Julkisivun väri osana terveellistä ja ilmastokestävää rakentamista

Santeri Schroderus, DI, väitöskirjatutkija

Hyvä sisäilma ja rakennusterveys -tutkimusryhmä

Rakennus -ja yhdyskuntatekniikka, Oulun yliopisto

Journal of Physics: Conference Series

PAPER • OPEN ACCESS

Effect of Façade Colour on Hygrothermal, Energy, and Indoor Conditions in Lightweight Timber-Framed House under Current and Future Nordic Climates

S Schroderus, F Fedorik and U Haverinen-Shaughnessy

Published under licence by IOP Publishing Ltd

Journal of Physics: Conference Series, Volume 3302, 14th Nordic Symposium on Building Physics (NSB 2026)

Avoimesti saatavilla: https://doi.org/10.1088/1742-6596/3302/1/012045

Kilpailuehdotuksen tavoite

Arvioida julkisivun värin (lyhytaaltoisen säteilyn absorptiokertoimen α) vaikutusta:

- **ulkoseinän kosteusturvallisuuteen**
- **energiankulutukseen**
- **sisätilojen lämpöviihtyvyyteen**

Kolme tasoa:

- Vaalea (α = 0.3) luonnonvalkoinen
- Keskitumma (α = 0.6) terrakotta
- Tumma (α = 0.9) krafiitinharmaa

Tutkimuskysymys

Voidaanko julkisivun **värivalinnalla** parantaa puurunkoisen pientalon **kosteusturvallisuutta** ilman merkittävää haittaa energiankulutukselle tai lämpöviihtyvyydelle – myös **tulevaisuuden** ilmastossa?

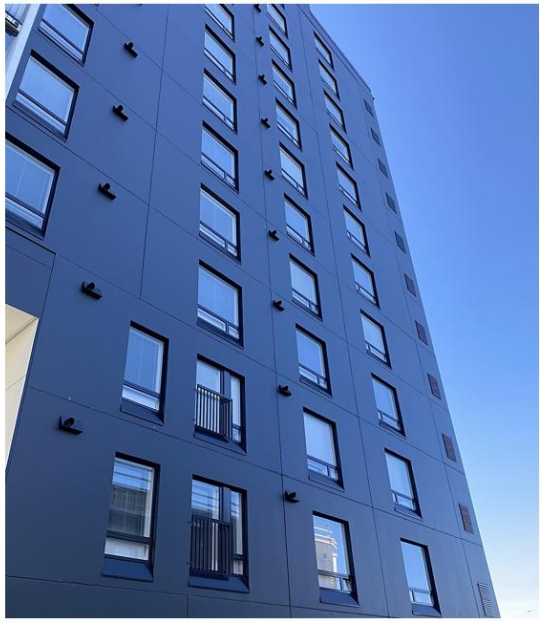
α = 0.3



α = 0.6



α = 0.9



Miksi aihe on ajankohtainen?

- Suomi on lämmennyt jo yli 2 °C 1800-luvun puolivälistä [1]
- Tulevaisuudessa **lämpötila ja sademäärä** projisoidusti kasvavat [2]:

  → T: +2–7 °C talvella; +1–4 °C kesällä
  → kesän auringonsäteily (+5 %) ja sademäärä (+4–30%)
- Rakennuksissa korostuvat **kosteus- ja homeriskit** sekä **ylilämpeneminen**.
- Julkisivun väri on yksinkertainen suunnitteluvalinta, joka muuttaa pinnan lämpö- ja kuivumisolosuhteita.

[1] Mikkonen, S., Laine, M., Mäkelä, H. et. al. (2015). Trends in the average temperature in Finland, 1847–2013. Stoch. Environ. Res. Risk Assess., 29(6), 1521-1529.

[2] Ruosteenoja, K., Jylhä, K., & Kämäräinen, M. (2016). Climate projections for Finland under the RCP forcing scenarios. *Geophysica*, *51*.

Miten julkisivun väri vaikuttaa?

- Väri vaikuttaa ennen kaikkea lyhytaaltoisen auringonsäteilyn absorptioon **α**
- Tyypillinen vaihteluväli α = 0,3–0,9
- Pitkäaaltoisen säteilyn emissiivisyys (ε) on suurelta osin **riippumaton** väristä
- Tummempi pinta lämpenee enemmän auringossa → suurempi kuivumispotentiaali
- Samalla on tarkistettava vaikutus kesäajan lämpöviihtyvyyteen
- Netto säteilytasapaino julkisivun pinnalle analyyttisesti:

$$q_{net} = h_c(T_{air} - T_s) + \alpha I_{sol} + F_{sky}\varepsilon\sigma(T_{sky}^4 - T_s^4) + F_{ground}\varepsilon\sigma(T_{ground}^4 - T_s^4) + F_{sur}\varepsilon\sigma(T_{sur}^4 - T_s^4)$$

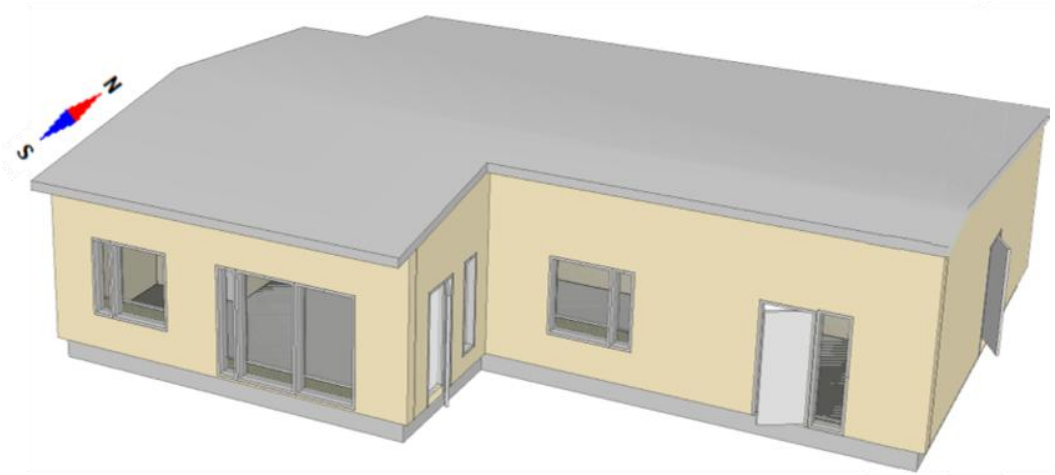
konvektiivinen termi

lyhyt aaltoinen säteily

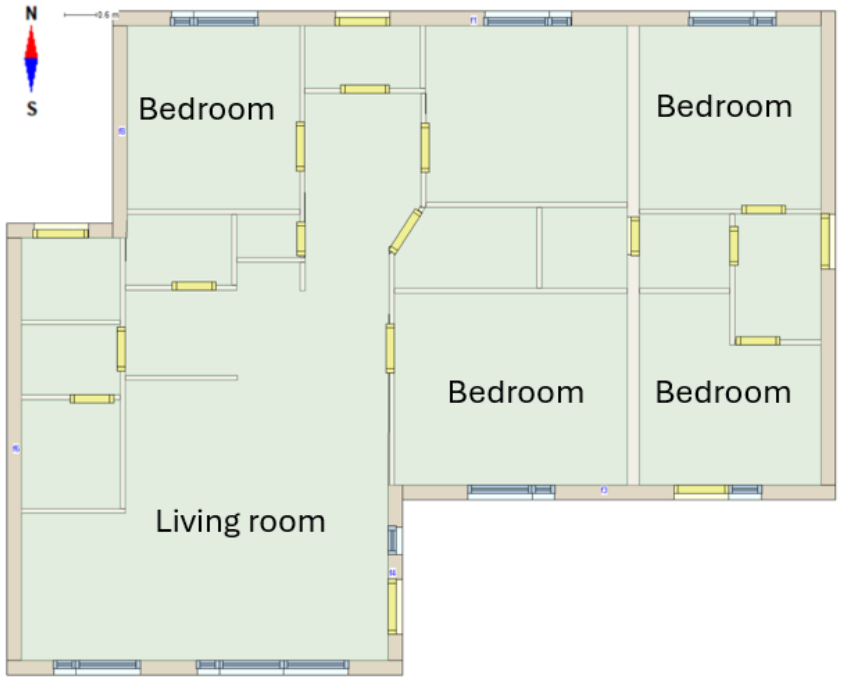
pitkä aaltoinen säteily

Case-rakennus

- **Tyypillinen** 1970-luvun suomalainen pientalo
- Korjauksia 2018
  - Puurankaseinät (U = 0.17 W/m²K)
  - Ikkunat (U = 2.1 W/m²K, g = 0.6)
  - Ilma–vesilämpöpumppu (SCOP 2.6)
- Ka. energiankulutus 14300 kWh/a (19-21)
- Simuloinneissa muutettiin **vain** julkisivun absorptiokerrointa α



145 m²

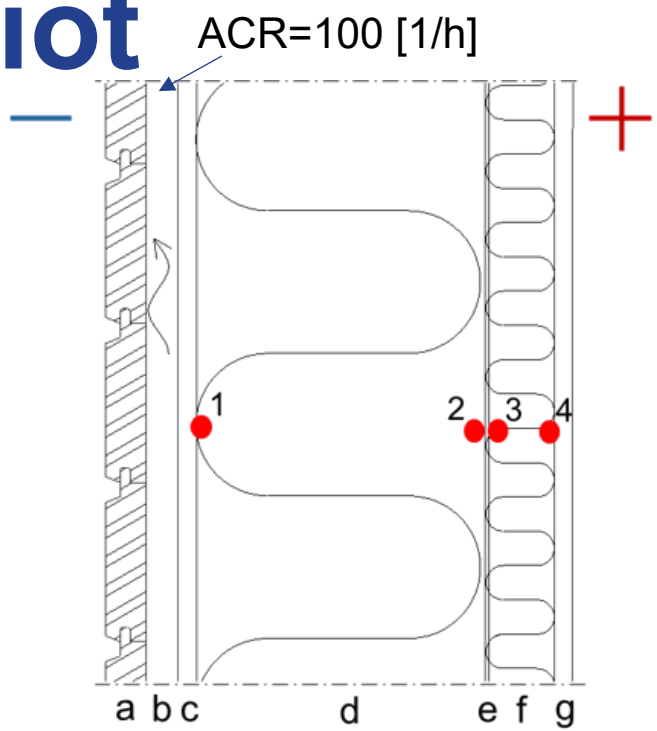


Lämpö- ja kosteus simulaatiot

- WUFI 2D; taustalla **validoidut** 1D-mallit.
- Etelään suuntautuva julkisivu
- Rakennusfysikaaliset mitoitusvuodet: nykyilmasto ja RCP8.5 2080 skenaario

  → Tuntiaskel: T, RH, tuuli, sade sekä lyhyt- ja pitkäaaltoinen säteily.

- Säteilytase mallinnettiin **eksplisiittisesti**.



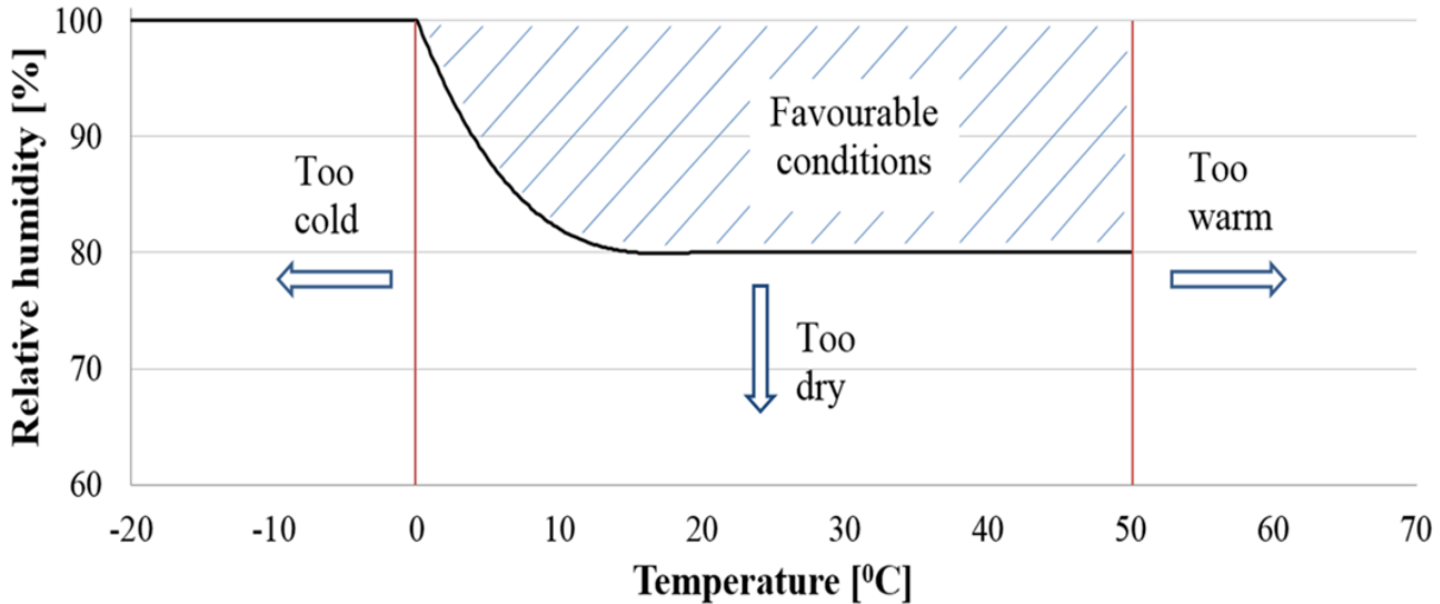
Structure from outside to inside:

a	23 mm	Wood cladding
b	25 mm	Ventilated air layer
c	12 mm	Windshield
d	150 mm	Thermal insulation
e	0.2 mm	Vapour barrier
f	50 mm	Thermal insulation
g	13 mm	Gypsum board

Structural U-value = 0.17 W/m^{2}K

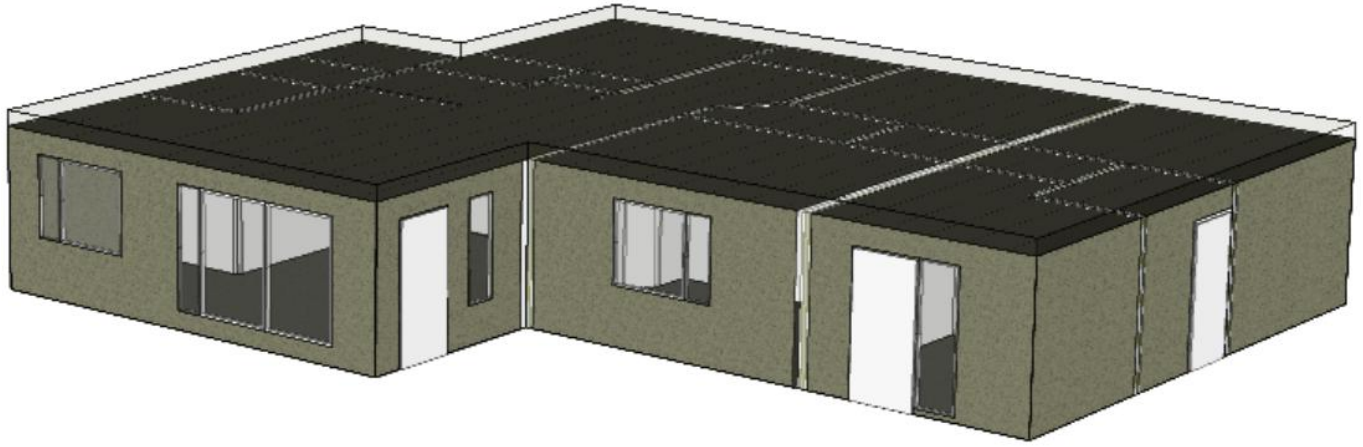
Suomalainen homemalli

- Homeenkasvua voidaan ennustaa rakennusmateriaalien pinnoilla
- WUFI:n tuntikohtaiset **T- ja RH-tulokset** homekasvumallin lähtöarvoina
- Materiaalien homeherkkyys ja homeen taantuminen huomioidaan
- Homeindeksi (M) vaihtelee 0–6
- Kosteusturvallisuuden kriteeri tässä tutkimuksessa: **M < 1**



Rakennuksen energiasimulointi

- **IDA ICE** -monivyöhykemalli, validoitu case-rakennukselle
- Tarkastelut: **ostoenergia**, **lämmitys**, **jäähdytys** ja **lämpöviihtyvyys**
- Nykyinen ja RCP8.5 2080 -energian mitoitusvuosi
- Julkisivun väri toteutettiin muuttamalla lyhytaaltoista heijastusta

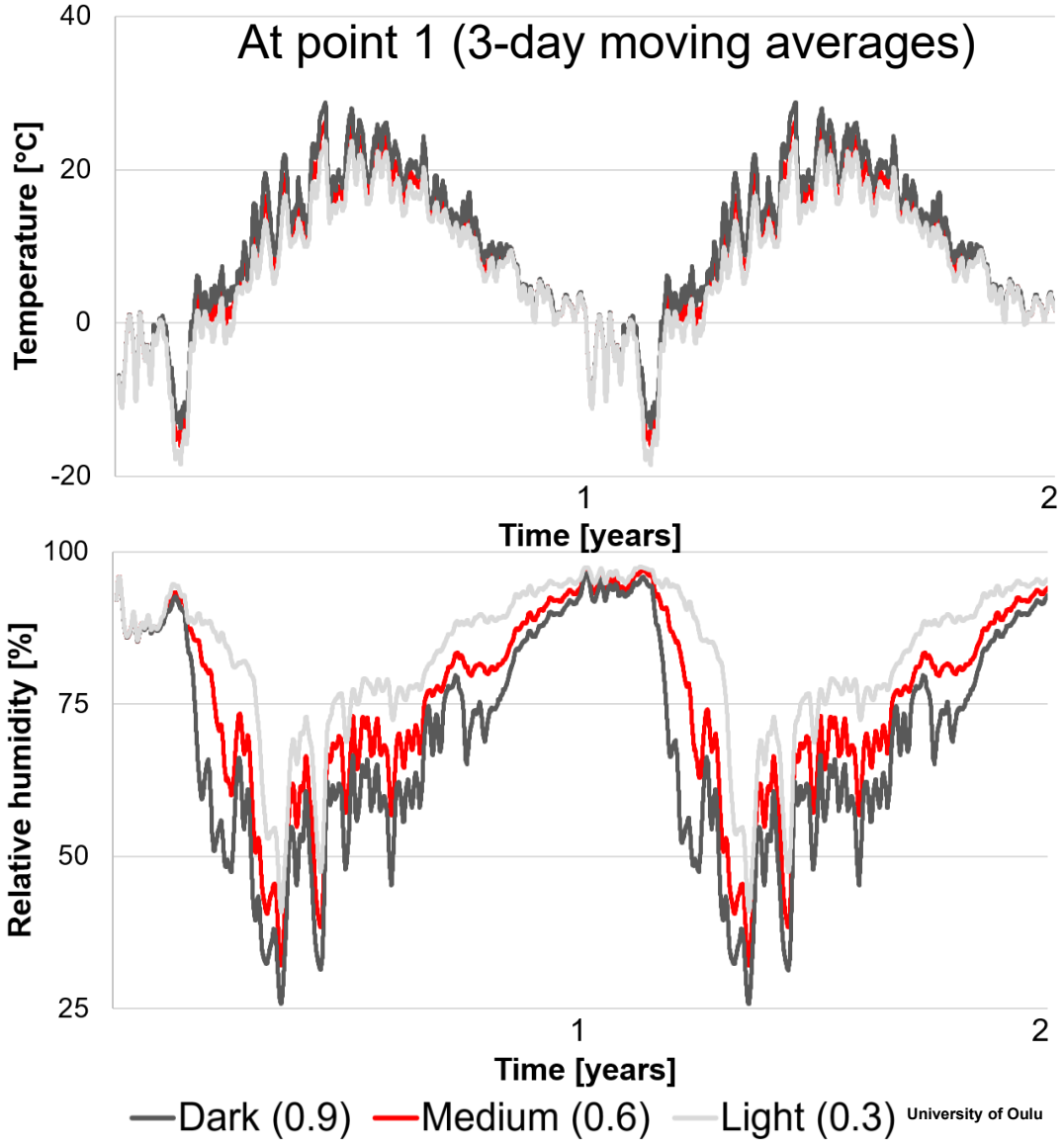


Terveellisyys: nykyilmastossa ei homekasvun riskiä

Nykyilmastossa

- Keskitumma ja tumma värit toimivat parhaiten.
  Tummempi pinta → korkeampi T + alempi RH → **pienempi** homeindeksi.
- **Ei homeriskiä** milläkään värillä

	M-index max.	Max. T [°C]	Mean T [°C]	Mean RH [%]
Tumma (α = 0.9)	0.0	47	9.9	69
Medium (α = 0.6)	0.1	40	8.6	76
Vaalea (α = 0.3)	**0.8**	33	7.2	83

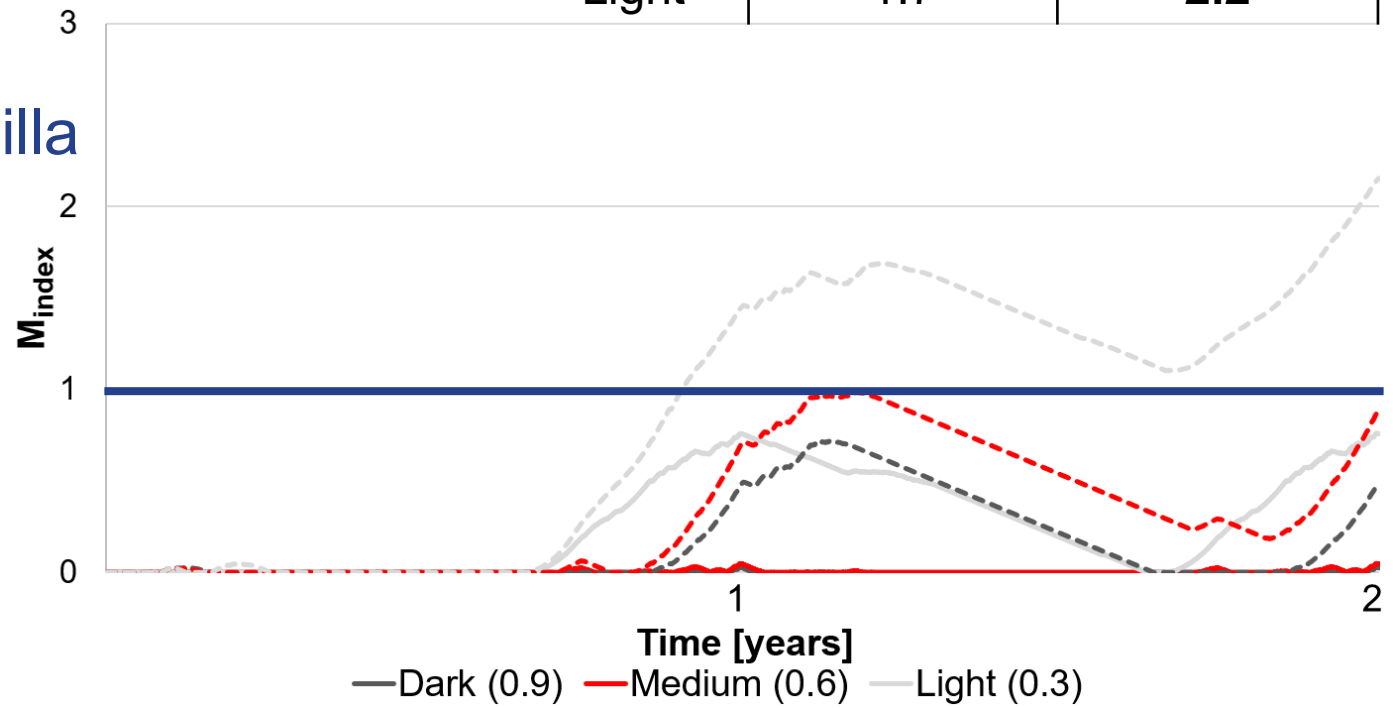


Ilmastokestävyys: väri vaikuttaa homeriskin hallintaan

Tulevaisuuden mitoittavassa ilmastossa RCP8.5 2080

- Tummat julkisivut (α ≥ 0.6) pärjäsivät parhaiten, **ei homeriskiä**
- Homeriski **vain** vaaleilla julkisivuilla
- Sisemmillä tarkastelupisteillä julkisivun värin vaikutus oli pieni
- Kesäkondenssia höyrynsulun ulkopuolella ei havaittu

	M-index max.	
	Wood fibre - insulated	Glass wool - insulated
Dark	0.4	0.7
Medium	0.8	1.0
Light	1.7	**2.2**



Kestävyys: energiavaikutus oli pieni

- Värin vaikutus ostoenergiaan, lämmitykseen ja jäähdytykseen oli **vähäinen**

Short-wave solar absorptivity (α)	Current climate [kWh/a]	RCP8.5 2080 [kWh/a]
Light (α = 0.3)	13110[a], 21540[b], 2[c]	10300[a], 14130[b], 139[c]
Medium (α = 0.6)	13040[a], 21350[b], 5[c]	10260[a], 14010[b], 160[c]
Dark (α = 0.9)	12960[a], 21160[b], 9[c]	10220[a], 13890[b], 182[c]

-150 -380

- Nykyilmastossa tumma julkisivu pienensi ostoenergiaa noin 150 kWh/a vaaleaan verrattuna
- Vuotuinen kustannusvaikutus oli vain noin ±30 €/a
- **Ilmastonmuutoksen vaikutus** energiankäyttöön oli selvästi väriä **suurempi**

Terveellisyys: lämpöviihtyvyyden kompromissi on pieni

- Värin vaikutus olohuoneen lämpöviihtyvyyteen oli **vähäinen**
- **Tulevaisuuden ilmasto** vaikutti selvästi enemmän kuin α
- Tumma julkisivu lisäsi ylilämpenemistä vain hieman: noin 80 °C·h verrattuna vaaleaan RCP8.5 2080 -ilmastossa.

Short-wave solar absorptivity (α)	Mean T_op July		Max T_op		Hours T_op > 27 °C		Degree-hours above 27 °C (°C·h)	
Light (α = 0.3)	22.8^{A}	25.5^{B}	27.2^{A}	27.6^{B}	14^{A}	181^{B}	41^{A}	348^{B}
Medium (α = 0.6)	22.9^{A}	25.6^{B}	27.2^{A}	27.7^{B}	18^{A}	200^{B}	51^{A}	380^{B}
Dark (α = 0.9)	23.1^{A}	25.8^{B}	27.3^{A}	27.7^{B}	24^{A}	225^{B}	62^{A}	428^{B}

Kilpailuehdotuksen johtopäätös

TERVEELLISYYS

- Väri α ≥ 0,6 **pienensi** ulkoseinän homekasvun riskiä tulevaisuuden ilmastossa.
- Vaalea väri johti selvästi suurempaan **homeriskiin** (M > 2 pahimmillaan).

KESTÄVYYS

- Kosteusturvallisuutta voidaan parantaa ilman energia- tai kustannusrangaistusta
- Värivalinta on **yksinkertainen** ja **skaalautuva** suunnittelukeino

SUOSITUS: **Kultainen keskitie** eli keskitumma väri on toimiva valinta









Kiitos!

Santeri.Schroderus@oulu.fi