

Rakennustekniikka

Tutkimusselostus nro RAK/2645/2021

ABL-JULKISIVUJÄRJESTELMIEN ISKULUJUUSTESTAUS

22.03.2021

Tampere 2021**Tutkimusselostus Nro 2645**

11 sivua

Tilaaaja	ABL Finland Oy Matti Halvari Kirkonkyläntie 103 00740 Helsinki puh. +358 50 322 9494	
Tehtävä	Julkisivujärjestelmien iskulujuustestaus erikokoisilla julkisivulevyillä.	
Tutkimusaika	03.02.2021 - 13.03.2021	
Tutkijat	Professori, tekn. toht. Matti Pentti Toni Pakkala, projektipäällikkö, tekn. toht. Jommi Suonketo, tutkija, dipl.ins. Jussa Pikkuvirta, tutkimusapulainen, tekn. kand.	
	Tampereen yliopisto Rakennustekniikka PL 600, 33014 Tampereen yliopisto Korkeakoulunkatu 5, 33720 Tampere Puh. 0294 5211 (vaihde)	
Jakelu	Tilaaaja / Matti Halvari Tampereen yliopisto/Rakennustekniikka Tutkijat	1 kpl pdf 1 kpl 1 kpl

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

SISÄLLYSLUETTELO

1	SELVITYKSEN TAVOITE	3
2	TUTKITTAVA RAKENNE.....	3
3	KOEJÄRJESTELY JA TUTKIMUSMENETELMÄT.....	4
4	TUTKIMUSEN TULOKSET.....	7
5	YHTEENVETO	10
6	MUUTA HUOMIOITAVAA.....	10

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

1 SELVITYKSEN TAVOITE

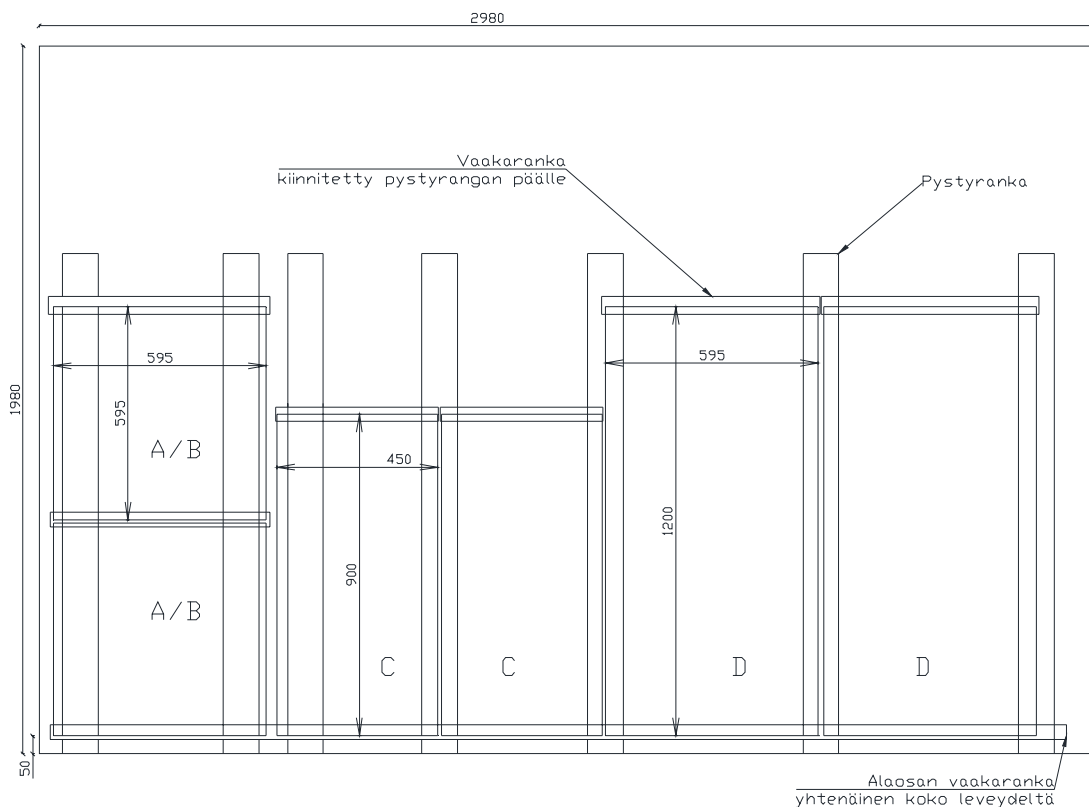
Tutkimuksen tavoitteena on ABL Finland Oy:n (tilaaja) pyynnöstä testata toimittamiensa julkisivujärjestelmien iskulujuuden kestävyyttä. Tutkimus toteutettiin Tampereen yliopiston Rakennustekniikan laboratorion tiloissa.

Tutkimusta varten tilaaja toimitti tutkittavan julkisivujärjestelmän rangat ja tutkittavat levyt. Tampereen yliopisto toimitti tutkimusta varten betonitaustaseinän. Tilaajan edustaja toteutti rankojen asennuksen taustaseinän päälle sekä levyjen asentamisen. Lisäksi tilaaja vastasi rikkoutuneiden levyjen vaihtamisesta testauksen aikana.

2 TUTKITTAVA RAKENNE

Selvityksen kohteena oleva julkisivurakenne on seuraavanlainen

- betoniseinä
- rankarakenne
- keraaminen levy, neljä eri kokoa (koko, paksuus):
 - A. 595 x 595 mm², 14,3 mm
 - B. 595 x 595 mm², 19,0 mm
 - C. 900 x 450 mm², 19,0 mm
 - D. 1200 x 600 mm², 19,0 mm



Kuva 2.1 Testiseinän asennuskaavio.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
 Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Kuva 2.2 Koeseinä levyt asennettuna. Levyjen kiinnitys vaakarankaan tapahtui levyn ylä- ja alareunan urasta.

Testattavat levyt asennettiin vaakarankoihin levyjen ylä- ja alaosien urasta. Uraan asennettiin liimamassaa.

3 KOEJÄRJESTELY JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksessa sovellettiin standardissa *SFS-EN 14019:2016 Julkisivujärjestelmät. Iskunkestävyys. Toiminnalliset vaatimukset* esitettyä, ns. pehmeän iskukappaleen tutkimusmenetelmää. Menetelmässä levyjulkisivujärjestelmään isketään pehmeällä 50 kg:n esineellä. Standardin mukainen iskukappale on ympäröity kumirenkaalla. Tässä testauksessa hyödynnettiin standardin *SFS-EN 25057:2006 Fibre cement profiled sheets. Impact resistance test method* kaltaista pisaramallista iskukappaletta.

Iskukohtina standardissa *SFS-EN 14019* esitetään tutkittavien levyjen keskikohtaa, sekä pysty- ja vaakarankojen aluetta. Iskut toteutetaan siten, että iskukorkeutta nostetaan standardin ehdottamalla jaolla, kunnes levy rikkoutuu, siitä irtoaa yli 50 g materiaalia, siihen tulee läpäisevä reikä, kiinnitysosissa tapahtuu pysyvää muodonmuutosta tai levy saavuttaa standardin mukaisen korkeimman iskulujuusluokan. Siten testausta jatketaan samaan levyyn niin kauan, että murtuminen tapahtuu tai saavutetaan suurin iskulujuusluokka. Standardi mahdollistaa levyn vaihtamisen ja uuden iskukuormituksen levyn rikkoutumisen jälkeen. Jos tutkittavaa levyä rasitetaan useasta eri iskupisteestä, levyn iskulujuusluokka määräytyy alhaisimman iskuluokan perusteella. Luokat, niihin vaaditut iskukappaleen pudotuskorkeudet sekä luokan iskuenergia on esitetty taulukossa 3.1. Standardin mukaisiin luokkiin lisättiin tilaajan toiveesta lisäluokkia.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

Taulukko 3.1 Testin iskunkestävyysluokat ja niiden vaatimat pudotuskorkeudet sekä iskuenergia kyseiseltä korkeudelta. Standardin SFS-EN 14019:2016 mukaiset luokat on merkattu sinisellä taustavärillä, tilaajan esittämät lisäluokat vihreällä.

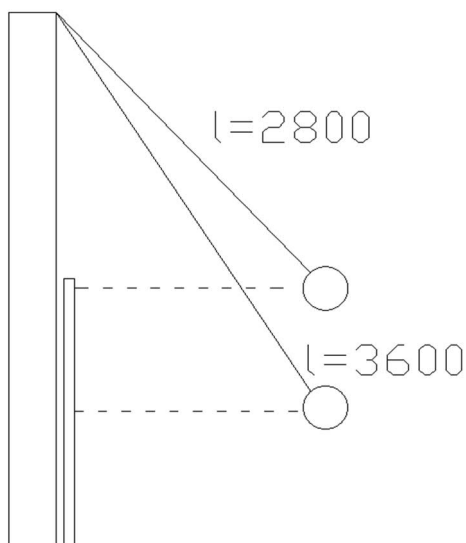
Iskulujuusluokka	Pudotuskorkeus [mm]	Iskuenergia [J]
E0 (ei testattu järjestelmä)	-	-
E1	200	98,1
E2	300	147,2
E3	450	220,7
E3.5	575	282,0
E4	700	343,4
E4.5	825	404,7
E5	950	466,0
E5.5	1075	527,3
E6	1200	588,6

Koejärjestely toteutettiin Tampereen yliopiston kuormituskehällä, jossa taustaseinä tuettiin voimalattiaan kiinnitettyyn terästukeen, ks. kuva 3.1. Iskukappale roikutettiin vaijerilla kuormituskehän palkin yli, siten että lepotilassa iskukappale koski kevyesti levy pintaa. Iskukappale valmistettiin suojapeitteen sisään kootuista lyijyhaulipusseista (haulien halkaisija n. 2 mm), joiden kokoa muuttamalla saatiin iskukappaleen massa vaaditun kokoiseksi (50 kg), ks. kuva 3.2. Iskukappaleen koko varmistettiin kalibroidulla nostinvaa'alla, jonka tarkkuus on 0,05 kg. Iskukappaletta vedettiin teräsvaijerin kiinnityskohdasta köydellä niin, että haluttu pudotuskorkeus saavutettiin. Vaijerin ripustuskorkeus / oli jokaisessa testissä vähintään 2,3 x maksimipudotuskorkeus.



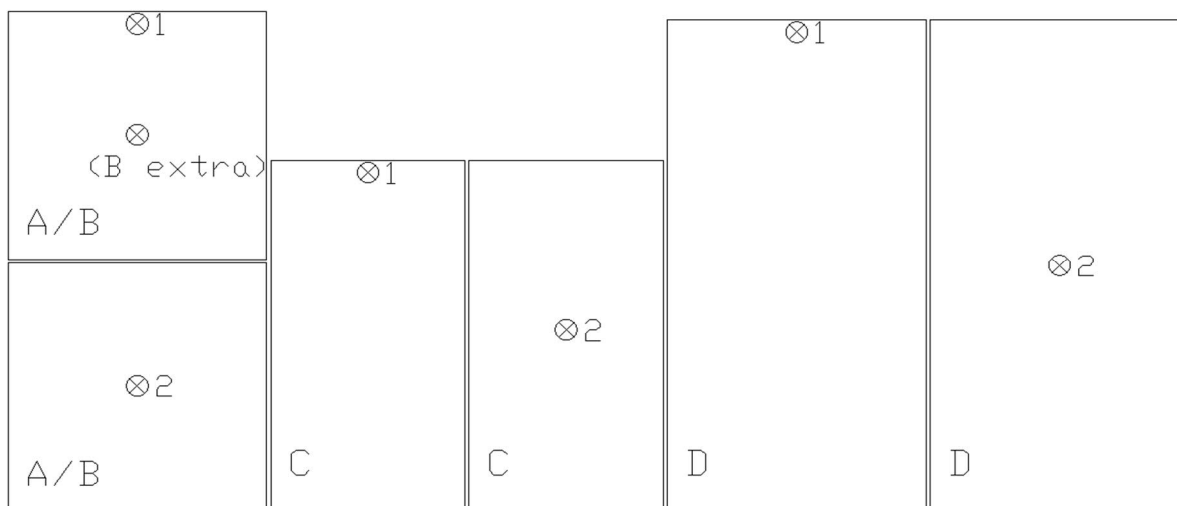
Kuva 3.1 Testattavat järjestelmät kiinnitettiin betoniseinäelementtiin, joka tuettiin teräskehikon avulla voimalattiaan.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
 Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Kuva 3.2 Iskukappaleen vaijerin mitta l riippui iskukorkeudesta. Iskukappale koottiin lyijykuulupunnuksista, jotka asetettiin suojapeitteestä leikatun kappaleen sisään. Iskukappale roikutettiin teräsvaijerilla ja vedettiin köyden avulla halutulle korkeudelle.

Tutkittavassa järjestelmässä levyt kiinnitettiin levyssä olevan uran avulla vaakarankoihin eikä siten iskunkestävyyttä pystyrangan kohdalla testattu. Iskut suunnattiin oletettavasti levyjen iskunkestävyyden kannalta kriittisiin pisteisiin eli vaakarangan kiinnityspisteen kohdalle (iskukohta 1) sekä levyn keskipisteeseen (iskukohta 2). Iskukohtat on esitetty kuvassa 3.3.



Kuva 3.3 Iskutestauskohdat. Jokaista levyä oli asennettu kaksi kappaletta, joista toiseen iskettiin (1) vaakarangan kiinnityspisteeseen ja toiseen levyn keskipisteeseen (2). Pinta-alaltaan samankokoiset levyt A ja B testattiin samoilla rankapaikoilla vaihtamalla levyt testausten välissä. B-levylle tehtiin ylimääräinen iskukoe (B extra) keskialueelle.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

4 TUTKIMUSEN TULOKSET

Jokainen testi toteutettiin niin pitkälle, että murto tapahtui paitsi levyn *B* iskukohta 1, joka saavutti luokan E5, jonka jälkeen levyn iskukohtaa vaihdettiin iskukohtaan 2 (merkitty tuloksessa *B_2 ekstra*). Tulokset on koottu taulukkoon 4.1. Standardi mahdollisti levyjen vaihdon iskulujuuden varmistamiseksi. Levymateriaalilla *B* keskipisteen (iskukohta 2) iskulujuustestaus tehtiin uudelleen vaihdetulle levyille. Iskulujuusluokkien vaatimukset on esitetty taulukossa 4.1.

Taulukko 4.1 Iskulujuustestauksen tulokset eri levyillä ja eri iskukohtilla. Iskukohta 1 on levyn liitoskohta rankaan ja iskukohta 2 levyn keskipisteeseen.

Levy	Iskukohta	Yksittäisen testin Iskulujuusluokka	Murtokohdan sijainti	Levyn iskulujuusluokka
A	1	E4	Kiinnitys	E2
	2	E2	Levyn keskiosa	
B	1	E5	Ei murtoa	E5
	2	E5	Kiinnitys	
	2 ekstra	E6*	Levyn keskiosa	
C	1	E3	Kiinnitys	E2
	2	E2	Levyn keskiosa	
D	1	E3	Kiinnitys	E3
	2	E3	Levyn keskiosa	

*erikoisluokka, ks. taulukko 3.1.

Murtuminen tapahtui pääasiassa iskukohdasta eli kun iskupiste oli rangon kohdalla, levy murtui urakiinnityksen kohdalta ja kun iskupiste oli levyn keskikohta, levy murtui keskeltä. Poikkeuksena oli testikappale *B_2*, joka murtui urakiinnityksen kohdalta, vaikka iskukohta oli levyn keskipisteessä. Levyillä *A* ja *C* iskulujuuden kannalta heikon iskupiste oli levyn keskikohta. Levyillä *B* ja *D* puolestaan iskukohdalla ei ollut merkitystä tulokseen. Levyjen *B*, *C* ja *D* iskun aiheuttamat murtotavat on esitetty kuvissa 4.1...4.3.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
 Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Kuva 4.1 Levyn B iskukohdan 2 (vas.) ja 2 ekstra (oik.) murtotavat.



Kuva 4.2 Levyn C iskukohtien 1 (vas.) ja 2 (oik.) murtotavat.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.



Kuva 4.3 Levyn D iskukohtien 1 (vas.) ja 2 (oik.) murtotavat.

Standardin *SFS-EN 14019:2016* liitteessä B iskulujuusluokan ja rasitusluokan yhteys on esitetty taulukon 4.2 mukaisesti:

Taulukko 4.2 Rasitusluokat sekä niiden kuvaukset ja vaatimat iskulujuusluokat.

Rasitusluokka	Kuvaus	Iskulujuusluokka
A	Julkinen alue, jonne helppo päästävyys henkilöillä, joilla ei kannustetta varovaisuuteen. Riski vahingoille ja väärinkäytölle	E5
B	Pääsy pääasiassa yksityisillä henkilöillä, joilla jonkin verran kannustetta varovaisuuteen. Jonkin verran riskiä vahingoille ja väärinkäytölle	E4
C	Saavutettavissa vain niille, joilla korkea kannustin varovaisuuteen. Ei lähellä yleisiä reittejä. Pieni riski vahingoille ja väärinkäytölle	E0
<i>Alueet yli 1,5 m maantason yläpuolella</i>		
D	Ohikulkijoiden aiheuttamien normaalien iskujen yläpuolella, mutta alueella, joka on altis heitetyille tai potkaistuille tavaroille (julkiset alueet, 1,5...6 m kävelytason yläpuolella). Voi altistua iskuille kunnossapidon yhteydessä.	E4
E	Ohikulkijoiden aiheuttamien normaalien iskujen yläpuolella eikä altis heitetyille tai potkaistuille tavaroille (julkiset alueet, yli 6 m kävelytason yläpuolella). Voi altistua iskuille kunnossapidon yhteydessä.	E4

Standardin *SFS-EN 14019:2016* mukaisesti testatuista tuotteista levyä A voi käyttää rasitusluokan A kohteissa. Muita levyjä voi käyttää rasitusluokan C kohteissa. Tutkimuksen tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon, että standardinmukainen iskukappale poikkeaa nyt käytetystä. Standardin iskukappaletta ympäröivät kumirenkaat, jotka joutaessaan jakavat iskuenergian pidemmälle aikajaksolle kuin nyt käytetty pisaramainen iskukappale. Siten nyt käytetty iskukappale on saattanut aiheuttaa vaurioitumista alemmassa iskuluokassa kuin standardinmukainen iskukappale.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
 Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

5 YHTEENVETO

Tutkimuksessa testattiin neljän levyjärjestelmän (*A*, *B*, *C* ja *D*) iskunkestävyyttä. Järjestelmät poikkesivat toistaan levyjen kokojen ja paksuuden osalta. Levyt *A* ja *B* olivat kooltaan 595 x 595 mm², levy *C* 900 x 450 mm² ja levy *D* 1200 x 600 mm². Levyn *A* paksuus oli 14,3 mm, muiden levyjen 19 mm.

Testaus toteutettiin ns. pehmeän kappaleen iskuna mukaillen standardia *SFS-EN 14019:2016 Julkisivujärjestelmät. Iskunkestävyys. Toiminnalliset vaatimukset*. Suurimpana erona kyseiseen standardiin oli iskukappale, joka standardissa on kumirenkailla ympäröity. Tässä testauksessa käytettiin pisaramaista, lyijyhauleista koottua säkkiä. Kumirenkailla ympäröity iskukappale jakaisi joustaessaan iskuenergian pidemmälle ajanjaksolle, joten nyt käytetty testausmenetelmä on todennäköisesti standardinmukaista raskaampi.

Tutkimuksen perusteella testattu järjestelmä *B* saavutti iskujuusluokan E5, järjestelmä *D* luokan E3 ja järjestelmät *A* ja *C* luokan E2. Standardin esittämän rasiustasoluokituksen perusteella järjestelmä *B* soveltuu julkisille sijainneille, joilla on merkittävästi kulkua katutasolla sekä korkea riski iskuille. Muut järjestelmät soveltuvat yksityisille alueille, joissa ulkopuolisen iskun riski on pieni.

6 MUUTA HUOMIOITAVAA

Tämän tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan ilman Tampereen yliopiston Rakennustekniikan yksikön lupaa.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.

Tampereella 22.03.2021

TAMPEREEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan yksikkö

Matti Pentti,
professori, tekniikan tohtori

Toni Pakkala,
projektipäällikkö, tekniikan tohtori

LÄHTEET

SFS-EN 14019:2016 Julkisivujärjestelmät. Iskunkestävyys. Toiminnalliset vaatimukset. Rakennustuoteteollisuus RTT ry. 10 s. 4 liites.

SFS-EN 25057:2006 Fibre cement profiled sheets. Impact resistance test method. Rakennusteollisuus RT ry. 18 s.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tarkastelluille materiaaleille/ rakenteille/ rakennuksille.
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan.