

TUTKIMUSSELOSTUS

**Tuloilmaikkunan virtaustekniset ominaisuudet:
Savukokeet, lämpötilaseuranta ja tuloilman vir-
taus ikkunavälissä ilman venttiiliä, ilmanoh-
jaimia ja suodattimia**

ZENNER

Insinööritoimisto W. Zenner Oy

LVI- ja äänilaboratorio

Vihdintie 11 C 25

00320 HELSINKI

puh. 09 4778 370

faksi: 09 4778 3737

asiakaspalvelu@zenner.fi

www.zenner.fi

Tilaaaja:

DirAir Oy
Kuoppakatu 10
11710 Riihimäki
Tapio Tarpio
puh. 010 4215 700
gsm: 0400 730 228
faksi: 010 4215 701
tapio.tarpio@dirair.fi

Suorittaja:

Insinööritoimisto W. Zenner Oy
Johannes Usano, DI
Vihdintie 11 C
00320 Helsinki
puh. (09) 4778 3714
gsm: 040 900 4775
faksi: (09) 4778 3737
sähköposti: johannes.usano@zenner.fi

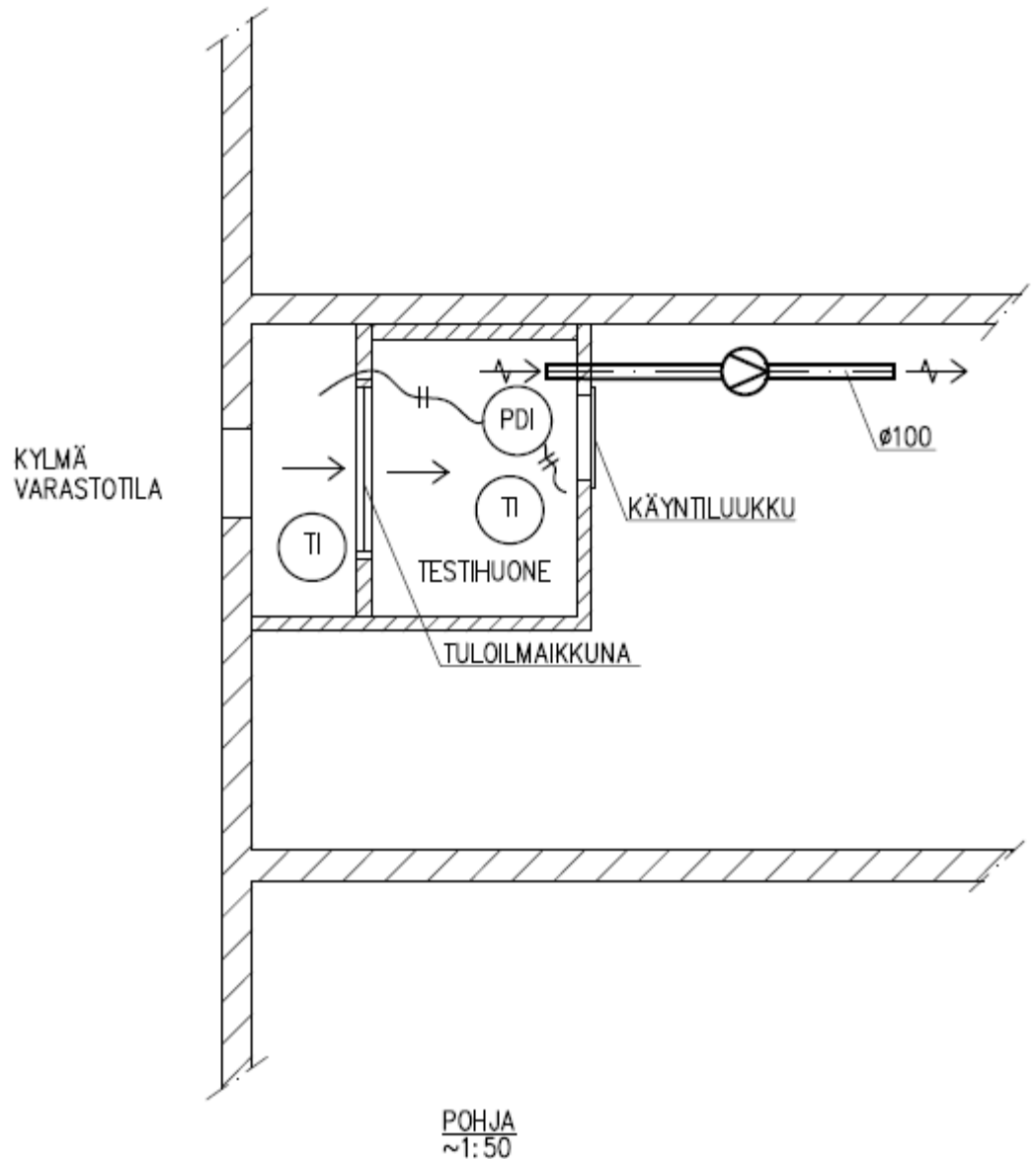
Ajankohta:

Tutkimukset: 16. - 22.5.2014
Raportti: 22.5.2014

Tutkimuksen kohde ja tehtävä:

Tehtävänä oli tutkia ilman virtausta ja ilmanvaihdon ulkoilman lämpenemistä ns. tuloilmaikkunassa, jossa ulkoilma otetaan sisään ikkunan lasiväliin ulkopuitteen ja karmin välisestä raosta (n. 4 mm x 800 mm) ja johdetaan huonetilaan vastaavasta sisäpuitteen ja karmin välisestä raosta.

Tässä tutkimuksessa lasien välissä ei ollut ilmanohjainta (ilman ohjaamiseen lasien välissä alas), suodattimia eikä korvausilmaventtiiliä. Tutkimukset suoritettiin Dir-Air Oy:n testilaboratorion testihuoneessa. Kuvassa 1 on esitetty periaatepiirustus Dir-Air Oy:n testilaboratoriosta.



Kuva 1. Periaatepiirustus Dir-Air Oy:n testilaboratoriosta.

Mittausjärjestelmä ja -laitteisto:

- Dräger – tekniset merkkisavut
- Laboratorioelohopealämpömittari (akkreditoitu kalibrointitodistus)
- CEM BS-150 - videoendoskooppi
- Ins.tsto. W. Zenner Oy lämpöhaude lämpötilakalibrointia varten
- Veab tiiveyspuhallin ja tilavuusvirran mittausputki (Ø50)
- TSI 955P – paine-eromittari
- Produal PEL 2500 - paine-erolähetin, PDE / PDI
- Produal NTC - lämpötila-anturit (4 kpl), TER1-TER4
- Ouman EH-686 – ohjaus- ja valvontayksikkö (datakeräin)
- Östberg CK 100 – puhallin
- Mittauskammio / -huone (n. 6 m³)
- Fenestra Polaris 2+2 (1200x1400x170 mm) ikkuna (4-lasinen, U-arvo 0,8)

Tutkimuksen suorittaminen:Ilman virtaus lasivälissä ja savukokeet:

Ennen savukokeita määritettiin tuloilmaikkunan tilavuusvirta eri testihuoneen paine-eroilla. Mittaukset suoritettiin puhaltimen ja tilavuusvirran mittauslaitteiston (Veab) avulla.

Ilman virtausprofiilia lasivälissä tutkittiin savukokein. Savukokeessa teknistä merkkisavua johdettiin ulkopuitteen ja karmin välisestä raosta ikkunan lasiväliin ja edelleen testihuoneeseen. Savun virtausta seurattiin ikkunan lasiväliin asennetun videoendoskoopin sekä testihuoneen puolelta videokameran avulla. Taulukossa 1 on esitetty savukokeiden aikaiset olosuhteet:

Taulukko 1. Savukokeiden aikaiset olosuhteet.

Ulkoilman lämpötila	15.5 °C
Testihuoneen lämpötila	24.0 °C
Testihuoneen alipaine ulkoilmaan nähden	-20 Pa
Tilavuusvirta tuloilmaikkunassa	9 dm ³ /s
Ilmanpaine	1018 hPa
Teknisen savun lämpötila	n. 26-27 °C

Ulkoilman lämpeneminen ja lämpötilaseuranta:

Savukokeiden lisäksi suoritettiin lämpötilaseuranta 16.5 - 22.5.2014 välisenä aikana (näytteitä ½ tunnin välein). Lämpötilaseurannan tarkoituksena oli selvittää ulkoilman lämpeneminen lasivälissä, kun lasivälissä ei ole ilmanohjaimia ohjaamassa ilmavirtausta lasivälin alaosaan. Lämpötilaseurannan aikana testihuoneessa pidettiin vakio paineohjauksella -20 Pa alipainetta, jolloin tilavuusvirta tuloilmaikkunasta oli 9 dm³/s. Ko. tilavuusvirta vastaa tyypillistä hyvän tuloilmaikkuna tilavuusvirtaa.

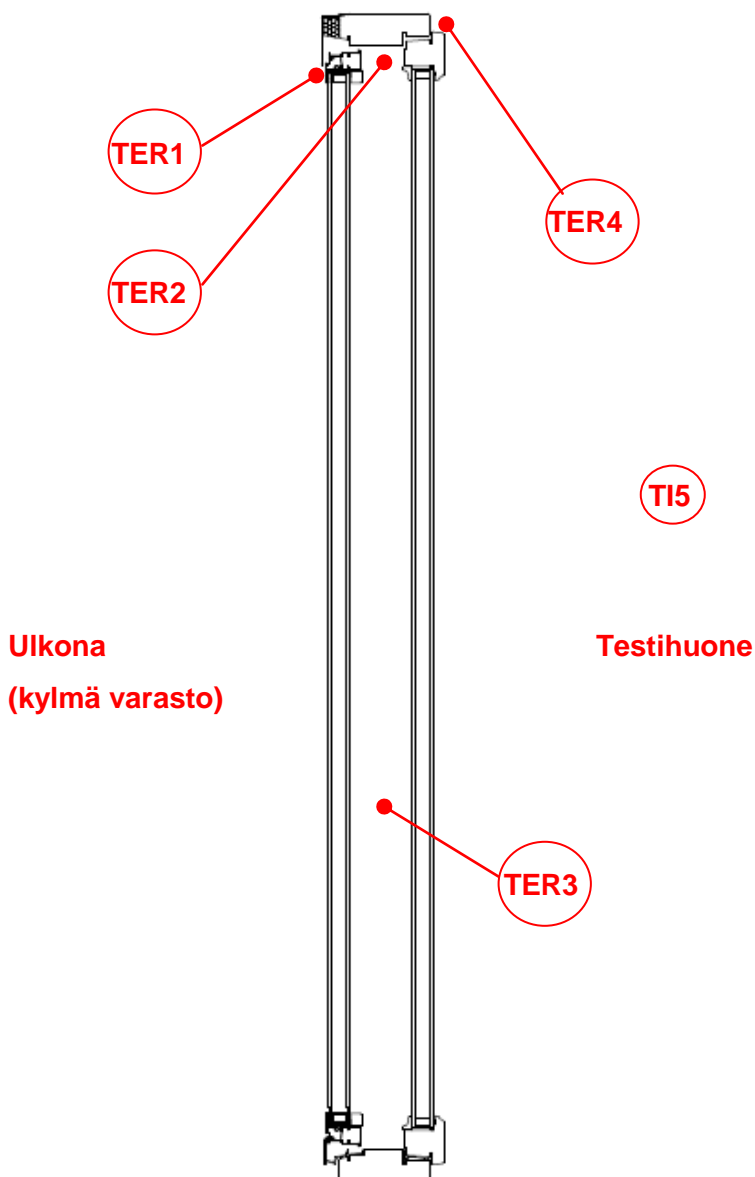
Ennen seurantaa mittauslaitteiston (sis. Pro dual lämpötila-anturit ja Ouman datakeräin) lämpötilamittaus kalibroitiin kolmessa eri lämpötilassa vertailumenetelmällä lämpöhauteen ja tarkkuuslaboratorioelohopealämpömittarin avulla.

Lämpötilamittauksen (sis. anturit ja keräin) tarkkuus lämpötila-alueella +11 °C - +27 °C oli keskimäärin +0,35 °C eli anturit näyttivät hieman vertailuarvoa enemmän. Kalibroinnin jälkeen lämpötilamittauksen arvioitu tarkkuus ≤ ±0,20 °C.

Lämpötilaseurannassa seurattiin seuraavia lämpötiloja:

- ulkoilman lämpötila, TER1
- ilman lämpötila lasivälissä ylhäällä yläkarmin alapuolella, TER2
- ilman lämpötila lasivälissä alhaalla n. 300 mm korkeudella alakarmista, TER3
- sisäänpuhallusilman lämpötila, TER4
- testihuoneen lämpötila (erillisillä lämpötilamittareilla), TI5

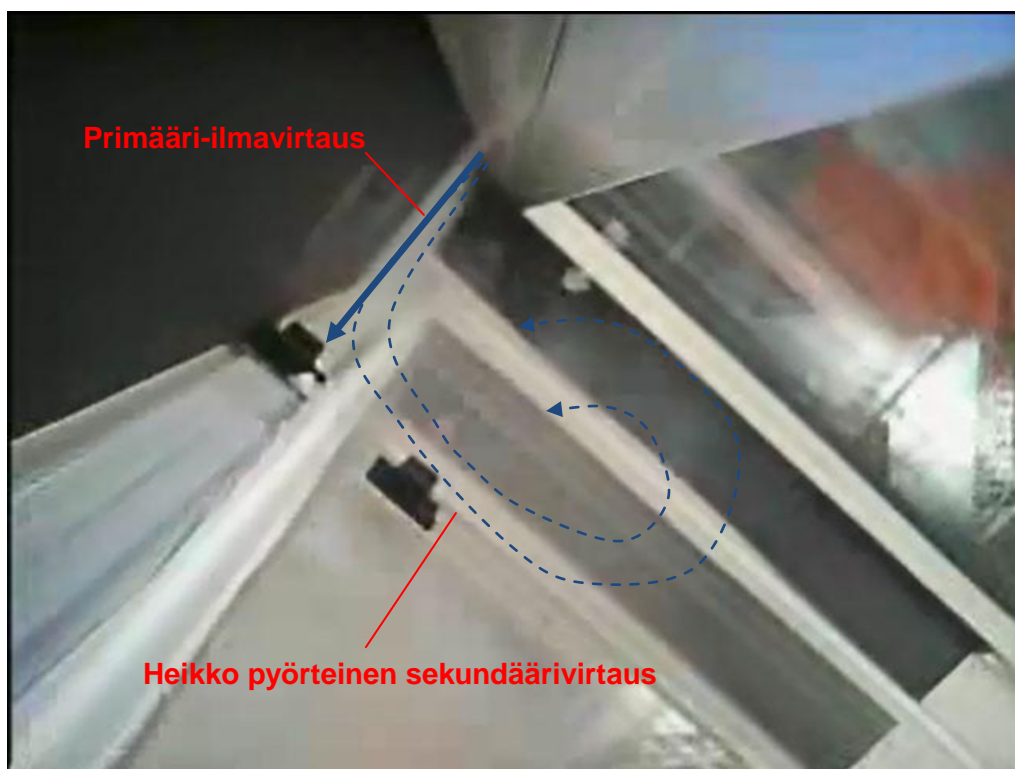
Kuvassa 1 on esitetty lämpötilan mittauspisteet.



Kuva 2. Lämpötilan mittauspisteet lämpötilaseurannassa.

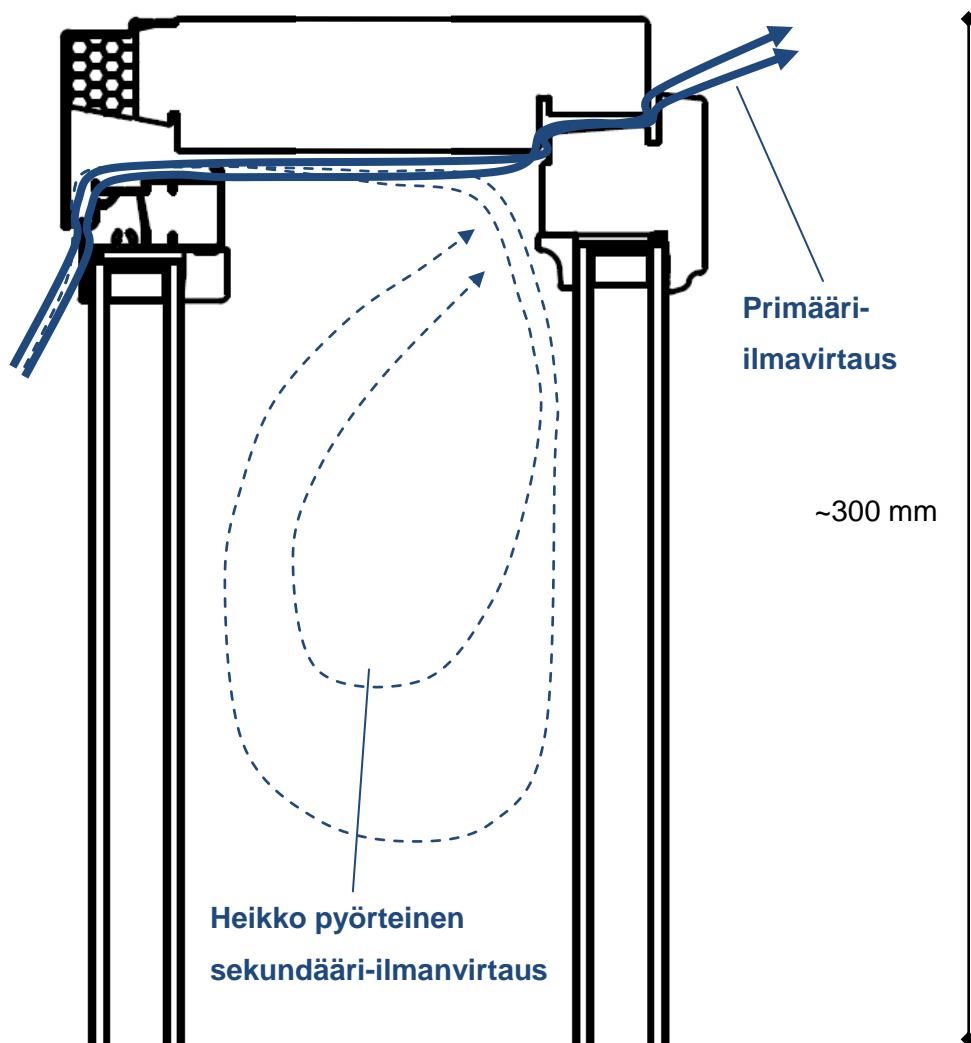
Tulokset:Ilman virtaus lasivälissä:

Kuvassa 3 on esitetty pysäytyskuva savukokeiden aikana suoritetusta videokuvauksesta. Kuvasta nähdään selvästi kuinka ilmavirran primäärivirtaus etenee suoraan ulkopuolteen ilmaraosta sisäpuolteen ilmarakoon. Vain heikko pyörteinen sekundäärivirtaus etenee sisälasia pitkin n. 20 cm alaspäin. Ilmavirran pysymistä yläkarmin alapinnassa tehostaa yleisesti tunnettu ns. Coandä-ilmio, jossa virtauksella on pyrkimys seurata sitä lähellä olevaa pintaa.



Kuva 3. Ilman virtaus lasivälissä ylhäällä savukokeiden aikana.

Kuvassa 4 on esitetty havainnepiirustus ilman virtauksista ikkunan lasivälissä.



Kuva 4. Havainnepiirustus ilman virtauksesta ikkunan lasivälissä.

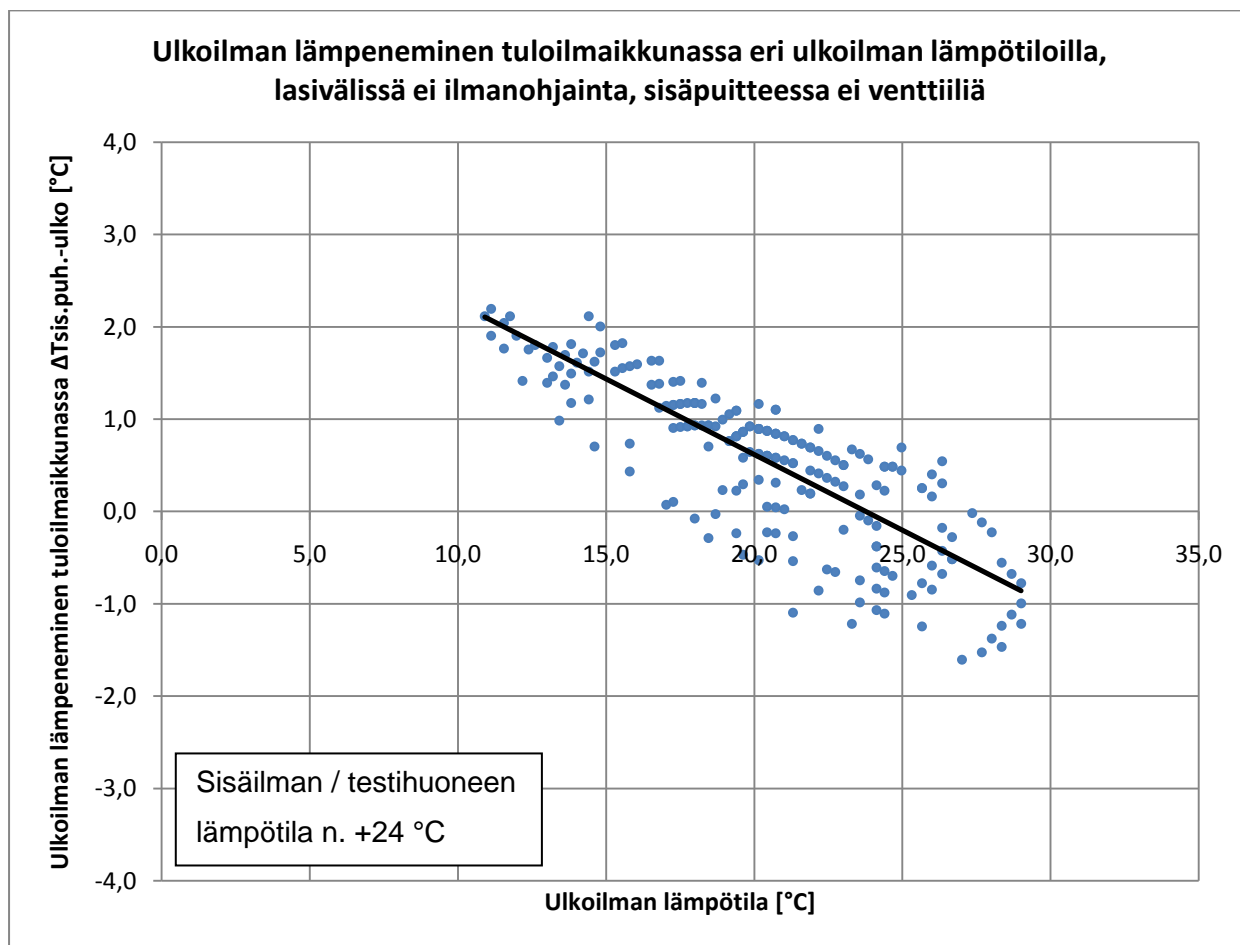
Lämpötilaseuranta:

Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto lämpötilaseurannasta. Yhteenvedossa ja laskelmissa huomioitiin vain tilanteet, joissa ulkoilman lämpötila oli huoneilmaa alhaisempi (ulkoilma +11 °C - +23 °C). Ulkoilman ollessa huonetilaa lämpimämpi lämpötilamuutos oli negatiivinen eli ulkoilma jäähdyi hieman lasivälissä. Testihuone ja -ikkuna sijaitsevat auringolta suojatussa tilassa, jolloin auringon säteilyn vaikutusta ei mittauksissa ollut.

Taulukko 2. Yhteenveto lämpötilaseurannasta.

Ulkoilman keskim. lämpötila	18.61 °C
Keskim. lämpötila lasivälissä ylhäällä	19.60 °C
Keskim. lämpötila lasivälissä alhaalla	19.02 °C
Keskim. sisäänpuhalluslämpötila	19.47 °C
Ulkolämpötilan keskim. lämpeneminen	0.86 °C
Keskim. testihuoneen lämpötila	~24 °C

Kuvassa 5 on esitetty mittaustulokset ulkoilman lämpenemisestä ($T_{\text{sis.puh.}} - T_{\text{ulko}}$) tuloilmaikkunassa eri ulkotilan lämpötiloilla sekä mittaustuloksiin sovitettu trendiviiva.



Kuva 5. Ulkoilman lämpeneminen lasivälissä eri ulkoilman lämpötiloilla.

Tulosten arviointi ja muita havaintoja:

Suoritettujen tutkimusten ja mittausten perusteella voidaan todeta, että tuloilmaikkunassa, jonka lasivälissä ei ole erillistä ilmanohjainta tai ilman virtausta ohjata muilla tavoin, ulkoilmavirta siirtyy lähes suoraan puiteraosta toiseen kiertämättä lasivälin alaosaan kautta.

Suoritettujen lämpötilaseurannan perusteella voidaan todeta, että ulkoilma ei lämpene tuloilmaikkunan lasivälissä merkittävästi ilman ilmavirran ohjausta lasivälin alaosaan. Keskimääräinen ulkoilman lämpötilan nousu oli +0.86 °C, joka on vähäinen.

INSINÖÖRITOIMISTO W. ZENNER OY