



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Puupohjaisten julkisivuelementtien käyttö korjausrakentamisessa

Juha-Matti Junnonen, tekniikan lisensiaatti
 Tutkimuspäällikkö, Aalto-yliopisto
 juha-matti.junnonen@aalto.fi

Yrsa Cronhjort, arkkitehti SAFA
 Tutkimuspäällikkö, Aalto-yliopisto
 yrsa.cronhjort@aalto.fi

Korjausrakentaminen lisääntyy merkittävästi lähitulevaisuudessa, sillä suuri määrä 1960- ja 1970-lukujen kerrostalolähiöitä odottaa perusteellisia korjauksia. 1960- ja 1970-luvuilla rakennettuja asuinkerrostaloja on Suomessa noin 20 000. Suuri osa tuolloin rakennetuista betonielementtikerrostaloista tarvitsee julkisivukorjausta rakenteellisten vikojen ja lisälämmöneristytysten vuoksi. Myös rakennusmateriaalit olivat usein heikkolaatuisia ja niiden pitkäaikaiskestävyydelle ei asetettu vaatimuksia [1]. Asuinkerrostalojen korjauksiin käytetäänkin vuosittain noin 1,3 mrd euroa, ja julkisivuihin tästä määrästä kohdistuu noin 40 %.

Typillinen em. aikakauden asuinkerrostalo on ns. kirjahyllyrunkoinen lamellitalo, jossa kantavina rakenteina toimivat pääty- ja väliseinät, jotka kannattavat välipohjia muodostaen kirjahyllymäisen rakenteen [1]. Pitkien sivujen seinät eivät kannata kuormia. Asuinrakennusten julkisivut koostuvat yleisimmin sandwich-elementistä, jossa ulko- ja sisäkuoren väliin on asennettu lämmöneristeeksi mineraalivillakerros. Kirjahyllyrunko mahdollistaa mitatkatkin julkisivumuutokset, koska pitkien sivujen seinät eivät ole kantavia. Näiden talojen julkisivukorjauksissa voidaan käyttää litteitä elementtejä. Rakennuksia voidaan myös laajentaa joko vaakatai pystysuuntaisesti. Tähän soveltuvat erityisesti tilaelementit.

Keskeisimmät betonijulkisivujen vaurioitumismekanismit ovat betonin pakkasrapautuminen ja betonin karbonatisoitumisen käynnistämä raudotteiden korroosio. Lisäksi julkisivujen vaurioitumiseen liittyy kosteustekniset toimivuuspuutteet, kiinnitysten vauriot, pintatarvikkeiden ja pintakäsittelyjen vauriot sekä halkeilu ja muodonmuutokset [2]. Usein julkisivujen vauriot aiheuttavat lähinnä ulkonäöllisiä haittoja, mutta pitkälle edenneinä ne voivat olla myös turvallisuusriskejä.

Julkisivun korjauksessa yleisesti käytettävät menetelmät voidaan jakaa pelkistetysti kolmeen laajuudeltaan eriaistaiseen korjaustapaan: suojaava pinnoitus, paikkauskorjaus sekä julkisivun peittävään lisälämmöneristytksen sisältävään korjaukseen [3]. Silloin kun joudutaan julkisivu korjaamaan raskaimmalla korjaustavalla, on mahdollista käyttää niin sanottua TES-menetelmää. Siinä sandwich-elementin ulkokuori lämmöneristykseen voidaan

purkaa osittain tai kokonaan ja tilalle asennetaan puupohjainen julkisivuelementti. Korjauksen yhteydessä on mahdollista uusia samalla ikkunat ja tehostaa rakennuksen ilmanvaihtoa.

Menetelmällä on Suomessa toteutettu kaksi pilotihanketta: vuonna 2012 valmistunut passiivitalokorjaus INNOVA Riihimäellä sekä helmikuussa 2013 päättynyt PSOAS opiskelija-asuntokohteen perusparannus Oulussa. Oulun kohteen työmaavaihe kesti 6 kuukautta ja lämmitysenergian säästövoite oli 70 %. Kohde oli vuoden 2013 Puupalkintoehdokas.

TES-menetelmän kuvaus

Vuosina 2008–2009 Aalto-yliopiston tutkijat toteuttivat saksalaisten ja norjalaisten yhteistyökumppanien kanssa tutkimushankkeen *Timber-based element systems for improving the energy efficiency of the building envelope (TES Energy Facade)*. Hankkeen tarkoituksena oli kehittää Euroopan laajuisesti sovellettavissa oleva ja puurunkoisiin suurellementteihin perustuva julkisivujen korjausmenetelmä. Kohteena oli 1950–80-lukujen rakennuskanta, jonka tekninen kunto edellytti korjaustoimenpiteitä. Suomessa suurin energiasäästöpotentiaali kohdistuu erityisesti 1960–70-lukujen asuinkerrostalokantaan [4]. TES Energy Facade työ jatkui vuosina 2010–2013 smartTES -tutkimushankkeessa. Hankkeessa tutkittiin erityisesti TES-korjausten ympäristövaikutuksia sekä mahdollisuutta hyödyntää menetelmää lisäksi täydennysrakentamiseen olemassa olevassa kaupunkiympäristössä, myös julkisivukorjaushankkeen yhteydessä.

TES-menetelmä tähtää kokonaisvaltaisesti asuinrakennuksen energiatehokkuuden ja asumisviihtyvyyden parantamiseen. Korjattavan rakennuksen julkisivujen lämmöneristävyyttä, ilmanpitävyyttä ja arkkitehtonista laatua parannetaan puurunkoisilla julkisivuelementeillä (TES-julkisivuelementeillä). Ne asennetaan joko olemassa olevan julkisivun päälle, tai puretun, ei-kantavan julkisivun tai sen osan päälle. Korjauksessa mahdollisesti samalla kertaa uusittavat ikkunat voidaan asentaa seinän syvyysuunnassa tarkoituksenmukaiseen kohtaan uusien julkisivuelementtien puurunkoon. Lisäksi puupohjaisiin julkisivuelementteihin voidaan teh-

dä talotekniikka-asennuksia, mikä mahdollistaa esimerkiksi iv-kanavien reitittämisen tai lämpöpumppuratkaisuille tarvittavan lämpöputkiston asennuksen. Uusi koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä ja tehokas lämmön talteenotto parantavat sisäilman laatua. Energiatehokkuuden tasokorotus jopa suomalaisen passiivitalon kriteerit täyttäväksi on mahdollista.

Ulkovaipan lisälämmöneristys ei yleensä ole erillisen energiatehokkuutta parantavana korjaustoimenpiteenä kannattava. TES-menetelmään liittyvätkin muut lisäarvot. TES-elementeillä toteutettavassa korjauksessa julkisivumateriaali voidaan vaihtaa, ja julkisivua voidaan jäsentää uudella tavalla rakennuksen arkkitehtonisen ilmeen parantamiseksi. Korjattavan rakennuksen julkisivut voidaan uudistaa myös muuttamalla aukotusta ja parvekkeita. Etenkin 1960- ja 70-luvuilla rakennetuissa pesubetonielementtitaloissa ulkoseiniin lisälämmöneristämisen voidaan tehdä samalla, kun betonisandwich-elementtien usein huonokuntoinen ulkokuori uusitaan. Lisälämmöneristämisen yhteydessä voidaan myös parantaa ulkovaipan ilmanpitävyyttä. Tilojen lämmitysenergiatarpeen pienentyessä vuotoilman aiheuttamat lämpöhäviöt voivat muodostua merkittäviksi. TES-menetelmä soveltuu erityisesti kohteisiin, joissa samaan aikaan julkisivujen korjaustarve on teknisistä tai muista syistä välttämätöntä, lämmitysenergiatarve korkea ja ulkonäön uudistaminen tarpeellista. Tämänlaisia taloja on erityisesti 1960–1970-luvuilla rakennetuissa betonisissa sandwich-elementtikerrostaloissa.

TES-elementit koostuvat kokoonpuristuvasta taa-sausvillasta, rakennuslevystä, ilmansulusta, lämmöneristestä ja rungosta, tuulensuojalevystä sekä ulkoverhouksesta. Ulkoverhouksen valinta on arkkitehtonisten tavoitteiden ohjaamaa. Valintaa rajoittavat paloturvallisuusmääräykset, mahdolliset kaavamääräykset, mahdollinen elementtien maksimikoko ja paino. TES-elementeissä on itsekantava puurunko, joka mahdollistaa mm. seuraavat asiat:

- julkisivun lämmöneristävyttä voidaan parantaa lisäämällä ulkoseiniin tarkoituksenmukainen määrä eristettä, tarvittaessa jopa 300–400 mm
- ikkuna-asennus kantaviin, puurunkoisiin elementteihin on helppoa
- talotekniikka-asennuksia voidaan tehdä julkisivuelementteihin
- vanha, ei-kantava julkisivu voidaan tarvittaessa kokonaan poistaa ja korvata TES-elementein
- vanhan julkisivun aukotuksia, julkisivumateriaaleja ja julkisivun arkkitehtonista jäsenystä voidaan muuttaa
- lisärakentaminen ja huoneistojen laajentaminen on mahdollista samaa menetelmää käyttäen
- parvekkeita voidaan muuttaa, uusia tai lisätä.

TES-elementit valmistetaan hankekohtaisten suunnitelmien mukaan tehtaalla. Ne sisältävät suunnitelmien mukaisesti mahdollisesti valmiiksi asennetun ulkoverhouksen sekä tarvittaessa myös uuden sisäverhouksen. Elementit on mittalistettu valmiina tehtaalla työmaalta saatujen mittojen mukaisesti. Rakennuksen ulkovaipan ilmatiiviyden parantaminen voidaan toteuttaa vähemmän työvaltaisesti kuin huoneistojen sisäpuolelta toteutettavissa tiivistämis-toimenpiteissä.

TES-elementtejä voidaan hyödyntää myös lisäkerrosten ja hissikuilujen rakentamiseen. Kevyet puupohjaiset julkisivu- ja tilaelementit mahdollistavat useamman lisäkerroksen, jotka voidaan integroida vanhaan rakennukseen. Näin korjattuun ja laajennettuun rakennukseen saadaan haluttaessa yhtenäinen ulkovaippa, jolloin lämmöneristykseen epäjatkavuuskohdat saadaan minimoitua, ja yhtenäinen lämmöneristävyys koko vaipan alueelle. Kattolajennuksissa haasteita aiheuttavat talotekniikkaliittymät ja rakenteellinen liittyminen vanhaan rakennukseen. Kulkuyhteyksien suunnittelu vaatii myös huomiota portaiden jatkamisineen ja hissiratkaisuihineen.

TES-menetelmän hyödyt

Suomen 1960- ja 1970-luvuilla rakennettujen lähiöiden haasteena on mittava korjausvelka ja kaupunkiympäristön monotonisuus. Hyödyntämällä TES-julkisivuelementtejä voidaan korjaamalla ja täydentämällä olemassa olevaa rakennuskantaa luoda uutta, miellyttävämpää kaupunkiympäristöä. Lisäarvoa asukkaille saadaan uudistamalla arkkitehtuuria, pienentämällä lämmitysenergian kuluusta ja parantamalla asuntojen sisäilman laatua. Yksittäisen taloyhtiön näkökulmasta esivalmistettuja elementtejä hyödyntämällä voidaan lyhentää työmaavaiheen kestoa, jolloin myös asumishaitat ovat mahdollisimman vähäisiä. Taloyhtiö voi saada säästöä myös TES-julkisivuelementtien pitkäaikaiskestävyydestä ja parantuneen lämmöneristykseen mukanaan tuomista alentuneista elinkaarikustannuksista. Lisäksi taloyhtiö voi helpottaa korjausten rahoitustaakkaansa mahdollisen lisärakentamisen avulla.

TES-elementit ovat asennusvalmiita ja tehdasmaisissa olosuhteissa valmistettuja. Elementeillä on korkea esivalmistusaste. Vaativat työvaiheet ja asennukset tehdään vakio-olosuhteissa säältä suojassa. Olosuhteiden hallinnan ansiosta myös materiaalit pysyvät paremmin suojattuina, jolloin materiaalihukka vähenee. Tasalaatuiseen tuotantoon ja lopputuotteeseen vaikuttaa myös sarjavalmistus. Sen etuna on, että työntekijät voidaan kouluttaa varta vasten tuotteen tekemiseen, jolloin laa-

tuvaihtelut pienenevät. Sarjavalmistuksen etuja ovat myös työvaiheiden parempi yhteensovittaminen, nopeampi tuotanto ja materiaalisäästöt. Teollisten ratkaisuiden käyttö vähentää myös työmaan työturvallisuusriskejä. Riskialttiimmalle työmaalle jää näin vain asennusvaihe. Esivalmistukseen perustuvalla korjausmenetelmällä saavutetaan etuja yleisesti käytössä oleviin ja usein käsityövaltaisiin korjausmenetelmiin verrattuna, sillä se vähentää työmaalla tehtävän työn määrää ja kestoa. Mikäli asukkaat voivat asua kodeissaan koko remontin ajan, vältetään väistöasuntojen tarve. Myös kustannukset ovat ennustettavampia ja kosteudenhallinta on koko rakennusprosessin aikana luotettavammin toteutettavissa.

TES-menetelmä mahdollistaa myös rakennuksen kokonaisvaltaisen korjauksen, jossa talotekniikka-asennuksia tehdään julkisivuelementteihin. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia esimerkiksi linjasaneeraus toteuttamiseen ja lämpöpumpputeknologian hyödyntämiseen ja mahdollistaa myös koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentamisen käyttämällä julkisivuelementtejä reitityksiin. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen pienentää merkittävästi lämmityskustannuksia, mutta parantaa myös sisäilman laatua. Kun tuloilmakanavat asennetaan julkisivuelementteihin, alakattojen ja kotelointien määrä laskee huomattavasti, ja huonekorkeus voidaan säilyttää muuttamattomana asuinhuoneistoissa. Lisäksi tämä vähentää asuntojen sisällä tehtävien rakennustöiden määrää ja asukkaalle aiheutuvaa häiriötä.

Tavoiteltu energiatehokkuuden parannus määritetään suunnitteluvaiheessa kokonaisenergia-tarkastelun kautta. Energiatehokkuuden parannus perustuu tehokkaaseen lämmöntalteenottoon ilmanvaihdossa, parempaan ikkunoiden ja ulkovaipan lämmöneristävyyteen sekä ulkovaipan parempaan ilmanpitävyyteen. Tyypillisessä korjauskohteessa voidaan päästä 80–90 %:n säästöihin vuotuisissa tilojen lämmityskustannuksissa. Energiatehokkuustavoite voidaan asettaa hankekohtaisesti myös matalammaksi.

TES-elementtien käytön edellytykset

TES-elementit valmistetaan hankekohtaisesti suunnitelmien mukaan tehtaalla sisältäen mahdollisesti valmiiksi asennetun ulkoverhouksen sekä tarvittaessa uuden ilmanvaihtoreitityksen. Elementtien käytön myötä suunnittelun lähtötietojen merkitys korostuu. Suunnitelmien on oltava tarkempia ja aikaisemmin valmiita, ja niiden mahdolliset muutokset aiheuttavat perinteiseen korjaustapaan verrattuna suurempia ongelmia työmaalla. Suunnittelu

vaikuttaa myös entistä enemmän hankintaan, sillä elementtien saanti työmaalle kestää kauemmin kuin pelkkien materiaalien saaminen. Tämän takia hankintaorganisaatio tarvitsee valmiita suunnitelmia aikaisemmin, jotta elementit voidaan tilata ajoissa ja saada työmaalle oikeaan aikaan. Myös logistiikka on suuremmassa roolissa hankinnoissa, jolloin hankinnan riskit kasvavat koordinoinnin tarpeen ja työn määrän lisääntyessä.

Vanhat suunnitelmat, kuten rakennuslupakuvat, eivät välttämättä pidä paikkaansa ja betonielementtien valmistustoleranssit eivät vastaa nykyisiä vaatimuksia. Siksi esivalmistettujen elementtien käyttö rakennuksen korjauksessa edellyttää olemassa olevien rakenteiden tarkkaa mittaamista. Käytännön mittaamisessa tehokkainta on käyttää laserkeilausta, jonka avulla mittatieto saadaan suoraan sähköisessä muodossa. Mittatietoja voidaan hyödyntää elementtien valmistuksen ohella myös suunnitelmien tietomallintamisessa. Mallia voidaan käyttää esimerkiksi energiatehokkuustavoitteiden simuloinnissa.

TES-menetelmä perustuu johdonmukaiseen ja 3D-suunnitteluun hyödyntävään prosessiin. Tämän avulla saavutetaan ehdoton mittatarkkuus, vuorovaikutteinen suunnittelu sekä mahdollisuus hyödyntää tietomallia (BIM) suunnitteluun, toteutukseen ja rakentamiseen ylläpitoon. Mallipohjainen suunnittelu mahdollistaa lisäksi rakennusfysikaaliset, lujuus- ja valmistustekniset sekä logistiikan simuloinnit.

Menetelmän käyttö edellyttää hankekohtaista kosteudenhallintasuunnitelmaa työmaalla, jotta voidaan varmistaa, etteivät puupohjaiset elementit kastu asennustyön aikana. Lisäksi vanhan julkisivun ulkokuoren purku on ajoitettava TES-elementtien toimitusten suhteen oikein, jotta välttyään vanhan betonijulkisivun sisäkuoreen kohdistuvilta kosteusrasituksilta.

TES-elementtien käytölle, kuten korjausrakentamiselle yleisestikin, haasteita asettaa myös rakennuksen omistus pohja. Vuokra-asuntoyhtiön kanssa asioiminen on ammattimaisempaa kuin asunto-osakeyhtiön kanssa. Asunto-osakeyhtiöt tarvitsevat päätöksentekoon huomattavasti enemmän tukea ja niille kohdennettua tietoa. Puurakentamisen ja TES-elementtien on löydettävä menestyksen avaimet työmaa-ajan lyhentymisestä sekä asumishaittojen vähäisyydestä.

TES-elementtien avulla tapahtuva korjaaminen edellyttää tarkempia lähtötietoja kuin perinteinen työmaavetoinen korjaustapa, ja kustannussäästöjä haettaessa tingitään usein suunnittelusta, vaikka sen osuus kokonaiskustannuksista on häviävän pieni. Siksi TES-menetelmällä korjaukseen lähtevän tahon on varauduttava suurempiin suunnittelukus-

tannuksiin. Paremmalla suunnittelulla on kuitenkin mahdollista pienentää tuotantokustannuksia.

Case-kohteiden kokemuksia

Toteutuneita TES-kohteita löytyy Suomesta kaksi. Molemmat kohteet edustavat BES-järjestelmän mukaista rakennustapaa. Niissä on kantava, betoninen kirjajhylyrunko ja alkuperäiset julkisivut ei-kantavista betonisandwich-elementeistä. Riihimäellä sijaitseva kohde rakennettiin 1970-luvun alkupuolella ja siinä on neljä kerrosta. Oulun kaksikerroksinen kohde on 1980-luvulta.

Julkisivukorjaus toteutettiin molemmissa kohteissa purkamalla julkisivun ulkokuori sekä poistamalla vanha lämmöneriste (kuva 1). Vanhan kuoren sisäpintaa vasten asennettiin uusi, pehmeä villakerros. Tämän tehtävä oli tasoittaa pintaa suorakulmaisten ja tasaisten uusien elementtien pohjaksi. Villakerroksen päälle asennettiin uudet, puurunkoiset TES-julkisivuelementit. Riihimäellä käytet-

tiin pystysuuntaisia, 12 metriä pitkiä elementtejä. Oulussa käytettiin sekä vaaka- että pystysuuntaisia elementtejä. Molemmissa kohteissa parnnettiin rakennuksen lämmöneristävyyttä huomattavasti. Tavoitteena oli lähes passiivitalon energiatehokkuus.

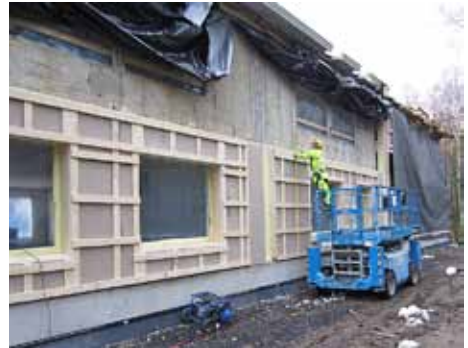
Lopuksi

1960- ja 1970-luvuilla on rakennettu suurin osa Suomen asuinrakennuskannasta. Nyt nämä rakennukset ovat teknisesti vanhentumassa, ja suuri määrä kerrostaloja on korjauksen tarpeessa.

Korjausrakentaminen on perinteisesti ollut pitkälti käsityövaltaista, ja korjausrakentamisen teknologia ja tuotantotavat ovat kehittyneet hitaasti, sillä rakennusalan tutkimus- ja kehitystoiminta on painottunut pitkälti uudisrakentamiseen ja sen kehittämiseen. Osin tästä johtuen korjausrakentamisen menetelmät ovat kehittymättömiä ja korjausrakentamisen tuottavuus heikkoa. Myös korjausrakentamisessa käytettävät tuotteet ja ratkaisut ovat perinteisesti samoja kuin uudisrakentamisessa. Korjausrakentaminen eroaa kuitenkin luonteeltaan uudisrakentamisesta esimerkiksi olemassa olevan rakennuksen asettamien reunaehtojen, korjausprosessin ja käyttäjien mukanaolon johdosta. Julkisivujen korjaustavat riippuvat pitkälti vanhan julkisivun kunnosta sekä omistajan taloudellisesta tilanteesta ja tavoitteista. Perinteisillä korjausrakentamismene-



Kuva 1. Oulun kohteen purkuvaihetta. Rakennuksen ilmatiiveyttä parnnettiin tiivistämällä vanhan julkisivun sisäkuorta sekä läpimenojen liittymäkohtia ja aukotuksia. Tämän mahdollisti samanaikaisesti toteutettava sisätilojen perusparannus. Ikkunat ja ulko-ovet uusittiin energiatehokkaiksi. Lisäksi uusittiin kattorakenteet ja parnnettiin katon lämmöneristävyyttä. (Kuva: Simon le Roux, Aalto-yliopisto).



Kuva 2. Oulun kohteen uuden julkisivuelementin asennusta. Kun Riihimäen kohteessa julkisivuelementit toimitettiin työmaalle julkisivupinnan viimeistelyä vaille valmiina, Oulussa päädyttiin esivalmistuksen rajamiseen pelkkään julkisivuelementtiin. Julkisivuverhoilu ja ikkunat asennettiin työmaalla. (Kuva: Keijo Rasmus, NCC Rakennus).



Kuva 3. Oulun kohteen lopputulos. (Kuva: Simon le Roux, Aalto-yliopisto).

telmillä ja tuotantotavoilla toteutetut korjaushankkeet ovat usein pitkäkestoisia, kalliita ja raskaita. Tämän vuoksi onkin syytä kehittää uudentyyppisiä korjausrakentamismenetelmiä. Teollisilla korjausrakentamistavoilla, kuten TES-elementeillä, on hankkeista mahdollista saada lyhytkestoisempia ja jopa edullisempia perinteisiin tapoihin verrattuna. Keskeinen tekijä onkin juuri korjausprosessin nopeus.

TES-elementtien käytöllä on mahdollista saada myös uudistettua rakennuksen arkkitehtuuria ja elävöittää rakennuksen ulkonäköä. Myös ikkunoiden uusiminen ja talotekniikan integroiminen julkisivuelementteihin tuo mahdollisuuksia korottaa rakennuksen energiatehokkuutta ja saada sen myötä alhaisempia elinkaarikustannuksia. Tosin TES-elementtien käyttö edellyttää aiempaa tarkempaa suunnittelua ja suunnittelun lähtötietoihin kohdistuvat tarkkuusvaatimukset kasvavat huomattavasti verrattuna ns. perinteisiin korjausrakentamismenetelmiin. TES-elementtien käytössä onkin kiinnitettävä erityistä huomiota kohteen mittauksiin sekä yksityiskohtien suunnitteluun, sillä esivalmisteina TES-elementit eivät salli suuria muutoksia tehtäväksi enää työmaan aikana.

Lähdeluettelo

- [1] Mäkiö E. Kerrostalot 1960-1975. Rakennustieto Oy. 1994.
- [2] BY 42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002. Suomen Betoniyhdistys.
- [3] Lahdensivu J., Varjonen S., Köliö A. Betonijulkisivun korjausstrategiat, Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennustekniikka. Tutkimusraportti 148. 2010.
- [4] TES Energy Facade. Energiatehokkuuden parantaminen puurunkoisilla ja esivalmisteisilla julkisivuelementeillä. Tutkimushankkeen lopputaportti, Teknillinen korkeakoulu, 2009.