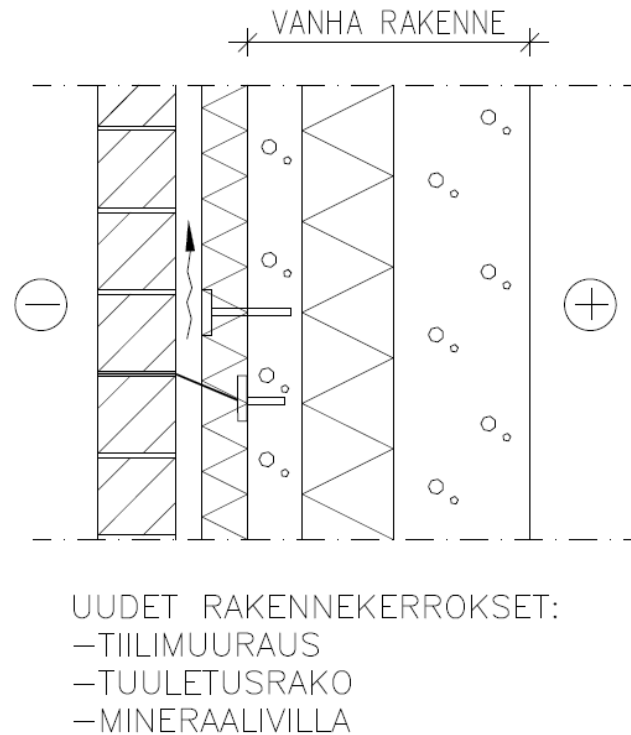
Kuva 7. Periaatekuva nykyisen seinän päälle lisätystä tuulettuvasta levyverhousrakenteesta.

7.2.3 Muurattu tiiliverhous

Julkisivun päälle on mahdollista muurata lisäkerros säänkestävistä tiilistä. Tiiliksi sopivat poltetut tiilet tai kalkkihiekkakivet, joiden leveys on 85 mm tai 130 mm. Muurauksien on oltava täyssaumaisia. Aukkojen ylityksessä on käytettävä niiden ylitykseen sopivia tiilipalkkeja, jotka siirtävät aukkoihin kohdistuvat kuormat kantaville rakenneosille. Suositeltavaa on myös samalla parantaa julkisivun lämmöneristyskykyä lisälämmöneristeellä. Lisäeristys liitetään vanhan ulkokuoren päälle, tai jos ulkokuori puretaan, liitetään lisäeristys vanhan eristyksen päälle. Tiiliverhouksessa on erityisen tärkeää jättää noin 30 mm levyinen tuuletusrako lisäeristyskerroksen ja uuden tiiliverhouksen väliin. Tiiliverhousta muuratessa on oltava huolellinen, eikä muurauspurseita eli tiilistä irtoavaa kiinnityslaastia saa syntyä. Muurauspurseet putoavat tuuletusraon alaosaan, aiheuttavat kosteuden kulkeutumisen eristeosaan sekä tukkivat muuratun julkisivun tuuletusraon estäen tai heikentäen julkisivun taustan tuulettamista. Tuuletusilman kulkeutumiseen tuuletusraossa on myös kiinnitettävä huomiota ikkunoiden ja ovien kohdalla sekä sokkelissa. Tiiliverhous kiinnitetään vanhaan ulkoseinään ruostumattomin terässitein. Vanhaa ulkokuorta voidaan samalla myös lisätukea. (1, 92.)

Tiiliverhous muuttaa merkittävästi rakennuksen ulkonäköä, jos rakennuksen julkisivu on alun perin betonipintainen. Tiilimuuraus lisää usein myös seinän paksuutta huomattavasti verrattuna alkuperäiseen. Huomioon on myös otettava sokkelille ja nykyiselle ulkokuorelle syntyvät lisäkuormat, joita tiiliverhous aiheuttaa.

Tätä korjaustapavaihtoehtoa on mahdollista laajentaa vanhan betonisen ulkokuoren purkamisella. Ulkokuoren purkamisen omaisuuksia käsitellään kappaleessa 7.3.



Kuva 8. Periaatekuva nykyisen seinän päälle lisätystä tiilimuurauksesta.

7.2.4 Kuorielementit

Kuorielementit ovat tehdasvalmisteisia betonilevyelementtejä. Elementtien kiinnitys tapahtuu kantavaan kuoreen tai vaihtoehtoisesti rakennuksen perustuksiin. Perustuksiin tuettua elementtiä kutsutaan myös itsekantavaksi kuorielementiksi. Kuorielementin vahvuudet korostuvat erityisesti, kun rakennuksen vanha ulkokuori puretaan ja elementti lisätään sisäkuoreen lisäeristykseen. Uuden lämmöneristyskerroksen lisäksi näin saadaan mahdollisimman hyvin säilytettyä vanhan ulkoseinän alkuperäinen ulkoasu. Vanhan rakenteen päälle verhoaminen on myös mahdollista, mutta vastaan tulee samankaltaisia ongelmia kuin tiiliverhousta käytettäessä, johtuen uuden rakenteen paksuudesta ja painosta. (20, 34.)

7.2.5 Tiiliverhouslevyt

Tiiliverhouslevyt ovat verhouselementtejä, joissa elementin pintana on aito tiilipinta, yhtenäinen tuuletusrako ja kohteen tarpeisiin mukautuva kiinnitystekniikka. Suomessa käytetyimpiä tiiliverhouselementtejä valmistaa Stofix. Tiilipintana on mahdollista käyttää tiilitehtaiden aitoja, poltettuja tiiliä. Tiilen ja

sauma-aineiden värivalikoima on valmistajasta riippuen laaja. Tiiliverhouksen voi asentaa sekä vanhan julkisivun että puretun julkisivun päälle. Nykyaikaisella kiinnitysjärjestelmällä päästään noin 300 mm lisäeristepaksuuteen. Tiiliverhouslevy on tuulettuva rakenne, ja tuuletusväli on eristeen ja verhouslevyn välissä, mikä takaa rakenteen riittävän kuivana pysymisen. Tiiliverhouslevyt ovat kevytrakenteisia ja ne on mahdollista asentaa rakennuksen runkoon kiinnitysjärjestelmällä, jolloin levyjä ei tarvitse kiinnittää perustuksiin. Levyverhouksen hyviä puolia ovat mahdollisuus seinäpintojen oikaisuun, kevyt rakenne, joka ei tarvitse lisäkannatuksia, helppo ja nopea asennus sekä toimiva tuuletus. Tiiliverhouselementti on soveltuva valinta, jos halutaan säilyttää vanhan tiilijulkisivun ulkonäkö, mutta seinän paksuutta ei ole varaa lisätä. Tiiliverhouselementin elinkaari on 50–70 vuotta asianmukaisella ja ennakoivalla huollolla. Tiiliverhouslevyjärjestelmän esimerkkirakenne esitetään kuvassa 9. (11, 7–8.)



Kuva 9. Esimerkki tuulettuvan tiiliverhousjärjestelmän rakenteesta (11, 7.)

7.2.6 Tuulettuva levyrappaus

Tuulettuva levyrappaus on sekoitus eristerappauksista ja levyverhousta. Levyrappauksessa rakenne toteutetaan tuulettavana samalla tavalla kuin tiiliverhouselementissä. Erona perinteisille rappausmenetelmille on tuuletusrako, joka erottaa rapatun levyn ja lisäeristyskerroksen toisistaan, mikä lisää rakenteen kestävyttä kosteusrasituksille. Levyn asennus toteutetaan omilla kannakkeilla, jotka lisätään vanhan ulkokuoren tai sisäkuoreen asti puretun julkisivun päälle. Rankajärjestelmässä on säädettävä alusta lämmöneristeelle. Rappauksen alustana käytetään siihen soveltuvaa rappauslevyä, joka kiinnitetään teräsrankaan. Rappauslevyn ominaisuuksia ovat sään-, kosteuden- ja iskunkestävyys. Nämä ominaisuudet mahdollistavat ohutrappauksen lisäämisen levyn päälle. Aluslevyn tehtävänä on myös hoitaa rappauksen vaatimat liikuntasaumamat. Heikommat levyt vaativat kalliimman paksurappauskerroksen, mikä ei ole taloudellisesti kannattava ratkaisu, koska aluslevy on kustannuksiltaan halvempi ratkaisu kuin paksurappaus. Tuulettuvan levyrappauksen taloudellinen kannattavuus on parhaimmillaan silloin, kun rakennuksen ulkokuori on purettava, koska tuulettuva levyrankajärjestelmä mahdollistaa eristeen lisäyksen ilman, että sisäkuorta tarvitsee tasoittaa. Tämä tekee vaihtoehdosta taloudellisesti kilpailukykyisen verrattuna perinteiseen eristerappaukseen. (25; 26.)



Kuva 10. Järjestelmäkuvaus Tuulettuvasta levyrappauksesta (26.)

1. Alusrakenne
2. Teräsranka ja lämmöneriste
3. Rappauslevy
4. Rappauslaasti
5. Rappausverkko
6. Pintalaasti ja pinnoite

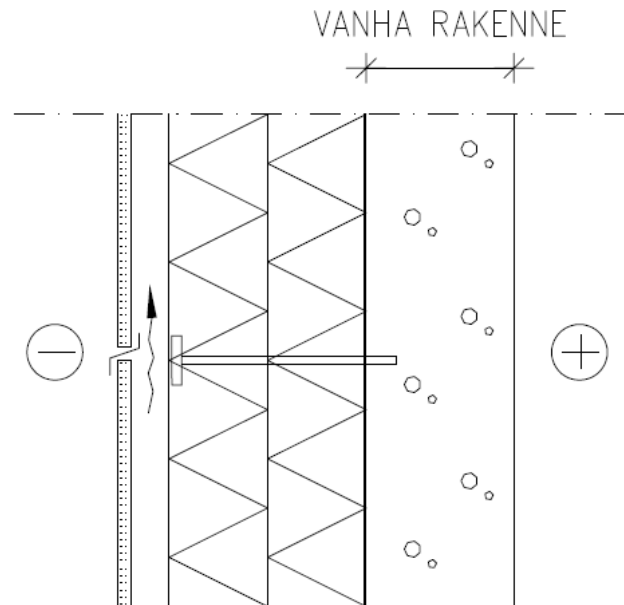
7.3 Vanhan ulkokuoren purkaminen ja uusiminen

Tämä vaihtoehto on raskain ratkaisu, jossa kustannukset ovat korkeat. Suurten kustannusten vuoksi taloyhtiöt usein välttävät tätä vaihtoehtoa. (3, 169.)

Rakennuksen ulkokuori ja sen takana oleva eristekerros poistetaan ja korvataan uusilla rakenteilla. Uusien rakenteiden asennus toimii ideana samalla tavalla kuin uuden julkisivurakenteen verhouksessa vanhan ulkokuoren päälle. Uusina julkisivun pintamateriaaleina voidaan käyttää vastaavanlaisia materiaaleja kuin pintaverhousvaihtoehdoissa. (10, 4.)

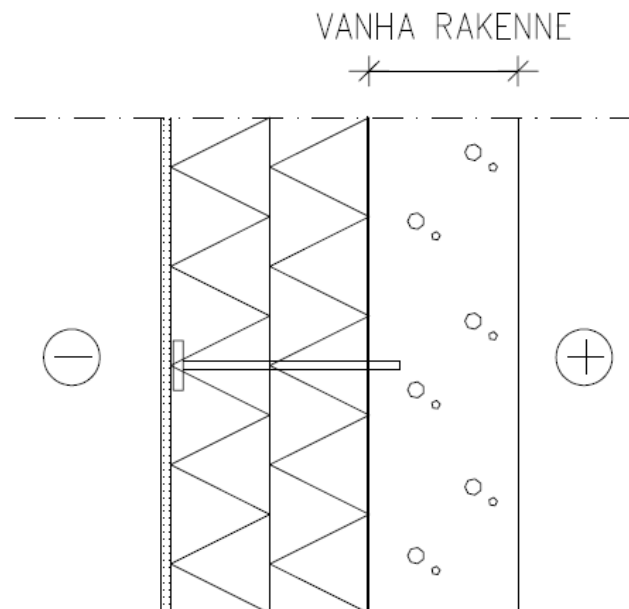
Ulkokuoren purkamiselle löytyy kuitenkin useita perusteltuja syitä, ja sitä tarjotaan usein laajennusoptiona vaihtoehdoksi uuden julkisivurakenteen verhoamiselle vanhan rakenteen päälle. Ulkokuoren purkamiseen on päädyttävä, jos ulkokuoren kiinnitykset ovat vaurioituneet, ne on toteutettu rakennusvaiheessa väärin tai ulkokuori on vakavasti vaurioitunut. Myös vanha kosteudesta vaurioitunut lämmöneriste on joissain tapauksissa poistettava, mikä vaatii ulkokuoren purkamista. Vaurioituneen rakenteen purkaminen voi myös lisätä jonkin verran rakennuksen elinikää verrattuna rakenteiden päälle tehtäviin korjaustöihin. (10, 4.)

Välttämättömien syiden lisäksi ulkokuoren purkaminen on energiatehokkuuden kannalta paras vaihtoehto. Vanha heikkolaatuinen lämmöneristys saadaan poistettua ja kun lisätään uusi lämmöneristekerros päästään rakenteen U-arvossa pintamateriaalista riippumatta rakennusmääräyskokoelma D3:n nyky määräysten vaatimaan $0.17\text{W/m}^2\text{K}$ arvoon. (17.)



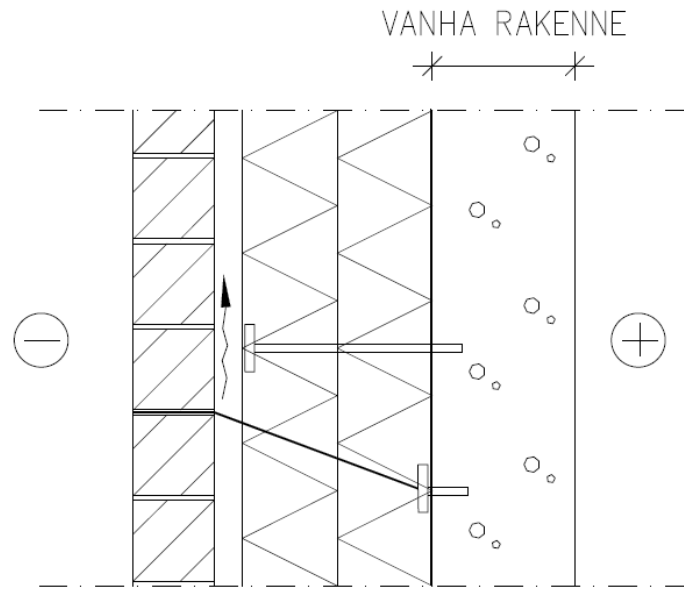
UUDET RAKENNEKERROKSET:
 –JULKISIVULEVY TAI JULKISIVUKASETTI
 –PYSTYRANKA+TUULETUSRAKO
 –MINERAALIVILLA

Kuva 11. Periaatekuva sisäkuoreen asti puretun seinän lisäeristyksestä ja levyverhouksesta.



UUDET RAKENNEKERROKSET:
 –KOLMIKERROSRAPPAUS/OHUTRAPPAUS
 –JÄYKKÄ MINERAALIVILLA/SOLUMUOVI

Kuva 12. Periaatekuva sisäkuoreen asti puretun seinän lisäeristyksestä ja rappauksesta



UUDET RAKENNEKERROKSET:
-TIILIMUURAUUS
-TUULETUSRAKO
-MINERAALIVILLA

Kuva 13. Periaatekuva sisäkuoreen asti puretun seinän lisäeristyksestä ja tiiliverhouksesta

8 KORJAUSVAIHTOEHTOJEN VERTAILUA HANKESUUNNITELMAN NÄKÖKULMASTA ESIMERKKIKOHTEN AVULLA

8.1 Tarkasteltavien korjaustapavaihtoehtojen rajaus

Tässä työssä esimerkkikohteen korjaustapavaihtoehtoja tutkittaessa keskitytään ainoastaan julkisivun korjaustapavaihtoehtoihin. Todellisessa julkisivun korjaushankkeessa on otettava huomioon vähintään myös rakennuksen sokkelit, parvekkeet, parveketaustaseinät, ikkunat, ovet ja sisäänkäynnit.

Korjaustapavaihtoehtoja vertailtaessa perehdytään vaihtoehtojen toteutuskustannusarvioihin, lämpö- ja kosteusominaisuuksiin, elinkaaren arviointiin ja työn vaikutukseen asuinolosuhteisiin. Korjaustapavaihtoehdot esitetään osittain taulukoimalla, mikä selkeyttää vertailua eri vaihtoehtojen välillä huomioiden edut ja haitat.

8.2 Korjaustapavaihtoehtojen tarkastelun menetelmät

8.2.1 Kustannusarviot

Kustannusarviot perustuvat Rakennusosien kustannuksia 2015 -kirjan, sekä Korjausrakentamisen kustannuksia 2016 -kirjan kustannusarvioihin ja aiemmin vastaavalle laatutasolla ja sisällöllä tehtyjen julkisivuremonttien toteutuneeseen kustannustasoon. Kustannusarvio on laskettu julkisivun korjauksen vaatiman perustason mukaan. Kustannusarvioon sisältyvät myös rakennuttamiskustannukset. Rakennuttamiskustannuksiin lasketaan julkisivun korjaustöiden toteutussuunnittelun lisäksi projektinjohdon ja valvonnan kustannukset. Eri vaihtoehtojen hinnat vaihtelevat kysynnän mukaan ja tarkkaa arviota on vaikea ennustaa hankesuunnitteluvaiheessa. Todellisen urakan kustannuksissa on hyvä varautua suurempiin kustannuksiin.

Kustannusarvion hintaan on laskettu mukaan arvonlisävero (24 %). Hintataso on vuoden 2015 mukaan. Kustannusarvion neliömäärät ja euromäärät on pyöristetty selkeämpien ja havainnollistavampien tulosten vuoksi.

Tämän työn kustannuksia tarkkaillessa on otettava huomioon se, että kustannukset on laskettu vain sandwich-elementtien korjauksen osalta. Todellisessa hankkeessa lasketaan tyypillisesti koko julkisivun korjauksesta aiheutuvat kustannukset, jotka ovat hinnaltaan huomattavasti suurempia.

8.2.2 Lämpöominaisuuksien vertailu

Rakennuksen lämpöominaisuudet on vertailtu U-arvolla, eli lämmönläpäisykertoimella. Rakenteiden U-arvot on laskettu DOF-Lämpö-ohjelmalla.

Lämmönläpäisykerrointa laskettaessa käytetään C4 Suomen rakentamismääräskokoelman mukaisia ohjeita ja Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 mukaisia vaatimuksia.

Lämmönläpäisykerroin (U), $W/(m^2 \cdot K)$

Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen. (14, 3).

Lämmönvastus (R), $(m^2 \cdot K)/W$

Termisessä jatkuvuustilassa olevan tasapaksun ainekerroksen tai kerroksellisen rakenteen lämmönvastus ilmoittaa rakenteen eri puolilla olevien isotermissien pintojen lämpötilaeron ja ainekerroksen läpi kulkevan lämpövirran tiheyden suhteen. (14, 3).

Normaalinen lämmönjohtavuus (λ_n), $W/(m \cdot K)$

Rakennusaineen normaalisella lämmönjohtavuudella tarkoitetaan näissä ohjeissa tai tyyppihyväksyntäpäätöksissä annettua lämmönjohtavuuden suunniteluarvoa käytännön rakennustoiminnan laskelmia varten. (14, 3).

Sisä- ja ulkopuolinen pintavastus (R_{si} ja R_{se}), $(m^2 \cdot K)/W$

Ilmoittaa rakennusosan pinnan ja sisä- tai ulkopuolisen ympäristön välisen rajakerroksen lämmönvastuksen (14, 3).

Lämmönjohtavuus on laskettu vain kantavien seinien osalta. Betonin lämmönjohtavuuden arvo on suhteellisen suuri $2.5 W/(m \cdot K)$, mikä tarkoittaa sitä, että se eristää heikosti lämpöä. Tästä johtuen paksunnan ja ohuemman betoniseinän paksuus ei vaikuta merkittävästi rakenteen U-arvoon.

Esimerkkikohteen seinän alkuperäisenä lämmöneristeenä on käytetty 1970-luvun tyypillistä mineraalivillaa, joka on menettänyt tehoaan vuosien kuluessa. Lämmöneristeen lämmönjohtavuuden arvoa on lisätty, koska on otettu huomioon lämmöneristeen vanhenemisen vaikutus eristeen lämmöneristyskyvyn

heikentymiseen. Lämmöneristeen lämmönjohtavuuden arvona on käytetty arvoa $0.042 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Uudet lämmöneristeet on valittu tilanteisiin ja korjaustapavaihtoehtoihin sopiviksi. Uusien lämmöneristeiden lämmönjohtavuuden arvot on otettu valmistajien tuoteohjeista.

Rakennusmääräyskokoelma D3:n asettamia energiatehokkuusvaatimuksia on pyrittävä noudattamaan, mikäli se on teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa. Mikäli vaatimuksen kriteereitä ei täytetä, on se perusteltava rakentamisviranomaiselle. (17.)

8.3 Rakennuskohde

Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty tutkimusta varten luodun rakennuskohteen perustietoja.

Kiinteistön nimi	Asunto Oy Esimerkki
Osoite	Esimerkkikatu 1, Helsinki
Rakennustunnus	-
Valmistumisvuosi	1970
Rakennuksia	1
Portaita	2
Kerroksia	7 + 1
Asuinhuoneistoja	40
Parvekkeita	40
Julkisivutyyppejä	Betonisandwich-elementti
Pintaratkaisut	-Punaiset sintratut laatat -Karkeasti harjattu betonielementti
Parvekelinjoja	6 linjaa
Ulkoseinäpinta-ala	n. 1800 m ²
- josta ikkunoita	n. 300 m ²
- josta ovia	n. 100 m ²
- josta parveketaustaseinää	n. 200 m ²
- josta BSW-elementtejä	n. 1200 m ² (sintratun laatan osuus n. 600m ²) (karkeasti harjatun betonin osuus n. 600m ²)
Huoneistoala	2000 m ²
Kerrosala	2500 m ²
Rakennustilavuus	8000 m ³
Tontin pinta-ala	5 000 m ²
Tärkeimmät yleiset tilat	Väestönsuojatila, talosauna, talopesula ja -kuivaushuone, kylmäkellaritilat

Taulukko 1. Rakennuskohteen perustietoja

8.4 Kaavamääräykset

8.4.1 Kaavamääräykset lyhyesti

Todellisessa julkisivukorjaushankkeessa on aina huomioitava myös alueen kaavamääräykset. Kaavamääräykset ovat asuinaluekohtaisia. Kaavamääräyksissä puututaan esimerkiksi sallittuun rakennusalaan, rakennusten kerrosmääriin, tontin käyttöön, rakennuksen muotoon, rakennuksen ulkonäköön ja ilman-suuntiin. Kaavamääräyksestä poikkeavat toimenpiteet on aina hyväksyttävä rakennusvalvonnassa. Luvan hakeminen kuuluu rakennushankkeeseen ryhtyvän osapuolen tehtäviin. Pääsuunnittelijan tehtäviin kuuluu luvan valmistelu ja toiminta viranomaisten sekä muiden tarvittavien osapuolien kanssa. (16.)

8.4.2 Esimerkkikohteen kaavamääräys

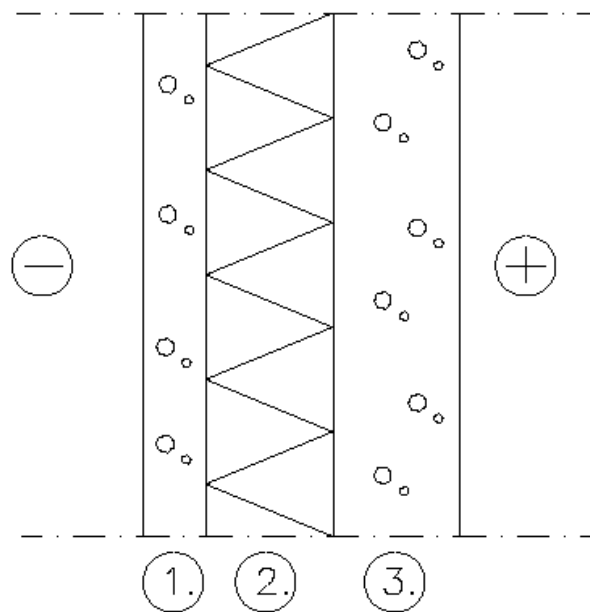
Esimerkkikohteeseen on kehitetty seuraavan mukainen kaavamääräys:

Esimerkkikohteen julkisivua koskevan kaavamääräyksen mukaan asuntokerrostalojen korttelialueilla tulee asuinrakennusten julkisivumateriaalina käyttää ainakin osittain tiiltä tai sintrattua laattaa.

8.5 Julkisivujen nykytila

8.5.1 Esimerkkikohteen sandwich-elementin rakennetyyppi

Esimerkkikohtetta varten on luotu sandwich-elementin rakennetyyppi. Rakenteen ainevahvuudet ja materiaalit ovat tyypillisiä ratkaisuja 1970-luvun sandwich-elementille. Sandwich-elementin rakenne on esitetty kuvassa 14.



- | | | |
|----|----------------|---------|
| 1. | ULKOKUORI | 60 mm. |
| 2. | MINERAALIVILLA | 120 mm. |
| 3. | SISÄKUORI | |
| | –EI KANTAVA | 80 mm. |
| | –KANTAVA | 120 mm. |

Kuva 14. Esimerkkikohteen Sandwich-elementiseinän rakennetyyppi

8.5.2 Julkisivun vaurioiden valintakriteerit

Esimerkkikohdetta varten on valittu yleisimpiä betonielementtijulkisivun vaurioita. Vauriot on valittu siten, että monipuolisille korjausvaihtoehdoille jää valinnanvaraa. Ulkokuoren betoni- ja teräsosiin on valittu vaurioita, joiden korjaaminen edellyttää vähintään ulkokuoren päälle lisättävän verhouskorjauksen. Sandwich-elementin sideteräkset ja ulkokuori on valittu kestävänsä lisälämmöneristysten ja verhouskorjauksen. Koska sideterästen ja ulkokuoren kunto ei anna perusteita ulkokuoren purkamiselle, on vanhaksi lämmöneristeeksi valittu huonokuntoinen mineraalivillaeriste, koska ulkokuoren purkaminen on halettava mukaan vertailtavaksi vaihtoehdoksi.

8.5.3 Esimerkkikohteen julkisivun vauriot

Betonipintaisten elementtien kulmissa on rapautumaa, joka on osittain voimasta. Alkuperäinen pinta on kulunut ja värjäytynyt. Laattapintaisista julkisivuelementeistä on irronnut laattoja. Myös näissä elementeissä on halkeilua betonipinnassa. Terästen korroosio on aiheuttanut lohkeamia reunoissa. Terästen korroosiosta johtuen julkisivussa on ruskehtavaa ja vihertävää väriä. Sandwich elementin sideteräkset ovat vielä kunnossa ja kiinnitykset ovat kunnossa. Elementtien väliset saumat ovat osittain vahingoittuneet. Vanhat saumausmassat sisältävät myös kappaleessa 7.1 esiteltyjä haitta-aineita. Seinästä otetun poranäytteen perusteella on saatu selville, että sandwich-elementin välissä oleva mineraalivilla on osittain märkää ja menettänyt lämmöneristyskykyään. Seinän nykyiseksi U-arvoksi on laskettu noin 0.32 W/m²K.

8.6 Korjaustapaehdotusten pääkohdat

Julkisivujen vaurioituminen on käynnissä. Vaurioitumista on mahdollista hidastaa pinnan korjauksilla, mutta paikkakorjausten elinkaari on lyhyt ja vaurioituminen on tällä hetkellä kiihtyvää. Lämmöneristeenä toimiva mineraalivilla on osittain heikkokuntoista ja se suositellaan vaihdettavaksi. Siksi tässä tapauksessa suositellaan laajempia korjaustoimenpiteitä. Vaihtoehtoina tulee esille julkisivun ulkokuoren purkaminen, uuden lämmöneristekerroksen sekä tuulettuvan levyverhouksen lisääminen. Ulkokuoren purkaminen mahdollistaa vaurion lähes täydellisen korjauksen ja paksumman eristekerroksen lisäyksen. Vanhan sisäkuoren päälle asianmukaisesti lisätty uusi nykyaikainen lämmöneristekerros ja uusi ulkoverhous muodostavat ulkoseinärakenteen, joka

täyttää Suomen rakennusmääräyskokoelma D3:n lämmönjohtavuuden nyky-
määräyksen.

Sandwich-elementin sideteräkset ovat kuitenkin kunnossa ja ulkokuori kestää
sen päälle asennettavan lisälämmöneristyksen ja uuden ulkoverhouksen.
Vaihtoehtoisesti voidaan siis harkita vanhan ulkokuoren päälle lisättävää ulko-
verhousta tai uutta eristysrappausta. Näin julkisivu saavuttaa pidemmän elin-
kaareen, ja samalla on mahdollista parantaa rakenteen energiatehokkuutta li-
säämällä seiniin lisälämmöneristekerros.

Korjaustapaehdotuksissa valitaan ensisijaisiksi vaihtoehtoiksi julkisivussa
käytettäväksi ainakin osittain tiiltä tai sintrattua laattaa. Nykyistä julkisivun il-
mettä on mahdollista jäljitellä erinäköisillä ja -kokoisilla tiilillä. Elementtien väli-
set saumat ehdotetaan uusittavaksi kauttaaltaan niiden korjaustöiden yhtey-
dessä joissa julkisivun elementtien väliset saumat jäävät näkyviin.

8.7 Korjaustapavaihtoehtojen yhteenveto, kustannusarviot ja U-arvot

Korjaustapavaihtoehdot on esitetty taulukkomuodossa. Vaihtoehdot ovat jär-
jestyksessä kohdekohtaisen soveltuvuutensa mukaisesti. Taulukoissa on esi-
tetty vaihtoehtojen eri osa-alueiden sisältö, asumishaitta-aika, vaihtoehdon
hyödyt ja haitat, kustannusarviot ja vaihtoehdon lämpötekniset ominaisuudet.
Kappaleessa 8.8 on koottu yhteenvetona taulukkovaihtoehtojen vertailtavista
ominaisuuksista, sekä esitetty kaksi parhaaksi arvioitua korjaustapaehdotusta
ja kerrottu vaihtoehtojen pääkohdat.

8.7.1 VAIHTOEHTO 1: Ulkokuoren purku, paksumpi lämmöneristyskerros, osittainen tiili-verhouselementti ja osittainen tuulettuva levyrappaus

Osa-alue	Sisältö
Julkisivut	<ul style="list-style-type: none"> • Vanha betoninen ulkokuori ja eriste puretaan • Uusi lämmöneristyskerros n. 200 mm • Asennetaan tuulettuva tiiliverhouselementti n. 600m² esim. Stofix • Asennetaan tuulettuva rappauksen aluslevy esim. Cembrit Permabase ja ohutrappaus n. 600m² • Sisäkuoren pintaa ei tarvitse pääsääntöisesti oikaista, kun eriste kiinnitetään eristekiskoon kiinni • Voi toteuttaa nykyistä julkisivun ilmettä jäljitellen (voidaan tehdä ilman nykyisiä "elementtisaumoja", jolloin ulkoilme muuttuu merkittävästi)
Sokkelit	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Parvekkeet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Ikkunat ja ovet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida

Asumishaitta-aika ja -kuvaus
<p>Urakan kokonaiskesto on noin 10–12 kk. Yksittäisen asunnon osalta haitta on 4–5 kk. Aiheutuva haitta vaihtelee työvaiheiden mukaan. Asunnoissa on mahdollista asua, mutta asumismukavuus kärsii työnaikaisesta suojauksesta ja työ aiheuttaa mahdollisia pölyongelmia. Työtä ei käytännössä ole järkevää tehdä osissa, sillä se lisää kokonaistyöaikaa ja kustannuksia. Julkisivun osilta työt tehdään avotelineiltä tai henkilönostimista käsin. Parveke on pois käytöstä koko julkisivusaneerauksen ajan.</p>

Hyödyt	Haitat
+ Ilman huoltotoimenpiteitä pitkä elinkaari 30–40 vuotta (20 vuoden takuu), tiili kestää yli 50 vuotta ja on helposti huollettavissa ja puhdistettavissa. Rappauksen elinkaari on 30–40 vuotta	– Melko kallis investointi
+ Rakenteen kokonaispaksuus ei kasva tarpeettomasti	– Enemmän työvaiheita, kun verrataan muihin vaihtoehtoihin
+ Betonirakenteiden ja lämmöneristeen vaurioituminen nykyisissä julkisivuissa pysähtyy	– Todelliset kustannukset suhteessa hyötyyn verrattuna ulkokuoren paikalleen jättämiseen selviävät vasta ajan kuluessa
+ Energiatohokkuuden parantuminen ja elinkaarihyödyt	– Soveltuvia ratkaisutoimittajia on rajoitetusti, mikä voi nostaa tarjoushintoja
+ Talojen ulkoilmeeseen voidaan vaikuttaa menetelmällä halutussa laajuudessa joko erittäin paljon tai vähäisesti alkuperäistä hyvin kunnioittaen	– Asumishaitta remontin aikana on melko suuri

+ Korjausvaihtoehto täyttää kaavan vaatimuksen tiilen tai sintratulun laatan käytöstä julkisivussa, vaikka osa julkisivusta tehtäisiinkin rappaamalla	– Urakan kesto ja asumisen haitta-aika, kaikista vaihtoehtoista pitkäaikaisin
+ Positiivinen vaikutus asuntojen arvoon	– Äänekkäät purkutyöt ja pölyhaitat
+ Vaurioitumisriskit pienenevät	
+ Eristekerros n. 200 mm, täyttää määräykset	
+ Koko julkisivusta saadaan tuulettuva, vähentää kosteusrasitusta	
+ Sisäkuoren pintaa ei tarvitse pääsääntöisesti oikaista, kun käytetään eristekiskoja	

Vaihtoehdon mukaiset työt	Hinta-arvio (alv. 24 %)	Lähde
Nykyisen betonisandwich-elementin ulkokuoren purku (1200m ²)	48 000 € (40 €/m ²)	Rok 2015/aikaisemmat kohteet
Paksumpi lämmöneristyskerros noin 150 mm (1200m ²)	42 000 € (35 €/m ²)	Rok 2015/aikaisemmat kohteet
Tiiliverhoiluelementin asennus + 50 mm tuulensuojavilla (600m ²)	228 000 € (380 €/js-m ²)	Rok 2015/aikaisemmat kohteet
Tuulettuvan levyrappauksen asennus + 50 mm tuulensuojavilla (600m ²)	198 000 € (330 €/js-m ²)	Rok 2015 /aikaisemmat kohteet
Suunnittelu, projektinjohto ja valvonta	80 000 €	Rok 2015/aikaisemmat kohteet
Yhteensä	596 000 €	
Maksavien asuinneliöiden osuus (2000 m²)	298 €/m²	
Yllä olevien lisäksi lisä- ja muutostöille varataan yleensä noin 10 % urakkasummasta.		

Vaihtoehdon mukaisen korjaustaparatkaisun U-arvot

Energiatehokkuusmääräysten mukainen U-arvo 0,17 W/m²K saavutetaan, kun seinässä käytetään lämmöneristeenä, 0,035 W/mK, Lambda Declared -arvon alittavaa eristevillaa, esimerkiksi ISOVER OL-E-35 -eristevillalevyä ja tuulensuojavillana 0,033 W/mK Lambda Declared -arvon alittavaa tuulensuojavillalevyä, esim. PAROC Cortex -tuulensuojaeristettä.

8.7.2 VAIHTOEHTO 2: Peittävä korjaus tiiliverhouselementillä nykyisen ulkokuoren päälle ja lisälämmöneristys

Osa-alue	Sisältö
Julkisivut	<ul style="list-style-type: none"> • Vanha betoninen ulkokuori pultataan kiinni sisäkuoreen • Vanhat betonisandwich elementtien saumat avataan • Uusi lämmöneristyskerros 50–70 mm • Asennetaan peittävä tuulettuva tiiliverhouselementti esim. Stofix (kauttaaltaan) • Voi toteuttaa kaksivärisenä nykyistä julkisivun ilmettä jäljitellen (voidaan tehdä ilman nykyisiä ”elementtisaumoja”, jolloin ulkoilme muuttuu merkittävästi) <ul style="list-style-type: none"> ○ Vaihtoehtoisesti nykyisten betonipintaisten elementtien alueilla voidaan tehdä peittävä korjaus ohutrappaus-eristejärjestelmällä ○ Kustannukset voivat olla hieman alhaisemmat tai samat kuin tehtäessä koko julkisivun kauttaaltaan peittävä korjaus tiiliverhouselementillä
Sokkelit	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Parvekkeet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Ikkunat ja ovet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida

Asumishaitta-aika ja -kuvaus
<p>Urakan kokonaiskesto on noin 10–11 kk. Yksittäisen asunnon osalta haitta on 3,5–4,5 kk. Aiheutuva haitta vaihtelee työvaiheiden mukaan. Asunnoissa on mahdollista asua, mutta asumismukavuus kärsii työnaikaisesta suojauksesta ja työ aiheuttaa mahdollisia pölyongelmia. Työtä ei käytännössä ole järkevää tehdä osissa, sillä se lisää kokonaistyöaikaa ja kustannuksia. Julkisivun osalta työt tehdään avotelineiltä tai henkilönostimista käsin. Parveke on pois käytöstä koko julkisivusaneerauksen ajan.</p>

Hyödyt	Haitat
+ Pitkä elinkaari 25–35 vuotta ilman huoltotoimenpiteitä (20 vuoden takuu), tiili kestää yli 50 vuotta ja on helposti huollettavissa ja puhdistettavissa	- Melko kallis investointi
+ Pienemmät investointikustannukset kuin purkuvaihtoehdossa, nykyisen betonisen ulkokuoren kunto mahdollistaa vanhan julkisivun päälle tehtävän peittävän korjauksen	- Menetelmä ei täytä nykyisiä korjausrakentamisen rakennusosakohtaisia energiatehokkuusmääräyksiä (poikkeaminen vaatii tarkemmat perustelut viranomaiselle toteutussuunnitteluvaiheessa)
+ Rakenteiden vaurioituminen nykyisissä julkisivuissa pysähtyy	- Vanha jo hieman vaurioitunut betoninen ulkokuori ja lämmöneriste jää rakenteisiin – paksuus kasvaa merkittävästi
+ Energiatehokkuuden parantuminen ja elinkaarihyödyt	- Soveltuvia ratkaisutoimittajia on rajoitetusti, mikä voi nostaa tarjoushintoja

+ Talojen ulkoilmeeseen voidaan vaikuttaa menetelmällä halutussa laajuudessa joko erittäin paljon tai vähäisesti alkuperäistä hyvin kunnioittaen	- Ikkunat jäävät ns. syvemmälle seinään, mikä muuttaa talon ilmettä jonkin verran, karmipak-suutta kasvattamalla haittaa voi kompensoida
+ Korjausvaihtoehto täyttää kaavan vaatimuksen tiilen tai sintratun laatan käytöstä julkisivussa, vaikka osa julkisivusta tehtäisiinkin rappaamalla	- Asumishaitta remontin aikana on melko suuri
+ Positiivinen vaikutus asuntojen arvoon	
+ Vaurioitumisriskit pienenevät	

Vaihtoehdon mukaiset työt	Hinta-arvio (alv. 24 %)	Lähde
Julkisivujen lisäeristys +50 mm ja verhoiluelementtien asennus (1200m ²)	460 000 € (380 €/js-m ²)	Rok 2015/aikaisemmat kohteet
Suunnittelu, projektinjohto ja valvonta	80 000 €	Rok 2015/aikaisemmat kohteet
Yhteensä	540 000 €	
Maksavien asuinneliöiden osuus (2000 m ²)	270 €/m²	
Yllä olevien lisäksi lisä- ja muutostöille varataan yleensä noin 10 % urakkasummasta.		

Vaihtoehdon mukaisen korjaustaparatkaisun U-arvot

Seinän tuulensuojaeristeenä voidaan käyttää esimerkiksi PAROC CORTEX 50 mm. paksuista tuulensuojaeristettä. Täten seinän U-arvoksi saataisiin 0.216 W/m²K.

U-arvo paransi nykytilasta, mutta ei kuitenkaan täytä energiatehokkuusasetusten nykyisiä vaatimuksia U-arvon puolittamisesta tai saavuta vaadittua arvoa 0,17 W/m²K.

Laajennusoptio: Ulkokuoren purku	Hinta-arvio (alv. 24%)
Nykyisen betonisandwich-elementin ulkokuoren purku (1200m ²)	+48 000 € (40 €/m ²)
Paksumpi lämmöneristyskerros (+tuulensuojavilla 50 mm) +150 mm (1200m ²)	+12 000 € (10 €/m ²)
Yhteensä	+ 60 000
Maksavien asuinneliöiden osuus (2000 m ²)	+ 30 €/m²
Yllä olevien lisäksi lisä- ja muutostöille varataan yleensä noin 10 % urakkasummasta.	
Laajennusoption hyödyt	Laajennusoption haitat
+ Pidempi elinkaari 30–40 vuotta	- Todelliset kustannukset suhteessa hyötyyn verrattuna sisäkuoren paikalleen jättämiseen selviävät vasta ajan kuluessa

+ Saadaan paksumpi ja toimiva eristekerros, täyttää määräykset	- Lisää hieman urakan kestoa ja haitta-aikaa
+ Rakenteen kokonaispaksuus ei kasva tarpeettomasti	- Äänekkäät purkutyöt ja pölyhaitat
+ Sisäkuoren ulkopintaa ei pääsääntöisesti tarvitse oikaista, jos käytetään eristekiskoa	

Laajennusoption U-arvot

Määräysten mukainen U-arvo saavutetaan, kun seinässä käytetään lämmöneristeenä, 0,035 W/mK Lambda Declared -arvon alittavaa eristevillaa, esimerkiksi ISOVER OL-E-35 -eristevillalevyä ja tuulensuojavillana 0,033 W/mK, Lambda Declared -arvon alittavaa tuulensuojavillalevyä, esim. PAROC Cortex -tuulensuojaeristettä.

8.7.3 VAIHTOEHTO 3: Ohutrappauseristejärjestelmä nykyisen ulkokuoren päälle

Osa-alue	Sisältö
Julkisivut	<ul style="list-style-type: none"> Julkisivun pintaan lisätään eristerappauskerros kauttaaltaan ohutrappauseristejärjestelmällä Vanha betoninen ulkokuori pultataan kiinni sisäkuoreen Vanhan ulkokuoren päälle listään uusi mineraalivillainen lämmöneristyskerros paksuudeltaan 50–70 mm, joka kiinnitetään liimaamalla kiinnityslaastilla ja muovisin kiinnikkein Eristekerroksen päälle tehdään verkkovahvisteinen ohutrappaus paksuudeltaan 5–10 mm Ohutrappauksen pinta voidaan käsitellä halutun värisellä pinnoitteella
Sokkelit	<ul style="list-style-type: none"> Ei huomioida
Parvekkeet	<ul style="list-style-type: none"> Ei huomioida
Ikkunat ja ovet	<ul style="list-style-type: none"> Ei huomioida
Muut	<ul style="list-style-type: none"> Ei huomioida

Asumishaitta-aika ja -kuvaus
<p>Urakan kokonaiskesto on noin 8–9 kk. Yksittäisen asunnon osalta haitta on 3,5–4,5 kk. Aiheutuva haitta vaihtelee työvaiheiden mukaan. Asunnoissa on mahdollista asua, mutta asumismukavuus kärsii työnaikaisesta suojauksesta ja työ aiheuttaa mahdollisia pölyongelmia. Työtä ei käytännössä ole järkevää tehdä osissa, sillä se lisää kokonaistyöaikaa ja kustannuksia. Julkisivun osalta työt tehdään avotelineiltä tai henkilönostimista käsin. Parveke on pois käytöstä koko julkisivusaneerauksen ajan.</p>

Hyödyt	Haitat
+ Elinkaari pidentyy 20–40 vuodella	- Ei täytä alueen kaavamääräyksiä. Vaaditaan erillinen lupa rakennusvalvonnan viranomaiselta. Luvan saaminen on epävarmaa
+ Kustannuksiltaan tehokas ja elinkaaritaloudellinen vaihtoehto	- Lyhempi elinkaari, verrattuna tuulettuviin ratkaisuihin
+ Rappausvaihtoehdossa voidaan vaikuttaa talojen ulkoasuun ja ilmeeseen hyvin paljon	- Asumishaitta remontin aikana on merkittävä
+ Ohutrappauksella saadaan yhtenäinen tasainen julkisivu, josta ei erotu vanhoja elementtisaumoja	- Määräykset julkisivun lisäeristämisen osalta eivät täyty, kun lämmöneristys tehdään nykyisen julkisivun päälle
+ Energiatehokkuus paranee lisäeristuksen myötä	- Ei kestä kovaa mekaanista rasitusta
+ Positiivinen vaikutus asuntojen arvoon	- Vanha jo hieman vaurioitunut betoninen ulkokuori ja lämmöneriste jää rakenteisiin sekä rakenteen paksuus kasvaa
+ Työ yksinkertainen toteuttaa, urakoitsijoita tarjolla useita	
+ Ohutrappauksen pinta voidaan käsitellä halutun värisellä pinnoitteella	

+ Pienemmät kustannukset kuin tuulettuvissa ratkaisuissa.	
---	--

Vaihtoehdon mukaiset työt	Hinta-arvio (alv. 24 %)	Lähde
Ohutrappaus (lisäeristys 50–70 mm ja ohutrappaus) (1200m ²)	300 000 € (250 €/js-m ²)	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Suunnittelu, projektinjohto ja valvonta	80 000 €	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Yhteensä	380 000 €	
Maksavien asuinneliöiden osuus (2000 m ²)	190 €/m²	
Yllä olevien lisäksi lisä- ja muutostöille varataan yleensä noin 10 % urakkasummasta.		

Vaihtoehdon mukaisen korjaustaparatkaisun U-arvot

Seinän lisälämmöneristeenä voidaan käyttää esimerkiksi ISOVER FS30 70 mm paksuista ohutrappaukseen soveltuvaa lämmöneristettä. Täten seinän U-arvoksi saataisiin 0.204 W/m²K.

U-arvo paransi nykytilasta, mutta ei kuitenkaan täytä energiatehokkuusasetusten nykyisiä vaatimuksia U-arvon puolittamisesta tai saavuta vaadittua arvoa 0,17 W/m²K.

Seinän U-arvoa saadaan parannettua vielä tästäkin eri lämmöneristevaihtoehdoilla, jotka myös sopivat ohutrappauksen kanssa.

8.7.4 VAIHTOEHTO 4: Vanhan ulkokuoren purku ja eristerappaus kolmikerrosrappausjärjestelmällä

Osa-alue	Sisältö
Julkisivut	<ul style="list-style-type: none"> • Vanha betoninen ulkokuori ja eriste puretaan • Vanha sisäkuori oikaistaan tarvittavilta osin • Vanhan sisäkuoren päälle listään uusi mineraalivillainen lämmöneristyskerros paksuudeltaan 200 mm, joka kiinnitetään liimaamalla kiinnityslaastilla ja muovisin kiinnikkein • Eristekerroksen päälle tehdään teräsverkkovahvisteinen kolmikerrosrappaus paksuudeltaan n. 30 mm. • Rappauksen pinta voidaan käsitellä halutun värisellä pinnoitteella
Sokkelit	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Parvekkeet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Ikkunat ja ovet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida

Asumishaitta-aika ja -kuvaus
<p>Urakan kokonaiskesto on noin 9-10 kk. Yksittäisen asunnon osalta haitta on 3–4 kk. Aiheutuva haitta vaihtelee työvaiheiden mukaan. Asunnoissa on mahdollista asua, mutta asumismukavuus kärsii työnaikaisesta suojauksesta ja työ aiheuttaa mahdollisia pölyongelmia. Työtä ei käytännössä ole järkevää tehdä osissa, sillä se lisää kokonaistyöaikaa ja kustannuksia. Julkisivun osilta työt tehdään avotelineiltä tai henkilönostimista käsin. Parveke on pois käytöstä koko julkisivusaneerauksen ajan.</p>

Hyödyt	Haitat
+ Kolmikerrosrappauksen elinkaari on 30–40 vuotta	- Ei täytä alueen kaavamääräyksiä. Vaaditaan erillinen lupa rakennusvalvonnan viranomaiselta. Luvan saaminen on epävarmaa
+ Rakenteen kokonaispaksuus ei kasva tarpeettomasti	- Jonkin verran lyhempi elinkaari, verrattuna tuuletuviin ratkaisuihin
+ Rakenteiden vaurioituminen nykyisissä julkisivuissa pysähtyy	- Todelliset kustannukset suhteessa hyötyyn verrattuna sisäkuoren paikalleen jättämiseen selviävät vasta ajan kuluessa
+ Energiatehokkuuden parantuminen ja elinkaarihyödyt	- Äänekkäät purkutyöt ja pölyhaitat
+ Työ yksinkertainen toteuttaa, urakoitsijoita tarjolla useita	- Urakan kesto ja asumisen haitta-aika pidempi kuin verhovaihtoehdoissa
+ Kestää mekaanista rasitusta ohutrappausta paremmin	
+ Positiivinen vaikutus asuntojen arvoon	
+ Vaurioitumisriskit pienenevät	
+ Eristekerros n. 200 mm, täyttää määräykset	

+ Pienemmät kustannukset kuin tuulettuvissa ratkaisuissa	
+ Rappauksen pinta voidaan käsitellä halutun värisellä pinnoitteella	

Vaihtoehdon mukaiset työt	Hinta-arvio (alv. 24 %)	Lähde
Nykyisen betonisandwich-elementin ulkokuoren purku (1200m ²)	48 000 € (40 €/m ²)	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Betonielementin sisäkuoren pinnan oikaisu (1200m ²)	30 000 € (25 €/m ²)	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Kolmikerrosrappaus (1200m ²)	360 000 € (300 €/js-m ²)	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Paksumpi lämmöneristyskerros noin 200 mm (1200m ²)	42 000 € (35 €/m ²)	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Elementtisaumojen uusinta/korjaus (1200m ²)	20 000 € (17 €/js-m ²)	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Suunnittelu, projektinjohto ja valvonta	80 000 €	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Yhteensä	580 000 €	
Maksavien asuinneliöiden osuus (2000 m²)	290 €/m²	
Yllä olevien lisäksi lisä- ja muutostöille varataan yleensä noin 10 % urakkasummasta.		

Vaihtoehdon mukaisen korjaustaparatkaisun U-arvot

Energiatehokkuusmääräysten mukainen U-arvo 0,17 W/m²K saavutetaan kun seinässä käytetään lämmöneristeenä 200 mm paksua 0,035 W/mK Lambda Declared -arvon alittavaa kolmikerrosrappaukseen soveltuvaa eristevillaa, esimerkiksi ISOVER FS 5 -eristevillaa.

8.7.5 VAIHTOEHTO 5: Vanhan ulkokuoren paikkaus ja pinnoitus

Osa-alue	Sisältö
Julkisivut	<ul style="list-style-type: none"> • Julkisivut hiekkapuhalletaan tai pestään soveltuvilta osin • Paikalliset korroosio- ja rapautumavauriot korjataan: avaus, puhdistus ja paikkaus, ylitsetasoitus • Kaikki betonipinnat pinnoitetaan maalaamalla suojamaalilla, joka suojaa kosteutta ja karbonatisoitumista vastaan • Elementtisaumat avataan ja uusitaan
Sokkelit	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Parvekkeet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Ikkunat ja ovet	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Ei huomioida

Asumishaitta-aika ja -kuvaus
Urakan kokonaiskesto on 4-5 kuukautta. Asuntokohtainen asumishaitta on 2-3 kk. Asunnoissa on mahdollista asua, mutta asumismukavuus kärsii työnaikaisesta julkisivujen suojauksesta ja tehtävät työt aiheuttavat mahdollisia pölyongelmia. Parveke on työn aikana pois käytöstä.

Hyödyt	Haitat
+ Pienet välittömät investointikustannukset	- Käyttöikäarvio julkisivulle on lyhyt, noin 10–15 vuotta, jonka jälkeen on tehtävä vastaavat tai laajemmät korjaukset
+ Urakoitsijoita on pienempiin töihin tarjolla useampia, mikä laskee hintaa ja lisää urakoitsijavaihtoehtoja	- Perusrakenteita ei korjata, vaan vaurioitumista vain hidastetaan, paikallistamattomat vauriokohdat voivat näkyä julkisivussa heti remontin jälkeenkin: maali- ja pinnoitusvauriot ja epäsiisti ulkonäkö
+ Rakennusten ulkoasu paranee jonkin verran, mutta vaurioituminen jatkuu	- Jos tulevat julkisivun korjaukset ajoittuvat samoihin aikoihin kalliin putkiremontin kanssa, rahoitusilanne voi olla kestävä
	- Kevyt julkisivukorjaus ei välttämättä näy asuntojen arvossa
	- Julkisivukorjaus ei paranna rakennuksen energiatehokkuutta
	- Paikkakorjausten ja avausten laajuuden optimaalinen määrittely on haastavaa

Vaihtoehdon mukaiset työt	Hinta-arvio (alv. 24 %)	Lähde
Laastipaikkakorjaukset ja pinnoituskorjaukset julkisivuissa	120 000 € (100 €/js-m ²)	Rok 2015/aikaisemmat kohteet

Elementtisaumojen uusiminen	20 000€ (17 €/js-m ²)	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Suunnittelu, projektinjohto ja valvonta	40 000 €	Rok 2015/aikaisemat kohteet
Yhteensä	180 000 €	
Maksavien asuinneliöiden osuus (2000 m²)	90 €/m²	
Yllä olevien lisäksi lisä- ja muutostöille varataan yleensä noin 10 % urakkasummasta.		

8.8 Korjaustapaehdotuksien yhteenveto ja ensisijaiset korjaustapaehdotukset

Korjaustapaehdotuksien ominaisuuksia on vertailtu lyhyesti seuraavassa taulukossa.

VAIHTOEHTO	KUSTAN- NUS- ARVIO (€)	ARVIOITU TYÖN KESTO (KK)	ODOTETTU ELINKAARI (VUOTTA)	ASUMIS- HAITTA -AIKA (KK)	TUULET- TUVA RAKENNE?	PURE- TAANKO ULKO- KUORI?	SEINÄN PAKSUUS KAN- TAVA/EI- KANTAVA (MM)
1: ULKOKUOREN PURKU JA TUULETTUVA VERHOUS	596 000	10–12	30–40	4-5	KYLLÄ	KYLLÄ	360/320
2: PEITTÄVÄ KORJAUS TIILIVERHOUSELEMENTILLÄ	540 000	10–11	25–35	3,5–4,5	KYLLÄ	EI	400/360
2+: LAAJENNUSOPTIO: ULKOKUOREN PURKU	(540 000) +60 000	10–12	(25–34) + 10	(3,5–4,5) + 1	KYLLÄ	KYLLÄ	360/320
3: OHUTRAPPAUSJÄRJESTELMÄ NYKYISEN ULKOKUOREN PÄÄLLE	380 000	8-9	20–40	3,5–4,5	EI	EI	380/340
4: ULKOKUOREN PURKU JA KOLMIKERROSRAPPAUS	580 000	9-10	30–40	3-4	EI	KYLLÄ	350/310
5: VANHAN ULKOKUOREN PAIKKAUS JA PINNOITUS	180 000	4-5	10–15	2-3	EI	EI	300/260

Taulukko 7. Korjaustapavaihtoehtojen ominaisuuksien vertailua

8.8.1 Ensisijainen korjaustapaehdotus

Ensisijaiseksi korjaustavaksi ehdotetaan korjaustapavaihtoehtoa 1, jossa rakenteesta puretaan ulkokuori, koska sen vaurioitumisprosessi on käynnistynyt ja tietoa sen elinkaaresta ei ole. Purkamisen yhteydessä on mahdollista poistaa vanha, märkä ja heikkolaatuinen lämmöneristekerros sekä lisätä seinän lämmöneristyspaksuutta ilman, että rakenteen paksuus kasvaa nykyisestä. Kasvattamalla uutta lämmöneristyspaksuutta 200 millimetriin saavutetaan rakenteen U-arvossa pintamateriaalista riippumatta nykymääräysten vaatima 0.17 W/m²K arvo nykyisen arvon 0.32 W/m²K sijaan. Uusi lämmöneristekerros

vähentää rakennuksen lämmityskustannuksia huomattavasti ja lisälämmöneristys katkaisee samalla rakenteiden mahdolliset kylmäsillat eli paikallisten rakenneosien lämpöhäviöt.

Ulkoseinän lämmöneristeiden uusimisen lisäksi julkisivu verhoillaan uudella tiiliverhouselementillä ja tuulettuvalla levyrappauksella. Ratkaisu on kustannustehokas, koska järjestelmien yhteensovittamisongelmia ei synny ja suunnittelu onnistuu vähällä määrällä detaljeja. Levyrappaus ja tiilidetaliitit ovat kustannustehokas ratkaisu. Toimenpiteen elinkaari ilman huoltotoimenpiteitä on pitkä, 30–40 vuotta ilman huoltotoimenpiteitä. Vaihtoehto täyttää asuinalueen kaavamääräykset sintratun laatan tai tiilen käytön osalta. Vaihtoehto täyttää nykyiset energiatehokkuusvaatimukset.

Rakenne korjaustapatoimenpiteen jälkeen (U = uusi, V = vanha):

• Tiiliverhouselementti/rappaus	20 mm	U
• Tuuletusrako	20–35 mm	U
• Tuulensuojaeristelevy	50 mm	U
• Lämmöneriste	150 mm	U
• Betoninen sisäkuori	80 mm / 120 mm	V

Nykyinen seinän kokonaispaksuus on kantavilla osilla 300 mm ja kantamattomilla osilla 260 mm. Tällä korjaustavalla rakenteen kokonaispaksuus kasvaa lisäeristämisen takia 60–75 mm. Rakenteen kokonaispaksuuden kasvu ei vaikuta suuresti rakennuksen yleisilmeeseen, mutta paksuuseroa voidaan kompensoida esimerkiksi kasvattamalla ikkuna-aukkojen karmisyvyyttä.

8.8.2 Toissijainen korjaustapaehdotus

Toissijaiseksi korjaustavaksi esitetään vaihtoehtoa 3 eli ohutrappaus-eristejärjestelmää, jossa nykyisen julkisivun päälle kiinnitetään lisälämmöneristekerros, joka rapataan ohutrappausjärjestelmällä.

Vaihtoehdon toteutumisen ehtona on kaavamääräyksestä poikkeamiseen anottava lupa rakennusviranomaiselta. Lupaa on haettava ennen toteutus suunnitteluvaihetta.

Vaihtoehto on peittävästä betonisandwich-elementin korjausvaihtoehdoista edullisin. Vertailussa olevat kolmikerrosrappaus sekä tuulettuva levyrappaus ovat kustannuksiltaan kalliimpia vaihtoehtoja.

Julkisivuelementin nykyistä betonista ulkokuorta ei lähtökohtaisesti pureta, koska sandwich-elementin kiinnikkeet ovat vielä kunnossa ja ulkokuori kestää lisälämmöneristeestä ja ohutrappauksesta aiheutuvat lisäkuormat. Nykyinen ulkokuori jää uuden rakenteen alle ja sen vaurioituminen lähes pysähtyy tai vähintään hidastuu merkittävästi, koska pakkasesta ja kosteudesta aiheutuvat rasitukset häviävät. Eristerappauksen elinkaari on 20–40 vuotta.

Ulkokuoren päälle lisätty eristerappaus ei täytä nykyisiä julkisivun energiatehokkuusvaatimuksia. Energiatehokkuusvaatimukset saadaan täytettyä vain, jos vanha ulkokuori puretaan ja seinään lisätään uusi paksumpi lämmöneristekerros. Energiatehokkuusvaatimuksia ei tarvitse kuitenkaan noudattaa, jos toimenpide on teknisesti, toiminnallisesti tai taloudellisesti toteutettavissa. Ulkokuoren lisälämmöneristys parantaa kuitenkin huomattavasti rakenteen lämmöneristyskykyä ja vähentää lämmityskustannuksia. Lisälämmöneristys katkaisee samalla rakenteiden mahdolliset kylmäsiljat.

Rappausvaihtoehto on myös mahdollista toteuttaa kolmikerrosrappauksella ja/tai ulkokuoren purkamisella, mutta vaihtoehdot eivät ole taloudellisesti kilpailukykyisiä ohutrappauksen ja ensisijaisen vaihtoehdon kanssa.

Rakenne korjaustapatoimenpiteen jälkeen (U = uusi, V = vanha):

- | | | |
|---|----------------|---|
| • Lasikuituverkkovahvisteinen ohutrappaus | 5–10 mm | U |
| • Lämmöneristys mineraalivilla | 50–70 mm | U |
| • Betoninen ulkokuori | 60 mm | V |
| • Lämmöneriste (mineraalivilla) | 120 mm | V |
| • Betoninen sisäkuori | 80 mm / 120 mm | V |

Nykyinen seinän kokonaispaksuus on kantavilla osilla 300 mm ja kantamattomilla osilla 260 mm. Tällä korjaustavalla rakenteen kokonaispaksuus kasvaa nykyisestä paksuudesta lisäeristämisen vuoksi 55–80 mm. Rakenteen kokonaispaksuuden kasvu vaikuttaa jonkin verran rakennuksen yleisilmeeseen, mutta kuten ensisijaisessa vaihtoehdossa, paksuutta voidaan kompensoida esimerkiksi kasvattamalla ikkuna-aukkojen karmisyvyttä. Rappauksella julkisivun ulkonäköä voidaan muuttaa rajatusti halutulla tavalla. Niiltä osin, joissa julkisivun pintamateriaalina on käytetty sintrattua laattaa, julkisivun ulkonäkö muuttuu suuresti.

Vaihtoehtoisesti eristerappausjärjestelmää voidaan käyttää vain niiden sandwich-elementtien osilta joissa on pesubetonipinta ja sintratuilla laatoilla päällystetyltä osalta voidaan käyttää ulkokuoren päällä vaihtoehto 2:n mukaista tiiliverhouselementtiä. Tämä vaihtoehto on hyvä ottaa tarkasteluun varsinkin silloin, jos kaavamääräyksestä ei voida poiketa.

9 OPINNÄYTETYÖN TUTKIMUSOSUUDEN TARJOAMA HYÖTY YRITYKSELLE JA KEHITYSMAHDOLLISUUDET

9.1 Opinnäytetyön tarjoama hyöty yritykselle

Tutkimusosuuden taulukko on luotu siten, että sitä on mahdollista käyttää yrityksen kehityksessä olevan julkisivuhankesuunnitelman pohjana. Valmiin taulukkotyökalun tarkoituksena on vähentää hankesuunnitelman raportin kirjoittajan työmäärää tarjoamalla mahdollisimman monipuolisesti korjaustapavaihtoehtoja, joista voi muokata kohteeseen sopivan kokonaisratkaisun. Tehostamalla yrityksen hankesuunnittelutyötä pystyy yritys tarjoamaan asiakkailleen asiakaslähtöisemmän ja helpommin ymmärrettävän hankesuunnitelman. Mahdollisimman pitkälle etukäteen valmisteltu hankesuunnitelmapohja lisää myös yrityksen mahdollisuuksia tarjota entistä kilpailukykyisempiä hankesuunnittelutarjouksia.

Tutkimusosuudesta on pyritty tekemään asiakaslähtöinen ja siinä on tutkittu asiakasta todennäköisesti kiinnostavia ja korjaustapapäätöksen tekoa helpottavia asioita, kuten kustannusten vertailua, ja vaihtoehtojen teknisiä eroavaisuuksia. Taulukoinnilla on pyritty luomaan vaihtoehtoista johdonmukainen kuva, joiden avulla vaihtoehtojen vertailusta saadaan mahdollisimman mutkatonta.

Tekstiosuutta tullaan mahdollisesti käyttämään tällä hetkellä kehitysvaiheessa olevaan hankesuunnitelman tukena, ja siitä lisätään tarpeellisia aiheita hankesuunnitelman pohjaan. Teoriaosuus tarjoaa myös tietoa korjausvaihtoehtojen ominaisuuksista, ja siitä olisi mahdollista kehittää asiakkaalle tietopaketti tukemaan hankesuunnitelmassa ehdotettuja korjausvaihtoehtoja.

Kustannuslaskelmien avulla saadaan hankkeen alkuvaiheessa eri vaihtoehtojen kustannuserot selville. Työhön on valittu lähtöarvoja tulevia hankesuunnitelmia varten tehostamaan kustannusten laskijan työtä. Etukäteen valmistellut kustannuslaskelmat vähentävät kustannusten laskennasta syntyviä työtunteja. Kustannuslaskennan konseptointi vähentää laskennassa syntyvien virheiden mahdollisuutta, jolloin laskennalle saadaan enemmän luotettavuutta.

Rakennusfysiikallisten osien osalta eri korjausvaihtoehtoihin voidaan nyt valita ja perustella eri tilanteisiin sopivia lämmöneristetyyppejä ja paksuuksia. Eristeen paksuus vaikuttaa huomattavasti julkisivun ulkonäköön, joten U-arvon laskemisen avulla voidaan valita määräysten täyttämät ja tilanteisiin sopivat lämmöneristeet.

9.2 Kehitysmahdollisuudet

Hankesuunnitelman asiakaslähtöisyyttä on tarkoitus vielä kehittää. Tulevaisuuden kehityksen kohteena ovat julkisivujen 3D-havainnekuvat joiden avulla voidaan vertailla eri kohteiden korjausvaihtoehtojen visuaalisia eroavaisuuksia. Havainnekuvien avulla asiakas saa nähdä julkisivukorjauksen vaikutuksen rakennuksen ulkonäköön jo hankesuunnitelmavaiheessa. Lisäksi se tehostaa suunnitteluprosessin laatua.

Opinnäytetyön tutkimusosuus on keskittynyt vain betonisandwich-elementtien korjausvaihtoehtoihin. Hankesuunnitelman jatkokehityskohteena tulee olemaan myös muiden julkisivutyyppeiden kuten tiili- tai kevytsorabetonijulkisivujen korjausvaihtoehtojen tarkastelu.

Jatkossa hankesuunnitelmaa on myös mahdollista kehittää miettimällä hyötykäyttöä rakennusjätteille ja kehittämällä ehkäiseviä keinoja purkujätteille. Korjausvaihtoehtoja valittaessa olisi myös hyvä pyrkiä suosimaan helposti kierrätettäviä rakennusmateriaaleja. Valtakunnallisen jätesuunnitelman tavoitteena oli saada 70 % rakennusjätteistä hyötykäyttöön vuoteen 2016 mennessä, ja Euroopan unionin lainsäädännön mukaan vuoteen 2020 mennessä vaarattomasta purkujätteestä 70 % on saatava hyödynnettyä (12, 35.). Tämä tulee todennäköisesti jatkossa aiheuttamaan haasteita jo hankesuunnitteluvaiheessa, ja siihen on varauduttava jo etukäteen.

Hankesuunnitelman järjestelmällinen ja jatkuva kehitystyö on yritykselle erityisen tärkeää, sillä sen avulla yritys voi erottua kilpailijoistaan laadukkaammalla

ja kustannustehokkaammalla työnjäljellä. Laadukas hankesuunnitelma takaa myös selvän edun toteutussuunnitteluvaiheen tarjouskilpailussa.

LÄHTEET

1. Haukijärvi, M., Hekkanen, M., Lahdensivu, J. & Mattila J. 2009. JUKO – Julkisivujen korjausopas
Saatavissa: <http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/images/stories/File/JulkkariOpas/julksivuopas.pdf>
2. Betoniyhdistys r.y., elementtisuunnittelu, Elementtirakentamisen historia.
Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22002/elementtirakentamisen%20historia.pdf>
3. Neuvonen, P. 2006. Kerrostalot 1880–2000. Tampere: Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustekniikan keskus -säätiö ja Rakennustieto Oy
4. Neuvonen, P. 2009. Kerrostalon julkisivukorjaus. Julkisivun ominaispiirteet ja korjaustavan valinta., Suomen ympäristö 37/2009
Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38032/SY37_2009_Kerrostalon_julkisivukorjaus.pdf?sequence=1
5. Mäkiö, E. 1994. Kerrostalot 1960–1975, Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy, Helsinki.
6. RT 82–10766. 2002. Betoniset julkisivurakenteet. Rakennustieto Oy
7. RT 82–10603. 1996. Julkisivun korjaustarpeen arviointi. Rakennustieto Oy
8. RT 10–10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto Oy
9. Karves suunnittely Oy
Saatavissa: <http://karves.fi/>
10. Haukijärvi, M. 2006. Juko ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi – Korjaustapakuvaukset – Betonijulkisivut Purkamisen ja uudelleenverhous – yleiskuvaus
Saatavissa: http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Betonijulkisivut_korjaustavat_uusiminen.pdf
11. Stofix-tiiliverhous -esite
saatavissa: <http://www.stonel.fi/fi/stofix-esite>
12. Kojo, R. & Lilja, R. 2011. Ympäristöministeriön raportteja 21/2011 Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen
Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%7D/32103>
13. Lukander, M. 2010. Rakennusperintö.fi: Rapatun julkisivun korjaaminen ja maalaaminen
Saatavissa: http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FI/Ohjeita_rapatun_julkisivun_korjaamiseen_maalaamiseen/

14. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa C4. 2003. Lämmöneristys Ohjeet 2003.
 15. BY 41, Betonirakenteiden korjausohjeet 2007. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 2007
 16. Rakennuslupa.fi
 17. Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D3. 2012. Rakennusten energiatehokkuus Määräykset ja ohjeet 2012
 18. Lahdensivu, J. & Köliö, A. 2010. Suomalaisen betonikerrostalokannan korjaustarpeet. Kiinteistöposti 3/2010
 19. Haukijärvi, M. 2005. Juko ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi – Korjaustapakuvaukset – Betonijulkisivut Pinnoitus- ja paikkakorjaukset -yleiskuvaus
Saatavissa: http://www.julkisivuyhdistys.fi/julk-kari2/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Betonijulkisivut_korjaustavat_pinnoitus_paikkaus.pdf
 20. Haukijärvi, M. 2005. Juko ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi – Korjaustapakuvaukset – Betonijulkisivut Verhouskorjaukset -yleiskuvaus
Saatavissa: http://www.julkisivuyhdistys.fi/julk-kari2/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Betonijulkisivut_korjaustavat_verhouskorjaukset.pdf
 21. RT 82–10604. 1996. Betonijulkisivut Korjausrakentaminen. Rakennustieto Oy
 22. Elementtirakentamisen historia. Betoniteollisuus ry.
Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>
 23. Sandwich-julkisivut. elementtisuunnittelu.fi
Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwichjulkisivut>
 24. Suomenrakentamismääräyskokoelma - Historia
Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B5B35372D-D13D-4087-8C1E-A855F9C3F6CE%7D/101066>
 25. Tuulettuva levyrappaus yleistyy nopeasti julkisivukorjauksissa
Saatavissa: <http://www.cembrit.fi>
- Vieraskielistä aineistoa:
26. Sto Ltd. United Kingdom
Selattavissa: <http://www.sto.co.uk/en/products/products-landing-page.html>

LIITE 1 RAKENNETYYPPIEN DOF-LASKELMAT

Rakennuskohde: Esimerkkikohde		Sisältö: Nykyinen kantava ulkoseinä					
Suunnittelija: Tommi Neuvonen		Päiväys: 17.2.2016	Tunnus: Us-1				
Rakenteen päätiedot: U-arvo: 0.323 W/m2K Paksuus: 300.000 mm Pinta-ala: 1.00 m2 Paino: 438.00 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 3.282e+04 m2hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 3.047e-05 g/m2hPa Lämmönvastus: 3.099 m2K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m2K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m2K/W Kulma (0-90): 90.000							
Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)					
	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	
1	Betoni, raudoitettu	60.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	
2	Vanha mineraalivilla	120.00	0.0420	1.050000e-10	0.00	50.00	
3	Betoni, raudoitettu	120.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	
T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys							
Lämpötilat ja kosteudet:		3:n päivän kylmin (0.0 h)				Lisätiedot:	
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	Eristeenä käytetään 1970-luvun tyyppillistä mineraalivillaa, joka on menettänyt tehoaan vuosien kuluessa.	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00		
1	-19.48	0.92	0.79	85.8	0.00		
2	-19.17	0.95	3.38	100.0	0.00		
3	17.70	15.09	3.46	22.9	0.00		
4	18.32	15.66	8.64	55.2	0.00		
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00		
Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %) T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus							

Kuva 15. Nykyinen kantava ulkoseinä

Rakennuskohde: Esimerkkikohde	Sisältö: Tiiliverhouselementti	
Suunnittelija: Tommi Neuvonen	Päiväys: 17.2.2016	Tunnus: Us-2

Rakenteen pää tiedot: U-arvo: 0.216 W/m2K Paksuus: 400.000 mm Pinta-ala: 1.00 m2 Paino: 478.04 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 3.410e+04 m2hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 2.933e-05 g/m2hPa Lämmönvastus: 4.634 m2K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m2K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m2K/W Kulma (0-90): 90.000	
---	--

Rakenteen kerrostiedot:						Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	
1 Tiiliverhouselementti	20.00	1.0000	5.000000e-12	0.00	2000.00	
2 Tuuletusrako	30.00	---	---	0.00	1.23	
3 PAROC Cortex 50 mm	50.00	0.0330	8.169935e-11	0.00	0.00	
4 Betoni, raudoitettu	60.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	
5 Vanha mineraalivilla	120.00	0.0420	1.050000e-10	0.00	50.00	
6 Betoni, raudoitettu	120.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	

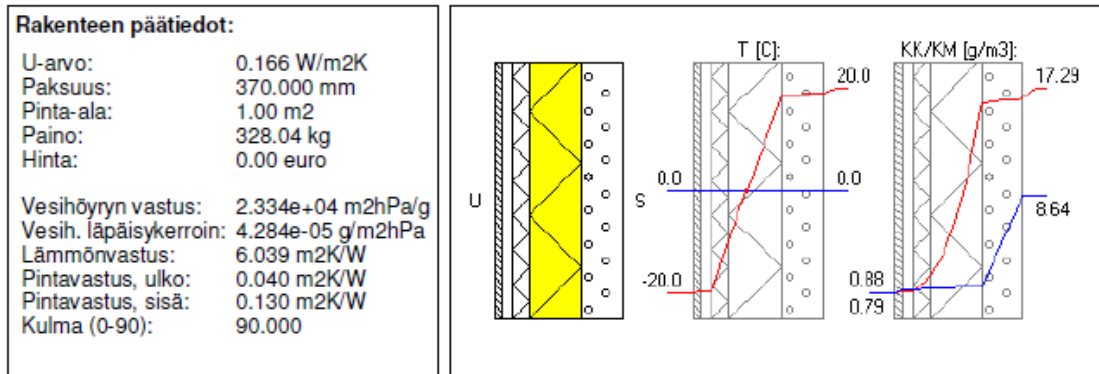
T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot: Vanhan ulkokuoren päälle lisätty lisäeristys ja tiiliverhouselementti
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.65	0.91	0.79	87.2	0.00	
2	-19.48	0.92	1.05	100.0	0.00	
3	-19.48	0.92	1.05	100.0	0.00	
4	-6.40	2.89	1.09	37.6	0.00	
5	-6.20	2.94	3.58	100.0	0.00	
6	18.46	15.79	3.65	23.1	0.00	
7	18.88	16.18	8.64	53.4	0.00	
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00	

Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Kuva 16. Vanhan ulkokuoren päälle lisätty lisäeristys ja tiiliverhouselementti

Rakennuskohde: Esimerkkikohde	Sisältö: Tiiliverhouselementti	
Suunnittelija: Tommi Neuvonen	Päiväys: 17.2.2016	Tunnus: Us-3



Rakenteen kerrostiedot:		Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)				
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	
1 Tiiliverhouselementti	20.00	1.0000	5.000000e-12	0.00	2000.00	
2 Tuuletusrako	30.00	---	---	0.00	1.23	
3 PAROC Cortex 50 mm	50.00	0.0330	8.169935e-11	0.00	0.00	
4 ISOVER OL-E	150.00	0.0350	1.050000e-10	0.00	0.00	
5 Betoni, raudoitettu	120.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:		3:n päivän kylmin (0.0 h)				Lisätiedot: Vanha seinä on purettu kantavaan sisäkuoreen asti.
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.74	0.90	0.79	87.8	0.00	
2	-19.60	0.91	1.17	100.0	0.00	
3	-19.60	0.91	1.17	100.0	0.00	
4	-9.57	2.22	1.22	55.2	0.00	
5	18.82	16.13	1.36	8.4	0.00	
6	19.14	16.43	8.64	52.6	0.00	
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00	

Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Kuva 17. Purettu ulkokuoren päälle lisätty tiiliverhouselementti

Rakennuskohde: Esimerkkikohde	Sisältö: eristerappaus	
Suunnittelija: Tommi Neuvonen	Päiväys: 17.2.2016	Tunnus: Us-4

Rakenteen päätiedot: U-arvo: 0.168 W/m2K Paksuus: 340.000 mm Pinta-ala: 1.00 m2 Paino: 328.00 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 2.331e+04 m2hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 4.291e-05 g/m2hPa Lämmönvastus: 5.961 m2K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m2K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m2K/W Kulma (0-90): 90.000	
--	--

Rakenteen kerrostiedot:				Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)		
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:	
1 Rappaus	20.00	0.7000	5.000000e-12	0.00	2000.00	
2 ISOVER FS5	100.00	0.0350	1.050000e-10	0.00	0.00	
3 ISOVER FS5	100.00	0.0350	1.050000e-10	0.00	0.00	
4 Betoni, raudoitettu	120.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:					3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot: Vanha seinä on purettu kantavaan sisäkuoreen asti.
Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:	
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	
1	-19.73	0.90	0.79	87.8	0.00	
2	-19.54	0.92	1.17	100.0	0.00	
3	-0.37	4.71	1.26	26.7	0.00	
4	18.81	16.11	1.34	8.3	0.00	
5	19.13	16.42	8.64	52.6	0.00	
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00	

Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Kuva 18. Puretun ulkokuoren päälle lisätty eristerappaus

Rakennuskohde: Esimerkkikohde	Sisältö: Eristerappaus	
Suunnittelija: Tommi Neuvonen	Päiväys: 17.2.2016	Tunnus: Us-5

Rakenteen päätiedot: U-arvo: 0.204 W/m ² K Paksuus: 380.000 mm Pinta-ala: 1.00 m ² Paino: 462.00 kg Hinta: 0.00 euro Vesihöyryn vastus: 3.481e+04 m ² hPa/g Vesih. läpäisykerroin: 2.873e-05 g/m ² hPa Lämmönvastus: 4.908 m ² K/W Pintavastus, ulko: 0.040 m ² K/W Pintavastus, sisä: 0.130 m ² K/W Kulma (0-90): 90.000	
--	--

Rakenteen kerrostiedot: <table border="1"> <thead> <tr> <th>KERROS:</th> <th>T [mm]:</th> <th>LJ [W/mK]:</th> <th>VHL [kg/msPa]</th> <th>Hinta [e/m³]:</th> <th>Paino [kg/m³]:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Ohutrappaus</td> <td>10.00</td> <td>0.7000</td> <td>1.538462e-12</td> <td>0.00</td> <td>2400.00</td> </tr> <tr> <td>2 ISOVER FS30</td> <td>70.00</td> <td>0.0390</td> <td>1.050000e-10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3 Betoni, raudoitettu</td> <td>60.00</td> <td>2.5000</td> <td>1.538462e-12</td> <td>0.00</td> <td>2400.00</td> </tr> <tr> <td>4 Vanha mineraalivilla</td> <td>120.00</td> <td>0.0420</td> <td>1.050000e-10</td> <td>0.00</td> <td>50.00</td> </tr> <tr> <td>5 Betoni, raudoitettu</td> <td>120.00</td> <td>2.5000</td> <td>1.538462e-12</td> <td>0.00</td> <td>2400.00</td> </tr> </tbody> </table>	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	1 Ohutrappaus	10.00	0.7000	1.538462e-12	0.00	2400.00	2 ISOVER FS30	70.00	0.0390	1.050000e-10	0.00	0.00	3 Betoni, raudoitettu	60.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	4 Vanha mineraalivilla	120.00	0.0420	1.050000e-10	0.00	50.00	5 Betoni, raudoitettu	120.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00	Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [kg/msPa]	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:																																
1 Ohutrappaus	10.00	0.7000	1.538462e-12	0.00	2400.00																																
2 ISOVER FS30	70.00	0.0390	1.050000e-10	0.00	0.00																																
3 Betoni, raudoitettu	60.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00																																
4 Vanha mineraalivilla	120.00	0.0420	1.050000e-10	0.00	50.00																																
5 Betoni, raudoitettu	120.00	2.5000	1.538462e-12	0.00	2400.00																																
T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys																																					

Lämpötilat ja kosteudet: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Piste:</th> <th>T [C]:</th> <th>KK [g/m³]:</th> <th>KM [g/m³]:</th> <th>SK [%]:</th> <th>C [g/m²]:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U</td> <td>-20.00</td> <td>0.88</td> <td>0.79</td> <td>90.0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>-19.67</td> <td>0.91</td> <td>0.79</td> <td>87.3</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-19.56</td> <td>0.92</td> <td>1.20</td> <td>100.0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-4.93</td> <td>3.26</td> <td>1.24</td> <td>38.0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>-4.73</td> <td>3.32</td> <td>3.68</td> <td>100.0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>18.55</td> <td>15.87</td> <td>3.76</td> <td>23.7</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>18.94</td> <td>16.24</td> <td>8.64</td> <td>53.2</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>20.00</td> <td>17.29</td> <td>8.64</td> <td>50.0</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:	U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00	1	-19.67	0.91	0.79	87.3	0.00	2	-19.56	0.92	1.20	100.0	0.00	3	-4.93	3.26	1.24	38.0	0.00	4	-4.73	3.32	3.68	100.0	0.00	5	18.55	15.87	3.76	23.7	0.00	6	18.94	16.24	8.64	53.2	0.00	S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00	3:n päivän kylmin (0.0 h)	Lisätiedot: Ohutrappaus ja lisäeriste on lisätty vanhan ulkokuoren päälle.
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:																																																			
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00																																																			
1	-19.67	0.91	0.79	87.3	0.00																																																			
2	-19.56	0.92	1.20	100.0	0.00																																																			
3	-4.93	3.26	1.24	38.0	0.00																																																			
4	-4.73	3.32	3.68	100.0	0.00																																																			
5	18.55	15.87	3.76	23.7	0.00																																																			
6	18.94	16.24	8.64	53.2	0.00																																																			
S	20.00	17.29	8.64	50.0	0.00																																																			
Tiivistymisvaara! (SK_max = 100.0 %) T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus																																																								

Kuva 19. Vanhan ulkokuoren päälle lisätty eristerappaus