

SUUNNITTELUPERIAATTEITA REUNAVYÖHYKKEEN JÄÄHDYTYSPALKEILLE

Panu Mustakallio⁽¹⁾, Jouni Tapiala⁽²⁾ ja Mika Ruponen⁽¹⁾
1) Oy Halton Group Ltd. 2) Olof Granlund Oy



JOHDANTO

- Reunavyöhyke muodostuu lasitetun julkisivun viereisestä alueesta.
- Lasijulkisivujen suosion kasvamisesta johtuen jäähdytystehontarve reunavyöhykkeellä on lisääntynyt merkittävästi.
- Kokonaisjäähdytystehontarve lattianeliötä kohti voi olla todella suuri toimistorakennuksissa, jossa auringon aiheuttamia lämpökuormia ei ole riittävästi rajoitettu kesäaikana, ja sen vuoksi lämpöolosuhteet koetaan usein epäviihtyisiksi.
- Tämän vuoksi aurinkokuormat tulisi minimoida erityisesti länsi- ja eteläpuolella rakennusta, jossa suurimmat aurinkokuormat normaalisti esiintyvät.
- Muutoin, erityisiä reuna-alueen jäähdytysratkaisuja tulisi harkita, kuten reunavyöhykkeen jäähdytyspalkkeja. Nämä jäähdytysratkaisut tulisi suunnitella huolella, jotta vetoriski on pieni ja sisäilman laatu on tasainen koko oleskeluvyöhykkeellä.
- Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella miten reunavyöhykkeen lämpökuormat käsitellään tehokkaasti käyttäen reunavyöhykkeen jäähdytyspalkkeja toimistotilan jäähdytyksessä, ja määritellä suunnittelun peruskriteereitä.

TUTKIMUSMENETELMÄ

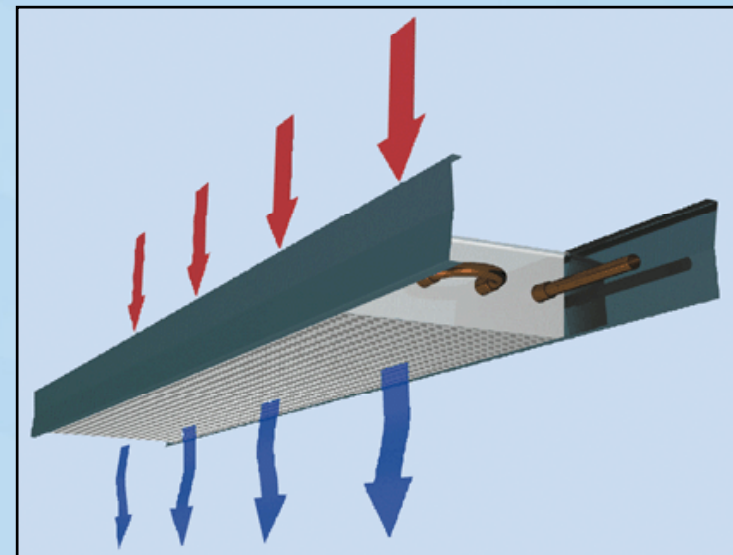
- Reuna-alueen jäähdytyspalkin mitoittamiseksi kesän mitoitusjäähdytystehontarve ja auringosta tuleva lämpökuorma laskettiin DOE-2.1 energiasimulointiohjelmistolla tyypilliselle reunavyöhykkeen toimistohuoneelle.
- Simuloidun toimistohuoneen mitat olivat 4.6 m x 2.8 m x 3.0 m (K), jossa ulkoseinä 2.8 m x 3.0 m (K) oli melkein täysin lasitettu lukuun ottamatta 2.8 m x 0.4 m (K)
- Simulointi tehtiin Helsingin ja Pariisin sääolosuhteissa eri ikkunatyypeillä etelän ja lännen suuntaan sijoitettuna sisäpuolisilla sälekaihtimilla ja ilman niitä.

Simuloinneissa käytetyt ikkunatyypit

Ikkunatyyppi	Lasien lkm	Lasien paksuus[mm]	Väljen täytekaasu	Lämmönjoht. U [W/m ² ,K]	Kokonaisläp. SHGC [%]	Suoran sät. läpäisy [%]	Näkyvä valo läpäisy [%]
1xclear	1	6	-	5.2	82	78	88
2xclear	2	6+6	Air	2.54	70	60	78
3xclear	3	6+6+6	Air+Air	1.68	61	47	70
Antisun Green+2xclear	3	6+6+6	Air+Air	1.68	40	28	57
Suncool Blue+2xclear	3	6+6+6	Air+Air	1.68	22	13	24
Suncool Bronze+2xclear	3	6+6+6	Air+Air	1.68	12	4	8
Ipasol Natura+2xclear	3	6+4+4	Argon+Air	1	32	25	60

TUTKIMUSMENETELMÄ

- Laboratoriomittauksissa käytettiin samankokoista ja samankokoisella ikkunalla varustettua huonetta kuin tehontarvelaskennassa.
- Huoneeseen oli asennettu reuna-alueen jäähdytyspalkki ikkunaseinän suuntaisesti jonka etäisyyttä ikkunasta voitiin muuttaa.
- Ikkunan alueelle ja lattialle 2.5 metrin alueelle ulkoseinästä oli asennettu lämmityskalvot.
- Reuna-alueen jäähdytyspalkkina käytettiin tyypillistä passiivipalkkia (CPT-105-2800-2600-305)
- Palkin asennettiin 0.15m päähän katosta ja etäisyyttä ikkunasta vaihdeltiin etäisyydelle 0.15 m, 0.30 m ja 0.6 m.
- Palkin alapuolelle asennettiin 50% reikälevy



TUTKIMUSMENETELMÄ

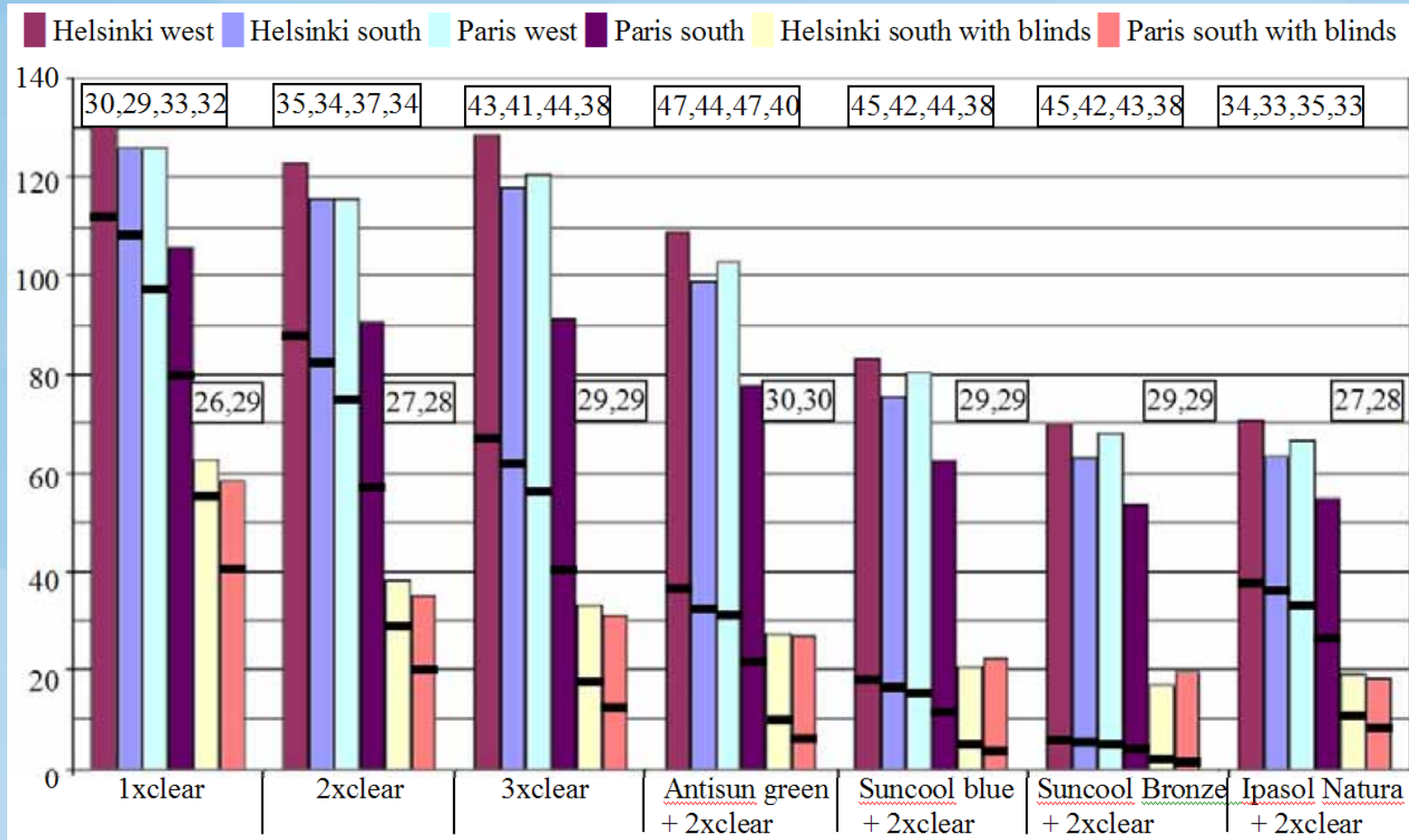


a) Sähköisen lämmityskalvon asettelu auringon lämpökuormaa mallintamaan (vas.) ja reuna-alueen jäähdytyspalkin asennus (oik.) b) Mittausasettelu sivulta.

TUTKIMUSMENETELMÄ

- Jäähdytyspalkin jäähdytysteho ja olosuhteet huoneessa mitattiin eri lämpökuorma-asetteluilla ja jäähdytystehontarpeilla.
- Savuvisualisointia käytettiin havainnollistamaan ikkunan konvektiovirtauksen ja jäähdytyspalkin alaspäin suuntautuvan konvektiovirtauksen vuorovaikutusta.
- Nopeudet ja turbulensi-intensiteetit mitattiin suuntariippumattomilla kuumapallo anemometreillä ja lämpötilat PT100 antureilla 3 minuutin keskiarvoina.
- Anturit olivat mittasalossa 0.1, 0.5, 1.1, 1.3, 1.8 ja 2.3 m korkeuksilla. Mittasalko oli keskellä ikkunaseinää jäähdytyspalkin alla ja 1.3m ikkunaseinästä.
- Huonelämpötila mitattiin 2.5m päästä ikkunaseinästä 1.3m korkeudelta, 1.3m päästä 1.1m korkeudelta mitattiin mustan pallon lämpötila operatiivisen lämpötilan määrittämiseksi.
- Ikkunan pintalämpötila sekä ympäristön, meno- ja paluuveden, ja palkkiin menevän ja sieltä lähtevän ilman lämpötilat mitattiin myös.
- Palkkiin menevän veden lämpötila oli 15 °C ja massavirta 0.08 kg/s. Huoneen lämpötilan annettiin vaihdella riippuen tapauksesta ja palkin toiminnasta.
- Tulo- tai poisto ilmavirtaa ei huoneessa ollut.

TULOKSET



Kokonaislämpökuorma [W/m^2_{lattia}] ikkunasta eri ikkunatyypeillä. Suora ja diffuusi lämpökuorman [W/m^2_{lattia}] osuus merkitty pylväisiin paksun jakoviivan alapuolelle. Ikkunan pintalämpötila [$^{\circ}C$] pylvään päässä

TULOKSET

Mittaustapaukset eri lämpökuorma-asetteluilla ja jäähdytystehontarpeilla energiasimuloinnin tulosten pohjalta

Tapaukset	Kok.lämpökuorma		Ikkunakuorma		Lattia-aluekuorma	
	[W/m ²]	[W]	[%]	[W]	[%]	[W]
CASE 01	65	837	100	837	0	0
CASE 01*			100	837	0	0
CASE 02			50	419	50	419
CASE 03			0	0	100	837
CASE 04	50	644	100	644	0	0
CASE 05			50	322	50	322
CASE 06			0	0	100	644
CASE 07	35	451	100	451	0	0
CASE 08			50	225	50	225
CASE 09			0	0	100	451

* Ilman reikälevyä palkin alla

- Kun kaikki lämpökuorma on ikkunapinnalla, valitut arvot vastaavat suunnilleen energiasimulointiohjelmistolla laskettuja ikkunan johtumislämpökuormia seuraavasti: 65 W/lattia-m² ~ 840 W ~ 43.0 °C, 50 W/lattia-m² ~ 645 W ~ 38.0 °C and 35 W/lattia-m² ~ 450 W ~ 35.0 °C.

TULOKSET



*Savuvisualisointi
jäähdytyspalkki
0.3m etäisyydelle
ikkunasta*



*Savuvisualisointi
jäähdytyspalkki
0.6m etäisyydelle
ikkunasta*

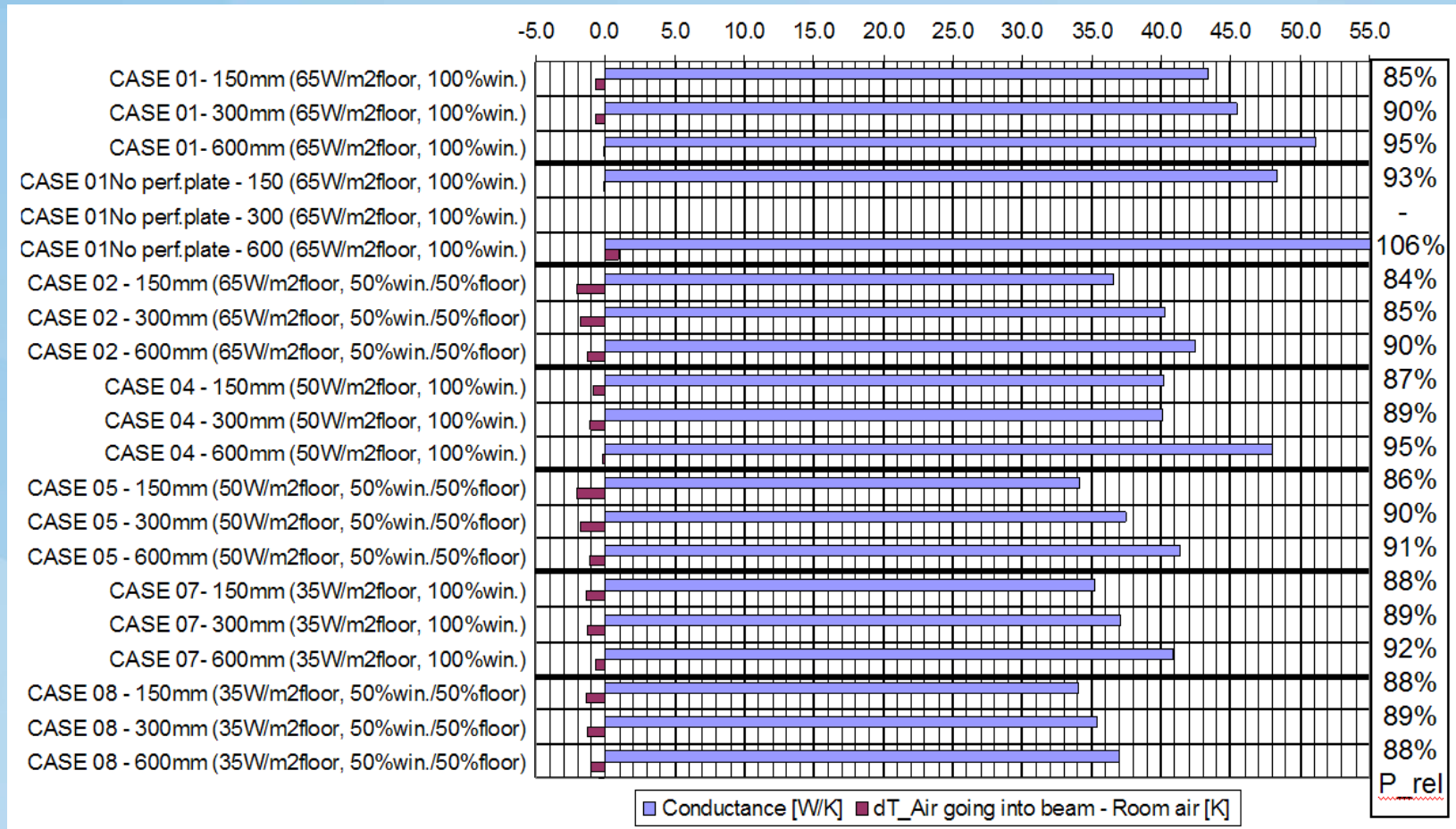


*CFD-visualisointi
jäähdytyspalkki
0.6m etäisyydelle
ikkunasta*



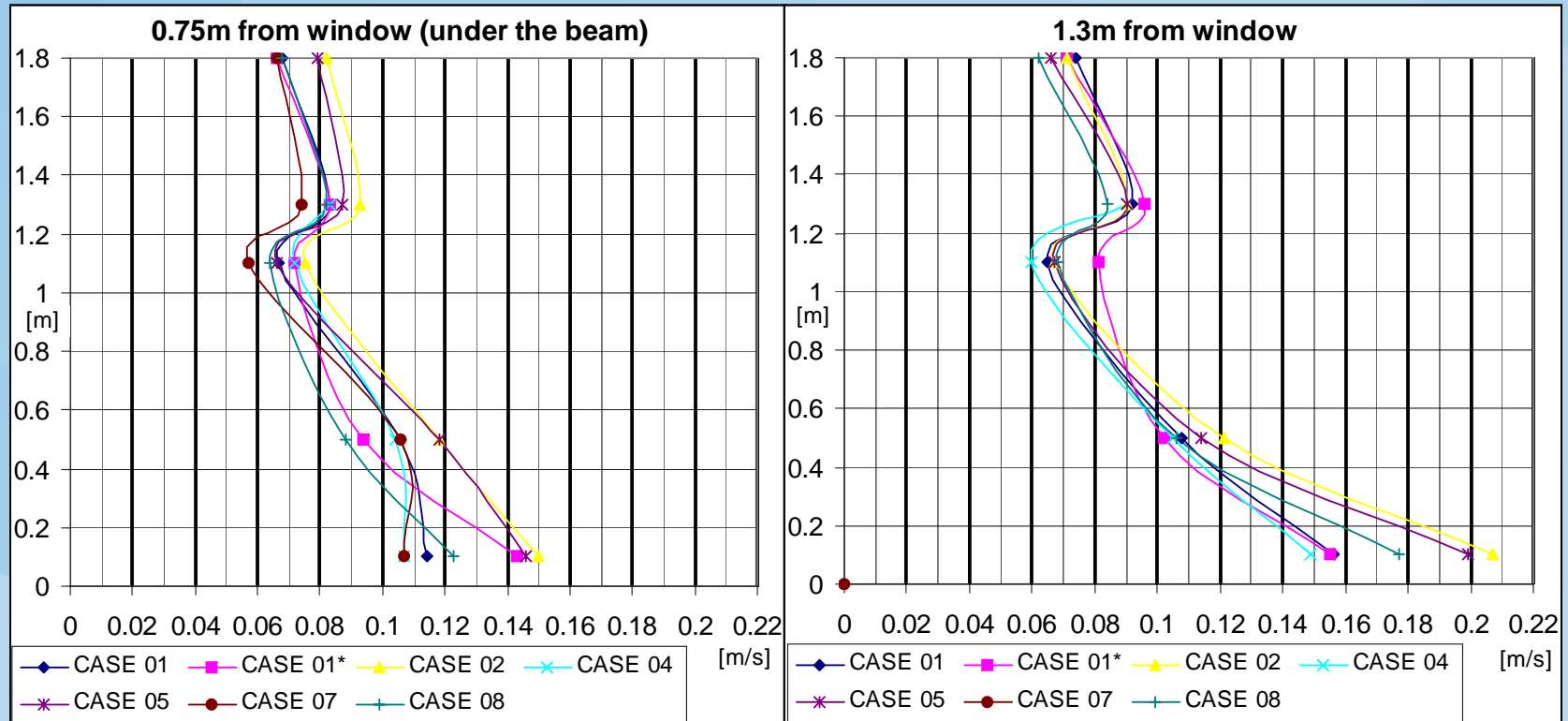
Savuvisualisointi konvektiovirtauksesta reikälevyn kanssa (vas.) ja ilman (oik.) kun jäähdytyspalkki asennettu 0.3m etäisyydelle ikkunasta

TULOKSET



Jäähdytyspalkin konduktanssit, ja palkkiin menevän ja huoneilman lämpötilaero vasemmalla sekä suhteelliset jäähdytystehot oikealla.

TULOKSET



Nopeudet eri korkeuksilla lattiasta jäähdytyspalkin alla ja 1.3 m etäisyydellä ikkunasta tapauksissa kun palkin etäisyys ikkunaan on 0.6 m.

YHTEENVETO

- Reunavyöhykkeen jäähdytyspalkin antamat huoneolosuhteet olivat hyvät palkin alla ja 1.3 m etäisyydellä ikkunasta.
- Mitatut jäähdytystehot olivat pienemmät kuin oletettiin, koska palkille menevää ilman lämpötilaa ei saatu korkeammaksi kuin huonelämpötila, ennen kuin palkin alla ollut reikälevy poistettiin ja palkki oli kauimpana ikkunasta (0.6 m).
- Tapauksissa joissa suuri osa aurinkokuormasta on suoraa säteilyä lattiapinnalle, jäähdytysteho on pienempi.
- Reunavyöhykkeen jäähdytyspalkit ovat hyvä vaihtoehto reuna-alueen jäähdytykseen vaativissa tapauksissa, erityisesti täysin lasitetuille fasadeille, kun aurinkokuormaa ei muuten voida rajoittaa.

YHTEENVETO

- Seuraavat suunnitteluperiaatteet tulisi huomioida:
 - Mitoitustehontarve reunavyöhykkeelle tulisi laskea energiasimulointiohjelmistolla
 - Jos suuri osa aurinkokuormasta on suoraa säteilyä reunavyöhykkeelle, pienentää se jäähdytystehoa (tässä tarkastelussa 50% osuus suoraa kuormaa merkitsee –10%).
 - Palkin ja ikkunan välinen etäisyys tulisi olla suunnilleen 0.6 m. Kun etäisyys on puolet tästä tai vähemmän pienentää se jäähdytystehoa oikosulkuvirtauksen vuoksi (tässä tarkastelussa 0.3m etäisyys tarkoittaa noin –10% tehoa, 150mm –15%).
 - Reikälevyn vapaa-alan jäähdytyspalkin alla tulisi enemmän kuin 50%, erityisesti jos palkki on asennettu lähemmäksi ikkunasta kuin 0.6 m.

KIITOKSET

Kirjoittajat haluavat kiittää Tekesiä projektin osarahoituksesta.