

Kerrostalon eri julkisivuvaihtoehtojen elinkaaritarkastelu

Toni Pakkala, Jukka Lahdensivu, Arto Köliö

Tampereen teknillinen yliopisto,
Rakennustekniikan laitos
toni.pakkala@tut.fi

Rakennuksen julkisivun tehtävä on sekä suojella muuta rakennusta ilmastorasituksilta että täyttää esteettiset vaatimukset tilanteesta riippuen joko erottuakseen tai sulautuakseen ympäristöönsä. Sekä teknisen että esteettisen kestävyyskannalta julkisivuratkaisuksi tulee valita sellaiset materiaalit, jotka täyttävät vaatimukset vähintään suunnitellun käyttöiän, usein pidempäänkin. Toisilla materiaaleilla tavoitellun käyttöiän saavuttaminen vaatii säännöllisiä huoltotoimenpiteitä kuten maalauksia, toiset lähes täysin huoltovapaita. Rasituksille alttiiden rakenteiden käyttöikä vaihtelee käytännössä paljon riippuen rakenteellisista ratkaisuista ja yksityiskohdista, materiaalivalinnoista, laadun vaihtelusta ja ylläpidon laadusta.

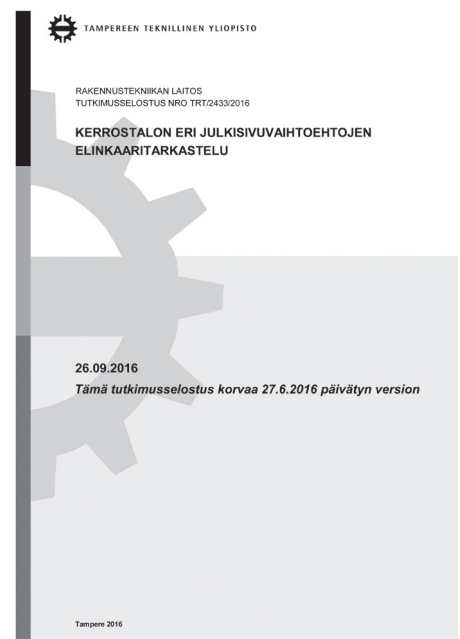
Suomen Tiili-teollisuusliitto ry:n TTY:n Rakenteiden elinkaaritarkastelu tutkimusryhmällä teettämässä kerrostalon julkisivuvaihtoehtojen elinkaaritarkastelussa selvitettiin sekä julkisivurakenteiden käyttöikä ja huoltokustannukset eri käyttöikätaivoiteilla. Tutkimuksessa tarkasteltiin rannikko ja sisämaaosuhteissa tiilimuuri-, puu- ohutrappauspaksurappaus- sekä valko- ja tiililaattabetoni-julkisivuja siten, että tutkittava rakennus oli nykynormit täyttävä viisikerroksinen uudisrakennus.

Elinkaaritarkastelussa otettiin huomioon pelkän julkisivurakenteen elinkaari rakennusvaiheesta huoltotarpeisiin ja purkuun. Laskennassa ei huomioitu muita rakenneosia

eikä tehty herkkyystarkasteluja eli tarkasteltu eri lähtöarvojen vaikutuksia tuloksiin.

Julkisivurakenteiden käyttöikä määriteltiin aikajaksoksi, jonka jälkeen rakenteeseen on tehtävä vähintään puolta julkisivualasta koskeva raskas korjaus tai rakenne on uusittava kauttaaltaan. Käyttöiällä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa käyttöikäsuunnittelun periaatteiden mukaisesti ikää, jonka ylittää 95 % kyseisen julkisivutyyppin rakenteista. Tarkastelun tasapuolisuuden vuoksi tutkimuksessa rakenteen uusimisen lähtökohtana käytettiin sitä, että korjauksen jälkeen julkisivupinta on sama kuin korjausta ennen, vaikka käytännössä nykyisin peittävän korjauksen yhteydessä korjauksen jälkeinen julkisivumateriaali on hyvin usein eri kuin alkuperäinen julkisivumateriaali.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa valittiin laskennassa käytettävät tarkasteltavien julkisivuratkaisujen käyttöiät, huoltotoimenpiteet sekä huoltovälit. Kustannustarkastelut tehtiin kahdella eri käyttöikätaivoiteella: 50 ja 100 vuotta. Tarkastelut tehtiin normaalin huollon lisäksi huollon laiminlyönnin sekä paremman laadun tapauksilla. Huollon laiminlyönnin tapauksessa ensimmäinen huoltotoimenpide on raskas korjaus eli julkisivun uusiminen eristeineen. Parantuneen laadun tapauksessa on puolestaan arvioitu, miten nykyrakentamisessa käytetyt ratkaisut ovat mahdollisesti pidentäneet huoltovälejä tai raskaaseen korjaukseen vaadittavaa aikaa. Esimerkiksi tiilijulkisivujen laastisaumausten pintakorjaukset ovat vähentäneet laastin paranemisen sekä ruostumatto-



1 Kerrostalon eri julkisivuvaihtoehtojen elinkaaritarkastelu-tutkimuslaskelu on ladattavissa kokonaisuudessaan:

http://www.tiili-info.fi/wp-content/uploads/2016/10/Tiili-teollisuus_Elinkaarilaskenta_20160926.pdf

2 Betonijulkisivut ovat kokonaiskustannuksiltaan edullinen vaihtoehto rakentamis- ja vähäisten huoltokustannustensa ansiosta. Kuvan kohde ei liity tutkimuksen tarkasteluun. Asuinkeuhustalo Harjannetie 13, Viikinmäki, Helsinki, 2015. Arkkitehtitoimisto Tiuri ja Lommi Oy.

3 Kuvassa Suomenlinnan vanhoja tiilijulkisivuja.

Helsingin kaupungin rakennuslautakunta/Rakentamisen Ruusu 2015 kuva-ankiso

2



3



Rakennusteollisuus RT ry



4

mien raudotteiden käytön myötä, mutta elastisten saumojen käyttöikä on pysynyt samana. Betonijulkisivuilla kyseinen tarkastelu ei siten muuttanut laskennan tuloksia, koska ainoat huoltotoimenpiteet ovat elastisten saumojen uusimiset.

Käyttöiässä otettiin huomioon myös rakenteiden rasiustaso ilmansuunnasta riippuen. Suomessa tyypillisesti ilmastorasitus on keskittynyt merkittävästi tiettyihin ilmansuuntiin, pääasiassa lännen ja kaakon välille, koska vesi- tai räntäsateen aikana tuulen suunta on kyseisistä ilmansuunnista.

Elinkaarikustannuslaskenta toteutettiin sekä nimellisarvoilla että diskontattuna nykyarvoksi kahdella eri korkokannalla, 3 % ja 5 %. Laskennassa selvitettiin julkisivurakenteiden elinkaarikustannukset sekä normaalisti huollettujen julkisivujen että huollon laiminlyönnin tapauksissa ja parantuneen laadun tapauksessa. Kaikissa tapauksissa tarkasteltiin sekä 50 että 100 vuoden tavoiteikätyöikä.

Rakentamisvaiheen kustannukset merkittävien osa elinkaarikustannuksista

Valituilla lähtöarvoilla tehdyn elinkaarikustannuslaskennan perusteella huoltotoimenpiteistä

aiheutuvilla kustannuksilla on lopulta melko pieni vaikutus koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin, mikä korostuisi entisestään, jos laskentaan otettaisiin mukaan myös muut rakenneosat ja rakennusprosessiin kuuluvat kustannukset. Esimerkiksi 3 %:n korkokannalla jokaisella julkisivumateriaalilla normaalin huollon tapauksessa rakentamiskustannukset muodostavat vähintään 73 % (puu, rannikko) ja enintään 94 % (tiili) koko elinkaaren kustannuksista 50 vuoden käyttöiällä. 100 vuoden käyttöiällä vastaavat luvut ovat 66 % (ohut eristerappaus, rannikko) ja 96 % (tiili). Rakentamiskustannukset korostuvat luonnollisesti sitä enemmän mitä korkeampaa korkokantaa käytetään.

Selvästi pienin osuus huoltotoimenpiteillä koko elinkaaren aikaisista kustannuksista on tiilijulkisivuilla, joilla osuus on vain 1 % 50 vuoden käyttöiällä ja 2 % 100 vuoden käyttöiällä. 5 %:n korolla vastaavat lukemat ovat molemmissa tapauksissa 1 %. Koska rapatut sekä puujulkisivut tarvitsevat käytön aikana enemmän huoltoa, on käytönaikaisilla kustannuksilla selvästi suurin vaikutus koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin.

Vaikka betonijulkisivuilla huoltotoimenpiteistä aiheutuvat kustannukset ovat 12 % koko

elinkaaren aikaisista kustannuksista 50 vuoden käyttöiällä ja 15 – 16 % 100 vuoden käyttöiällä, ovat betonijulkisivut kokonaiskustannuksiltaan selkeästi halvimmat vaihtoehdot, pääosin halpojen rakentamiskustannusten ansiosta. Sisämaan suojaisammassa ilmastossa myös puujulkisivut pärjäävät tiilijulkisivuille, mutta rannikolla kustannukset nousevat merkittävästi lyhentyneistä huoltoväleistä johtuen.

Tiilellä ja betonilla kannattaa tavoitella pitkää käyttöikää

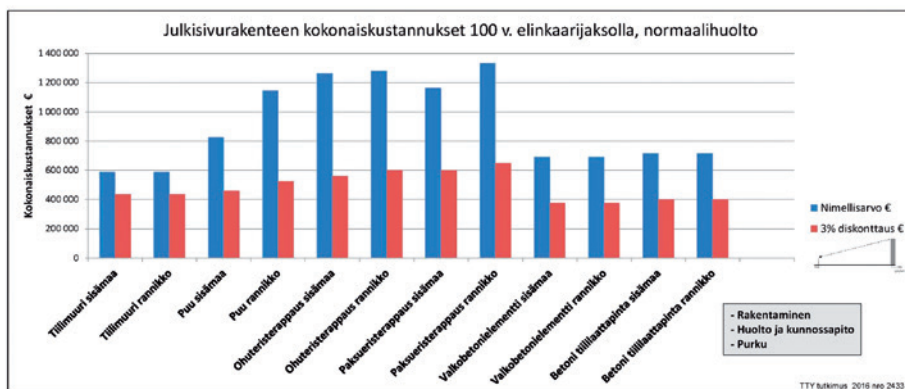
Tarkasteluissa havaittiin, että käyttöiän pidentäminen 50 vuodesta 100 vuoteen pienentää vähäistä huoltoa vaativilla julkisivumateriaaleilla, tiilellä ja betonilla, diskontattuja kokonaiselinkaarikustannuksia, koska purkukustannukset siirtyvät eteenpäin ja alenevat siten nykyrahaksi muutettuna merkittävästi. Käyttöiän pidentämisen ei tässä oletettu lisäävän rakentamiskustannusta.

Huollon laiminlyönnin tapauksissa koko elinkaaren kustannukset ovat vähäistä huoltoa vaativilla julkisivumateriaaleilla jopa pienemmät kuin normaalin huollon tapauksissa. Ero pienenee kuitenkin sitä mukaa mitä pidempää käyttöikää tavoitellaan ja tiili- ja betonijulki-

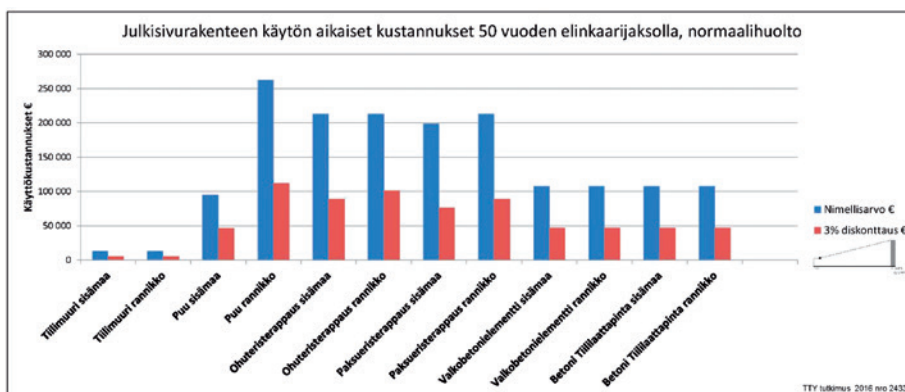
4 Helsingin Siltasaari etualalla. Eri aikakausien kivirakenteiset rakennukset ovat kestäneet hyvin merellisessä ilmastossa.

5 Tiili- ja betonijulkisivut ovat kokonaiskustannuksiltaan edullisia. Julkisivurakenteen kokonaiskustannukset 100 vuoden elinkaarijaksolla, normaalihuollolla. Laskennan kohteena 5-krs asuinkerrostalo, jonka julkisivupinta-ala 1800 m².

6 Julkisivurakenteen käytönaikaiset kustannukset 50 vuoden elinkaarijaksolla, normaalihuollolla. Laskennan kohteena 5-krs asuinkerrostalo, jonka julkisivupinta-ala 1800 m².



5



6

sivuilla saavutettavissa oleva käyttöikä normaalilla huollolla voi olla myös nyt tarkasteltua 100 vuotta pidempi. Tässä tapauksessa merkittävämmät hyödyt huollosta saadaan arvoista, jotka eivät ole tässä tutkimuksessa mukana, kuten ulkonäkö ja asukkaiden terveys, jotka vaikuttavat myös rakennuksen arvoon. Molemmilla julkisivuilla esimerkiksi elastisten saumausten huollon laiminlyönti johtaa vedenpääsyyn eristetilään aiheuttaen mahdollisesti mikrobiongelmia ja heikentynyttä lämmöneristyskykyä.

Materiaalien parantunut laatu vaikuttaa eniten puu sekä ohut- ja paksurappaus-eristejärjestelmien tapauksissa, koska julkisivujen raskaat korjaukset vähenevät ja siirtyvät myöhempiin ajankohtiin. Rannikolla elinkaarikustannussäästö 100 vuoden käyttöiällä voi vähentyä paksurappaus-eristejulkisivuilla 9 % ja ohutrappaus-eristejulkisivuilla 7 %. Tiilijulkisivuilla laastisaumojen korjausten vähentymisestä aiheutuva säästö on 0,3 % kokonaiskustannuksista. Puujulkisivuilla käyttöiän pidentäminen vaatii nykyistä kalliimpia materiaaleja (käytetty puu ja sen käsittely), mitä ei tässä laskennassa tarkasteltu.

Tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutti TTY:n rakennustekniikan laitoksen Rakenteiden elinkaaritekniikan tutkimusryhmä Suomen Tiiliteollisuusliitto ry:n tilauksesta.

Laskennan lähtöarvot perustuivat kunnossapitotajaksien ja käyttöiän osalta KH 90-00403 "Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitotajaksot" -korttiin, TTY:n tutkijoiden omaan arvioon sekä aiemmin tehtyihin tutkimuksiin. Elinkaarlaskennan kustannusten lähtöarvoina käytettiin Haahtelan *Talorakennuksen kustannustieto 2016* -julkaisua sekä *ROK - Rakennusosien kustannuksia 2016* -julkaisua. Lähtöarvojen muutosten vaikutusta tuloksiin eli herkkyystarkastelua ei tehty.

Kesäisin myös auringon UV-säteily vaikuttaa varsinkin puujulkisivujen kestävytyteen rasituksen ollessa suurinta etelä- ja länsijulkisivuilla. Tämän vuoksi tarkasteluissa ensimmäinen käyttöiän päättymisestä aiheutuva julkisivurakenteen uusiminen on käsitelty puolikkaana julkisivupinnan kokonaisalasta. Ensimmäiset huoltotoimenpiteet on käsitelty pääsääntöisesti puolikkaana, poikkeuksina elastiset saumat sekä tiilijulkisivun laastisaumojen pintakorjaus. Tiilijulkisivun laastisaumojen pintakorjaukset

ERI JULKISIVUPINTOJEN HUOLTO-/KORJAUSJAKSOT

Julkisivumateriaali	Sijainti	Käyttöikä	Huoltotoimenpiteet ja ajankohdat 100 vuoden käyttöikätaavoitteella							
			0	5	10	15	20	25	30	35
Tiilimuuri	Sisämaa	100	Rakentaminen			Elastiset saumat		Laastisau- man pinta- korjaus (1/10)	Elastiset saumat	
	Rannikko	100	Rakentaminen			Elastiset saumat		Laastisau- man pinta- korjaus (1/10)	Elastiset saumat	
Puu	Sisämaa	55	Rakentaminen		Maalaus (1/2)		Maalaus		Vanhan poisto + maalaus	
	Rannikko	45	Rakentaminen	Maalaus (1/2)	Maalaus		Vanhan poisto + maalaus	Maalaus (1/2)	Maalaus	
Ohut eristerappaus	Sisämaa	30	Rakentaminen			Maalaus (1/2)			Uusiminen (1/2) / maa- laus (1/2)	
	Rannikko	25	Rakentaminen			Maalaus (1/2)		Uusiminen (1/2) / maa- laus (1/2)		
Paksu eristerappaus	Sisämaa	35	Rakentaminen			Elastiset saumat / maalaus (1/2)			Elastiset saumat	Uusimi- nen (1/2) / maalaus (1/2)
	Rannikko	30	Rakentaminen			Elastiset saumat / maalaus (1/2)			Uusimi- nen (1/2) / maalaus (1/2)	
Betoni, valko	Sisämaa	100	Rakentaminen			Elastiset saumat			Elastiset saumat	
	Rannikko	100	Rakentaminen			Elastiset saumat			Elastiset saumat	
Betoni, tiililaatta	Sisämaa	100	Rakentaminen			Elastiset saumat			Elastiset saumat	
	Rannikko	100	Rakentaminen			Elastiset saumat			Elastiset saumat	

Eristerappauksilla eristeen vaihto jokaisen uusimisen yhteydessä.

ovat usein paikallisia eivätkä vaadi korjaus-
toimenpidettä kokonaisen julkisivun alalta,
joten tässä tutkimuksessa laastisau-
man laaja pintakorjaus on käsitelty 10 % ja 20 % koko jul-
kisivu-
alaan nähden riippuen pintakorjauksen
ajankohdasta. Sen sijaan esimerkiksi maalatessa
on usein esteettisesti järkevää hoitaa koko julki-
sivun maalaus kerralla paikallisen maalauksen
sijaan, vaikka kunnossapidon kannalta saattaa
olla tarve käsitellä vain suurimman rasituksen
alaiset julkisivut.

Elinkaarikustannuslaskennassa tarkastel-
tiin vain julkisivurakenteiden elinkaarikustan-
nuksia ottamatta kantaa kaikille rakenteille
yhteneviksi oletettuihin elinkaarilaskennan
eriin, esim. maa-alueen hinta, muut raken-
nusosat tai energiankulutus. Laskennassa
on otettu siten huomioon vain kyseisen jul-
kisivun rakentamiskustannus, huolto- ja kun-

nossapitokustannukset, julkisivun ulkokuoren
mahdollinen uusiminen sekä purku käyttöiän
loppumisen vuoksi. Tämän vuoksi saadut arvot
eivät vastaa suhteiltaan suoraan kokonaise-
linkaarikustannuksia vaan soveltuvat vain eri
julkisivurakenteiden rakentamiskustannusten
sekä kunnossapitotoimenpidekustannusten
vertailuun.

Nimellisärvot diskontattiin nykyarvoon
kaavalla:

$$\frac{1}{(1+k)^n}$$

missä k on käytetty korkokanta ja n laskettavan
toimenpiteen ajankohta vuosissa nykyhetkeen
nähden.

Koko tutkimus on vapaasti ladattavissa
Suomen Tiiliteollisuusliitto ry:n sivuilla:
www.tiili-info.fi

Taulukko 1 Normaalit huoltotoimenpiteet ja
huoltovälit eri julkisivumateriaaleilla sisämaassa ja
rannikolla.

Lisätietoja:

Tutkimuksen toteuttaja:
Tampereen teknillinen yliopisto,
Rakennustekniikan laitos
Yhteyshenkilö:
Toni Pakkala, GSM 040 198 1962
toni.pakkala@tut.fi

	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
		Elastiset saumat	Laastisau- man pinta- korjaus ($\frac{1}{5}$)		Elastiset saumat			Laastisau- man pinta- korjaus ($\frac{1}{10}$)			Elastiset saumat		Purku
		Elastiset saumat	Laastisau- man pinta- korjaus ($\frac{1}{5}$)		Elastiset saumat			Laastisau- man pinta- korjaus ($\frac{1}{10}$)			Elastiset saumat		Purku
	Maalaus ($\frac{1}{2}$)		Maalaus	Uusiminen ($\frac{1}{2}$)		Maalaus ($\frac{1}{2}$)		Maalaus		Vanhan poisto + maalaus		Maalaus ($\frac{1}{2}$)	Purku
	Vanhan poisto + maalaus	Uusiminen ($\frac{1}{2}$)	Maalaus ($\frac{1}{2}$)	Maalaus		Vanhan poisto + maalaus	Maalaus ($\frac{1}{2}$)	Maalaus		Vanhan poisto + maalaus	Uusiminen	Maalaus ($\frac{1}{2}$)	Purku
		Maalaus ($\frac{1}{2}$)			Uusiminen			Maalaus ($\frac{1}{2}$)			Uusiminen ($\frac{1}{2}$) / maa- laus ($\frac{1}{2}$)		Purku
	Maalaus ($\frac{1}{2}$)		Uusiminen			Maalaus ($\frac{1}{2}$)		Uusimi- nen ($\frac{1}{2}$) / maalaus ($\frac{1}{2}$)			Maalaus ($\frac{1}{2}$)		Purku
			Elastiset saumat / maalaus ($\frac{1}{2}$)			Elastiset saumat	Uusiminen			Elastiset saumat / maalaus ($\frac{1}{2}$)			Purku
		Elastiset saumat / maalaus ($\frac{1}{2}$)			Uusiminen			Elastiset saumat / maalaus ($\frac{1}{2}$)			Uusimi- nen ($\frac{1}{2}$) / maalaus ($\frac{1}{2}$)		Purku
		Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat		Purku
		Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat		Purku
		Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat		Purku
		Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat			Elastiset saumat		Purku

Life cycle analysis of various facade alternatives for high-rise buildings

The Research Team of Service Life Engineering of Structures at Tampere University of Technology performed a life cycle analysis of alternative facade types of high-rise buildings to determine the length of the service life and the maintenance intervals of facade structures and to calculate the life cycle costs of the analysed structures with different target service life lengths. The study was ordered by Suomen Tiiliteollisuusliitto ry (Finnish Brick Industry Association).

The calculation is based on only the building costs and maintenance costs of each facade alternative, as well as the possible replacement of the facade curtain wall and demolishing at the end of the service life.

According to the life cycle calculation based on the selected input values, the costs of maintenance activities play a relatively small part in the

total life cycle costs. This would be emphasised even more if also other structural parts and costs of the construction process were included.

The proportion of maintenance costs of the total life cycle costs is clearly the lowest with brick facades: they account for only 1% with a service life of 50 years, and 2% with a service life of 100 years. With an interest rate of 5%, their proportion is 1% in both cases. As both plastered and wooden facades require more maintenance, the effect of the costs incurred during their service life is clearly the highest on the total life cycle costs.

Although with concrete facades maintenance costs account for 12% of the total life cycle costs with a 50-year service life and 15 – 16% with a 100-year service life, concrete facades are still the most inexpensive alternatives in terms of

total costs, primarily due to the low construction costs. In inland areas, wooden facades provide a good alternative to a brick facade owing to the more moderate weather conditions, but in coastal areas the shorter maintenance intervals cause a significant increase in costs.

Increasing the service life from 50 to 100 years reduces the actualised total life cycle costs of the low-maintenance facade materials; brick and concrete. Demolishing costs are incurred much later, which reduces the costs considerably in today's money. The longer service life was in the study not assumed to increase the construction costs.