

RAKENNUSTEN TIIVIYSMITTAUKSET SUOMESSA,
RUOTSISSA JA NORJASSA

Vesa-Pekka Silvola
2011
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

RAKENNUSTEN TIIVIYSMITTAUKSET SUOMESSA, RUOTSISSA JA NORJASSA

Vesa-Pekka Silvola
Opinnäytetyö
27.4.2011
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Rakennustekniikka	Insinöörityo	37	+	3
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Talon- ja korjausrakentaminen	27.4.2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Kimmo Illikainen	Vesa-Pekka Silvola			
Työn nimi				
Rakennusten tiiviysmittaukset Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa				
Avainsanat				
Tiiviysmittaus, ilmanvuotoluku, IEEB				

Rakennusten ilmatiiviyksiä on mitattu Pohjoismaissa jo pitkään. Tulevaisuudessa tiiviysmittaukset tulevat kuitenkin yleistymään huomattavasti energiatehokkuuden vaatimusten myötä. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Suomen, Ruotsin ja Norjan tiiviysmittauksia. Tavoitteena oli selvittää, ovatko maiden väliset mittaukset vertailukelpoisia. Työ tehtiin osana Pohjoismaista IEEB-hanketta (Increasing Energy Efficiency in Buildings).

Tutkimuksen lähtökohtana olivat Suomen mittausmenetelmät, joita käytettiin vertailupohjana Ruotsin ja Norjan mittauksille. Aluksi perehdyttiin Suomessa tiiviysmittauksia ohjaavaan standardiin EN 13829, rakennustiedon ohjekorttiin RT 80-10974 sekä muihin aiheesta kirjoitettuihin teoksiin. Toisessa vaiheessa selvitettiin Ruotsin ja Norjan toimintatavat.

Tutkimuksissa selvitettiin jokaisen maan noudattavan tiiviysmittauksissa standardin EN 13829 ohjeita. Pieniä poikkeuksia kuitenkin löydettiin mittaus-ten alkuarvojen laskentamenettelyssä sekä mittaustulosten ilmoittamisessa. Ruotsissa rakennusten tiiviyys ilmoitetaan q_{50} -luvun avulla poikkeuksellisesti yksikössä $l/(sm^2)$. Suomessa ja Norjassa tiiviyys ilmoitetaan n_{50} -luvulla ja q_{50} -luvulle käytetään standardissa EN 13829 esitettyä yksikköä $m^3/(h \cdot m^2)$. Q_{50} -luvut voidaan kuitenkin muuttaa vertailukelpoisiksi yksinkertaisella laskutoimituksella.

ABSTRACT

Degree programme	Thesis	Number of pages	+	Appendices
Civil engineering	B.eng	37	+	3
Line	Date			
House building and renovation	27.4.2011			
Commissioned by	Author			
Kimmo Illikainen	Vesa-Pekka Silvola			
Thesis title				
Tightness Test of Buildings in Finland, Sweden and Norway				
Keywords				
tightness test, air change rate, IEEB				

In the Nordic countries the measurements of air tightness will become increasingly common in the future. It is the consequence of increasing energy efficiency. Air tightness measurements made in Finland, Sweden and Norway were studied in this thesis. The objective was to clarify if the measurements between the countries are comparable. The work was done as a part of the Nordic project, IEEB (Increasing Energy Efficiency in Buildings).

The starting point was Finnish measurement methods and they were used as a baseline to the comparison. First, standard EN 13829, which directs air tightness measurements in Finland, and other written works of the subject were studied. At the second stage the Swedish and Norwegian procedures were clarified.

In the studies it was discovered that every country follows the instructions of the standard EN 13829 in the air tightness measurements. Some small exceptions were found in the calculation of the initial values of measurements and in the announcement of measurement results. In Sweden the air tightness of the buildings is exceptionally informed by the q_{50} -value with the unit $l/(sm^2)$. In Finland and Norway the air tightness is informed by the n_{50} -value and the unit of q_{50} -value is $m^3/(h \cdot m^2)$ which is the unit that is presented in the standard EN 13829. However, the q_{50} -values can be made comparable with a simple calculation.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLTÖ	5
MÄÄRITELMIÄ	6
1 JOHDANTO	8
2 RAKENNUKSEN ILMANPITÄVYYS.....	9
2.1 Ilmanpitävyyden toteutus.....	9
2.2 Ilmatiiviin rakennuksen ilmanvaihto.....	10
3 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUS SUOMESSA	11
3.1 Mittauksen valmistelut	11
3.1.1 Huoneistoalan laskenta.....	13
3.1.2 Sisätilavuuden laskenta	14
3.1.3 Rakennusvaipan alan laskenta	15
3.1.4 Valmistelut mittauskohteessa	17
3.2 Ilmanvuotoluvun mittaus.....	21
3.3 Mittaustulokset.....	24
3.3.1 n_{50} -luku	24
3.3.2 q_{50} -luku	25
3.4 Raportointi	26
3.5 Lämpökuvaus	26
4 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUS NORJASSA	28
5 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUS RUOTSISSA.....	29
6 MAIDEN VÄLINEN VERTAILU	30
7 POHDINTA	34
LÄHTEET	36
Liite 1. TIIVIYSMITTAUSRAPORTTI	
Liite 2. LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI	
Liite 3. LULEÅN KOHTEEN MITAT	

MÄÄRITELMIÄ

Ilmanläpäisevyys, q_{50} -luku,

ilmoittaa rakennusvaipan läpi tapahtuvat ilmavuodot kuutioina neliötä kohti 50 pascalin paine-erolla. Määritetään painekokeella. Yksikkönä $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$. (SFS-EN 13829. 2000.)

Ilmanpitävyys (ilmatiiviys)

on rakennuksen vaipan kyky estää ilmavirtaus rakenteiden läpi (RT 80-10974. 2009).

Ilmansulku

on rakenteessa oleva ainekerros, jonka tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen puolelta toiselle (RT 80-10974. 2009).

Ilmanvuotoluku, n_{50} -luku,

kertoo, kuinka monta kertaa sisäilma vaihtuu rakennusvaipan vuotokohtien kautta tunnissa 50 pascalin paine-erolla. Määritetään painekokeella. Yksikkönä 1/h. (SFS-EN 13829. 2000.)

Rakennusvaippa

käsittää ne rakennusosat, jotka erottavat rakennuksen sisäilman ulkoilmasta, maasta tai lämmittämättömästä tilasta. Näitä rakennusosia ovat ulkoseinät, ikkunat, ulko-ovet, alapohja sekä yläpohja. Rakennusvaippaan eivät kuulu rakennuksen sisällä olevat, lämpimiä tiloja toisistaan erottavat, rakenteet kuten väliseinät. (SFS-EN 13829. 2000.)

Tiiviysmittaus on toimenpide, jolla määritetään rakennuksen vaipan ilmanpitävyys. Suoritetaan standardin EN 13829 mukaan. (RT 80-10974. 2009.)

1 JOHDANTO

Energiatehokkuus on pääroolissa 2010-luvun rakentamisessa. Energiamääräykset tiukkenevat jatkuvasti ja uusiutuvia energialähteitä suositaan yhä enemmän. Rakentaminen ja etenkin rakennusten käyttö kuluttaa enemmän energiaa ja tuottaa enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin teollisuus, liikenne tai mikään muu yksittäinen tekijä Suomessa. Tulevaisuudessa onkin erityisen tärkeää rakentaa energiatehokkaita rakennuksia. (Lehtinen 2011.)

Yksi rakennuksen energiatehokkuuden perusedellytyksistä on sen ilmatiiviys. Ilmatiivis rakennus kuluttaa vähemmän energiaa kuin ilmaa vuotava rakennus, sillä tiiviin rakennusvaipan läpi ei häviä lämpöä juuri lainkaan. Terveellinen sisäilma ja rakenteiden oikea toimivuus edellyttävät myös hyvää ilmatiiviyttä. Arvokkailta homevauriokorjauksilta sekä asukkaiden sairastelulta huonosta sisäilmasta johtuen vältytään todennäköisemmin hyvin rakennuksessa, ilmatiiviissä, rakennuksessa. Paras mittari rakennuksen tiiviydelle on tiiviysmittaus. (RT 80-10974. 2009.)

Syksyllä 2010 aloitettiin tutkimus- ja kehityshanke IEEB (Increasing Energy Efficiency in Buildings). Projektin tavoitteena oli muun muassa kehittää teknisesti energiaa säästäviä asuntoja sekä muodostaa pohjoismainen verkosto energiatehokkuuden alalle. (INTERREG IV A Pohjoinen. 2010, linkit Hyväksytyt hankkeet -> Tutkimus, kehitys ja koulutus.) Osana hanketta tehdään myös tämä opinnäytetyö. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Suomen, Ruotsin ja Norjan tiiviysmittausmenetelmiä ja selvittää, ovatko ne vertailukelpoisia.

Tarkoituksena on ensin perehtyä Suomen mittausmenetelmiin sekä sitä ohjaaviin standardeihin ja ohjeisiin. Opinnäytetyöhön sisältyy konkreettisia mittauksia rakennuskohteissa, jotta perehtyminen ei olisi ainoastaan teoreettista. Suomen mittausmenetelmiä käytetään vertailupohjana Ruotsin ja Norjan mittauksille.

2 RAKENNUKSEN ILMANPITÄVYYS

Rakennusvaipan ilmanpitävyydellä on huomattavia vaikutuksia sisäilmaan ja rakenteiden kosteustekniseen toimintaan. Hyvä ilmanpitävyys poistaa vedon tunteen ja ehkäisee mahdollisten homeiden, epäpuhtauksien ja haitallisten aineiden kulkeutumisen sisäilmaan vaipparakenteesta tai maaperästä. Tiivis vaippa torjuu kostean sisäilman pääsyn rakenteisiin sekä estää kylmän ulkoilman jäähdyttämästä niitä. Tällöin kosteus ei pääse tiivistymään materiaalien rajapintoihin eikä homeen kasvulle muodostu optimaalisia olosuhteita. (RT 80-10974. 2009.)

Vaipparakenteen tiiveydellä on myös suuri vaikutus rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Normaalissa pientalossa kokonaisenergiankulutus voi olla jopa 20 % suurempi kuin erinomaisesti tiivistetyssä pientalossa. (RT 80-10974. 2009.)

2.1 Ilmanpitävyyden toteutus

Rakennusvaippa tehdään ilmanpitäväksi pääsääntöisesti sitä varten asennettavalla ilmansululla, joka kerroksellisessa rakenteessa on yleensä lämpimällä puolella sisäpinnan lähellä. Ilmansulkuna käytetään esimerkiksi kalvoa, levyä, solumuovieristettä tai betonirakennetta. Ilmansulun saumat tulee tiivistää huolellisesti. (RT 80-10974. 2009.)

Ilmanpitävyys olisi hyvä ottaa huomioon jo arkkitehtisuunnittelusta lähtien. Suunnittelussa tulee välttää riskialttiiden liitosten käyttöä, läpiviennit täytyy minimoida ja niiden paikat miettiä valmiiksi. Kaikki rakennusvaipan liitokset ja läpiviennit tulee suunnitella ja toteuttaa ilmanpitäviksi ja niin, ettei ilmanpitävyys vaarannu rakenteen ikääntyessä. Erityisen tärkeää on varmistaa piiloon jäävien kohtien tiiviys. (RT 80-10974. 2009.)

Rakennuksen toteutusvaiheessa on varmistuttava siitä ettei ilmatiiveyttä pilata sähkö- ja LVI-asennusten tai viimeistelyn aikana. Ikkunat ja ovet on asennettava huolella niin että tiivisteet toimivat kunnolla. (RT 80-10974. 2009.)

2.2 Ilmatiiviin rakennuksen ilmanvaihto

Ilmanpitävässä rakennuksessa toimiva ilmanvaihto on erityisen tärkeä. Rakennusvaipan ollessa tiivis ei ilma vaihdu vuotokohtien kautta juuri lainkaan. Tästä syystä ilmanvaihto tulee olla riittävä ja hyvin tasapainotettu, jotta varmistetaan viihtyisä ja terveellinen sisäilmasto. (RT 80-10974. 2009.)

Ilmanvaihdon lämmöntalteenotosta saadaan suurin hyöty ilmatiiviissä rakennuksessa, sillä lähes kaikki ilma rakennusvaipan yli liikkuu lämmöntalteenoton kautta. Hyvin ilmanpitävässä rakennuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota ilmanvaihdon säätöön, sillä vaipan yli saattaa syntyä suuria paine-eroja hallitsemattomalla ilmanvaihdolla. Paine-erojen ollessa suuria alkavat ilmavirtaukset voimistua pientenkin vuotokohtien kautta ja tällöin saattaa aiheutua kosteusteknisiä ongelmia. (RT 80-10974. 2009.)

3 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUS SUOMESSA

Ilmanvuotoluku 50 pascalin paine-erolla määritellään standardissa SFS-EN 13829. Mittaus voidaan suorittaa kahdella eri mittausmenetelmällä; A:lla (käytössä olevan rakennuksen testaus) tai B:llä (rakennusvaipan testaus). (SFS-EN 13829. 2000.) Tässä luvussa perehdytään menetelmään B.

3.1 Mittauksen valmistelut

Luotettavien tulosten varmistamiseksi tulee ilmanvuotoluvun mittauksen valmisteluihin kiinnittää erityistä huomiota. Ennen mittausta on syytä perehtyä mitattavan rakennuksen pohjapiirustuksiin ja tiloihin. Mittaajan täytyy olla tietoinen siitä, mitkä tilat ovat mukana mittauksessa ja mitä rakennuksen osia täytyy sulkea pois. Mittaukseen otetaan kaikki tilat, jotka ovat ilmanpitävän rakennusvaipan sisäpuolella. Yleensä tämä tarkoittaa, että kaikki lämmitetyt tai jäähdytetyt tilat sekä tilat, joissa on koneellinen ilmanvaihto kuuluvat mitattavaan tilaan. Mittaukseen voidaan myös ottaa pelkästään tietty rakennusosa, jos tarkoituksena on esimerkiksi yksittäisen kerrostalohuoneiston tiiviyyden määrittäminen. (RT 80-10974. 2009.)

Mittauksen suorittamiseksi tarvitaan rakennuksen laajuuteen liittyviä tietoja. Rakennuksen mitattavan osan huoneistoala, sisätilavuus ja rakennusvaipan ala täytyy laskea tarkasti standardia EN 13829 sekä kansallisia määräyksiä noudattaen. Lasketut suureet syötetään mittauksen yhteydessä puhallinlaitteistoa ohjaavaan tietokoneohjelmaan, joka laskee mittauksen lopuksi ilmanvuotoluvun näiden suureiden ja mitattujen ilmavirtojen perusteella. Rakennuksen laajuus on hyvä tietää jo ennalta siitäkin syystä, että osataan valita riittävä mittauskalusto. Suurissa rakennuksissa voi joutua käyttämään kahta tai jopa kolmea puhallinta paine-eron aikaansaamiseksi. (RT 80-10974. 2009.) Laajuustietojen laskenta on esitetty luvuissa 3.1.1, 3.1.2 ja 3.1.3.

Mittauksen onnistumiseen vaikuttavat merkittävästi myös mittaushetken sääolosuhteet. Sisä- ja ulkolämpötilan eron sekä rakennusvaipan korkeuden tulo

ei saa olla suurempi kuin 500 m·K. Lämpötilaero lasketaan kelvineinä ja korkeus metreinä. Tuulen nopeus ei myöskään saa olla yli 6 m/s. (SFS-EN 13829. 2000.) Sääolosuhteiden soveltuvuus tiiviysmittaukseen täytyy luonnollisesti arvioida ennen mittauksen suorittamista. Huonot sääolosuhteet luovat mittauksen kannalta epäedullisen paine-eron rakennusvaipan yli. Normaalisti rakennuksessa tulisi olla 0-10 pascalin alipaine. Kovalla tuulella tai pakkasella rakennuksessa vallitseva paine-ero voi muuttua hyvinkin paljon. Taulukossa 1 on esitetty esimerkki mittaushetken sääolosuhteiden tarkastelusta.

TAULUKKO 1. Sääolosuhteiden tarkastelu

Sisälämpötila (23 °C)	$23 + 273,15 = 296,15 \text{ K}$
Ulkolämpötila (-13 °C)	$-13 + 273,15 = 260,15 \text{ K}$
ero	$296,15 - 260,15 = 36 \text{ K}$
Rakennusvaipan korkeus	4,6 m
tulo ($\leq 500 \text{ m}\cdot\text{K}$)	$36 \text{ K} \times 4,6 \text{ m} = 165,6 \text{ m}\cdot\text{K}$
Tuulen nopeus ($< 6 \text{ m/s}$)	1 m/s

Uusissa rakennuksissa ilmanvuotoluvun mittaus on hyvä suorittaa siinä vaiheessa, kun rakennusvaipan ilmanpitävyyteen vaikuttavat rakennustyöt on tehty, mutta rakenteiden lisätiivistäminen on vielä helposti tehtävissä. Mittaus suoritetaan siis ennen kuin rakennuksen sisälle, ilmansulkukerroksen päälle, on asennettu pinta- tai muita rakenteita. Mittauksen yhteydessä ilmanvuoto-reitit voidaan paikantaa lämpökuvauksella (alipaineessa) tai merkkisavun avulla (ylipaineessa). Löytyneet vuotoreitit voidaan näin myös tiivistää välittömästi mittauksen jälkeen. (RT 80-10974. 2009.)

3.1.1 Huoneistoalan laskenta

Huoneistoala A_F on kokonais lattia-ala, joka on mukana mittauksessa käytettävässä sisätilavuudessa. Huoneistoala lasketaan kansallisten määräysten mukaan. (SFS-EN 13829. 2000.)

Suomessa huoneistoala lasketaan huoneistoa ympäröivien seinien, huoneiston sisällä olevien kantavien seinien ja muiden rakennukselle välttämättömiin rakennusosien huoneiston puoleisten pintojen mukaan (G1. 2005). Tiiviysmittauksen yhteydessä huoneistoalaan lasketaan mukaan myös väliseinien ja alle 160 cm korkeiden tilojen alat (RT 80-10974. 2009).

Taulukossa 2 on laskettu esimerkkikohteen huoneistoala tiiviysmittausta varten. Eteinen sijaitsee kohteessa päärakennuksen ja autotallin välissä. Päärakennuksen ja eteisen väliseinä, kuten kaikki muutkin rakennuksen väliseinät ovat mukana huoneistoalassa. Autotalli on jätetty pois mittauksesta, koska sen ei katsottu kuuluvan ilmanpitävän rakennusvaipan sisälle. Kyseisen rakennuksen mitat esitetään liitteessä 3 ja tiiviysmittausraportti liitteessä 1.

TAULUKKO 2. Huoneistoalan laskenta

Huoneistoala	A_F
<u>Alakerta</u> 11,6 m x 10,2 m =	118 m ²
<u>Eteinen</u> 2 m x 2,2 m =	4 m ²
yhteensä	122 m²

3.1.2 Sisätilavuuden laskenta

Sisätilavuus, V, on mitattavan rakennuksen tai sen osan sisäilman tilavuus. Sisätilavuus lasketaan kertomalla huoneistoala keskimääräisellä huonekorkeudella. Huonekalujen tilavuutta ei vähennetä sisätilavuudesta. (SFS-EN 13829. 2000.)

Suomessa, tiiviysmittauksen yhteydessä, sisätilavuuden laskenta poikkeaa standardista EN 13829 siltä osin, että alle 160 cm korkeiden tilojen ja väliseini-
nien tilavuus otetaan mukaan sisätilavuuteen. Välipohjat kuitenkin vähennetään sisätilavuudesta. (RT 80-10974. 2009.)

Taulukossa 3 on esitetty esimerkkikohteen sisätilavuuden laskenta. Laskennan helpottamiseksi alakerta, eteinen ja yläkerta on laskettu erikseen. Myös alle 160 cm korkeat tilat yläkerrassa on laskettu mukaan sisätilavuuteen.

TAULUKKO 3. Sisätilavuuden laskenta

Sisätilavuus	V
<u>Alakerta</u> $118 \text{ m}^2 \times 2,38 \text{ m} =$	282 m^3
<u>Eteinen</u> $4 \text{ m}^2 \times 2,38 \text{ m} =$	10 m^3
<u>Yläkerta</u> korkeat tilat (huonekorkeus 2,18 m) $1,2 \text{ m} \times 11,6 \text{ m} \times 2,18 \text{ m} =$	30 m^3
matalat tilat (keskimääräinen huonekorkeus 1,66 m) $2,125 \text{ m} \times 11,6 \text{ m} \times 2 \times 1,66 \text{ m} =$	82 m^3
yhteensä	404 m^3

3.1.3 Rakennusvaipan alan laskenta

Rakennuksen tai sen mitattavan osan vaipan ala A_E on lattioiden, seinien ja kattojen yhteenlaskettu ala. Nämä pinnat rajaavat sisätilavuuden, jota käytetään mittauksessa. Laskettaessa aloja käytetään rakennuksen kokonaissämittoja. Alasta ei vähennetä rakenteiden liitoskohtia (esimerkiksi ulkoseinän ja väliseinän liitos). (SFS-EN 13829. 2000.)

Mittauksesta jätetään pois sellaiset tilat, jotka on erikseen lämmitetty tai jäädytetty ja niiden ulkovaippa on lämmöneristetty, mutta tilat ovat selvästi ilmanpitävän rakennusvaipan ulkopuolella eikä niiden vaipparakenteissa ole ilmansulkua. Mitattavaan tilaan otetaan siis mukaan myös esimerkiksi autotallit, varastot ja kellarit, jos ne ovat ilmanpitävän vaipan sisäpuolella. (RT 80-10974. 2009.)

Taulukossa 4 on esitetty rakennusvaipan alan laskentaesimerkki. Kohde on puolitoistakerroksinen omakotitalo ja yläkerran asuintilat ovat keskellä rakennusta. Rakennuksen pitemmille sivuille jää siis noin 2,4 metriä leveät, lämmittämättömät, alueet. Näiden alueiden osalta alakerran ilmanpitävään rakennusvaippaan kuuluu myös välipohja.

TAULUKKO 4. Rakennusvaipan alan laskenta

Rakennusvaipan ala		A _E
<u>Alakerta</u>		
seinät	11,6 m x 2,38 m x 2 - 2,2 m x 2,38 m =	50,0 m ²
	10,2 m x 2,38 m x 2 =	47,9 m ²
alapohja	10,2 m x 11,6 m =	118,3 m ²
välipohja	2,375 m x 11,6 m x 2 =	55,1 m ²
<u>Eteinen</u>		
seinät	2 m x 2,38 m x 2 =	9,5 m ²
	2,2 m x 2,38 m =	5,2 m ²
yläpohja	2 m x 2,2 m =	4,4 m ²
alapohja	2 m x 2,2 m =	4,4 m ²
<u>Yläkerta</u>		
seinät	11,6 m x 1,14 m x 2 =	26,4 m ²
	5,45 m x 1,14 m x 2 =	12,4 m ²
	1,2 m x 1,04 m x 2 =	2,5 m ²
	2,125 m x 1,04 m x 2 =	4,4 m ²
yläpohja	1,2 m x 11,6 m =	13,9 m ²
	2,366 m x 11,6 m x 2 =	53,4 m ²
yhteensä		408 m ²

3.1.4 Valmistelut mittauskohteessa

Ennen mittausta rakennuksen ilmanvaihto kytketään pois päältä ja kaikki ilmanvaihtoa varten tehdyt aukot (ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmakanavat, korvausilmaventtiilit), hormit, tulisijat ja liesituuletin tulee sulkea tiiviisti teippaamalla tai muulla vastaavalla tavalla, jotta ilma ei virtaa niiden kautta testauksen aikana (kuva 1 ja kuva 2). (SFS-EN 13829. 2000.) Tiivistäminen on syytä tehdä huolellisesti, jotta rakennusvaipan ilmanpitävyydestä saadaan luotettava mittaustulos. Mikäli mittauksesta suljetaan pois osa rakennuksesta täytyy myös kyseiseen tilaan johtavat ovet ja ikkunat tiivistää (RT 80-10974. 2009).



KUVA 1. Ilmanvaihtoventtiili teipattuna



KUVA 2. Tulisija muovitettuna

Viemäriputkien kautta tapahtuva ilman virtaus estetään vedellä (koskee käytännössä vain uusia rakennuksia, jotka eivät ole vielä asumiskäytössä). Ikkunoiden ja ovien tulee olla suljettuina poislukien väliovet. Väliovet pidetään auki mittauksen aikana, jotta paine-ero rakennusvaipan yli pääsee vapaasti muodostumaan kaikkialle rakennukseen. (SFS-EN 13829. 2000.)

Ilmanvuotoluvun mittaus suoritetaan tarkoituksenmukaisella painekoelaitteistolla tai rakennuksen omalla ilmanvaihtolaitteistolla. Ensisijaisesti mittaus tulisi suorittaa erillisellä laitteistolla, koska sillä saatu tulos on luotettavampi. (SFS-EN 13829. 2000.) Rakennuksen oman ilmanvaihtokoneen käyttö tiiviysmittauksessa edellyttää, että ilmanvaihtojärjestelmänä on keskitetty pois-

toilmanvaihto tai keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto. Käytettäessä rakennuksen omaa ilmanvaihtokonetta on varmistettava, että mittauksessa on mukana kaikki tilat joiden ilmanvaihdosta kone huolehtii. (RT 80-10974. 2009.)

Painekoelaitteiston puhallin asennetaan pientalossa alimpaan kerrokseen, yleensä pääsisäänkäynnin oveen (kuva 3), mutta se voidaan tarvittaessa asentaa myös ikkuna- tai tuuletusaukkoon. (SFS-EN 13829. 2000.) Kerrosta-
lossa, koko porta-
an mittauksessa, puhallin asennetaan keskikerrokseen esimerkiksi parvekeoveen, lähelle porta-
an sisäkorkeuden puoliväliä. Paine-
ero rakennusvaipan yli voidaan siten mitata yhdellä puhallinlaitteiston yhtey-
dessä olevalla paine-eromittarilla. Mittauksen aikana on kuitenkin suositelta-
vaa mitata paine-eroa myös rakennuksen ylimmässä ja alimmassa kerrok-
sessa. Paine-eroa on hyvä ylläpitää hetken aikaa ennen varsinaista
mittausta, jotta paine-ero pääsee muodostumaan tasaisesti koko rakennuk-
seen. (RT 80-10974. 2009.)



KUVA 3. Puhallin asennettuna ulko-oveen

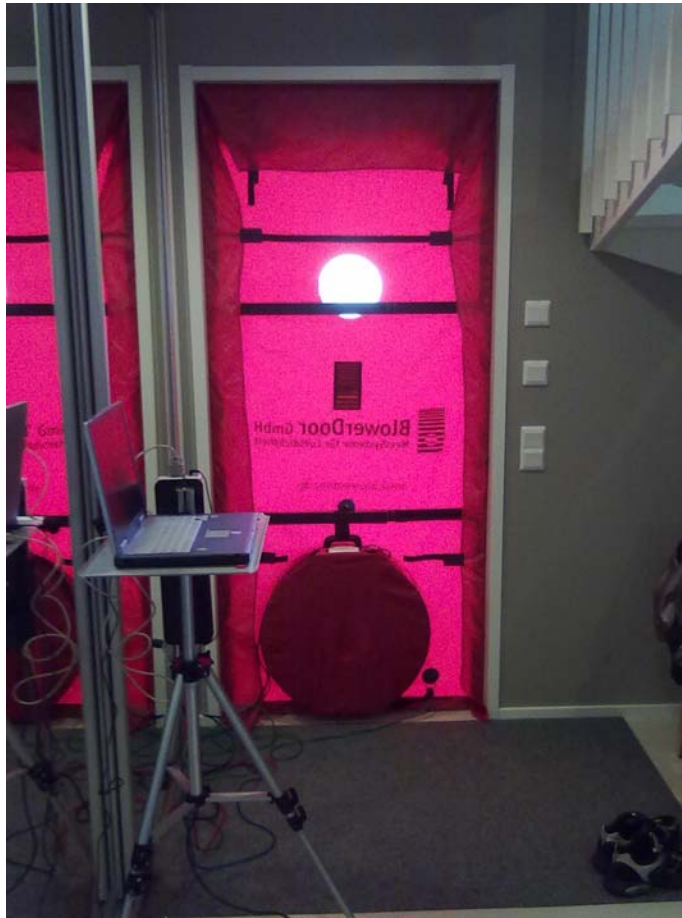
Puhallinta asennettaessa tulee varmistaa sen tiivis kiinnitys karmeihin. Paine-eroa mittaavat manometrit asetetaan rakennuksen sisälle sekä ulkopuolelle. Manometrin yhdysputki ei saa olla kokonaan vaakatasossa eikä se saa altistua suurille lämpötilaeroille (esimerkiksi auringonvalo ulkona) tai tuulelle. Yhdysputken päähän on hyvä asettaa joko t-putki tai rei'itetty laatikko, jottei mittaustulos vääristyisi mahdollisen ylipaineen vaikutuksesta (kuva 4). (SFS-EN 13829. 2000.)



KUVA 4. Manometrin yhdysputken päässä oleva t-putki

3.2 Ilmanvuotoluvun mittaus

Vielä ennen varsinaista ilmapuotomittausta mitataan ilmanpaine-ero rakennusvaipan yli. Paine-ero ei saa poiketa yli 5 pascalia laitteistoon asetetusta nolla-tasosta. Mikäli paine-ero rakennusvaipan yli on liian suuri jo normaaliolosuhteissa on laitteiston mahdotonta määrittää ilmanvuotolukua riittävällä tarkkuudella. Varsinaisessa mittauksessa tietokone ohjaa puhallinta, joka tuottaa rakennukseen ali- tai ylipaineen (kuva 5). (SFS-EN 13829. 2000.) Käytäntö on osoittanut, että on hyvä testata kohde niin ali- kuin ylipaineessa-kin, sillä ilmansulussa olevat vuotokohdat voivat aueta tai sulkeutua ilman virtaussuunnasta riippuen (RT 80-10974. 2009).

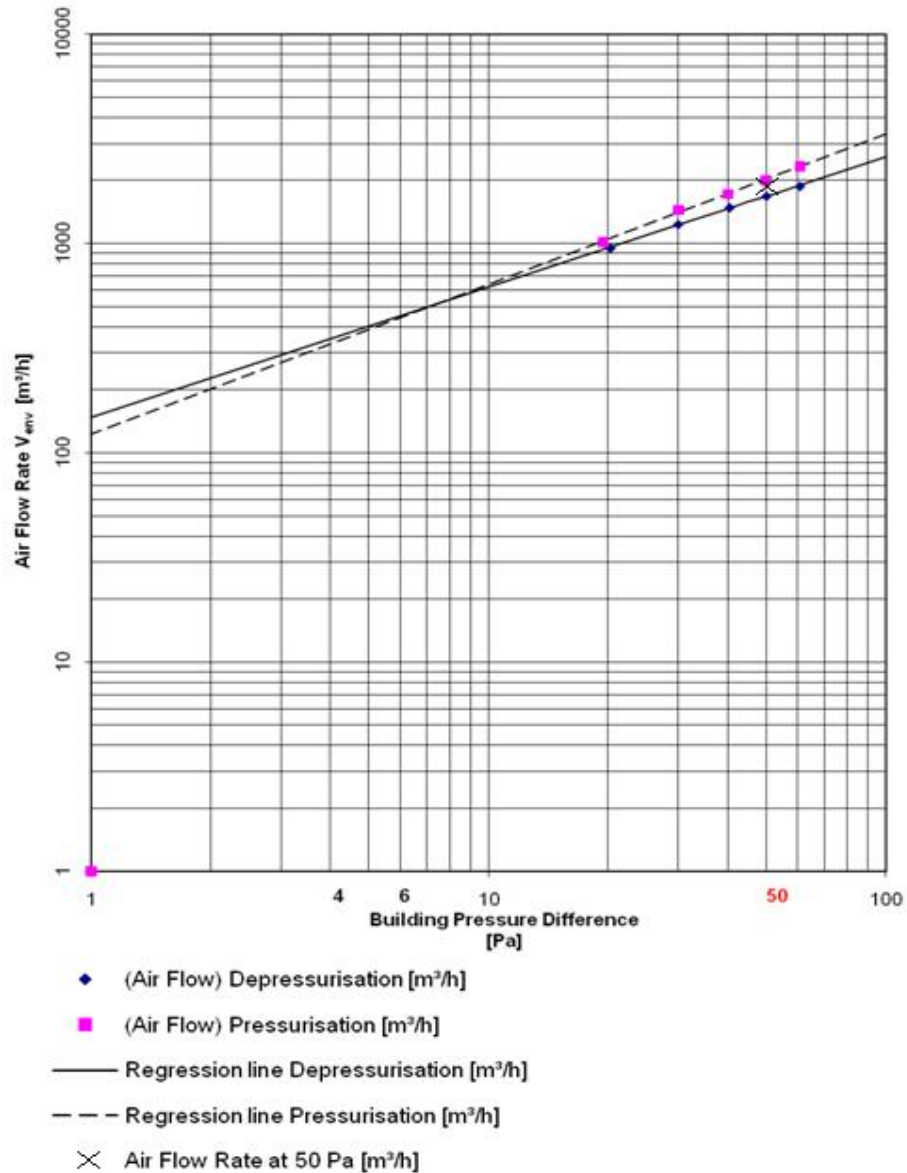


KUVA 5. Tietokone kytkettynä puhallinlaitteistoon

Puhallin tuottaa paine-eron rakennusvaipan yli nostaen painetta tasaisesti vähintään 50 pascaliin saakka. Standardi suosittelee nostamaan paine-eron aina 100 pascaliin asti mittaustarkkuuden parantamiseksi. (SFS-EN 13829. 2000.) Käytännössä on kuitenkin huomattu riittävän tarkkuuden syntyvän jo 60 pascalin kohdalla.

Paineistuksen aikana laitteisto mittaa ilmavirran, joka puhaltimen täytyy tuoda sisälle tai viedä sieltä pois paine-eron saavuttamiseksi. Ilmavirta tulee mitata vähintään viidessä eri paineessa alimman ja ylimmän paineen välillä (esimerkiksi 10 pascalin välein). (SFS-EN 13829. 2000.)

Kuvassa 6 on esitetty tiiviysmittauksessa mitatut ilmavirtaukset yli- ja alipaineessa. Mittaus tehtiin puurunkoiseen, vuonna 1973 rakennettuun, omakoti-taloon. Tiiviysmittausraportti on liitteessä 1. Pystyakselilla on paine-eron yllä-pitämiseksi tarvittava ilmavirta, ja vaaka-akselilla on paine-ero rakennusvaipan yli. Yhtenäinen viiva kuvaa alipainetta ja katkoviiva ylipainet-ta.



KUVA 6. Tiiviysmittauksessa mitatut ilmavirrat

Suurissa tai voimakkaasti ilmaa vuotavissa rakennuksissa voi olla hankalaa tuottaa edes 50 pascalin paine-eroa. Ilmavirta 50 pascalille voidaan määrittää ekstrapoloimalla, mikäli mittauksessa päästään vähintään 30 pascalin paine-eroon. Ekstrapolointi on mahdollista, sillä paine-eron kasvaessa ilmavirrat suurenevat lineaarisesti. Kesällä, optimaalisissa olosuhteissa (lämpötila yli 15 °C ja tuuli alle 1 m/s), voidaan sallia minimissään jopa 20 pascalin paine-ero. (RT 80-10974. 2009.)

3.3 Mittaustulokset

Rakennuksen ilmanvuotoluku ilmoitetaan n_{50} -lukuna, jonka yksikkö on 1/h. 2012 astuvat voimaan uudet energiamääräykset joissa on esitetty n_{50} -luvun sijaan käytettäväksi q_{50} -lukua, yksikkönä $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. (Kalliomäki 2010.) Mitatut ilmanvuotoluvut ilmoitetaan 0,1 1/h ja 0,1 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ tarkkuudella ja pyöristyksessä käytetään normaaleja pyöristyssääntöjä (RT 80-10974. 2009).

3.3.1 n_{50} -luku

Ilmanvuotoluvun eli n_{50} -luvun laskennassa käytetään yli- ja alipainekokeessa (50 Pa) mitattujen ilmavirtojen keskiarvoa V'_{50} , jonka yksikkö on m^3/h . Ilmanvuotoluku n_{50} lasketaan jakamalla ilmavirtojen keskiarvo sisätilavuudella V , yksikkönä m^3 (kaava 1). (SFS-EN 13829. 2000.)

$$n_{50} = \frac{V'_{50}}{V} \quad \text{KAAVA 1}$$

Käytettäessä painekoelaitteistoa kone mittaa ilman tilavuusvirran, joka täytyy puhaltaa rakennukseen tai sieltä pois, jotta haluttu paine-ero saadaan aikaan. Kone laskee ilmanvuotoluvun n_{50} , jonka yksikkö on 1/h. (RT 80-10974. 2009.)

Käytännössä n_{50} -luku siis ilmoittaa, kuinka monta kertaa rakennuksen sisäilma vaihtuu tunnissa 50 pascalin paine-erolla. Mikäli yli- ja alipaineessa mitatut ilmanvuotoluvut poikkeavat toisistaan enemmän kuin 0,5 1/h, niin lopullisena ilmanvuotolukuna käytetään suurempaa arvoa keskiarvon sijasta.

Pientalossa erinomainen n_{50} -arvo on $\leq 1,0$ 1/h, normaali 3,0 1/h ja heikko $\geq 8,0$ 1/h. Kerrostalossa erinomainen arvo on $\leq 0,5$ 1/h, normaali noin 1,5 1/h ja heikko $\geq 4,0$ 1/h. (RT 80-10974. 2009.)

3.3.2 q_{50} -luku

Ilmanläpäisevyys, q_{50} , lasketaan jakamalla ilmanvuotomäärien keskiarvo V'_{50} vaipan alalla A_E , jonka yksikkö on m^2 (kaava 2) (SFS-EN 13829. 2000).

$$q_{50} = \frac{V'_{50}}{A_E} \quad \text{KAAVA 2}$$

Yksikkönä q_{50} -luvulla on $m^3/(h \cdot m^2)$, eli ilmanvuoto ilmoitetaan vaipan pinta-alaa kohden (SFS-EN 13829. 2000). Q_{50} -luku antaa n_{50} -lukua todellisemman kuvan suurten rakennusten ulkovaipan ilmanpitävyydestä. n_{50} -luku yleensä pienenee tilavuuden kasvaessa, vaikka vaipparakenteen ilmanpitävyys ei paranisikaan. Tämä johtuu rakennuksen tilavuuden ja vaipan pinta-alan suhteen kasvusta (V/A_E). Pientaloissa suhde V/A_E on tyypillisesti välillä 0,7-1,5, kun taas kerrostaloissa suhde on välillä 2,0-3,5. Q_{50} -luku ei kuitenkaan vääristä pienten rakennusten ilmanvuotolukua, vaan n_{50} - ja q_{50} -luvut ovat niissä yleensä lähes samansuuruiset. (RT 80-10974. 2009.) Tästä syystä Suomessa siirrytään käyttämään ilmanvuotolukuna q_{50} -lukua.

3.4 Raportointi

Jokaisesta tiiviysmittauksesta tehdään yksityiskohtainen raportti, johon tiivistetään mittauksessa suoritettut toimenpiteet, saadut tulokset sekä kohteen tiedot (liite 1).

Raportissa esitetään muun muassa seuraavat asiat:

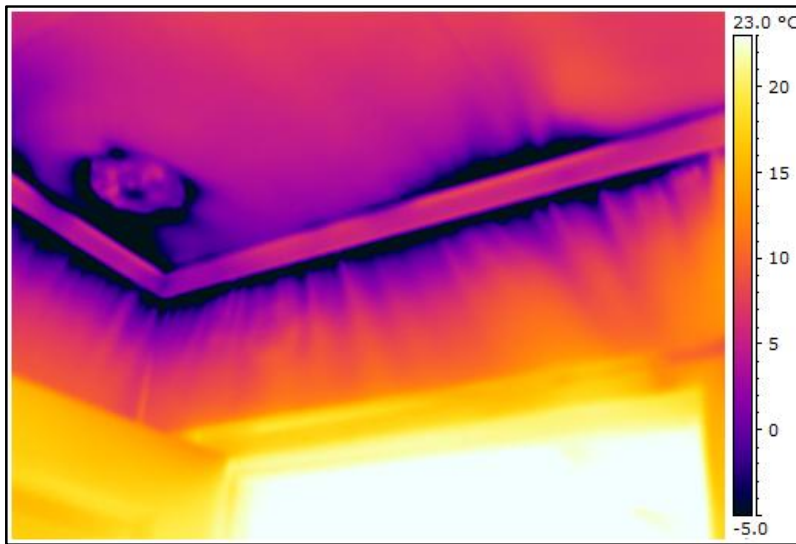
- rakennuksen tunniste- ja laajuustiedot
- rakennuksen tai sen mitatun osan ilmatilavuus
- mittaajan nimi ja mittauspäivämäärä
- säätiedot
- tiiveysmittausten kattavuus (koko rakennus/ osarakennus)
- tiedot mittauksissa käytetyistä laitteista ja koejärjestelyistä
- mittaustulokset
- mittaustuloksista määritetty vuotoilmavirta 50 Pa:n paine-erolla
- vaipan ilmavuotoluku n_{50} . (RT 80-10974. 2009.)

3.5 Lämpökuvaus

Lämpökameraa voidaan käyttää apuna ilmanvuotokohtien paikantamiseen. Lämpökuvaus on hyvä suorittaa normaali olosuhteita suuremmassa alipaineessa, jotta vuotokohdat tulevat selvemmin näkyviin. Hyvä käytäntö on suorittaa lämpökuvaus ilmanvuotoluvun mittauksen yhteydessä. (RT 80-10974. 2009.)

Kuvausta varten puhallinlaitteistolla luodaan tarkasteltavaan tilaan jatkuva 50 pascalin alipaine. Näin ilmavirtaukset rakennusvaipan vuotokohtien kautta voimistuvat ja ne on helpompi havaita lämpökameralla. Kaikki rakenteet kuvataan alipaineen puolelta järjestelmällisesti ja löydettyt vuotokohdat eritellään lämpökuvausraporttiin (liite 2). (RT 80-10974. 2009.)

Kuva 7 on otettu lämpökameralla omakotitalon yläpohjasta 50 pascalin alipaineessa. Sisälämpötila on 23 °C ja ulkolämpötila -13 °C. Seinän ja yläpohjan liitoksessa on nähtävissä voimakasta ilmavuotoa. Ilmavuoto näkyy lämpökuvassa tyypillisesti viuhkamaisena kuviona.



KUVA 7. Lämpökuva omakotitalon yläpohjasta 50 pascalin alipaineessa

4 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUS NORJASSA

Norjassa tiiveysmittaus suoritetaan **standardin** EN 13829 mukaisesti. Samaa standardia käytetään myös Suomessa. Mittausmenetelmät ja –tulokset ovat siis yhteneväiset. Rakennuksen ilmanvuoto ilmoitetaan n_{50} -lukuna. Q_{50} -lukua käytetään lähinnä silloin, kun halutaan vertailla useiden eri kokoisten rakennusten ilmanvuotoja. (Good 2011.)

Ainoa **poikkeus** Suomen toimintatapaan ilmenee huoneistoalan laskennassa. Sisätilavuuden määrittämiseen tarvittava huoneistoala on laskettavissa kahdella tavalla. Norjalaisen standardin NS 3940 mukaan huoneistoala lasketaan niin, että väliseinät vähennetään pois. Norjan teollisuuden ohjeistus puolestaan ottaa väliseinät mukaan huoneistoalaan. Huoneistoalaan lasketaan mukaan, standardista EN 13829 poiketen, myös alle 160 cm korkeat tilat. (Good 2011.) Suomen rakentamismääräyskokoelma G1:n perusteella huoneistoalasta vähennetään väliseinät, mutta tiiviysmittausten yhteydessä väliseinät lasketaan mukaan huoneistoalaan. (RT 80-10974. 2009). Laskentatavasta syntyvä ero huoneistoalaan ja sisätilavuuteen ei kuitenkaan ole suuri. Ero tuskin vaikuttaa merkittävästi ilmanvuotolukuun.

5 ILMANVUOTOLUVUN MITTAUS RUOTSISSA

Ruotsissa käytetään ilmanvuotoluvun mittauksessa samaa **standardia**, EN 13829, kuin Suomessa ja Norjassa (Nordström 2011). Laskennan raamit ja mittausmenettely ovat lähtökohtaisesti yhteneväiset jokaisen kolmen maan välillä.

Ruotsissa rakennusten tiiviys ilmoitetaan yleisesti q_{50} -luvun avulla. Standardi EN 13829 asettaa q_{50} -luvulle yksikön $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, jota käytetään myös Norjassa ja Suomessa. Ruotsissa käytetään q_{50} -luvun yksikkönä **poikkeuksellisesti** $\text{l}/(\text{sm}^2)$ (Nordström 2011). Q_{50} -lukuja ei voida suoraan verrata toisiinsa näillä eri yksiköillä, vaan ne täytyy muuttaa samaan yksikköön. Yksikkömuunnoksesta kerrotaan luvussa 6. Toinen **poikkeus** Suomen mittauksiin verrattuna ilmenee huoneistoalan laskennassa. Ruotsissa huoneistoalaan ei lisätä väliseinien aloja. Matalat, alle 160 cm korkeat, tilat sisältyvät huoneistoalaan ja sisätilavuuteen aivan kuten Suomessa ja Norjassa. (Nordström 2011).

6 MAIDEN VÄLINEN VERTAILU

Opinnäytetyössä perehdyttiin aluksi suomalaisiin tiiviysmittauksia koskeviin standardeihin ja ohjeisiin. Asian konkretisoimiseksi tehtiin myös useita mittauksia rakennuskohteissa. Luleå:n yliopisto Ruotsissa sekä Norut Narvik AS tutkimuskeskus Norjassa toimivat yhteistyökumppaneina. Heiltä saatiin arvokasta tietoa Ruotsin ja Norjan mittauksista. Tätä kokonaisuutta tutkimalla selvitettiin mittausten vertailukelpoisuus.

Tutkimuksen alkuvaiheessa tehtiin vierailu Ruotsiin, Luleå:n yliopistolle. Paikalla oli yhteyshenkilöitä Narvikin tutkimuskeskuksesta sekä Luleå:n yliopistosta. Tapaamisen aikana keskusteltiin tiiviysmittauskäytännöistä ja kunkin maan menettelytavoista. Vierailun lopuksi mitattiin ruotsalaisen, vuonna 1973 rakennetun, omakotitalon ilmatiiviys. Kyseisen mittauksen raportti on liitteessä 1.

Ainoa merkittävä poikkeus maiden välisissä mittauskäytännöissä ilmenee Ruotsissa käytetyssä q_{50} -luvun yksikössä, $l/(sm^2)$. Ruotsin q_{50} -luku on kuitenkin muutettavissa yksinkertaisella laskutoimituksella vastaamaan Suomessa ja Norjassa käytettyä yksikköä, $m^3/(h \cdot m^2)$. Yksikkö $m^3/(h \cdot m^2)$ voidaan muuttaa vastaamaan yksikköä $l/(sm^2)$ kertomalla 3,6:n käänteisluvulla eli $1/3,6$:lla. Vastaavasti Ruotsin yksikkö $l/(sm^2)$ muutetaan yksikköön $m^3/(h \cdot m^2)$ jakamalla $1/3,6$:lla.

Seuraavassa on esitetty yksityiskohtainen selitys yksikön $m^3/(h \cdot m^2)$ muuttamisesta yksikköön $l/(sm^2)$:

$$\frac{m^3}{hm^2} \Rightarrow \frac{1000 \, dm^3}{hm^2} \Rightarrow \frac{1000 \, l}{3600sm^2} \Rightarrow \frac{l}{3,6sm^2} \Rightarrow \frac{1}{3,6} \times \frac{l}{sm^2}$$

Käytännössä kuutiot on muutettu litroiksi ja tunti sekunneiksi. Näistä muunnoksista seuraa suhdeluku $1/3,6$.

Esimerkiksi $1,0 \text{ l/(sm}^2\text{)}$ vastaa siis $3,6 \text{ m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)}$: $1,0 \frac{\text{l}}{\text{sm}^2} = (1,0 \div \frac{1}{3,6}) \frac{\text{m}^3}{\text{hm}^2} = 3,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hm}^2}$.

Tutkimustulokset osoittavat Suomen, Ruotsin ja Norjan tiiviysmittausten olevan täysin vertailukelpoisia. Standardi EN 13829 asettaa rakennusten ilmanvuotoluvun mittaukselle selvät ohjeet, joita noudatetaan jokaisessa maassa. Pieniä eroavaisuuksia maiden välisissä mittauksissa on, mutta ne eivät kuitenkaan ole ratkaisevia kokonaisuuden kannalta. Vertailtaessa eri maiden mittaustuloksia täytyy olla tarkkaavainen ja tietoinen siitä, millä yksiköllä tulokset on ilmoitettu. Taulukkoon 5 on koottu eroavaisuudet maiden välisissä mittauksissa.

TAULUKKO 5. Eroavaisuudet tiiviysmittauksissa Suomen, Ruotsin ja Norjan välillä (D3 2008; Good 2011; Kalliomäki 2010; Nordström 2011; RT 80-10974. 2009)

		Suomi	Ruotsi	Norja
Huoneistoala	Sisältää väliseinät	X		X ^a
	Ei sisällä väliseiniä		X	X ^a
Käytetty ilmanvuotoluku		n_{50}^b	q_{50}	n_{50}
q_{50}-luvun yksikkö		$\text{m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)}$	$\text{l/(sm}^2\text{)}$	$\text{m}^3\text{/(h}\cdot\text{m}^2\text{)}$
<p>a) Norjassa on kaksi menettelytapaa: Standardin NS 3940 mukaan huoneistoalasta vähennetään väliseinät. Norjan teollisuuden ohjeistus puolestaan ottaa väliseinät mukaan huoneistoalaan.</p> <p>b) 2012 Suomessa siirrytään käyttämään ilmanvuotolukuna q_{50}-lukua.</p>				

Tutkituissa maissa on jokaisessa omat raja-arvonsa erilaisten rakennusten tiiviydelle. Raja-arvot ohjaavat rakentamista laadukkaampaan ja energiaa

säästävämpään suuntaan. Esimerkiksi Suomessa tavanomaisen talon tiivi-
den raja-arvo on 4 1/h, mutta uusista rakennuksista suurin osa rakennetaan
tätä arvoa paremmaksi. Taulukkoon 6 on koottu rakennusten tiivi-
den raja-
arvoja kussakin maassa sekä tietoa tiivi-
den määrittämisestä.

*TAULUKKO 6. Tiivi-
den raja-arvoja sekä tietoa tiivi-
den määrittämisestä
Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa (Andresen - Engelund Thomsen -
Wahlstrøm 2010; D3 2008; Good 2011; Nordström 2011)*

	Suomi	Ruotsi	Norja
Standardi	EN 13829	EN 13829	EN 13829
n₅₀-luvun yksikkö	1/h	1/h	1/h
q₅₀-luvun yksikkö	m ³ /(h·m ²)	l/(sm ²)	m ³ /(h·m ²)
Rakennuksen tiivi- den ilmoittami- nen (2010)	n ₅₀ , q ₅₀ (2012)	q ₅₀	n ₅₀
Normitalon tiivi- den minimi arvo	4 1/h (2010), 4 m ³ /(h·m ²) (2012)	0,6 l/(sm ²); 2,2 m ³ /(h·m ²)	3 1/h
Matalaenergiatalon tiivi- den raja-arvo	0,8 1/h	0,3 l/(sm ²); 1,1 m ³ /(h·m ²)	1 1/h
Passiivitalon tiivi- den raja-arvo	0,6 1/h	0,3 l/(sm ²); 1,1 m ³ /(h·m ²)	0,6 1/h

Taulukossa 7 on esitetty Luleåssa tehdyssä tiiviysmittauksessa saadut tulokset Suomen ja Norjan käyttämillä yksiköillä sekä Ruotsin käyttämillä yksiköillä.

TAULUKKO 7. Tulokset Luleån mittauksesta

	Suomi ja Norja	Ruotsi
n₅₀-luku	5 1/h	-
q₅₀-luku	5 m ³ /(h·m ²)	1,4 l/(sm ²)

Tässä tapauksessa n₅₀- ja q₅₀-luku ovat yhtä suuret Suomen yksiköillä. Pienissä, pohjaratkaisultaan yksinkertaisissa, rakennuksissa on tavanomaista, että luvut ovat lähes samat, mutta suurissa rakennuksissa luvut voivat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. Q₅₀-luku ilmoittaa ilmavuodot rakennusvaipan pinta-alaa ja n₅₀-luku sisätilavuutta kohden, joten eroa lukujen välille syntyy rakennusvaipan pinta-alan kasvaessa suhteessa sisätilavuuteen. Monimutkaiset pohjaratkaisut ja rakennuksen korkeus lisäävät vaipan pinta-alaa.

7 POHDINTA

Tutkin opinnäytetyössäni rakennusten tiiviysmittauksia. Tavoitteenani oli selvittää ovatko Suomen, Ruotsin ja Norjan mittaukset vertailukelpoisia keskenään. Tein työni osana Pohjoismaista IEEB-hanketta, jonka päämääränä on kehittää rakennusten energiatehokkuutta ja luoda tiivis Pohjoismainen verkosto viisaan rakentamisen alalle.

Saamieni tulosten perusteella voin todeta mittusmenetelmien olevan hyvinkin samanlaisia kohdemaiden välillä. Tämä johtuu osaltaan siitä, että jokaisessa maassa käytetään samaa standardia tiiviysmittausten ohjeena. Muutamia eroavaisuuksia löytyi, mutta ne eivät ole merkittäviä kokonaisuuden kannalta. Mittaukset ovat sellaisenaan täysin vertailukelpoisia. Sen sijaan mittaustuloksia vertailtaessa täytyy olla tietoinen siitä, millä yksiköllä tulokset on ilmoitettu.

Suuren haasteen tutkimukseeni toi tiedon keruu ja etenkin se, että suurin osa tiedosta oli saatavilla ainoastaan englanniksi tai ruotsiksi. Aloittaessani työni ei minulla myöskään ollut tarkkaa käsitystä tiiviysmittauksen sisällöstä. Tutkimukseni aikana olen oppinut tiiviysmittausten lisäksi erittäin paljon muun muassa energiatehokkaasta rakentamisesta, rakennusfysiikasta, lämpökuvaamisesta, terveellisestä sisäilmasta, ilmanvaihdosta ja tärkeänä osana kielitaitoni on kehittynyt huomattavasti.

Energiankulutuksen vähentäminen ja uusiutuvien energiamuotojen entistä tehokkaampi hyödyntäminen ovat tulevaisuuden rakentamisessa tärkeässä roolissa. Suomessa ollaan menossa hyvää vauhtia kohti energiatehokasta rakentamista.

2012 Suomessa astuvat voimaan uudet energiamääräykset, joiden tavoitteena on toteuttaa noin 20 %:n tasonkiristys. Uusien määräysten mukaan tiiviysmittaus on pakollinen uudisrakennuksessa, jos halutaan käyttää rakennuksen ilmanvuotolukuna pienempää arvoa kuin $4 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$. Tulevaisuuden

rakennuksista suurin osa tullaan rakentamaan määräysten raja-arvoa paremmaksi. Tätä suuntausta silmällä pitäen on työni hyvin ajankohtainen. Rakennusten tiivyyteen ja tiiviysmittauksiin tullaan jatkossa kiinnittämään aikaisempaa enemmän huomiota. Voimme tehdä arvokasta yhteistyötä tiiviysmittausten saralla Pohjoismaissa, kun tiedämme, miten kukin maa toimii ja vertailu on mahdollista. Yksi kustannustehokkaimmista tavoista parantaa energiatehokkuutta uudisrakentamisessa on rakennuksen tiiviyden parantaminen.

LÄHTEET

Andresen, Inger - Engelund Thomsen, Kirsten - Wahlstrøm, Åsa 2010. Nordic Analysis of Climate Friendly Buildings. Saatavissa: <http://www.norden.org/en/publications/publications/2010-405>. Hakupäivä 18.3.2011.

D3. 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2008. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Good, Clara 2011. Re: IEEB-Air tightness. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Vesa-Pekka Silvola. 10.2.2011.

G1. 2005. Asuntosuunnittelu. Määräykset ja ohjeet 2005. Helsinki: Ympäristöministeriö.

INTERREG IV A Pohjoinen. 2010. Saatavissa: <http://www.interregnord.com>. Hakupäivä 27.10.2010.

Kalliomäki, Pekka 2010. Energiapaketti 2012. Taustamuistio. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Lehtinen, Teppo 2011. Rakennusneuvos, Ympäristöministeriö. Luento. Energiatehokkaan rakennussuunnittelun aloitusseminaari 14.1.2011.

Nordström, Gustav 2011. Re: IEEB-Air tightness. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Vesa-Pekka Silvola. 18.2.2011.

RT 80-10974. 2009. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmapitävyyden laadunvarmistusohje. Rakennustieto Oy. Saatavissa: http://www.rakennustieto.fi/rt/rtnayte_8010974.pdf. Hakupäivä 28.10.2010.

SFS-EN 13829. 2000. Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Rakennuksen tiedot

Rakennus:	Puurunkoinen omakotitalo
Osoite:	Luleå
	Rakennettu: 1973
	Mittauspäivä: 24.11.2010

Mittausmenetelmä

Menetelmä:	B	Rakennusvaipan testaus
Standardi:	EN 13829	
Hanke:	IEEB	

Mittauskohde

Sisätilavuus V:	404 m ³	Virhe: +/- 5 %
Huoneistoala A _F :	122 m ²	
Rakennusvaipan ala A _E :	408 m ²	
Lämmitysjärjestelmä:	vesikiertoinen patterilämmitys	
Ilmanvaihto:	painovoimainen ilmanvaihto	

Puhallinlaitteisto

Laitteisto:	Minneapolis BlowerDoor Modell 4, APT
-------------	--------------------------------------

Kommentit

Toimenpiteet ennen mit- tausta:	autotallin ovi muovitettu liesituuletin teipattu ilmanvaihtventtiilit teipattu
------------------------------------	--

BlowerDoor Test

Test Standard EN 13829, Method B

Minneapolis BlowerDoor Modell 4 - Tectite Express 3.6.7.0

Object: _____	Technician IEEB
_____	Date: 24.11.2010

Temperature and Wind Conditions

Inside Temperature: _____	23	Wind Force: _____	1
Outside Temperature: _____	-13	Number of exterior pressure taps: _____	1
Barometric Pressure: (Standard): _____	101325	Building Wind Exposure: _____	B
Uncertainty because of Wind (Table Geißler):			0

Depressurization

Pressurization

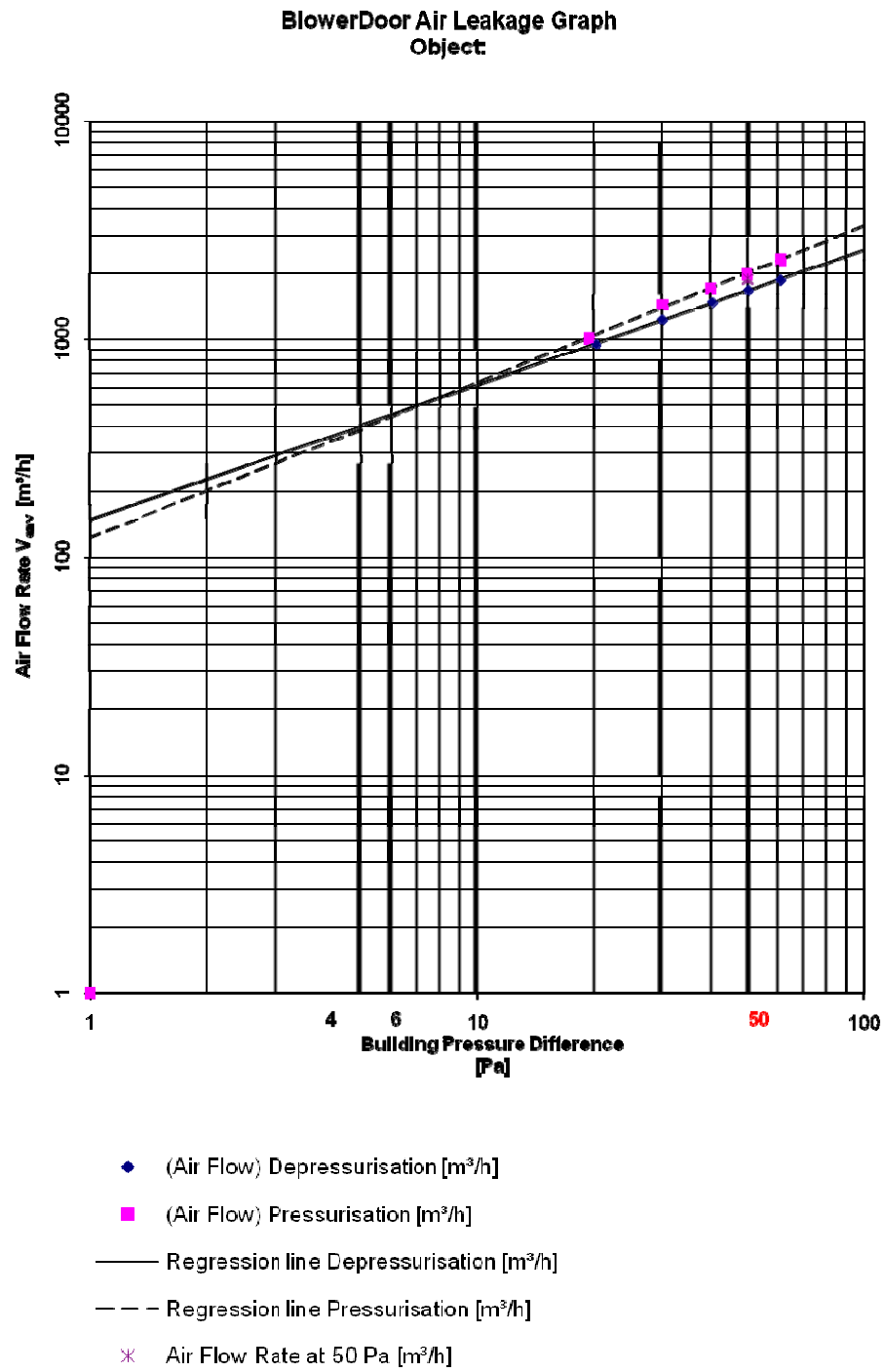
Zero Flow	ΔP_{01+}	ΔP_{01-}	ΔP_{02+}	ΔP_{02-}	Zero Flow	ΔP_{01+}	ΔP_{01-}	ΔP_{02+}	ΔP_{02-}
(baseline)	-	-5,2 Pa	-	-5,0 Pa	(baseline)	4,8 Pa	-5,3 Pa	-	-4,4 Pa

Sets of Measurement

Ring	Building Pressure	Fan Pressure	Fan Flow V_f	Tolerance	Ring	Building Pressure	Fan Pressure	Fan Flow V_f	Tolerance
OABCDE	[Pa]	[Pa]	[m³/h]	[%]	OABCDE	[Pa]	[Pa]	[m³/h]	[%]
ΔP_{01}	-5,2				ΔP_{01}	-4,9			
A	-66	63	2128	-0,96	A	56	66	2179	0,15
A	-55	51	1908	0,17	A	45	48	1867	-0,99
A	-45	39	1682	0,81	A	35	36	1604	-0,54
A	-35	27	1399	0,90	B	25	283	1349	2,69
B	-25	180	1078	-0,90	B	15	139	947	-1,25
ΔP_{02}	-5,0				ΔP_{02}	-4,4			

Correlation Coefficient r:	0,999	Confidence interval		Correlation Coefficient r:	0,999	Confidence interval	
C_{env} [m³/(h Paⁿ)]	148	max. 171	min. 129	C_{env} [m³/(h Paⁿ)]	122	max. 155	min. 97
C_L [m³/(h Paⁿ)]	155	max 178	min. 135	C_L [m³/(h Paⁿ)]	122	max. 154	min. 96
n [-]	0,62	max. 0,66	min. 0,58	n [-]	0,72	max. 0,78	min. 0,65
Results	V =		404 m³	A _F =		122 m²	A _E = 408 m²

	V_{50}	Uncertainty	n_{50}	Uncertainty	w_{50}	Uncertainty	q_{50}	Uncertainty
	m³/h	%	1/h	%	m³/m²h	%	m³/m²h	%
Depressurisation	1760	+/- 7 %	4,4	+/- 9 %	14,4	+/- 9 %	4,3	+/- 9 %
Pressurisation	2021	+/- 7 %	5,0	+/- 9 %	16,6	+/- 9 %	5,0	+/- 9 %
Average	1891	+/- 7 %	4,7	+/- 9 %	15,5	+/- 9 %	4,6	+/- 9 %



BlowerDoor Test
EN 13829, Method B
Zero-Flow (Baseline) and Accuracy

Object: _____	Technician IEEB
_____	Date: 24.11.2010

Depressurization**Pressurization**

Zero Flow Pressure Difference			Zero Flow Pressure Difference		
Reading	At the Beginning	At the End	Reading	At the Beginning	At the End
1	-4,8	-4,8	1	-5,3	-4,3
2	-5,0	-4,8	2	-5,1	-4,3
3	-5,3	-4,8	3	-4,9	-4,3
4	-5,3	-4,9	4	-4,9	-4,2
5	-5,3	-5,0	5	-4,9	-4,3
6	-5,3	-5,0	6	-4,9	-4,1
7	-5,4	-5,0	7	-5,0	-4,1
8	-5,2	-5,0	8	-5,1	-4,1
9	-5,1	-5,0	9	-5,1	-4,3
10	-5,0	-5,0	10	-5,1	-4,4
11	-5,0	-5,0	11	-5,1	-4,3
12	-5,1	-5,2	12	-5,1	-4,4
13	-5,1	-5,1	13	-4,5	-4,5
14	-5,1	-5,2	14	4,8	-4,5
15	-5,2	-5,3	15	-3,4	-4,6
16	-5,2	-5,1	16	-1,3	-4,7
17	-5,2	-4,9	17	-7,1	-4,7
18	-5,1	-4,9	18	-3,6	-4,8
19	-5,1	-5,0	19	-3,1	-4,8
20	-5,2	-5,0	20	-5,0	-4,8
21	-5,3	-5,0	21	-5,1	-4,8
22	-5,3	-5,1	22	-4,3	-4,6
23	-5,3	-5,1	23	-2,7	-4,5
24	-5,2	-5,1	24	-21,6	-4,4
25	-5,3	-5,1	25	-5,1	-4,4
26	-5,1	-5,1	26	-5,1	-4,4
27	-5,0	-4,9	27	-5,0	-4,4
28	-5,0	-4,8	28	-5,1	-4,4
29	-5,0	-4,8	29	-5,2	-4,4
30	-5,1	-4,7	30	-5,2	-4,5

Average of the positive and negative Values of Zero Flow Pressure Difference

	Δp_{01+}	Δp_{01-}	Δp_{02+}	Δp_{02-}		Δp_{01+}	Δp_{01-}	Δp_{02+}	Δp_{02-}
Average	-	-5,2	-	-5,0	Average	4,8	-5,3	-	-4,4

Average of all Values of Zero Flow Pressure Difference

Zero Flow	Δp_{01} [Pa]	Δp_{02} [Pa]	Zero Flow	Δp_{01} [Pa]	Δp_{02} [Pa]
(baseline)	-5,2	-5,0	(baseline)	-4,9	-4,4

Accuracy (Proposal Germany: FLiB-Supplement 11/2001)

Name	Description	Depressurisation		Pressurisation	
a	Accuracy of the device to measure airflow rate	+/- 4 %		+/- 4 %	
b	Accuracy building pressure	+/- 3 %	50 Pa	+/- 3 %	50 Pa
c	Uncertainty because of wind	+/- 0 %		+/- 0 %	
d	Uncertainty barometric pressure (standard or measured)	+/- 5 %		+/- 5 %	
e	Uncertainty leaving out a depressurization or pressurization	+/- 0 %		+/- 0 %	
g	Uncertainty reference values	+/- 5 %		+/- 5 %	
only info	Random error of the airflow rate	+/- 2 %		+/- 3 %	

Yhteenveto

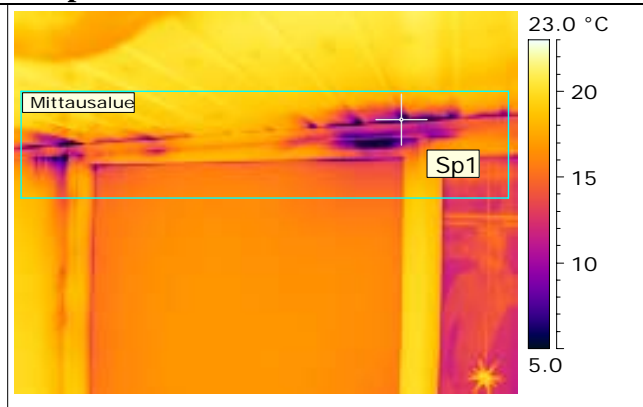
Jos ilmanvuotoluvut alipaineistuksessa (4,4 1/h) ja ylipaineistuksessa (5,0 1/h) poikkeavat toisistaan enemmän kuin 0,5 1/h, niin käytetään keskiarvon sijaan suurempaa lukema-arvoa. Tästä johtuen kyseisen kohteen ilmanvuotoluku on 5,0 1/h.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Eteinen (ulko-ovi)

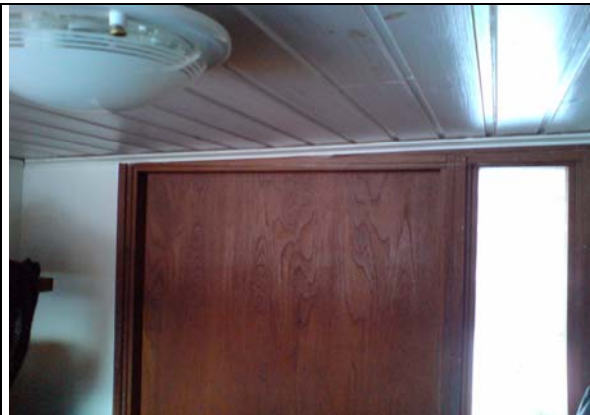
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 1.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	0.4 °C
Mittausalue maks. lämpötila	21.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	0.4 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvas- ta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

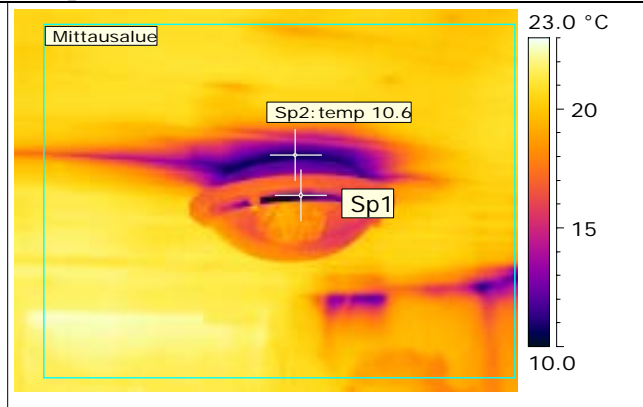
Ulkoseinän ja yläpohjan liitoksessa on havaittavissa kylmiä alueita.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Eteinen

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 2.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	9.2 °C
Mittausalue maks. lämpötila	22.7 °C
Mittausalue min. lämpötila	9.2 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

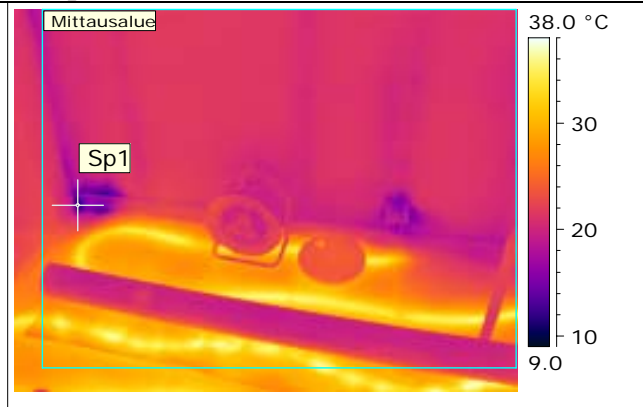
Valaisimen kiinnityskohdassa on lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Eteinen

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 3.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	9.1 °C
Mittausalue maks. lämpötila	37.4 °C
Mittausalue min. lämpötila	9.1 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvas- ta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

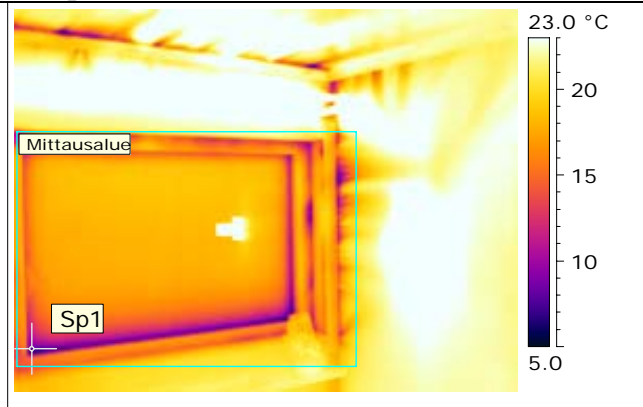
Lattian ja ulkoseinän nurkka on huomattavasti sisäilman lämpötilaa viileämpi.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Eteinen

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 4.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	6.0 °C
Mittausalue maks. lämpötila	26.5 °C
Mittausalue min. lämpötila	6.0 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvas- ta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

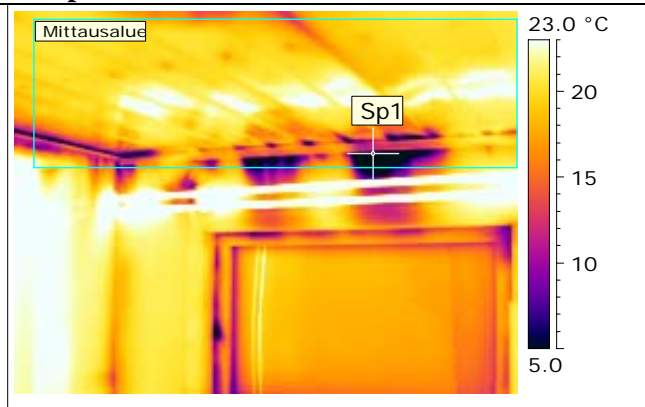
Ikkunassa on havaittavissa lämpövuotoja.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Eteinen

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 5.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-3.2 °C
Mittausalue maks. lämpötila	26.1 °C
Mittausalue min. lämpötila	-3.2 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

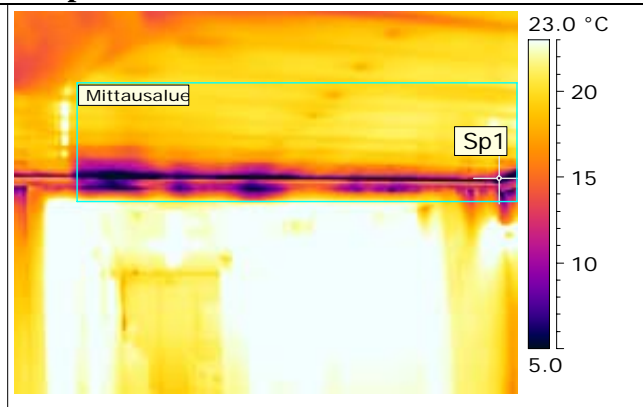
Seinän liitos yläpohjaan on osittain jopa 3 °C pakkasen puolella.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Eteinen

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 6.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-1.0 °C
Mittausalue maks. lämpötila	23.6 °C
Mittausalue min. lämpötila	-1.0 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvas- ta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

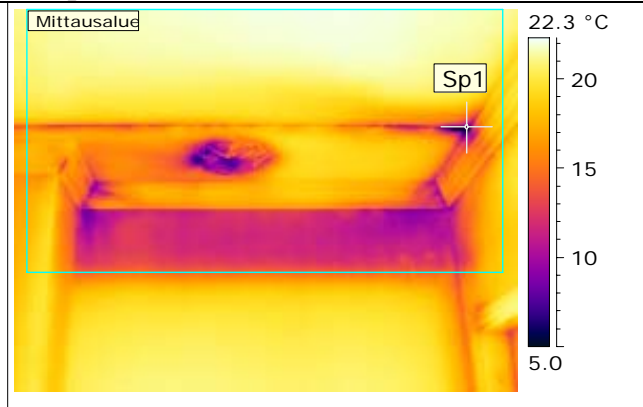
Eteisen välioiven yläpuolella lämpövuotoja.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Alakerran WC

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 7.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-2.8 °C
Mittausalue maks. lämpötila	22.3 °C
Mittausalue min. lämpötila	-2.8 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

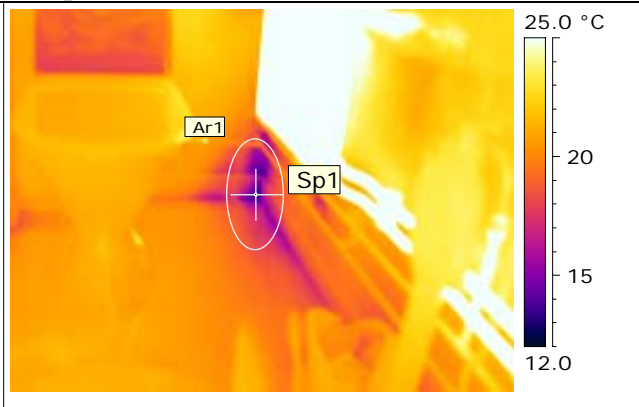
Seinän ja välipohjan liittymässä merkittävää lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Alakerran WC

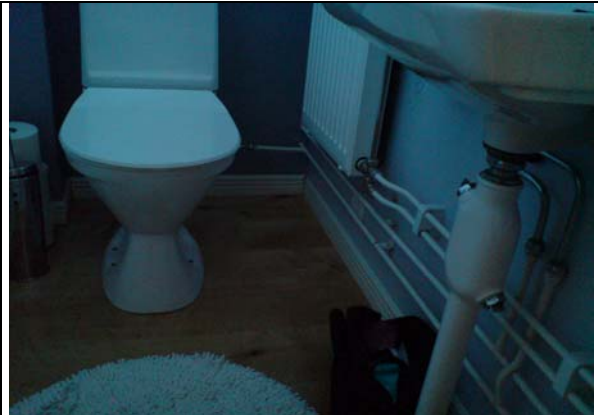
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 8.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	12.9 °C
Mittausalue maks. lämpötila	20.3 °C
Mittausalue min. lämpötila	12.9 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

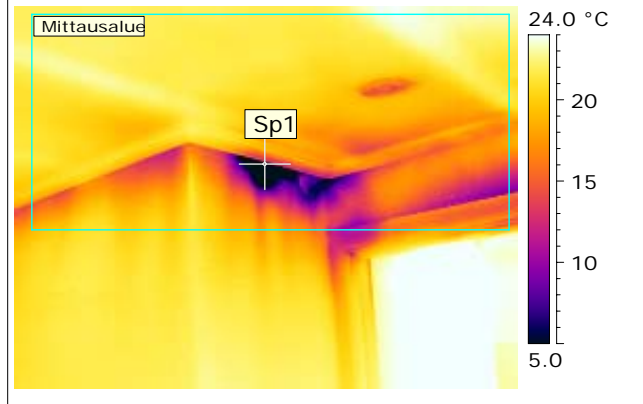
Lattian nurkassa lievää vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Pesuhuone

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 9.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-2.4 °C
Mittausalue maks. lämpötila	23.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	-2.4 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

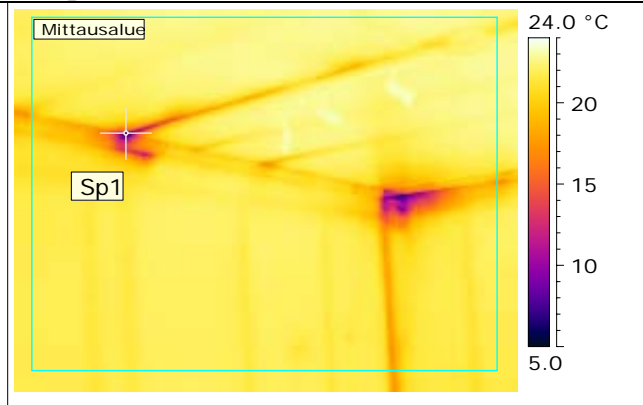
Seinä osittain jopa pakkasen puolella.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Alakerran makuuhuone

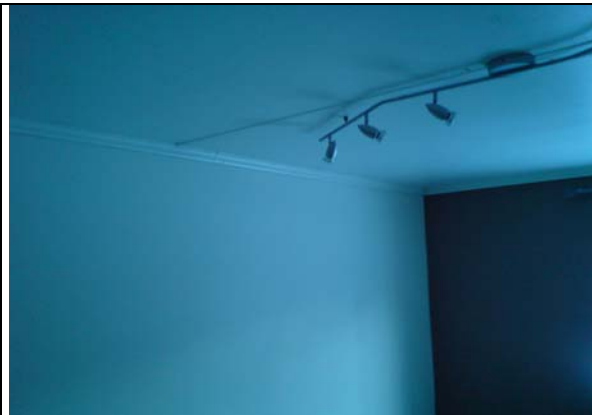
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 10.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	1.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	1.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvas- ta)	2.5 m
		Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
		Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

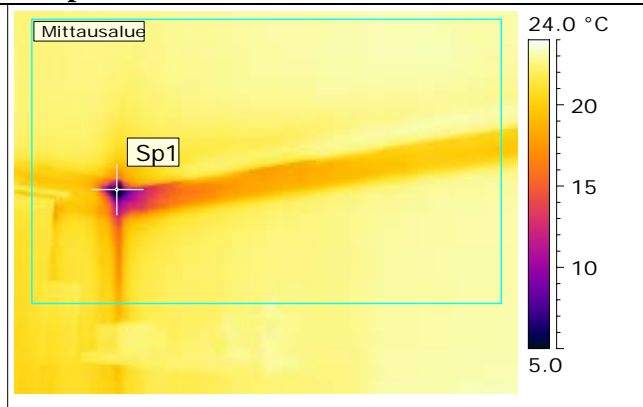
Seinän ja välipohjan liitoksissa vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Alakerran työhuone

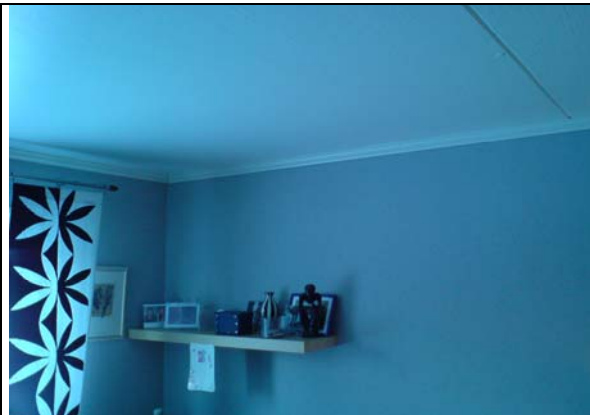
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 11.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-0.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.4 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	-0.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
		Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
		Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

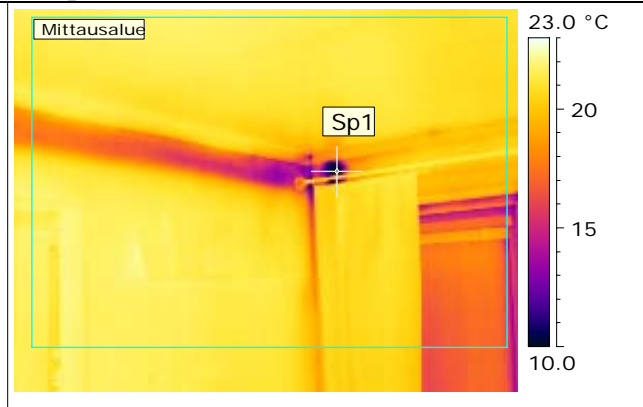
Ulkoseinän nurkassa lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Alakerran makuuhuone 2

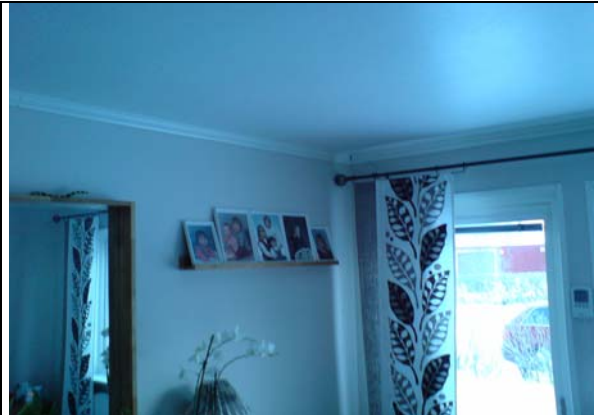
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 12.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	7.2 °C
Mittausalue maks. lämpötila	22.4 °C
Mittausalue min. lämpötila	7.2 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

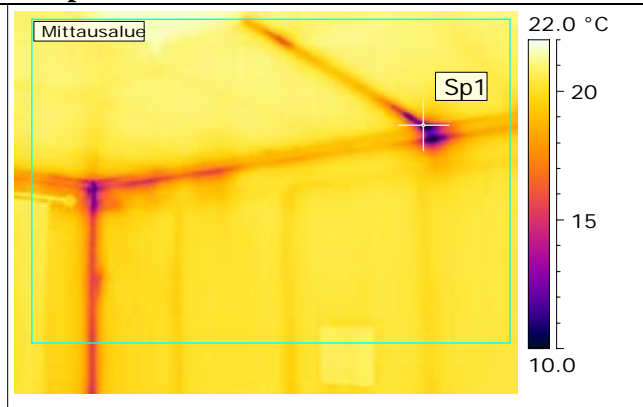
Ulkoseinän nurkassa lievää vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Alakerran makuuhuone 2

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 13.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	4.7 °C
Mittausalue maks. lämpötila	21.8 °C
Mittausalue min. lämpötila	4.7 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvas- ta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

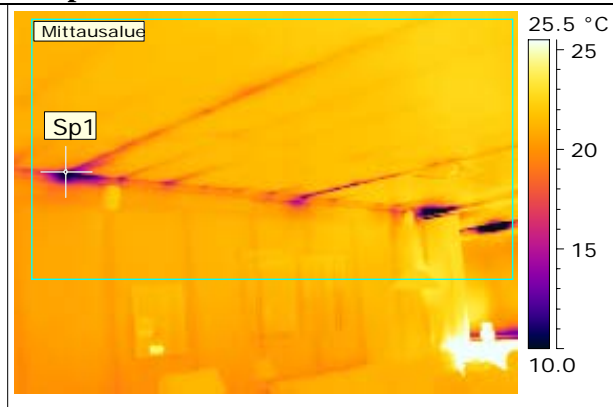
Ulkoseinän ja välipohjan liittymissä vuotoja.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Olohuone

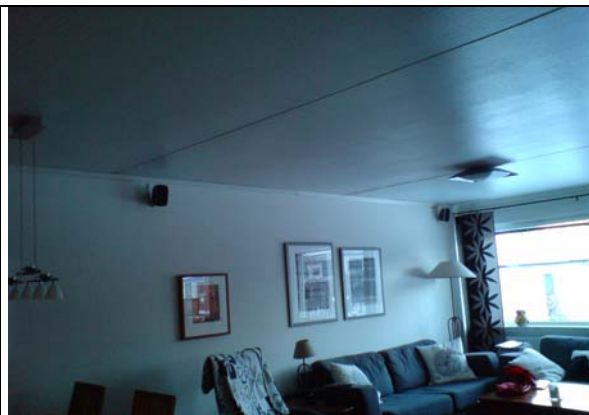
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 14.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-1.5 °C
Mittausalue maks. lämpötila	25.2 °C
Mittausalue min. lämpötila	-1.5 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

Ulkoseinän ja välipohjan liittymissä vuotoja.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Olohuone

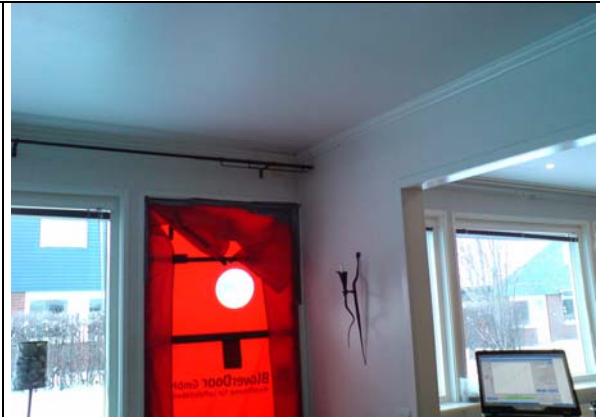
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 15.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	6.2 °C
Mittausalue maks. lämpötila	24.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	6.2 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

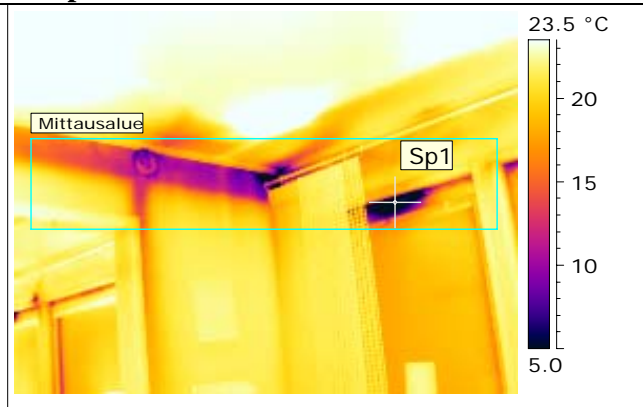
Ulkoseinän ja väliseinän liittymässä lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Keittiö

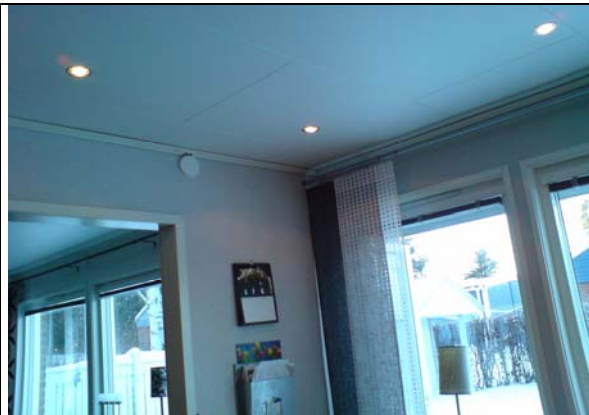
Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 16.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-4.9 °C
Mittausalue maks. lämpötila	23.4 °C
Mittausalue min. lämpötila	-4.9 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

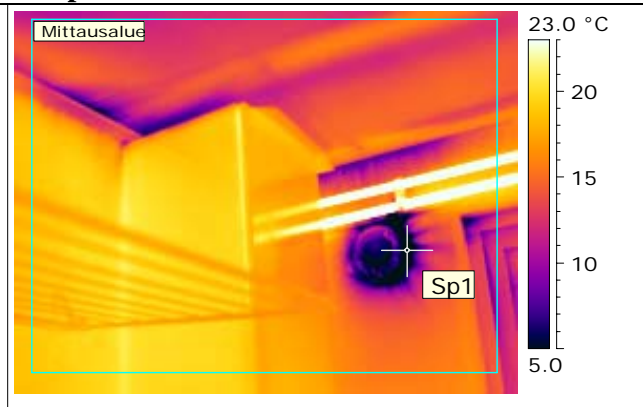
Ulkoseinän ja väliseinän liittymässä lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Kodinhoitohuone

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 17.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-5.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	52.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	-5.9 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
		Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
		Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

Välipohjan ja ulkoseinän liittymässä vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Kodinhoitohuone

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 18.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-9.0 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	52.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	-9.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
		Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
		Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

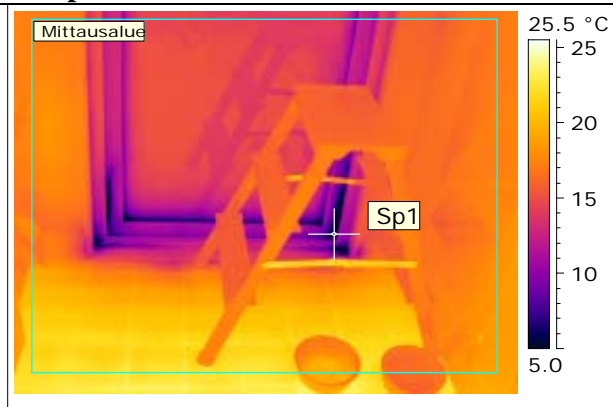
Välipohjan ja ulkoseinän liittymässä kriittistä lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Kodinhoitohuone

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 19.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-3.4 °C
Mittausalue maks. lämpötila	23.4 °C
Mittausalue min. lämpötila	-3.4 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvas- ta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

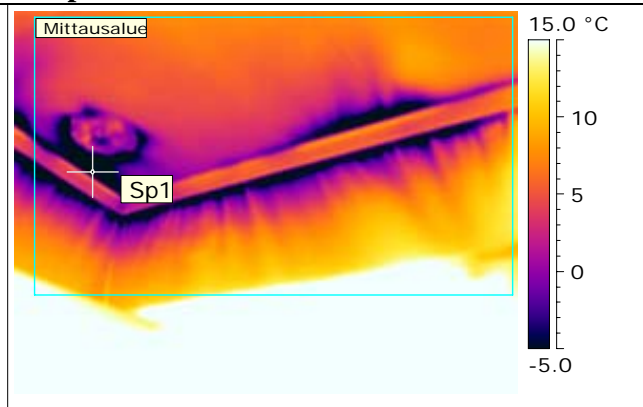
Terassin ovesta lämpövuotoja.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Kodinhoitohuone

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 20.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-10.3 °C
Mittausalue maks. lämpötila	20.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	-10.3 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Kameratyyppi	ThermaCAM P660 West
Kameran sarjanumero	404000579

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

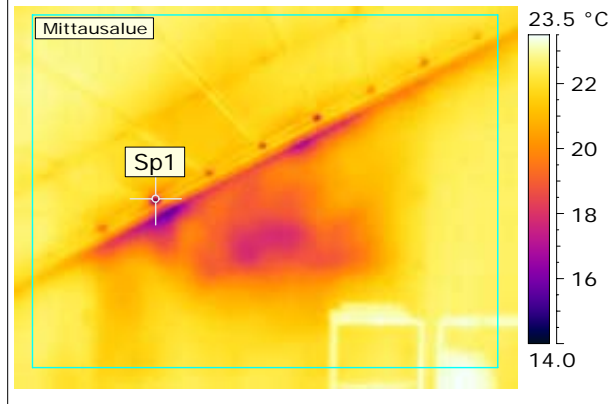
Seinän ja yläpohjan liittymässä erittäin kriittistä lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran aula

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 21.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	14.9 °C
Mittausalue maks. lämpötila	23.5 °C
Mittausalue min. lämpötila	14.9 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisuus	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

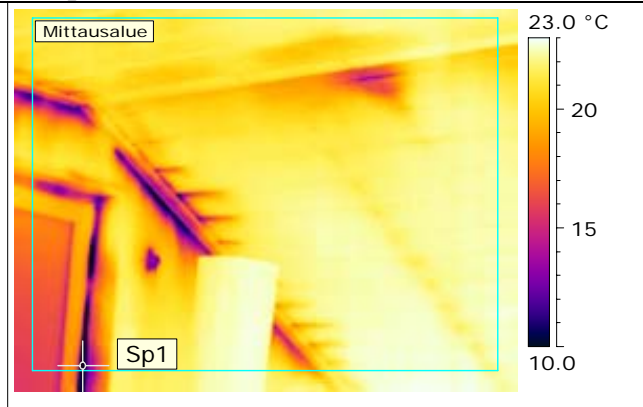
Ulkoseinässä lievää lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran aula

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 22.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	2.8 °C
Mittausalue maks. lämpötila	22.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	2.8 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

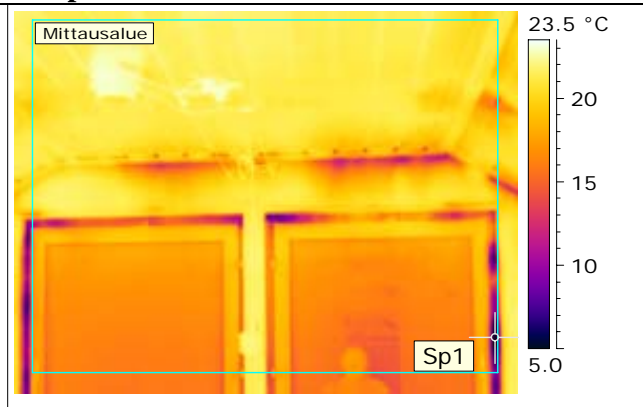
Ikkunan liitoksissa sekä seinän ja yläpohjan liittymässä vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran aula

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 23.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	2.4 °C
Mittausalue maks. lämpötila	23.1 °C
Mittausalue min. lämpötila	2.4 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

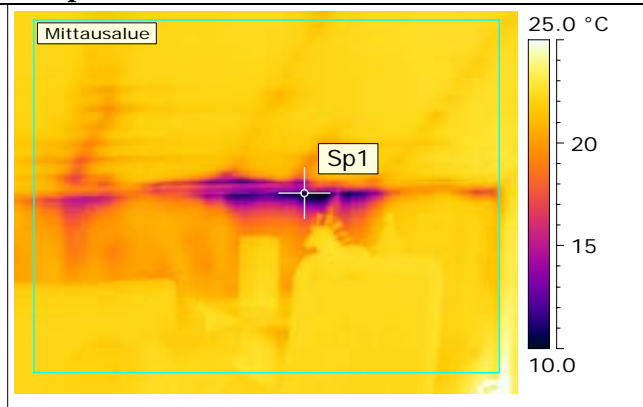
Ikkunan liitoksissa sekä seinän ja yläpohjan liittymässä vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran aula

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 24.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	8.8 °C
Mittausalue maks. lämpötila	25.6 °C
Mittausalue min. lämpötila	8.8 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

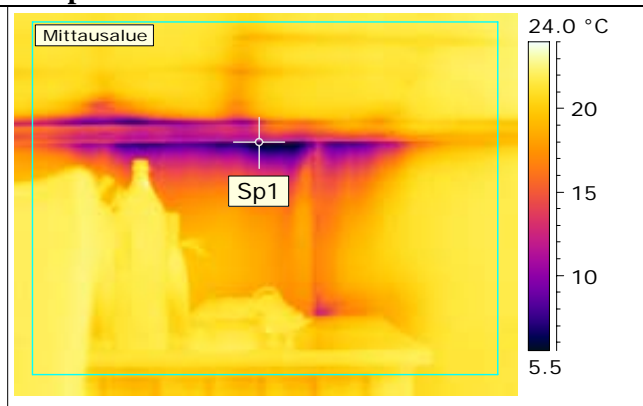
Seinän ja yläpohjan liitoksessa vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran aula

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 25.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	5.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.9 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	5.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
		Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
		Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

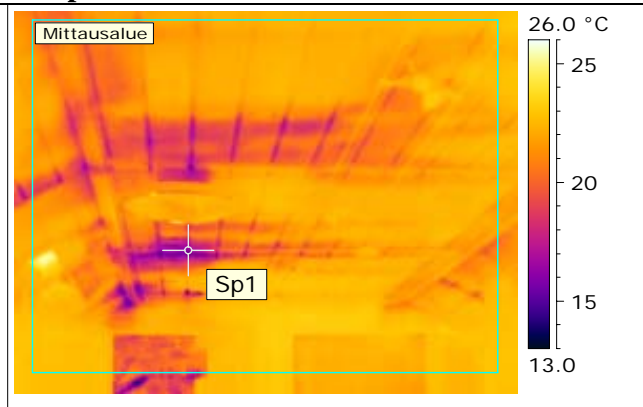
Seinän ja yläpohjan liitoksessa vuotoa. Vuoto johtuu mahdollisesti seinässä olevasta halkeamasta.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran aula

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 26.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	13.6 °C
Mittausalue maks. lämpötila	25.7 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.6 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

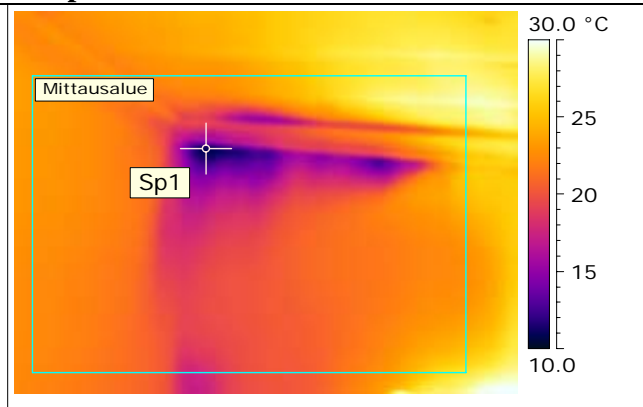
Yläpohjassa lievää lämpövuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran WC

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 27.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	10.5 °C
Mittausalue maks. lämpötila	29.4 °C
Mittausalue min. lämpötila	10.5 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

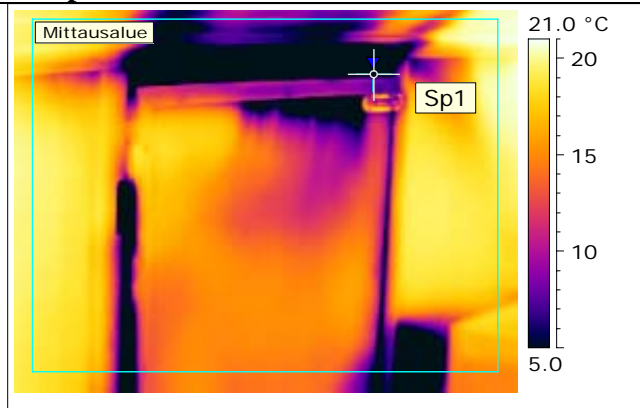
Ulkoseinän ja yläpohjan liittymässä lievää vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran WC (ullakon luuku)

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 28.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-4.4 °C
Mittausalue maks. lämpötila	20.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	-4.4 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

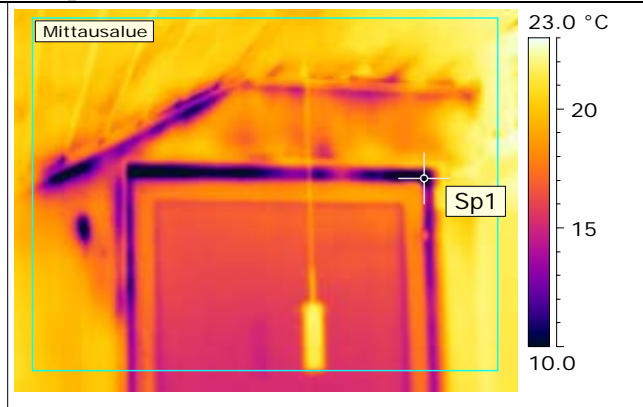
Luukun tiivisteet vuotavat pahasti.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran makuuhuone

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 29.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	6.6 °C
Mittausalue maks. lämpötila	22.7 °C
Mittausalue min. lämpötila	6.6 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

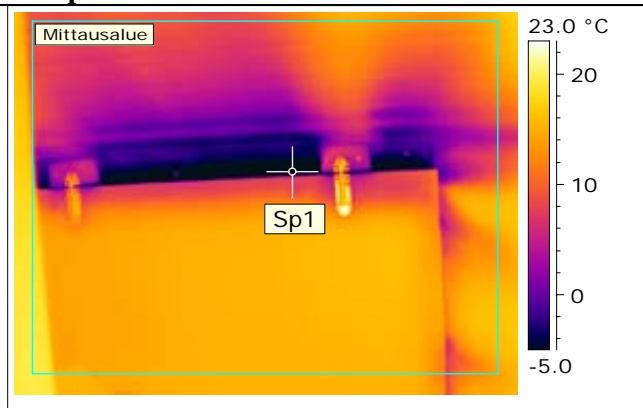
Ikkunan liitoksissa sekä yläpohjan ja ulkoseinän liittymässä vuotoa.

Kohdetiedot: Puurunkoinen omakotitalo; rakennettu 1973; Luleå

Kuvauspaikka: Yläkerran vaatehuone (luuku)

Kuvauspäivämäärä: 24.11.2010

Lämpökuva



Nro 30.

Valokuva



Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	-7.1 °C
Mittausalue maks. lämpötila	22.7 °C
Mittausalue min. lämpötila	-7.1 °C

Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.0 °C
Etäisyys (Lämpökuvasta)	3.0 m
Kameratyyppi	FLIR B400_ Western
Kameran sarjanumero	402001921

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1 m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	-13.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	-
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.0 °C

Kommentit:

Luukun tiivisteet vuotavat pahasti.

