

# JUKO - OHJEISTOKANSIO JULKISIVUKORJAUSHANKKEEN LÄPIVIEMISEKSI

## *RAKENNUKSEN YLLÄPITO*

### *Ilmastonmuutokseen varautuminen* 10/2023

*TkT Toni Pakkala  
Tampereen yliopisto,  
Rakennetekniikka*

JUKO-ohjeistokansio on tarkoitettu henkilöille, jotka pystyvät soveltamaan annettuja ohjeita, ymmärtämään niihin liittyvät rajoitukset sekä ottamaan vastuun niiden soveltamisesta omassa työssään. Aineiston laajuuden takia on mahdollista, että siinä esiintyy ristiriitaisuuksia, jopa suoranaisia virheitä. Vaikka valmistelutyöhön on osallistunut lukuisa joukko julkisivukorjaamisen osaajia, ei Julkisivuyhdistys, sen jäsenet tai valmistelutyöhön osallistuneet henkilöt, yritykset tai yhteisöt ota vastuuta annetuista ohjeista.

JUKO-ohjeistokansiossa havaituista virheistä ja puutteista pyydetään ilmoittamaan Julkisivuyhdistykselle (email. [info@julkisivuyhdistys.fi](mailto:info@julkisivuyhdistys.fi)).

# JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS

## Rakennuksen ylläpito

### Ilmastonmuutokseen varautuminen

## YHTEENVETO

Tässä luvussa käsitellään yleisesti rakennuksen ulkovaipan kohtaamia rasitusolosuhteita ja ilmastonmuutoksen aiheuttamaa muutosta niissä. Lisäksi tarkastellaan muuttuvien olosuhteiden vaikutusta eri materiaalien ja rakenteiden säilyvyysominaisuuksiin ja siten ilmastonmuutoksen mukanaan tuomia haasteita rakennusten ylläpidolle.

Pääasiassa tulevaisuudessa haasteita julkisivurakenteille tuovat entisestään lisääntyvät saateet, sillä kosteus on mukana lähes kaikissa vaurioitumismekanismeissa. Samalla kuivumisolosuhteet heikkenevät. Rannikolla olosuhteen hankaloituvat entisestään ja sisämaan olosuhteet lähestyvät nykyisiä rannikko-olosuhteita. Samoin olosuhteet pohjoiseen suuntautuvilla rakenteilla lähestyvät nykyisiä olosuhteita etelään suuntautuneilla rakenteilla.

## JUKO OHJEISTOKANSIO

A RAKENNUKSEN YLLÄPITO	B KORJAUTARVE JA HANKE-SUUNNITTELU	C KORJAUS-SUUNNITTELU	D RAKENTAMIS-VAIHE	E KORJATUN RAKENTEEN YLLÄPITO
A1 Kiinteistönpidon strategiat	B1 Korjaushankkeen osapuolet	C1 Suunnittelun valmistelu	D1 Rakennusvaiheen organisaatio, urakamuodot ja toteutus	E1 Julkisivukorjauksen käyttö ja huolto-ohje
A2 Korjaushanke asunto-osakeyhtiössä	B2 Rakenteet ja korjausmahdollisuudet	C2 Suunnittelun ohjaus	D2 Korjausurakan vastaanotto	
A3 Rakennuksen kiinteistönpitokirja	B3 Korjaustarpeen selvittäminen ja kuntotutkimukset			
<b>A4 Ilmastonmuutokseen varautuminen</b>	B4 Korjaustavan valinta			
A5 Kestävä kehitys	B5 Rahoitustarkastelut			
	B6 Viranomaisohjaus julkisivukorjaushankkeessa			

### KORJAUSTAPAKUVAUKSET

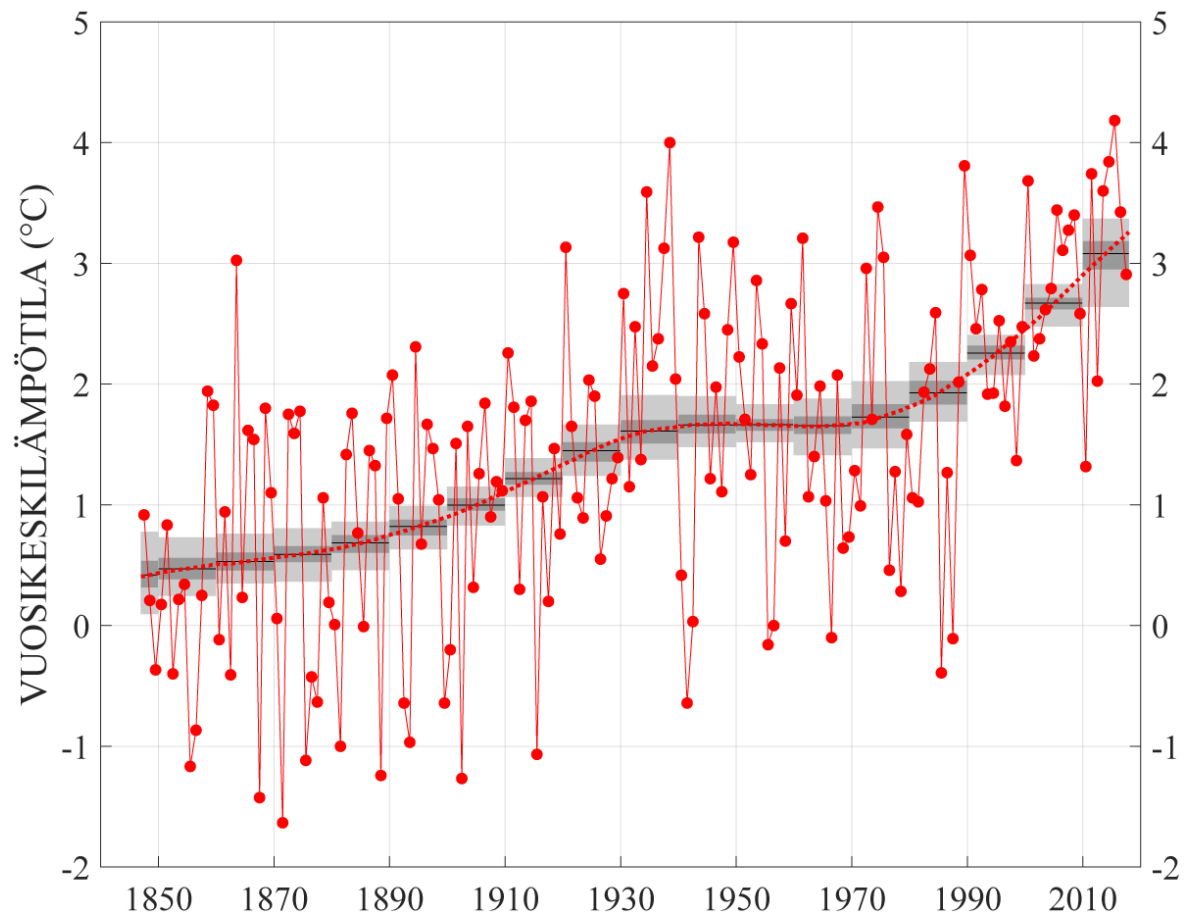
Yleiskuvaukset  
Suunnitteluohjeet

**Sisällysluettelo**

<b>1</b>	<b>ILMASTON RASITUSTEKIJÄT.....</b>	<b>3</b>
1.1	SADE JA KOSTEUS.....	4
1.2	TUULI.....	7
1.3	PAKKASRASITUS .....	8
1.4	LÄMPÖTILAVAIHTELUT .....	9
1.5	AURINGONSÄTEILY .....	9
<b>2</b>	<b>ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS SÄÄOLOSUHTEISIIN .....</b>	<b>11</b>
2.1	SADERASITUS.....	12
2.2	TUULI.....	13
2.3	PAKKASRASITUS .....	13
2.4	LÄMPÖTILAVAIHTELUT .....	15
2.5	AURINGONSÄTEILY .....	16
<b>3</b>	<b>ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS SÄILYVYYSOMINAISUUKSIIN .....</b>	<b>17</b>
3.1	BETONIRAKENTEET .....	17
3.2	MUURATUT JA RAPATUT RAKENTEET .....	17
3.3	PUUJULKISIVUT .....	18
3.4	LASI- JA METALLIJULKISIVUT .....	18

## 1 ILMASTON RASITUSTEKIJÄT

Jokainen vuosi ei ole sääolosuhteiltaan toisinto edellisestä vaan ulkoilman lämpötiloissa, suhteellisessa kosteudessa, sateisuudessa sekä auringonsäteilyrasituksessa tapahtuu huomattavaa vuosittaista vaihtelua. Pidempiä aikasarjoja tarkastellessa havaitaan kuitenkin selkeää lämpötilan nousua koko mittaushistorian ajalla. Viimeisten vuosikymmenten aikana nousu on ollut kiihtyvää, ks. kuva 1. Samoin vetenä satavan veden määrä on ollut nousussa.



**Kuva 1** Suomen vuosikeskilämpötila 1847–2017. Punaisilla ympyröillä merkityt vuosittaiset arvot perustuvat koko Suomen kattavaan hila-aineistoon. Punainen pisteiviiva osoittaa tilastomalliin perustuvan keskimääräisen vuosikeskilämpötilan kulun. Tämän ilmastollisen vuosikeskiarvon avulla lasketut vuosikymmenkohtaiset keskiarvot on esitetty mustalla viivalla ja näille lasketut 50 ja 95 %:n epävarmuusrajat tumman ja vaalean harmailla palkeilla. Kuva: Ilmatieteen laitos, [www.ilmasto-opas.fi](http://www.ilmasto-opas.fi).

Rakenteiden ikäänntyessä tapahtuva vaurioituminen tapahtuu pääosin ilmaston aiheuttamasta säärasituksesta, joka saa aikaan materiaalien ominaisuuksien heikkenemistä eli turmeltumista. Itse vaurion synty vaatii niin vaurioitumisen mahdollistavat olosuhteet, rasituksen mahdollistavat rakenteet kuin vaurioitumisen mahdollistavat materiaaliominaisuudetkin. Siten, jos julkisivumateriaalissa on laatu puutteita, sen elinkaari saattaa olla silti huomattavan pitkä, jos se on suojattu vaurioitumista aiheuttavilta sääolosuhteilta.

Olemassa olevassa rakennuskannassa on todettu merkittävää korjaustarvetta ja paikoin jo melko varhain rakennuksen valmistumisen jälkeen, jolloin todellinen käyttöikä on jäänyt huomattavan lyhyeksi. Vaurioitumisen syynä ovat pääasiallisesti olleet nykyistä ilmastoa

huonosti kestävät materiaalivalinnat, huonosti toimivat liitokset ja detaljit sekä erityisesti materiaali- ja työvirheet. Vaurioitumisnopeus on ollut suurinta rannikkoalueilla ja Etelä-Suomessa eli sijainneilla, missä sääolosuhteet ovat materiaalien kestävyys-suhteen ankarimmat. Rannikolla ja eteläisessä Suomessa sademäärät ovat Pohjois-Suomea suuremmat, sade tulee useimmin vetenä tai räntänä ja sateen jälkeisiä lämpötilavaihteluita nollan molemmin puolin on enemmän.

Ulkoseinien ja julkisivujen merkittävimmät rasitukset suomalaisissa sääolosuhteissa ovat

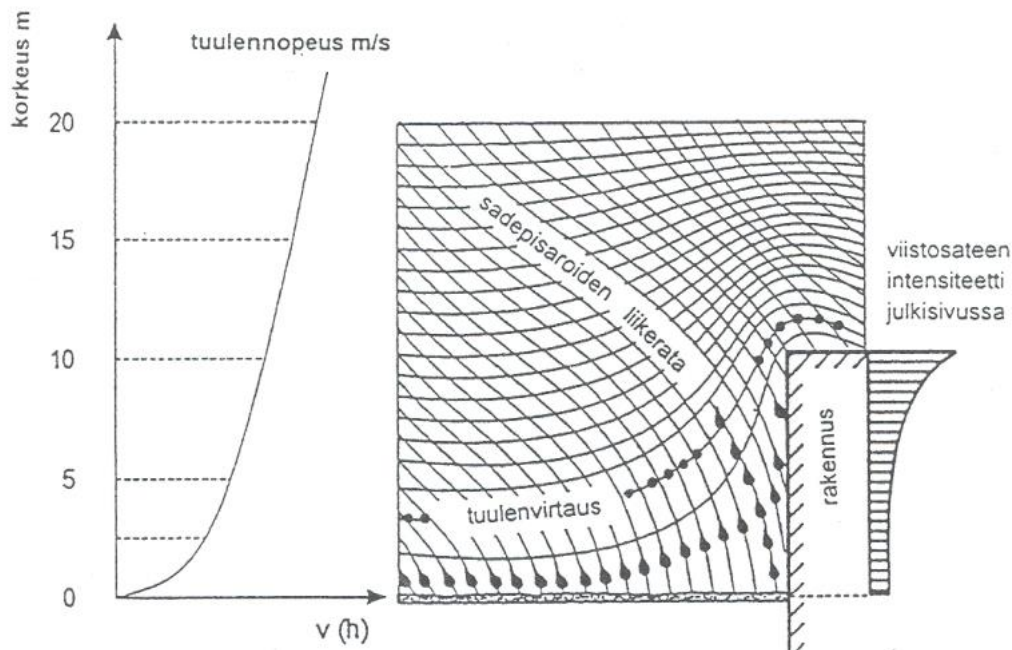
- kosteusrasitus eri muodoissaan
- tuulikuorma
- pakkasrasitus erityisesti kosteusrasituksen jälkeen
- lämpötilojen vaihtelut
- UV-säteily.

## **1.1 Sade ja kosteus**

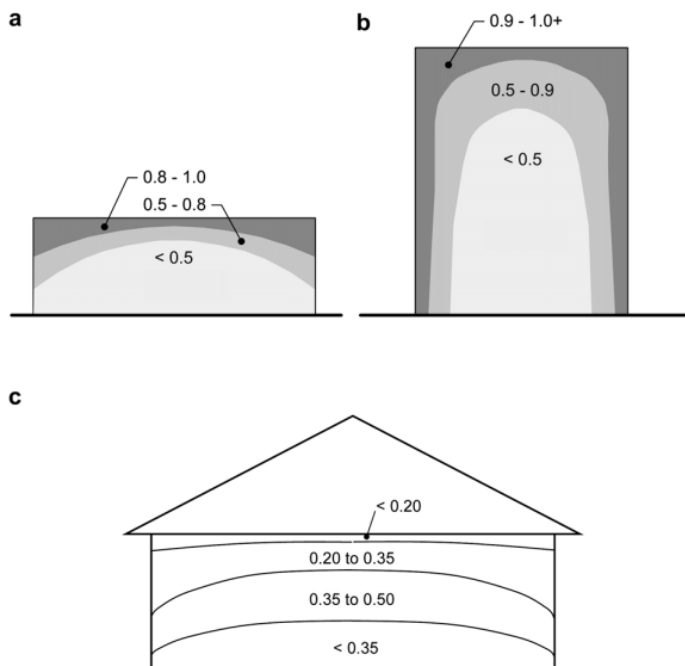
Kosteus on rasitustekijöistä yksi merkittävimmistä. Se on osallisena lähes kaikissa merkittävimmässä turmeltumisilmiöissä. Se aiheuttaa mm. huokoisissa materiaaleissa rapautumista, metalleissa korroosiota sekä vaikuttaa orgaanisiin materiaaleihin haitallisesti, esim. heikentäen liimojen tai saumausmassojen tartuntaominaisuuksia. Kosteusrasitusta julkisivurakenteille aiheuttaa erityisesti viistosade ja vesivuodot rakenteen sisälle.

Säälle alttiiden rakenteiden kannalta merkittävin saderasitus on viistosade, joka aiheutuu sateen aikana samanaikaisesti vaikuttavasta tuulesta. Viistosateen määrä riippuu pystysuoran sateen intensiteetistä, tuulen nopeudesta ja pisaroiden putoamisnopeudesta. Viistosademäärät vaihtelevat suuresti eri vuosina ja vuodenaikoina, mutta yleisesti ne ovat suurimmillaan syksyisin, jolloin sataa noin puolet koko vuoden sademäärästä.

Rakennuksen korkeus ja muoto, rakennuspaikan maastonmuodot sekä lähiympäristön kasvillisuus ja rakennukset vaikuttavat siten, ettei viistosade kohdistu tasaisesti eri rakennuksiin ja seiniin. Korkeisiin rakennuksiin kohdistuu suurempi viistosademäärä kuin mataliin. Rasitus on suurempi seinän yläosissa ja nurkissa. Viistosaderasituksen voimakkuuteen vaikuttaa erityisesti vallitseva tuulensuunta. Rasitus on suurimmillaan, kun sateen aikainen tuulen suunta on avoimesta suunasta ja rakennus ympäristöstä korkeammalla.



**Kuva 2** Julkisivun viistosaderasitus.



**Kuva 3** Viistosademäärämallinnus eri mallisten (a. matala, b. korkea, c. räystäällinen) rakennusten julkisivuille. Kuvälähde: Blocken, B., Carmeliet, J. 2010. Overview of three state-of-the-art wind-driven rain assessment models and comparison based on model theory. Building and Environment, Volume 45 (2010).

Muita ulkoseinärakennetta rasittavia kosteuden lähteitä ovat lumisade, sisä- ja ulkoilman kosteus, maaperän kosteus, pohja- ja pintavesi, rakennuksen käytöstä aiheutuvat kosteusrasitukset sekä mahdolliset vuoto- ja roiskevedet. Kosteuslähteiden vaikutus vaihtelee huomattavasti rakennuksen käytön, sijainnin, vuodenaikojen, säävaihteluiden ja vuorokausirytmien mukaan.

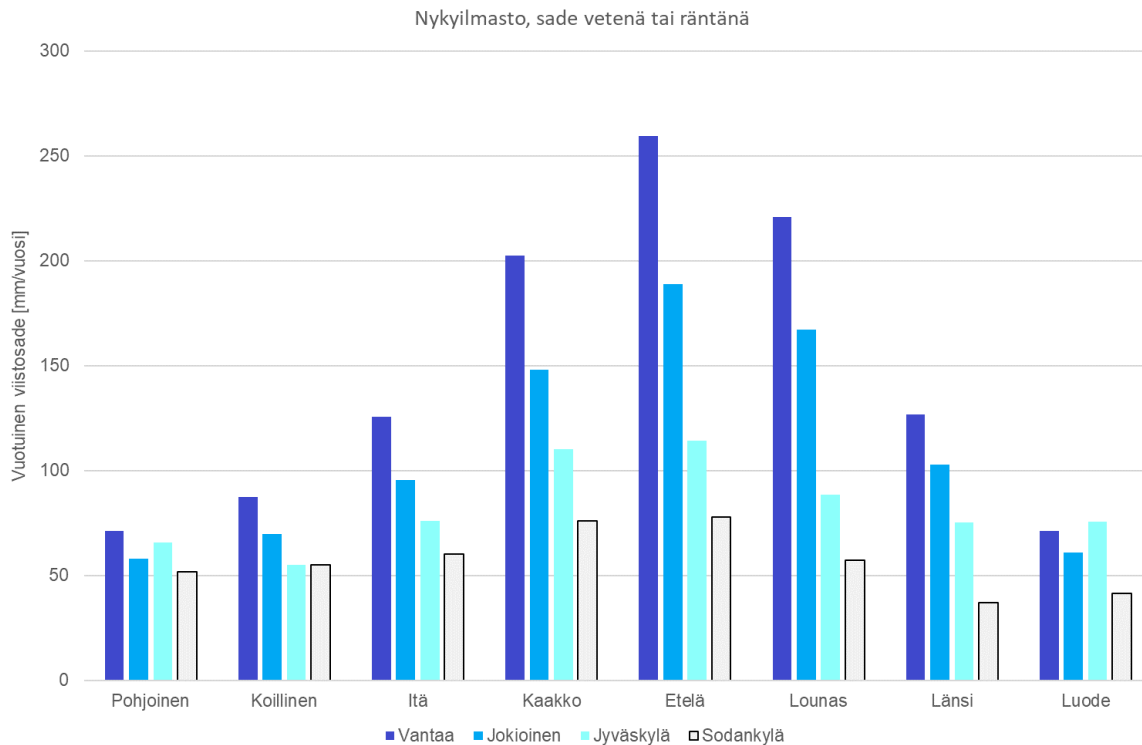
## JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS

### Rakennuksen ylläpito

### Ilmastonmuutokseen varautuminen

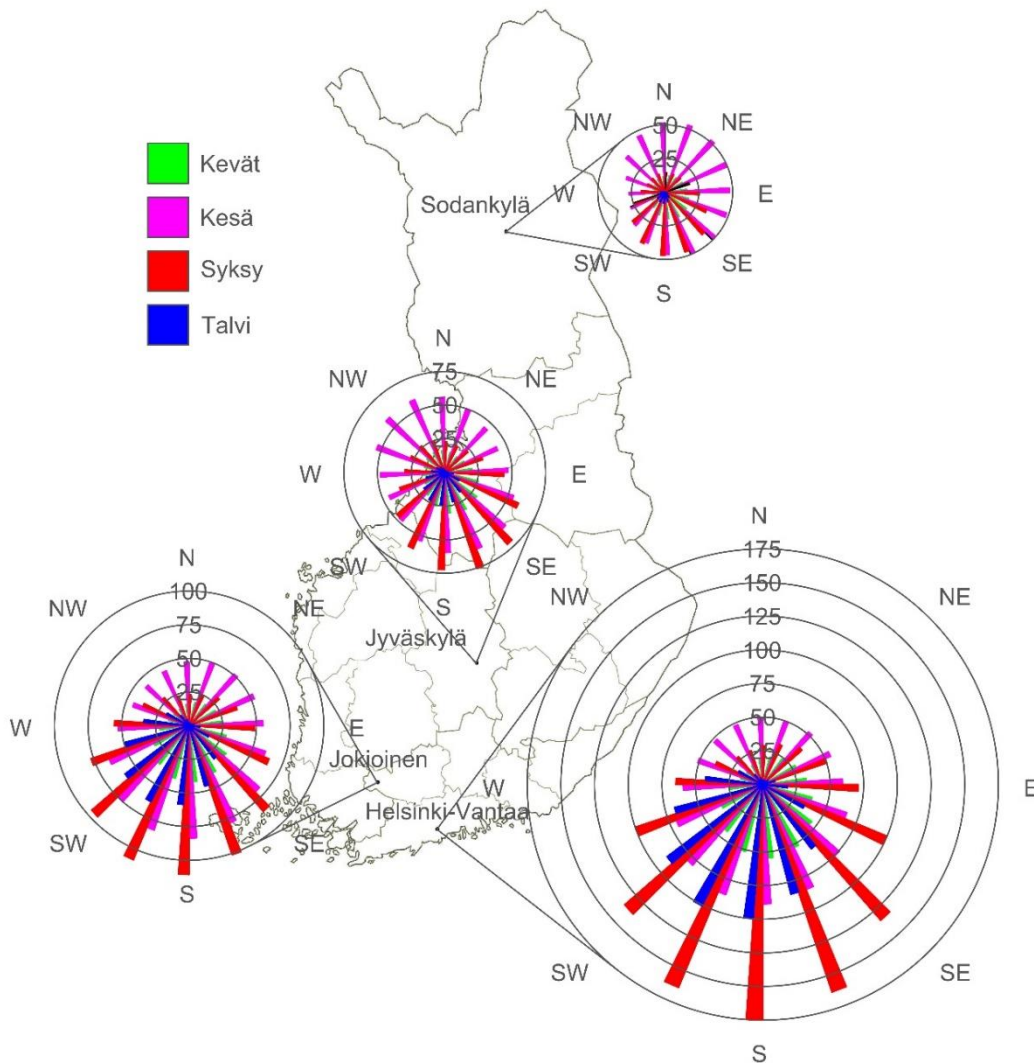
Suomessa suurimmat vesisateet ajoittuvat yleisesti syksyyn, jolloin ulkoilman suhteellinen ja absoluuttinen kosteus ovat yleisesti korkealla. Tällöin seinärakenteen kuivuminen ulospäin on erittäin hidasta. Huokoisten materiaalien huokosverkoston kapillaarinen vedelläytymisaste on tuolloin korkeimmillaan.

Viistosaderasitus on Suomessa keskittynyt sijainnista riippumatta merkittävästi eteläisille ilmansuunnille. Erityisesti eteläiset suunnat korostuvat syysaikaan, jolloin sademäärät ja tuulisuus ovat korkeimmillaan ja toisaalta kuivumisolosuhteet heikot. Kuvissa 4 ja 5 on esitetty tuulen suunnat ja viistosademäärät eri suunnista nykyilmastossa eri sijainneilla.



**Kuva 4** Vuotuinen viistosademäärä nykyilmastossa vetenä tai räntänä pystypinnalle avoimella alueella eri sijainneilla ja eri ilmansuunnista. Kuvälähde: Rakentamisen mitoitusääät - RAMI: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4>

Rannikkoalueilla tuulisuuden vaikutus julkisivuille päätyvän sadeveden määrään korostuu. Esimerkiksi nykyilmastossa rannikolla (Vantaa) sataa 12 % enemmän kuin eteläisessä Suomessa (Jokioinen), mutta viistosadetta julkisivuille tulee 24 % enemmän.



**Kuva 5** Viistosaderasitus [mm/vuosi] eripuolilla Suomea. Kevät = maaliskuu-toukokuu, kesä = kesä-elokuu, syksy = syys-marraskuu, talvi = joulukuu-helmikuu.

## 1.2 Tuuli

Tuuli vaikuttaa julkisivu- ja parvekerakenteisiin kahdella tavalla. Tuulikuorma aiheuttaa rakenteisiin mekaanisia rasituksia, jotka pitää ottaa huomioon rakennesuunnittelussa. Lisäksi tuulikuorma vaikuttaa julkisivun saamaan kosteusrasitukseen ja siten se on tärkeä ottaa huomioon julkisivun yksityiskohtia ja liitoksia suunniteltaessa, jotta vesi ei pääse kulkeutumaan haitallisesti rakenteen sisälle.

Julkisivujärjestelmän ja sen osien sekä niiden välisten kiinnikkeiden tulee kestää tuulikuormasta niihin aiheutuvat kuormat. Tuulikuorman suuruus riippuu rakennuksen korkeudesta, muodosta sekä sen sijainnista. Tuulenpaineen mitoitusarvot määritetään eurokoodin EN 1991-1-4 mukaan.

Tuulenpaineella on merkittävä rooli veden tunkeutumisessa epätiivisistä liitoksista rakenteiden sisään. Korkealla tuulenpaineella pelkästään halkeamien kautta sisään rakenteeseen voi päästä jopa 2 % julkisivun viistosademäärästä. Epätiivisyyden kohtien, kuten avointen saumojen, pellitysten ja muiden liitosten kautta kertyvän veden määrä on sitäkin suurempi. Tuuli voi myös aiheuttaa veden kulkeutumista ns. vesipatjana julkisivupinnalla sivuille tai räystäään



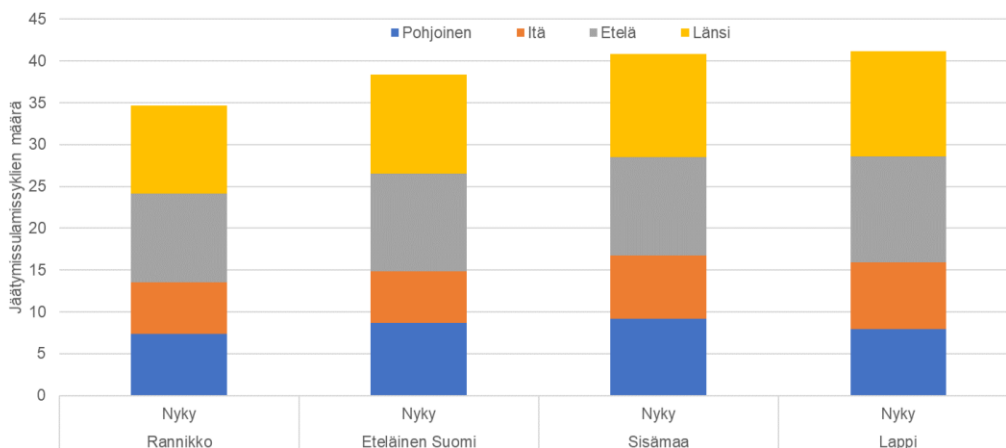
läheisyydessä ylöspäin räystään alle. Kulkeutuvaan määrään vaikuttaa sekä julkisivupinnan tiiveys että sen struktuuri. Hyvin tasainen ja tiivis pinta mahdollistaa vesipatjan muodostumisen, epätasainen ja huokoinen pinta puolestaan vähentää vesipatjan muodostumista.

### 1.3 Pakkasrasitus

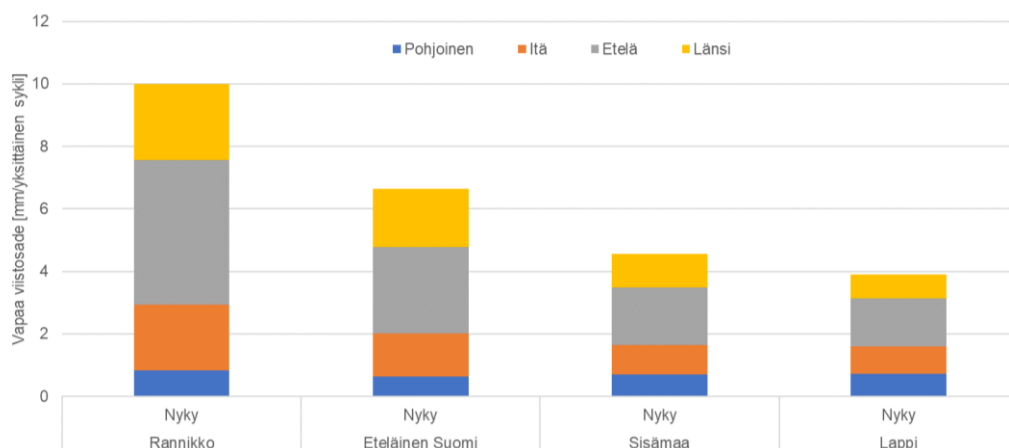
Rakennusmateriaalien pakkasenkestävyys riippuu sekä ympäristötekijöistä että aineiden ominaisuuksista. Vaikuttavia seikkoja ovat muun muassa ympäristön lämpötilan muutokset (toistuva sulaminen ja jäätyminen), rakenteen kosteuspiitoisuus, rakennusaineiden huokos-rakenne ja lujuus. Viistosaderasituksella on todettu olevan huokoisilla materiaaleilla erittäin suuri merkitys pakkasvaurioiden esiintyvyyteen. Pakkasrasitus onkin suurimmillaan avoimilla sijainneilla, rannikkoalueella, eteläisillä julkisivuilla sekä rakennusten yläosissa, joissa rakenteet altistuvat voimakkaalle viistosaderasitukselle.

Huokoisten materiaalien toistuva jäätyminen ja sulaminen saattaa johtaa materiaalien pakkasrapautumiseen silloin, kun materiaalien huokosverkoston vedellä täyttymisaste on suuri. Vesi laajenee jäätyessään noin 9 tilavuus-%, joten materiaalissa olevan jäätyvän veden on päästävä työntymään huokosverkostossa olevaan ilmatäytteiseen tilaan, jotta verkostossa ei syntyisi liian suurta, murtumista aiheuttavaa hydraulista painetta. Kriittinen vedellä täyttymisaste tarkoittaa aineen sellaista vesipitoisuutta, jonka alapuolella huokosrakenteessa on vielä niin paljon vedellä täyttymättömiä huokosia, ettei pakkasvaurioita synny.

Vesi ei käyttäydy huokoisen materiaalin huokosrakenteessa samalla tavalla kuin ns. vapaa vesi, vaan materiaalin sisältämät erikokoiset huokokset vaikuttavat oleellisesti siihen, miten vesi materiaalin sisällä käyttäytyy toistuvassa jäätymisessä ja sulamisessa. Ensimmäisenä vesi jäätyy suurissa huokosissa. Jäätyminen aiheuttamasta tilavuudenkasvusta aiheutuu hydraulinen paine, joka siirtää vielä jäätyvätöntä vettä pienemmissä huokosissa kohti ilmatäytteisiä huokosia. Siten jos materiaalissa on ilmatäytteisiä huokosia riittävästi ja tarpeeksi lähellä toisiaan, ei vaurioita synny.



**Kuva 6** Sateen jälkeisten jäätymissulamissykliä määrä nykyilmastossa eri sijainneilla ja erisuuntaisten sateiden jälkeen. Sadetilanteeksi on laskettu enintään 72 h ennen sykliä satanut vesi- tai räntäsade. Jäätymissulamissykliksi on laskettu -5 °C:een alitus.



**Kuva 7** Yksittäistä jäätymissulamissykliä edeltävä sademäärä nykyilmastossa eri sijainneilla ja erisuuntaisten sateiden jälkeen. Sademäärään on laskettu enintään 72 h ennen sykliä sataneen vesi- tai räntäsateen määrän keskiarvo. Jäätymissulamissykliksi on laskettu -5 °C:een alitus.

## 1.4 Lämpötilavaihtelut

Julkisivujen ja parvekkeiden ulkopinnat altistuvat suurille lämpötilaeroille. Lämpötilanvaihtelut aiheuttavat pinnoille, rakennekerroksien välille sekä eri materiaalien rajapinnoille pakko-voimia. Suomessa ulkoilman lämpötilat voivat vaihdella alle -50 °C:sta lähes 40 °C:seen. Lisäksi yhden vuorokauden lämpötilanvaihtelu voi olla yli 30 °C:ta lähes vuoden kaikkina kuukausina.

Kesäisin auringon säteilyn absorptio nostattaa julkisivupintojen lämpötiloja entisestään. Säteily voi olla lyhytaaltoista auringosta tulevaa säteilyä tai pitkäaaltoista kaikkien kappaleiden emittoimaa säteilyä. Pinnan absorboiman säteilyn suuruutta kuvaa pinnan absorptiokerroin, joka on eri lyhyt- ja pitkäaaltoiselle säteilylle. Absorptiokerroin kuvaa, kuinka suuren osan materiaali absorboi säteilyn energiasta suhteessa pintaan tulevasta säteilystä. Lyhytaaltoisen säteilyn absorptiokerroin riippuu pinnan väristä. Vaaleilla pinnoilla absorptiokerroin on pienempi kuin tummilla pinnoilla. Kesäaikaan tummilla pinnoilla lämpötila voi nousta 80 °C:een.

## 1.5 Auringonsäteily

UV-säteily on lyhytaaltoista sähkömagneettista säteilyä. UV-säteily on peräisin auringosta. Se on haitallista etenkin julkisivuissa käytetyille orgaanisille materiaaleille, koska se kykenee katkomaan orgaanisten yhdisteiden sidoksia valokemiallisessa reaktiossa.

UV-säteilyn voimakkuus riippuu auringon korkeuskulmasta, pilvisyydestä, korkeudesta merenpinnasta, maan tai meren heijastavuusominaisuuksista sekä ilmakehän otsonimäärästä. Suomessa UV-säteily on suurinta kesäisin, koska auringon korkeuskulma on suurimmillaan, ja pienintä talvisin.

UV-säteilyn haitalliset vaikutukset näkyvät merkittävimmin eteläisillä julkisivuilla, sillä ne saavat suurimman määrän sekä suorasta että epäsuorasta (heijastukset, sironta) UV-säteilyä. Siten esimerkiksi pinnoitteet vanhenevat UV-säteilyn vaikutuksesta nopeammin eteläisillä julkisivupinnoilla. Pohjoisjulkisivut puolestaan ovat hyvin suojassa suoralta auringonsäteilyltä ja siten niiden vaurioituminen on usein hitaampaa.

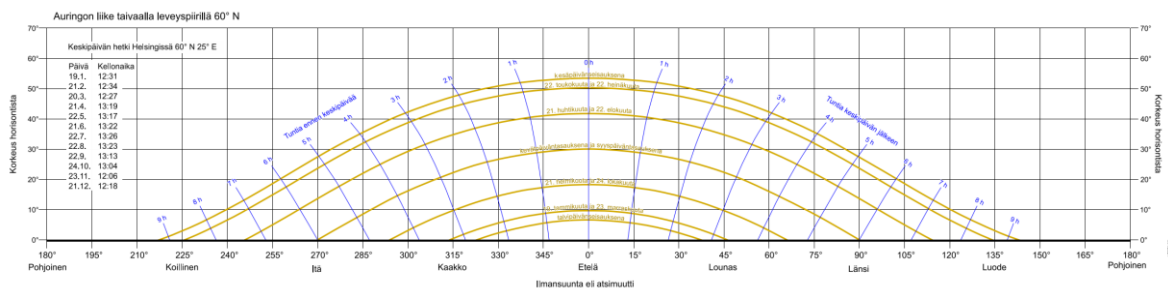
# JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS

## Rakennuksen ylläpito

### Ilmastonmuutokseen varautuminen

Rakenteissa, jotka ovat alttiita suoran auringonsäteilyn aiheuttamalle lämpötilan nousulle, merkityksellistä on myös auringon korkeuskulma. Rasiutus on korkeimmillaan, kun suuntakulma on kohtisuora tai lähes kohtisuora pintaan nähden. Esimerkiksi keskikesällä eteläisillä julkisivuilla auringon suuntakulma on hyvin korkea ja siten säteily osuu pystysuoraan pintaan viistosti, jolloin suurin auringonsäteilyn aiheuttama pinnan lämmön nousu tapahtuu länsi- ja itäjulkisivuilla, kun aurinko paistaa aamuisin ja iltaisin matalammalta. Keväällä, syksyllä ja talvella rasiutustaso on puolestaan korkeampi eteläisillä julkisivuilla.

Suomessa ja muissa Pohjoismaissa auringonsäteilyn rasiutustaso julkisivuille on poikkeaa merkittävästi muista asutetuista alueista, sillä Pohjoismaat sijaitsevat leveyspiireillä, joissa ei juurikaan ole asutusta muilla mantereilla. Tyypillistä korkealle leveyspiirille on, että auringon rata on matala ja siten säteilyrasitus pitkäkestoista. Mitä lähemmäs päiväntasaajaa mennään sitä jyrkemmin aurinko laskee, ja kohtisuoran säteilyrasituksen kesto on siten lyhyempi.



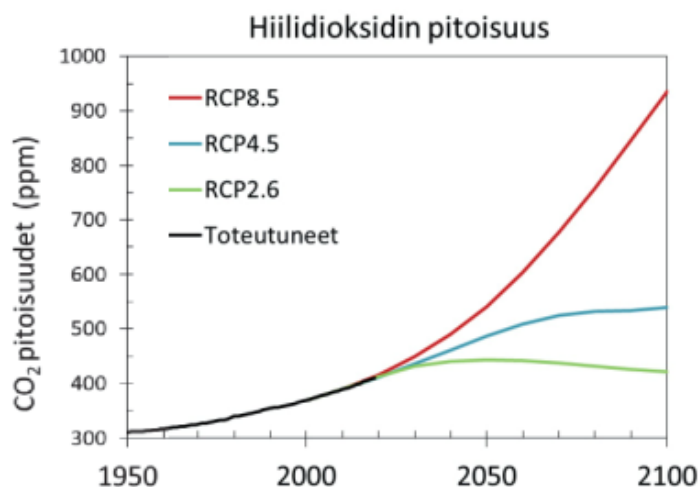
**Kuva 8** Auringon liike leveyspiirillä 60 (Helsinki). Kuvälähde: [www.ursa.fi](http://www.ursa.fi)

## **2 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS SÄÄOLOSUHTEISIIN**

Ilmastomuutoksen on todettu vaikuttavan niin tyypillisiin, harvinaisiin kuin poikkeuksellisiinkin sääoloihin. Käytännössä tyypillisten sääolosuhteiden tasot muuttuvat (esim. sateisuus lisääntyy, keskilämpötilat nousevat) ja nykyilmastossa harvinaisten tai poikkeuksellisten, ns. ääri-ilmiöiden (esim. rankkasateet, myrskyt) esiintyvyys tihenee.

Nykyisin käytössä olevat ilmastomallitulokset pohjautuvat ns. CMIP5-malleihin ja RCP-kasvihuonekaasuskenaarioihin, joita hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli IPCC käyttää arvioissaan. Tässä dokumentissa esiteltävät ilmastomuutoksen vaikutusarviot perustuvat Ilmatieteen laitoksen tuottamiin malleihin RCP-skenaarioiden pohjalta. RCP (Representative Concentration Pathways) tarkoittaa Ihmiskunnan ilmakehään vapauttamien kasvihuonekaasujen määrää ja pitoisuutta ilmakehässä kuvaavia vaihtoehtoisia kehityskulkuja, joita käytetään ilmastomallien lähtötietoina arvioitaessa ilmaston muuttumista. Skenaariot RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5 johtavat kuluvaan vuosisadan loppuun mennessä globaaliin säteilypakotteeseen, jonka suuruus on 2.6, 4.5 tai 8.5 W/m<sup>2</sup>.

Alla on esitetty RCP-skenaarioiden mukaiset hiilidioksidipäästöt. RCP2.6-skenaario kuvaa tilannetta, jossa globaalit päästöt saadaan taittumaan noin vuonna 2020, RCP4.5 tilannetta, jossa päästöt saadaan taittumaan n. vuonna 2040 ja RCP8.5 puolestaan tilannetta, jossa päästöjä ei saada tämän vuosisadan aikana taitettua laskuun.

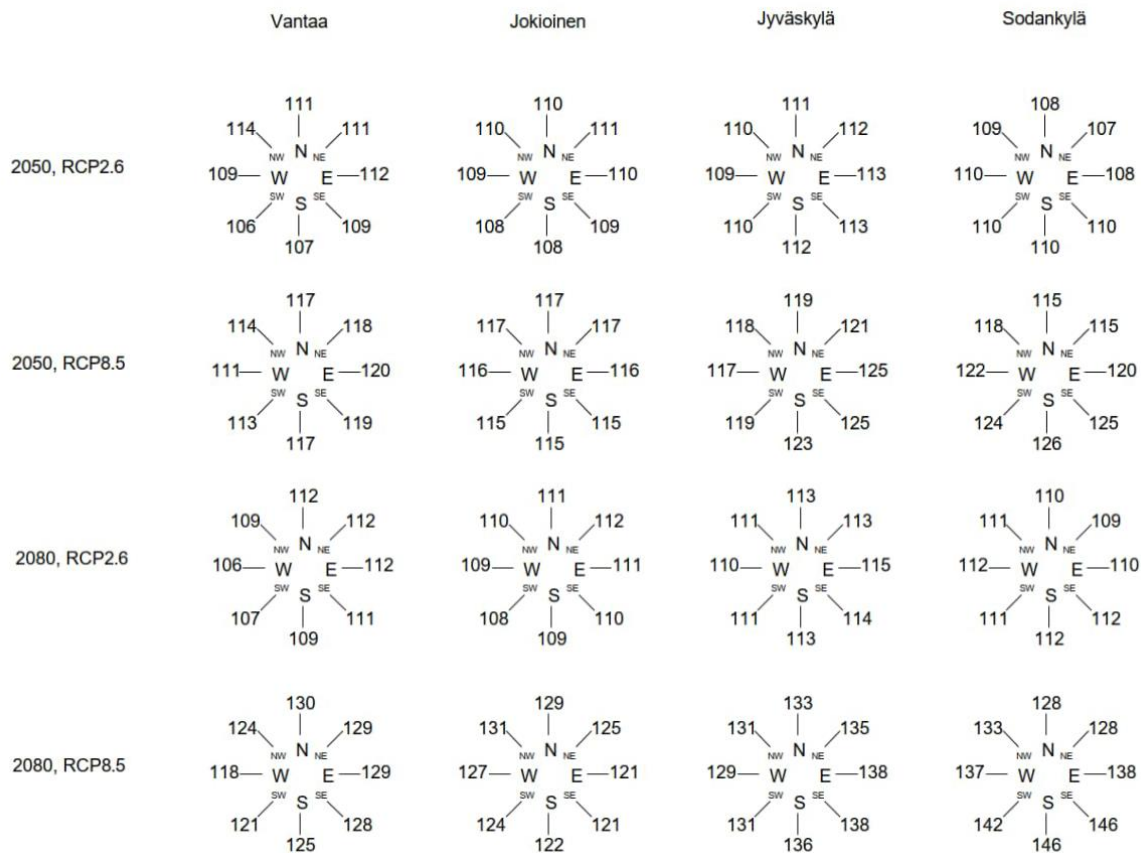


**Kuva 9** Hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) pitoisuus ilmakehässä kolmen RCP-skenaarion mukaan. Musta käyrä esittää havaittuja pitoisuuksia. Kuvalähde: Nykyisen ja tulevan ilmaston sääätietoja rakennusfysikaalisia laskelmia ja energialaskennan testi-vuotta 2020 varten – RASMI: <http://hdl.handle.net/10138/321164>

Sekä olemassa olevia että tulevaisuuden ilmaston dataa käsitellään tarkasteluissa 30 vuoden aikajaksoissa. Nykyilmasto, johon tulevaisuuden ilmastoja verrataan, sisältää vuodet 1989–2018.

## 2.1 Saderasitus

Kuvassa 9 on esitetty viistosademäärien suhteellinen muutos nykyilmastoon nähden eri ennusteilla ja eri ilmansuunnissa. Kuten kuvista nähdään, viistosademäärän lisääntyminen on nykytilanteeseen nähden melko tasaista kaikissa ilmansuunnissa lähes riippumatta käytetystä ennusteesta. RCP2.6- ja RCP4.5-ennusteilla kasvu on merkittäväntä jo vuoteen 2050 mennessä, mutta RCP8.5-ennusteella kasvu on voimakasta myös siitä eteenpäin. Eri sijaintien välillä suhteellisessa kasvussa ei ole merkittävää eroa ennusteella RCP2.6, muilla ennusteilla on sijaintokohtaisia eroja. Tapauksissa, joissa viistosademäärä kasvaa suhteellisesti enemmän, lisääntymiseen vaikuttaa erityisesti keskilämpötilan lasku, jonka vuoksi sateista yhä suurempi osa tulee lumen sijaan vetenä ja räntänä. Suhteellista kasvua tarkasteltaessa tulee kuitenkin edelleen ottaa huomioon se, että viistosademäärä on rannikolla huomattavasti sisämaata ja Lappia suurempi, vaikka suhteellinen kasvu onkin pienempää.



**Kuva 10** Viistosademäärien suhteellinen kasvu nykyilmastoon verrattuna eri sijainneilla ja eri ilmansuunnissa vuosien 2050 ja 2080 ilmastonmuutosennusteilla. Kuvälähde: Rakentamisen mitoitussääät - RAMI: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4>

Taulukossa 1 on esitetty keskimääräiset vuotuiset viistosademäärät eri sijainneilla nyky- ja tulevaisuuden ilmastoissa. Taulukossa on mukana vain sadetilanteet, kun lämpötila on yli 0 °C.

**Taulukko 1** Keskimääräiset vuotuiset viistosademäärät (vetenä) eri sijainneilla nyky- ja tulevaisuuden ilmastossa.

Sijainti	Nykyilmasto [mm/vuosi]	2050 [mm/vuosi]			2080 [mm/vuosi]		
		RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Rannikko (Vantaa)	583	635	646	676	638	668	729
Eteläinen sisämaa (Jokioinen)	445	484	497	514	487	512	551
Sisämaa (Jyväskylä)	331	369	380	401	372	398	443
Lappi (Sodankylä)	227	248	262	275	251	277	313

Ilmastonmuutosennusteiden mukaan rannikko-olosuhteet rankkenevat entisestään, eteläinen Suomi alkaa rasiustasoltaan muistuttaa rannikon nykyolosuhteita, sisämaa eteläistä Suomea ja Lappi sisämaata. Samoin eteläisten julkisivujen rasiustaso nousee, länsi- ja itäjulkisivujen rasiustaso lähestyy nykyistä etelänsuuntaista rasiustasta ja pohjoisjulkisivun rasiustaso puolestaan itä- ja länsijulkisivujen nykyistä rasiustasoa.

## 2.2 Tuuli

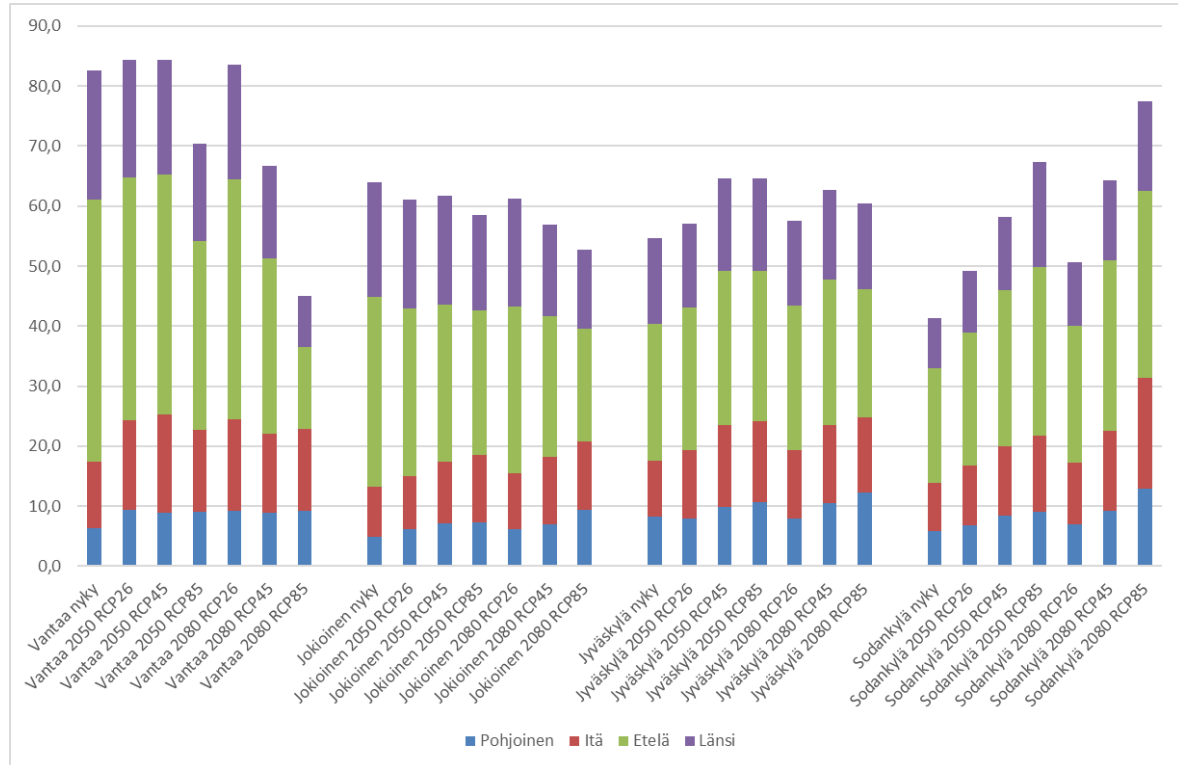
Ilmastonmuutosennusteiden mukaan tuulisuus kasvaa jonkin verran. Tuulisena vuoden aikana (syys-huhtikuussa) tuulen voimakkuus kasvaa vuosisadan loppuun mennessä arviolta keskimäärin 2–4 % Keski-Suomessa ja 4–6 % Itämerellä. Rakenteiden mitoituksen kannalta keskimääräinen tuulivoimakkuuden kasvaminen ei ole merkittävä riskitekijä. Sen sijaan ennustetut ääriolosuhteiden, joihin kuuluvat myös myrskytuulet, lisääntymiset tulevat lisäämään hetkellistä tuulikuormaa merkittävästi.

## 2.3 Pakkasrasitus

Kuvassa 11 on esitetty keskimääräinen vuotuinen viistosademäärä eri sijainneilla nykyilmastossa sekä tulevaisuuden ennusteilla. Kuvasta nähdään, että Vantaan olosuhteet ovat vuotuisen, jäätymissulamissyklejä edeltävän sademäärän suhteen huomattavasti muita alueita ankarammat ja ovat sitä vielä kaikilla vuoden 2050 ennusteilla. Vuoden 2080 tilanne puolestaan riippuu huomattavasti ennusteesta, sillä RCP8.5-ennusteella lämpötilan nousu aiheuttaa sen, että jäätymissulamissykliä määrä tippuu ja siten tippuu myös niitä edeltävä vuotuinen sademäärä lähes puoleen nykyilmaston tilanteesta. Sodankylässä lämpötilan nousu aiheuttaa päinvastaisen tuloksen eli lämpötila nousee talvella siten, että jäätymissulamissyklejä on enemmän ja yhdessä sateisuuden lisääntymisen kanssa, vuotuinen viistosademäärä ennen syklejä jopa kaksinkertaistuu nykyilmastoon nähden ennusteella RCP8.5. Ennusteella RCP2.6 muutokset ovat kaikilla sijainneilla melko vähäisiä.

Rasiustason kannalta on myös merkittävää, että Vantaalla ja Jokioisilla rasiustaso laskee nimenomaan etelä- ja länsijulkisivuilla, mutta nousee kaikilla ennusteilla itä- ja pohjoisjulkisivuilla. Myös Jyväskylässä ja Sodankylässä tapahtuu vastaavaa nousua itä- ja pohjoisjulkisivuilla, minkä lisäksi etelä- ja länsijulkisivuilla rasiustaso joko pysyy nykyisen kaltaisena tai nousee.

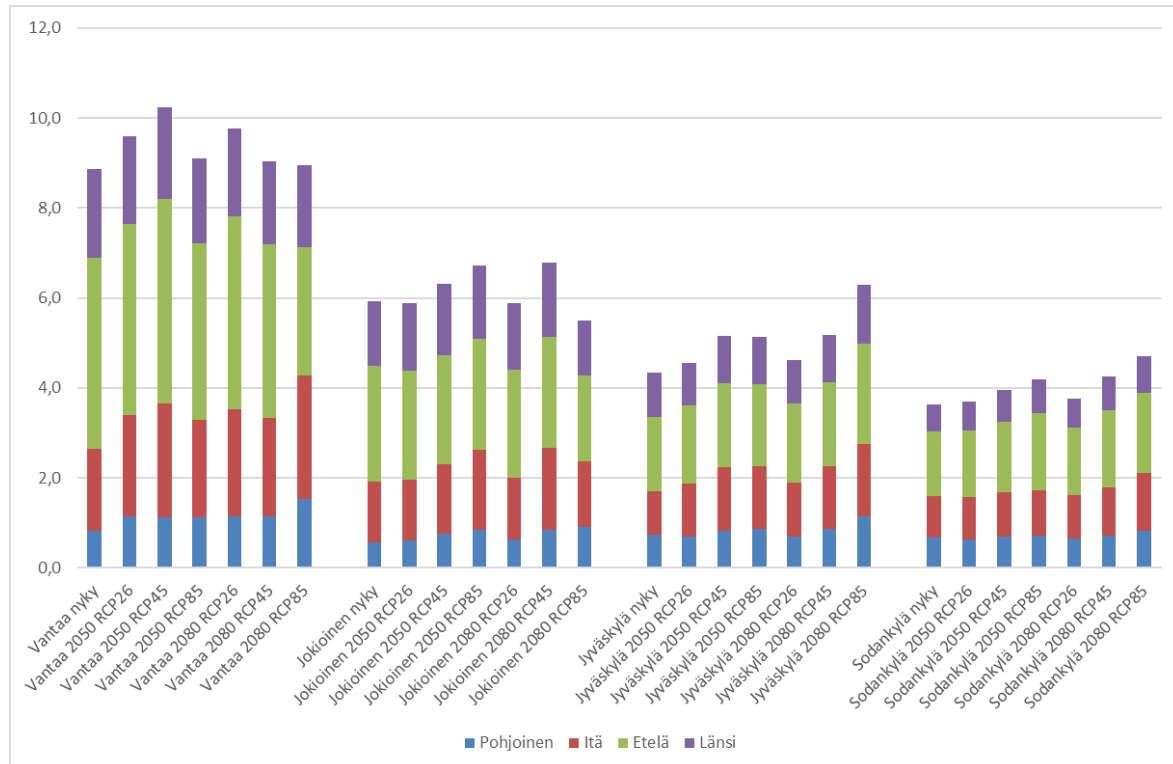
**JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS**  
**Rakennuksen ylläpito**  
**Ilmastonmuutokseen varautuminen**



**Kuva 11** Vuotuinen keskimääräinen viistosademäärä vetenä tai räntänä maksimissaan 72 h ennen -5 °C:een ylitystä eri sijainneilla, eri julkisivuilla ja eri ilmastonmuutosennusteilla. Kuvälähde: Rakentamisen mitoitussäät - RAMI: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4>

Kuvassa 12 on puolestaan esitetty keskimääräinen sademäärä ennen yksittäistä jäätymissulamissykliä. Tarkastelu kuvaa jäätymissulamisasituksen intensiteettiä eli kuinka märkänä huokoinen rakenne voi viistosateen ansiosta olla ennen yksittäistä jäätymissulamissykliä. Tarkastelun perusteella pakkasrasituksen intensiteetti säilyy ankarimpana Vantaalla kaikilla ennusteilla eikä vähene millään tulevaisuuden skenaarioista. Pääasiassa intensiteetti muillakin sijainneilla kasvaa tai pysyy vastaavana nykyilmastoon nähden.





**Kuva 12** Keskimääräinen viistosademäärä vetenä tai räntänä maksimissaan 72 h ennen yksittäistä -5 °C:een ylitystä eri sijainneilla ja eri ilmastonmuutosennusteilla. Kuvälähde: Rakentamisen mitoitussääät - RAMI: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2438-4>

Pakkasrasituksen osalta rannikko-olosuhteissa viistosateen kokonaismäärä ennen jäätymissulamissyklejä siis mahdollisesti pienenee voimakkaasti ulkoilman lämpötilan noustessa, mutta toisaalta pakkasrasituksen voimakkuuteen vaikuttava viistosateen intensiteetti pysyy samana tai kasvaa. Sodankylän olosuhteissa viistosateen kokonaismäärä ennen jäätymissulamissyklejä nousee voimakkaasti ilmastonmuutoksen skenaariossa lähes nykyisen Vantaan tasolle, mutta samalla viistosateen intensiteetti pysyy kuitenkin matalimpana muihin paikkakuntiin verrattuna. Molempia arviointisuureita tarkasteltaessa voimakkain pakkasrasitus esiintyy nykyilmastossa Vantaalla, mutta tulevaisuuden ilmastoissa siirtyi jonkin verran pohjoisemmaksi. Tulokset riippuvat voimakkaasti käytetystä kasvihuonekaasuskenaariosta siten, että skenaariossa RCP2.6 muutokset ovat pieniä ja skenaariossa RCP8.5 huomattavia. Lisäksi pakkasrasitus tasaantuu erityisesti eteläisessä Suomessa siten, että nykyisin rasitetuimmilla etelä- ja länsijulkisivuilla pakkasrasitus kevenee ja kevyemmin rasitetuilla itä- ja pohjoisjulkisivuilla muuttuu raskaammaksi.

## 2.4 Lämpötilavaihtelut

Samalla, kun keskilämpötiloissa on jokaisella ilmastonmuutoskenaariolla arvioitu nousua, myös hyvin korkeiden lämpötilojen todennäköisyys kasvaa tulevaisuudessa. Toisaalta hyvin matalien lämpötilojen todennäköisyydet pienenevät. Siten lämpötilavaihteluiden kokonaismäärä ei välttämättä merkittävästi nouse huolimatta siitä, että huippulämpötilat nousevatkin.



## **2.5 Auringonsäteily**

Auringonsäteily itsessään ei muutu ilmastonmuutoksen myötä, mutta pilvisyydellä on merkittävä vaikutus siihen, kuinka paljon erityisesti suoraa säteilyä pääsee maanpinnalle. Ennusteiden mukaan pilvisyys lisääntyy talviaikaan huomattavasti, mutta kesäaikaan se saattaa puolestaan vähetä tai pysyä noin nykyisellään, riippuen käytetystä ennusteesta. Siten rasiustaso pysyy joko samana tai kohoaa silloin, kun auringonsäteilyn vaikutus on nykyisinkin korkeimmillaan ja heikkenee silloin, kun säteilyä on muutenkin melko vähän.

Auringonsäteilyn määrällä on merkittävä vaikutus sen suoran rasiuksen lisäksi myös rakenteiden kuivumiseen. Ennusteiden mukaan pilvisyys lisääntyy siihen aikaan vuodesta, kun kuivumisolosuhteet ovat muutenkin heikoimillaan.

## **3 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS SÄILYVYYSOMINAISUUKSIIN**

Vesi on mukana lähes kaikissa vauriomekanismeissa, minkä vuoksi kasvava vetenä tulevan sateen määrä vaikuttaa merkittävästi kaikkien säälle alttiiden rakennusmateriaalien säilyvyyteen.

Kaikilla julkisivumateriaaleilla on odotettavissa pintojen levä- ja muiden kasvustojen lisääntymistä, sillä olosuhteet kasvustoille paranevat kosteusrasituksen kasvun ja lämpötilan nousun myötä. Kasvustojen muodostumisnopeuteen vaikuttavat rakenteen ulkopinnan läheisyyden kosteuspitoisuus, lämpötila ja julkisivupinnoilla oleva orgaaninen lika, johon puolestaan vaikuttavat lähistön puusto sekä muu kasvusto. Kasvustojen muodostumiselle optimaaliset olosuhteet muodostuvat, kun huokoisen materiaalin kosteuspitoisuus on yli 80 % ja lämpötila 15...30 °C. Kasvustot aiheuttavat lähinnä esteettistä haittaa, mutta niiden laaja kertyminen pinnoille voi myös heikentää kuivumista ja pitää huokoista pintarakennetta kosteana siten altistaen sitä muun muassa pakkasrapautumiselle.

### **3.1 Betonirakenteet**

Olemassa olevien, säälle alttiiden betonirakenteiden merkittävimmät vauriomekanismit Suomessa ovat olleet betonin pakkasrapautuminen ja raudotteiden korrosio. Tutkimusten perusteella olemassa olevassa betonirakennuskannassa on runsaasti laadullisia puutteita, joiden määrä ja merkittävyys riippuu rakentamisajankohdasta ja sen aikaisten määräysten tasosta. Lähes nykytasoa vastaavat vaatimukset muun muassa käytetyn betonin lujuusominaisuuksille sekä pakkasenkestoa lisäävälle suojahuokostukselle ovat olleen käytössä vuodesta 1990 lähtien ja raudotteiden peitepaksuuksille jo vuodesta 1978 lähtien, mutta vielä vuoden 1990 jälkeen rakennetuissa rakennuksissa on havaittu huomattavan paljon puutteita määräyksiin nähden. Kuitenkin edellä mainittujen tutkimusten perusteella nykyvaatimusten mukaisesti toteutetut, säälle alttiit betonirakenteet saavuttavat käyttöikävaatimuksensa myös tulevaisuuden ilmastossa.

Ilmastonmuutosskenaarioiden mukaiset tulevaisuuden ilmastot nostavat rasiustasoa raudotteiden korrosion kannalta, sillä ilman hiilidioksidipitoisuuden kasvu nopeuttaa betonin karbonatisoitusvaihetta ja aktiivisen korrosiovaiheen kannalta kriittiset tekijät eli viistosademäärä ja lämpötilat nousevat. Vaikutus on merkittävä erityisesti vielä korjaamattomissa, nykylaatutasoa heikommissa 1960–1980-lukujen betonirakenteissa. Toisaalta laskeutuneiden tarkastelujen perusteella betonin karbonatisoituminen ei saavuta teräksiä edes 100 vuoden käyttöikätaivoitteella, jos toteutunut peitepaksuus on 25 mm. Lisäksi nykyrakentamisessa julkisivuelementtien ulkokuorissa käytetään ruostumatonta terästä. Pakkasrasitustaso puolestaan alenee tulevaisuuden ilmastossa nykyilmastoon nähden, mutta tutkimuksissa on osoitettu, että nykyisen kaltainen lisähuokostus vaaditaan edelleen myös tulevaisuuden ilmastossa.

### **3.2 Muuratut ja rapatut rakenteet**

Pakkasrapautuminen on tyypillinen vauriomekanismi kaikilla huokoisilla, kiviainespohjaisilla säälle alttiilla materiaaleilla, kuten erilaisilla tiilillä, harkoilla ja niiden muurauslaasteilla sekä rappauksilla. Erityisesti kuorimuurirakenteissa käytettävillä tiilillä ja huokoisilla harkoilla rasiustaso saattaa kuitenkin nousta betonia merkittävämmän, sillä niiden vedenimukyky on betonia suurempi ja siten pakkasrapautumalle altistava kosteusmäärä huokosissa kasvaa. Siten myös rasiustason muutokset vaikuttavat niiden säilyvyyteen vastaavasti kuin betonilla. Tiilien ja muurauslaastien pakkasenkesto-ominaisuudet ovat parantuneet, kuten

betonillakin 1980-luvulta lähtien, kun rakennustuotteiden valmistuksen laatu on tasaantunut ja huokostukseen on kiinnitetty enemmän huomiota. Erityisesti ennen 1980-lukua muurauslaastit eivät olleet tehdasvalmisteisia vaan niitä valmistettiin työmaalla hiekasta ja muuraussementistä, mikä on aiheuttanut niiden laadun suurta vaihtelua. Tiilikuurimuurirakenteissa on siirrytty laajamittaisesti ruostumattomien raudoitteiden käyttöön vasta 1990-luvulla, joten sitä ennen toteutetuilla kuorimuurirakenteilla raudoitteiden korroosioriski on sidoksissa sademäärään ja siten kasvaa tulevaisuuden ilmastossa. Kuorimuurin sidonnassa on käytetty ruostumattomia sidontamateriaaleja jo aiemmin, mutta niissäkin vaihtelu on suurta. Laasti- ja saumassa sijaitsevien raudoitteiden korroosioriskiä lisää myös se, että kyseiset raudoitukset ovat usein melko lähellä pintaa ja niitä suojaavan muurauslaastin alkalisuus häviää karbonatisoitumisen seurauksesta melko nopeasti. 1990-luvulla rakennetuissa kuorimuureissa säilyvyyteen on kiinnitetty enemmän huomiota ja niissäkin on oletettavaa, että nykyvaatimustasolla voidaan saavuttaa haluttu käyttöikä myös tulevaisuuden ilmastossa.

Kovalle alustalle, eli tiilen tai harkon päälle toteutetuilla rappauksilla tyypillisimmät vauriomekanismit ovat pakkasrapautumisen lisäksi muun muassa rappauksen irtoaminen alustastaan (kopo), halkeilu sekä vääränlaisesta pintakäsittelystä johtuva vaurioituminen. Kyseiset vauriomekanismit voivat johtua säärasituksen lisäksi työvirheistä, mutta niitäkin saderasitus kiihdyttää, sillä halkeilu mahdollistaa veden kulkeutumisen täyttörappaukseen tai alusrakenteeseen ja kopo-alueet tai liian tiivistä pinnoitteesta aiheutuneet vaurioalueet voivat laajeta nopeastikin, jos taustalle pääsee kulkeutumaan halkeamien tai esimerkiksi epätiivien liitosten kautta kosteutta, joka jäätyessään laajenee.

Eriste- ja levyrappausjärjestelmillä merkittävimmät rappauksen vauriomekanismit ovat olleet halkeilu, joka usein johtuu työ- tai suunnitteluvirheistä sekä pakkasrapautuminen, joka on ollut seurausta toimimattomasta järjestelmästä sekä runsaasta halkeilusta. Myös eriste- ja levyrappauksen kannalta pakkasrasituksen aleneminen parantaa niiden säilyvyyttä, mutta toisaalta lisääntyvä saderasitus voi lisätä halkeilun kautta rakenteeseen päätyvän kosteuden määrää ja nostaa siten vaurioriskiä.

### **3.3 Puujulkisivut**

Puujulkisivuilla rasiustaso nousee lisääntyvän kosteusrasituksen myötä ja liitosten sekä detaljien merkitys korostuu, jotta kosteus pysyy rakenteen ulkopuolella, ja toisaalta ääri-ilmiöiden lisääntyessä kosteutta voi tunkeutua myös syvemmälle rakenteeseen. Suojautumisessa korostuvat liitosten ja detaljien lisäksi myös riittävä huolto, varsinkin maalipinnoitteen kunnossapito.

### **3.4 Lasi- ja metallijulkisivut**

Lasi- ja metallijulkisivujen osalta merkittävimmät ilmastonmuutoksen vaikutukset liittyvät detaljeihin ja liitosten toimivuuteen sekä ääri-ilmiöiden osalta lämpöliikkeisiin. Hyvin tummilla pintaisilla metallielementeillä lämpötilat voivat nousta hetkellisesti +80 °C:een tuntumaan, mikä voi aiheuttaa esimerkiksi EPS-eristeen pintaosien kutistumaa ja siten elementin käyritystä. Metallilevyillä ja -rangoilla tulee ottaa huomioon niiden suuret lämpömuodonmuutokset mahdollistamalla liikkeitä muun muassa kiinnityspisteiden väljyyden avulla. Eristyslaasielementeissä tulee huomioida niiden taustan ilmatilan lämpeneminen sekä taustalla olevien materiaalien korkeiden lämpötilojen kesto sekä lämpöliikkeiden mahdollistaminen.

### **3.5 Detaljit ja liittyvät rakenteet**

Detaljien suunnittelun ja liittyvien rakenteiden liitosten toteutus vaipparakenteeseen korostuvat tulevaisuuden ilmastossa, sillä viistosademäärä ja tuulennopeus sadehetkillä

## **JUKO – JULKISIVUKORJAUSTEN TUOTTEISTUS**

### **Rakennuksen ylläpito**

#### **Ilmastonmuutokseen varautuminen**

---

kasvat. Siten eri keinoihin vähentää suoraa saderasitusta julkisivuihin, eri rakenneosien liitoskohtiin tai julkisivun pintakerroksia lävistäviin kiinnityksiin tulee vähentää tarvittavilla keinoilla. Erilaisten vastapellit (esim. räystäiden myrskypellit) ja kiinnityskohtien tiivistysten toteutus ja huolto tulevat korostumaan julkisivurakenteiden pitkäaikaiskestävyyden kannalta.

Vedenohjausjärjestelmien toiminta tulee myös korostumaan, jotta pystypinnoille tuleva viistosade tai katolle tuleva sade saadaan ohjattua hallitusti pois julkisivupinnoilta ja liitoksista. Tällaisia ovat mm. räystäiden ja pellitysten riittävät ulottumat, pellitysten ja liittyvien rakenteiden riittävät kallistukset ulospäin sekä vedenohjausjärjestelmien hallittu liittyminen hulevesijärjestelmään, salaojajärjestelmiin, pihakaatoihin jne.

Julkisivurakenteissa on suositeltavaa mahdollisuuksien mukaan hyödyntää taustaltaan tuultuvia ratkaisuja sekä huokoisilla materiaaleilla vesitiiviitä, mutta vesihöyryä läpäiseviä pinnoitteita, joiden avulla mahdollistetaan eristekerrosten ja uloimpien rakennekerrosten kuivuminen. Lisäksi julkisivuratkaisuissa on suositeltavaa panostaa ns. vikasietoisiin rakenteisiin eli rakenteisiin, joissa esimerkiksi vaurioitumisen vuoksi uloimman kerroksen läpäisevä kosteus ei aiheuta vaurioitumista uloimman kerroksen taustalla vaan pääsee poistumaan tai kuivumaan hallitusti.