



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Lasi rakennusmateriaalina

Tahvo Sutela

Teknisen neuvonnan päällikkö, Pilkington Lahden Lasitehdas Oy

Lasin pääraaka-aine on piiksidi, kvartsi. Pii on maankuoren yleisin alkuaine, myös muut raaka-aineet esiintyvät luonnossa yleisinä. Kierrätykseen hyvin soveltuvana lasi pystyy vastaamaan jatkuvasti tiukkeneviin kestäväen kehityksen haasteisiin.

Lasirakenteet on kokemusperäisesti osattu mitoittaa erittäin luotettavasti vastaamaan käytännön vaatimuksia. Valitettavasti lasin mallintaminen ja siitä oikeaoppisesti johdettu mitoitussäännöstö on vielä pahasti kesken. Energianhallinnan osalta on lasiteknologia kyennyt vastaamaan hyvin rakentamisen kiristyviin vaatimuksiin ja määrärajoiksi. Esimerkiksi lasirakenteiden kehäosien (karmit, puitteet) kehitys on lämmöneristävyyden kannalta jäänyt selvästi jälkeen. Liialliselta auringon kuormitukselta kytetään nykyisin suojautumaan fysiikan rajoja hipovalla valonlöpäisyn tasolla. Riittävän luonnonvalon turvaaminen etenkin toimitilarakentamisessa on ratkaisevan tärkeää

Lasi on jatkuvasti kasvattanut osuuttaan rakentamisessa käytännössä ainoana valoaläpäisevänä ja läpinäkyvänä materiaalina. Kasvun on mahdollistunut alan voimakas ja tuloksellisen tutkimus- ja kehitystyö. Moderni lasiteknologia pystyy varmistamaan myös läpinäkyviä paloosastoivia rakenteita kahteen tuntiin asti, jopa pidemmälle.

Todettujen, kiistämättä edullisten ominaisuuksiensa johdosta lasiruutujen keskimääräinen koko on jatkuvasti kasvanut. Lasia on alettu käyttää alueilla, joissa rakenteiden käyttöturvallisudelle asetetaan erityisvaatimuksia. Turvalasien käyttö onkin kehityksessä voimakkaasti.

Rakennuslasituotteiden ominaisuuksien merkittävä laajeneminen on lisännyt myös suunnittelijoiden ammattitaitovaatimuksia. Valitettavasti koulutusjärjestelmämme ei vielä ole tilanteeseen kaikilta osin herännyt.

Kemiallinen käyttäytyminen

Rakentamisessa käytetyn lasin perusominaisuudet voidaan ymmärtää sen molekyyliarakenteesta. Lasin pääraaka-aine on piiksidi (SiO_2). Sulatuksen hallitsemiseksi ja käyttööminai-

suuksien optimoimiseksi tarvitaan joukko muita yhdisteitä. Kemiallisen käyttäytymisen kannalta piin (Si) ja hapen (O) kovalenttisista sidoksista muodostuneen homogeenisesti isotrooppiseen verkkomaiseen molekyyliarakenteeseen jääneillä, valmistusteknisesti välttämättömällä vapaalla natriumilla on taipumus migroitua lasin pintavyöhykkeeseen. Veden huuhdellessa pintaa, syntyvä vesiliukoinen Na^+OH^- (lipeä) huuhtoutuu pois ja pintaan syntyy ohut, happeja vastaan erittäin resistentti H_2SiO_3 -kerros.

Periaatteessa hapoista ainoastaan fluoripohjaiset yhdisteet syövyttävät lasia. Toisaalta lasin pinta on herkkä väkeville alkaalisille liuksille. Yleisimpiä luottimia lasi kestää hyvin. Lasin kuljetuksessa ja varastoinnissa lasien väliin esimerkiksi kondensoitumalla päässyt pieni vesimäärä muodostaa riskin hyvinkin väkevän Na^+OH^- -liuoksen syntymiselle. Lasi pitääkin varastoida riittävän kuivassa ja tasalämpöisessä tilassa, ei missään tapauksessa ulkona. Julkisivuissa tulee luonnollisesti estää emäksisten saumausaine- ja pinnoitevalumiin pääsy lasipinnoille.

Rakenteestaan johtuen soda lime-silikaattilasi on helposti kierrätettävissä. Lasin sulatus jopa vaatii hallittavasti toimiakseen tietyn määrän, vähintään noin 20 % kierrätettyä lasimurskaa sulatusprosessin katalyytiksi.

Mekaaninen käyttäytyminen

Lasin mekaanisen käyttäytymisen perusta on sen koostuminen pääosin piin ja hapen lujien kovalenttisten sidosten muodostamasta molekyyliverkosta. Rakenne on homogeenisesti isotrooppinen. Se on myös lineaarisesti elastinen, jännitys/venymä-funktiossa ei esiinny lainkaan hystereesiä eikä myötöä, lasi ei varoita rikkoutumisestaan. Pitkäaikaisestikaan kuormitettuna lasiin ei synny venymää, eikä se vanhene.

Puristusjännityksen kannalta lasi on äärimmäisen luja. Lasi siis rikkoutuu ainoastaan vetojännityksen vaikutuksesta. Itse asiassa rikkoutuminen on lähes aina kemiallinen prosessi, jonka edelleen yleisimmin käytössä olevan perusmallin loi Griffith 1800-luvulla. Mallin mukaan la-

sin pintaan syntyy luonnostaan mikroskooppisia, erittäin teräväkärkisiä nk. Griffith'in halkeamia (Griffith's Flaws). Halkeamien syntyä ei osata ennustaa, saatikka kontrolloida. Vetojännityksen vaikuttaessa lasin pintaan riittävän pitkään etenee materiaalista erkautuneen natriumin ja ympäröivän atmosfäärin kosteuden muodostaman Na^+OH^- -liuoksen aiheuttama, Si-O-sidosta rikkova reaktio.

Mekanismin luonteesta siis johtuu, että lasi on lujempaa lyhytaikaisia kuormia kuin pitkäaikaisiin kuormia vastaan. Verrattaessa esimerkiksi tuulikuormien tyypillisiä muutamien sekuntien vaikutusaikoja lumikuormille käytettyihin viikkoihin, on jännitystarkastelussa ollut tapana käyttää kerrointa 2.6.

Lasin lujuus/rikkoutumisherkkyys on joka tapauksessa luonteeltaan hyvin tilastollinen.

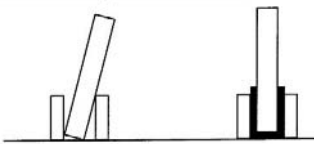
Eri lähteissä, esimerkiksi vanhemmissa kansallisissa standardeissa on lasille annettu paljonkin toisistaan poikkeavia sallitun vetojännityksen maksimiarvoja. Niitä voidaan varsin turvallisesti käyttää, kunhan niitä käytetään saman lähteen laskentamenetelmien yhteydessä. Ne saattavat siis poiketa toisistaan merkittävästikin. Eurooppalainen EN-standardi lasin mitoittamiseksi on vasta valmiilla.

Lasin lämpökarkaisu kasvattaa lasin lujuutta merkittävästi, tyypillisesti 4–5-kertaiseksi. Kansallisissa määräyksissä sallitaan yleensä noin kaksi kertaa korkeammat vetojännityksen arvot. Lämmitys/jäähdytys-prosessissa lasin pintaosa jää pysyvään puristusjännitykseen, joka siis vastustaa Griffith'in halkeaman etenemisreaktiota. Jännitys alkaa päästyä hitaasti, kun lähesytään $300\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilaa ja nopeutuu ripeästi kun $300\text{ }^\circ\text{C}$ ylittyy.

Lasilla ei ole nk. paikallista itsekorjautuvuus-ominaisuutta eli nk. kova kosketus tulee kaikissa oloissa välttää oikeaoppisella suunnittelulla ja asennuksen toteutuksella.

Lasin kovuus on Moh'n asteikolla 7 eli se on selvästi yleisiä muovimateriaaleja kovempaa, esimerkiksi akryylit noin 3 Moh.

Lasin rikkoutumiskuvioista voidaan usein päätellä itse rikkoutumisen syy. Kun lasin keskialue lämpiiä ja siis laajenee reunoja nopeammin, syntyy reuna-alueille vetojännitys. Erityisesti tälle lämpöjännityksen aiheuttamalle rikkoutumiselle on tyypillistä rikkoutumisen lähtö koh-tisuoraan sekä tasoa että reunaan vastaan.



Kuva 1. Oikea lasitustapa, ei kovaa kosketusta.

Energianhallinta

Itse lasiosan kannalta energiatekninen tarkastelu on nykyisin varsin suoraviivaista, käytettävissä on kaksi perusstandardia SFS-EN 673: Rakennuslasit. Lämmönläpäisevyyden määrittäminen (U-arvo). Laskentamenetelmä. Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Calculation method ja SFS-EN 410: Rakennuslasit. Valon läpäisy, aurinkoenergian suoran läpäisy, aurinkoenergian kokonaisläpäisy, ultraviolettisäteilyn läpäisy ja muiden ominaisuuksien määrittäminen. Glass in building. Determination of luminous and solar characteristics of glazing.

Kaikki lasinvalmistajat, vähintäänkin eurooppalaiset ja Euroopan markkinoille lasia toimittavat yritykset julkaisevat esitteitä, taulukointa, oppaita, laskentaohjelmia yms. joissa ilmoitettujen energiatekniset arvot perustuvat em. standardeihin.

Optiset ja energiatekniset ominaisuudet

Lasin merkittävin käyttö perustuu sen kykyyn läpäistä valoa, aallonpituus 380–780 nm. On kehitetty tekniikoita, joilla valonläpäisy merkittävästi kärsimättä voidaan hallita muita aallonpituusalueita, yleensä pyritään vaimentamaan tapauksen kannalta haitallisena pidetyn säteilyn läpäisyä. Sovelluksia on kehitetty gamma- ja röntgensäteilystä aina radiotaajuuksiin asti.

Lyhytaaltoisen säteilyn läpäisy vaimennusta lisätään yleensä lasimassan koostumusta muuttamalla (absorptio), pitkäaaltoisella puolella hyödynnetään yleensä pinnoitustekniikoita (heijastus). Yleisimmin toimitaan kuitenkin aurinkosäteilyn aallonpituusalueella, maanpinnalla noin 0.3–2.5 μm .

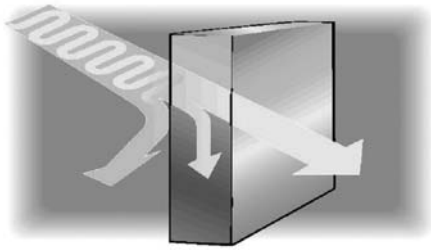
Auringonsuojalasit

Aurinkosäteily, kuten mikä tahansa elektromagneettinen säteily jakautuu lasin kohdatessaan kolmeen osaan, osa heijastuu, osa absorboituu ja loppu läpäisee lasin.

Materiaaliin absorboitunut energia pyrkii kuitenkin uudelleensäteilemään (re-emissio), nyt olosuhteiden ja pintojen ominaisuuksien määräämässä suhteessa. Suoraläpäisy ja lasirakenteesta re-emittoitunut, aurinkosäteilyn kulkuun mukainen energia muodostavat yhdessä nk. aurinkosäteilyn kokonaisläpäisy, aurinkokotijän, Solar Factor, g-arvo.

Mikäli halutaan vähentää liiallista aurinkoenergian läpäisyä, on siis lisättävä absorptiota ja/tai heijastusta. Heijastus on käytännössä funktio paitsi pinnan/pintojen ominaisuuksista, myös vallitsevan säteilyn tulokulmasta.

Vanhemmille (70- ja 80-luku), lähes puhtaasti heijastukseen perustuville auringonsuojapinnoitteille on tunnusomaista niiden korkea heijastus myös valon aallonpituusalueella, puhu-



Kuva 2. Säteilytalon jakautuminen.

taan peiliheijasteisista auringonsuojalaseista. Korkean kokonaisheijastuksensa lisäksi ko. pinnoitteiden spektrin huippu on tyypillisesti painottunut tietylle aallonpituudelle, värille. Myöhemmin, 80-luvun lopulta, opittiin teollisen pinnoitusteknologian kehityksen myötä yhdistämään samaan pinnoitteeseen matala emissiviteetti ja kohtuullinen aurinkoenergian absorptio/heijastus. Saatiin aikaiseksi valon aallonpituusalueelle kohdistettu ”kaistanpäästösuodin”.

Koska noin puolet maankuoren saavuttamasta aurinkosäteilyn energiasta sijaitsee valon aallonpituusalueella, on valonläpäisyn ja aurinkoenergian kokonaisläpäisyn suhteen maksimi arvo noin 2, johon päästiin teollisesti 90-luvun puolivälin jälkeen.

Tätä suhdetta kutsutaan kansainvälisessä kirjallisuudessa usein selektiivisyysindeksiksi. Valikoiuuttua tässä mielessä ei pidä sekoittaa Suomessa selektiivilasiksi kutsuttuun matalaemissiviteettipinnoitettuun energiansäästölasiin.

Toinen tapa vaimentaa liiallista aurinkoenergian läpäisyä on absorptioon lisääminen lasinvalmistuksen kemialla hyväksikäyttäen. Käytännössä läpivärjättyjen, siis massavärjättyjen auringonsuojalasin massa on seostettu ppm - o/oo verran metallien, esimerkiksi seleenin, koboltin ja raudan, oksideja, joilla toivottu väri ja absorptioaste on saatu aikaan. Rakentamisessa käytetty soda lime -silikaattilasin pääraaka-aine on kvartsihiekkä, joka tyypillisesti sisältää hieman raudan oksideja. Nämä antavat lasille sen luonteenomaisen vihertävän värisävyn. Valmistus-eristä ja valmistuslinjoista riippumattoman vaihtokelpoisuuden varmistamiseksi kontrolloidaan raaka-aineseoksen materiaalipitoisuuksia erittäin tarkasti. Tarpeen vaatiessa lisätään seokseen erästä riippuen riittävästi esimerkiksi raudan oksideja. Valitsemalla erittäin vähärautainen perusraaka-aine, saadaan aikaan nk. erikoiskirkas eli rautavapaa lasi. Tuotteelle on tunnusomaista erittäin pieni valon ja aurinkoenergian absorptio, joten se myös vaikuttaa erittäin kirkkaalta.

Käyttösovelluksista tyypillisiä ovat erittäin paksut laminoituidet suojauslasitusrakenteet ja erityyppiset aurinkokeräimet ja -parien substraatit ja kapselit. Lisäämällä raaka-aineseokseen normaali reseptiin verrattuna hieman enemmän raudan oksideja saadaan aikaan vihreä läpivärjätty auringonsuojalasi. Muihin seoksiin/väreihin verrattuna vihreällä lasilla on erittäin edullinen läpäisy spektri, g-arvoon verrattuna korkea valonläpäisy.

Korkealla valonläpäisevyydellä on tärkeä merkitys rakentamisessa. Auringonvalon valohyötysuhde (lm/W) on edelleenkin selvästi korkeampi tavallisiin keinovalonlähteisiin verrattuna. Lisäksi luonnonvalon spektri, joka on jatkuva ja sinivihreää vastaavalle aallonpituusalueelle painottunut, huippu noin 550 nm, on evoluution seurauksena kehittyneen nykyihmisen hyvinvoinnille ylivoimainen.

Etenkin toimitilarakentamisessa meidän pohjoisilla leveysasteilla on ihmisten psykofyysisen toimintakyvyn kannalta riittävän luonnonvalon saannin turvaaminen ratkaisevan tärkeää.

Energiansäästölasi

Soda lime -silikaattilasin läpäisy spektri putoaa jyrkästi aallonpituuden 2.5 µm yläpuolella.

Lasin pinta heijastaa huoneen pintojen emittoimasta, aallonpituudeltaan yli 5 µm infrapunasäteilyä noin 15 %, loppu noin 85 % absorboituu lasiin.

Lasi ei siis teknisessä mielessä suoraan läpäise lämpösäteilyä. Absorptiokerroin on siis noin 0.85, joka taas lukuarvoltaan on yhtä suuri emissiokertoimen kanssa. (Standardissa SFS-EN 572 soda lime -silikaattilasin $\epsilon = 0.837$). Vaikka lasi siis absorboi lämpösäteilyn erittäin tehokkaasti, se myös luovuttaa emittoimalla energian edelleen korkealla hyötysuhteella. Lämmöneristeenä yksittäinen lasilevy on siis varsin keho (U-arvo noin 6 W/m²K). Eristyslasirakenteella, jossa kaksi tai useampia lasilevyjä sulkee yhden tai useamman kaasuvälin vähentäen huomattavasti lämmön johtumista, saadaan lämmöneristävyyttä parannettua merkittävästi. Yhdellä ilmavälillä U-arvo on noin 3 W/m²K ja kahdella ilmavälillä noin 2 W/m²K. Lasien/ilmavälien määrän lisääminen edelleen joltai käyttöä kannalta painaviin ja kömpelöihin rakenteisiin.

Tavallisista float-laseista koostuvan eristyslasin lämmönläpäisystä = energiahukasta noin kaksi kolmasosaa tapahtuu säteilemällä. Lasipinnan emissiviteetti = kyky säteillä lämpösäteilyä (IR) on korkea, $\epsilon = 0.837$ (SFS-EN 673), joka on siis myös absorptiokertoimen arvo. Huoneenpuoleinen lasi lämpenee, kun se absorboi huoneen pintojen emittoimaa IR-säteilyä, mutta luovuttaa energian ulos kylmän suuntaan hyvällä hyötysuhteella korkeasta emissiviteetis-

tään johtuen. Sama toistuu lasirakenteessa edelleen ulospäin mentäessä.

Lasiteollisuus toi 80-luvun alussa markkinoille pinnoitteet, joille on ominaista riittävän korkea valonläpäisy yhdistettynä lasipintaan verrattuna selvästi alhaisempi emissiviteetti. Tämä toisaalta tarkoittaa korkeaa lämpösaiteilyn heijastusta.

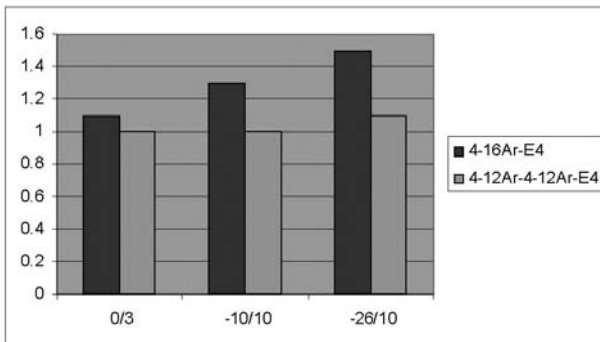
Teollisessa tuotannossa käytetään nykyisin kahta eri pinnoitusteknologiaa:

- Float-lasin valmistuksen yhteydessä, noin 630 °C lämpötilassa tapahtuva pyrolyyttinen CVD (Chemical Vapour Deposition), kemiallinen kaasufaasikasvatus. Puhutaan prosessin sijainnista johtuen On Line -pinnoituksesta. Pinnoitteiden luonteesta johtuen niitä kutsutaan yleisesti kovapinnoitteiksi. Yleisin pinnoite on dopattua tinaoksidia (SnO₂). Tyypillinen emissiviteetti -kertoimen arvo on $\epsilon = 0.15$. Nämä pinnoitteet ovat yleensä laminoitavissa ja karkaistavissa. (Ilmaisen) aurinkoenergian kokonaisläpäisy (TST, g-arvo) on korkeampi nk. pehmeäpinnoitteilla (ks. alla). Eräs ko. pinnoitteiden käyttösovellus on sähkölämmittinen lasi.
- Erillisessä tyhjökammioinjassa tapahtuva nk. sputterointiprosessi. Koska valmistus tapahtuu lasin valmistuksen jälkeen, puhutaan Off Line -prosesseista. Pinnoitteet ovat sandwich-ohutkalvorakenteita, low-e kerroksena on hopea. Nykyisin tyypillinen näiden nk. pehmeäpinnoitteiden emissiviteettikertoimen arvo $\epsilon = 0.04$. Kovapinnoitteisia energiansäästölaseja alempi emissiviteetti johtaa siis eristyslasien parempaan lämmöneristävyyteen, matalampaan U-arvoon = lämmönläpäisykerroin (ent. K-arvo), mutta vastapainona on tyypillisesti alhaisempi g-arvo. Sillä on merkitystä etenkin energiatšetarkasteluissa.

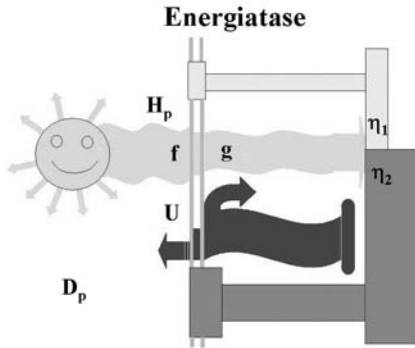
Eristyslasien U-arvo lasketaan ja ilmoitetaan nykyisin perustuen standardiin SFS-EN 673. Käytetään eristyslasin täytekaasuna ilman sijasta argonkaasua ja optimoimalla lasien väli lämmöneristävyyden kannalta voidaan kaksinlasisilla (2k) eristyslaseilla saavuttaa U-arvo 1,1 W/(m²K) (vrt. 2k ”kirkas” ilmatäytteisenä U = 2,9 W/(m²K)). Lisäämällä yksi lasi ja siis kaasuväli vastaavat arvot ovat 3k-eristyslasilla 1,0 W/(m²K) (ja 1,9 W/(m²K)). Tämä pieni, 0,1 W/(m²K) ero on osoittautunut sudenkuopaksi, johon valitettavan useissa kohteissa on langettu. Ko. standardin mukainen U-arvo määritellään nimittäin tavalla, joka vastaa karkeasti olosuhteita sisällä 20 °C, ulkona 0 °C ja tuulen nopeus 3,5 m/s. Meidän talvisäämme on kuitenkin usein selvästi rankempi, rannikolla tuuli yhdistyy pakkaseen ja sisämaassa on usein huomattavasti alhaisempiä lämpötiloja. 2k-eristyslasin (yksi kammio) välitilassa konvektio kasvaa ripeästi vastakkaisten lasipintojen lämpötilaeron ja tuulen nopeuden kasvaessa. Lasirakenteen lämmönsiirtokerroin ulos kasvaa nopeasti jopa kaksinkertaiseksi. 3k-rakenteessa (kaksi kammioa) on käyttäytyminen selvästi rauhallisempaa.

Tarkastelussa ei ole otettu huomioon eristyslasin välitilan keskimääräistä kaventumista lämpötilan laskiessa, jolloin välitilan paineen laskun seurauksena lasit puristuvat lähemmäs toisiaan. Ilmiö pahentaa tilannetta ja korostaa eroa entisestään. Jo rakennustuotedirektiivin kuudes keskeinen vaatimus liittyy energian säästöön nimenomaan vallitsevassa ilmastossa.

Käytön viihtyvyyden kannalta vähemmän kriittisissä tiloissa saadaan lasitus viranomaismääräysten määrittämään minimitasoon edullisesti kaksinkertaisilla eristyslaseilla. Energia-tarkastelussakaan ei tehdä merkittävää virhettä, koska lämmityskauden keskilämpötila on ti-



Kuva 3. U-arvon riippuvuus olosuhteista, 2k ja 3k.



EN ISO 14438 Energiataseluku

$$E = U - g \cdot \frac{\eta \cdot f \cdot H_p}{D_p}$$

U	[W/m ² K]
g	aurinkoenergian kokonaisläpäisy
η	hyötysuhde, rakenteiden kyky sitoa säteilyenergiaa (vertailu 0.6)
f	huolto- / varjostuskerroin, likaantuminen jmv. (vertailu 0.8)
H _p	varjostumaton säteilyenergia (lämmityskausi) [kWh/m ²]
D _p	astepäiväluku [K · 24h]

Kuva 4. Energiatase, hukka – hyöty.

heimin asuissa osissa Suomea 0 °C tuntu-
massa. Mikäli tiloilta vaaditaan työ- ja oleskelu-
viihtyisyyttä, tulee ilmastomme ottaa huomioon
ja valita kolminkertainen lasitus. Vaatimus ko-
rostuu vähänkin suurempia ja etenkin korkeam-
pia lasituksia käytettäessä.

Nykyinen RakMK osa C3, Rakennuksen
lämmöneristys, ottaa käytännössä huomioon ai-
noastaan johtumis- ja säteilyhäviöt. Lasiraken-
teiden läpäisemää, sisälle suuntautuvaa ilmaista
auringonenergiaa ei taulukkotarkasteluiden nk.
vertailurakennuksessa oteta lainkaan huomi-
oon. Tämä lasirakenteiden energiatasetarkaste-
lu on edullista tehdä määräysten sallimaan kom-
pensointiperiaatteen pohjaavassa, kokonais-
energiantarvetarkastelussa.

Suomi on sitoutunut mukauttamaan lakinsa ja
määräyksensä ottamaan huomioon vuoden 2006
alusta voimaantulevan rakennusten energiate-
hokkuusdirektiivin vaatimukset. Toukokuussa
2004 alkoi Suomessa Ikkunoiden energialuokit-
telu -ohjelman pilotointivaihe (www.motiva.fi).
Siinä ryhmä ikkunavalmistajia on sovitun, Suo-
men oloihin sovitun laskentamenettelyn mu-

kaisesti ryhmitellyt tuotannossa olevat ikkunansa
energialuokkiin. Luokittelu ilmoitetaan kulutta-
jalle jo kodinkoneista tutuilla symboleilla, luokat
A, B, C, jne. Luokka A on energiatehokkain. Jär-
jestelmä on tarkoitus ottaa käyttöön vuoden 2006
alusta. Hanke on sopusoinnissa uuden eurooppa-
laisen rakennusten energiatehokkuusdirektiivin
periaatteiden kanssa. Suomessakin ollaan tätä
kirjoitettaessa (kesä 2004) valmistelemaan em.
direktiivin perusvaatimusten soveltamista tule-
viin RakMK:n osiin.

Palonsuojaus

Kun nyt voimassaolevan Suomen Rakentamis-
määräyskokoelman osan E1, Rakennusten palo-
turvallisuus, määräykset ja ohjeet, varsinainen
edeltäjä julkaistiin lokakuussa 1980, ei mark-
kinoillamme ollut palon kuumuutta eristäviä pa-
lonsuojalaseja. Ensimmäinen toimiva ratkaisu
oli tosin juuri esitelty Keski-Euroopassa ja se
perustui float-lasien väliin laminoituihin kuumuudessa vaahdottuviin välikerroksiin. Mark-
kinoilletulon jälkeen on kehitys ollut ripeää.
Uusia ratkaisuja on kehitetty vastaamaan arkkitehtuurin jatkuvasti kasvaneita tarpeita hyödyn-
tää lasin läpinäkyvyyden tarjoamia etuja etenkin
julkisessa ja toimitalarakentamisessa.

Ihmiset haluavat oleksella ja työskennellä ava-
rassa, luonnonvalon täyttämässä tilassa. Myös
visuaalisella kontaktilla on tärkeä merkitys. Tur-
vallisuudentunteen kannalta on keskeistä, että
ihminen pystyy sijoittamaan itsensä suhteessa
ympäristöönsä, käytännössä se korostuu mah-
dollisessa paniikkipoistumistilanteessa.

Vaatimukset ja toiveet pitää toteuttaa henkilö-
turvallisuus ja riittävä omaisuuden suoja varmis-
taen. Turvallisuus onkin palonsuojauksen suun-
nittelun ja toteutuksen peruslähtökohta. Suoma-
laisessa rakentamisessa on vielä paljon tietämät-
tömyyttä ja jopa täysin virheellisiä käsityksiä pa-
loteknisistä toimivista ja luotettavista lasiraken-
teista. Pelkästään määräysten minimimitason täyt-
tävät ratkaisut eivät myöskään usein täyty eetti-
sesti kestävä ajattelun kriteerejä.

Lasirakenteiden palotekninen luokittelu

Eurooppalainen standardi SFS-EN 13501-2,
Fire classification of construction products and
building elements. Part 2: Classification using
data from fire resistance tests, excluding ventila-
tion services luokittelee lasirakenteet kolmeen
luokkaan:

E	Tiiveys liekkejä ja palokaasuja vastaan
EW	Edellisen lisäksi rajoitettu lämpösäteilyn läpäisy
EI	Eristävyys

Kirjainten perässä oleva luku ilmoittaa luoki-
tuksen hyväksymän ajan minuutteina.

E-luokka

Sinänsä edullinen, paloteknisesti pelkän tiiveysvaatimuksen täyttävä lasirakenne sisältää kaksi paloturvallisuuden kannalta vakavaa riskiä. Ne ovat palotilanteessa polttavan kuumaksi kohoava pintalämpötila ja palon kuumuuden synnyttämän lämpösäteilyn läpäisy. Palotilanteessa kirkaana pysyvän, ainoastaan liekkien ja palokaasujen kannalta tiiviin palonsuojalasin palon vastakkaisen puolen pintalämpötila nousee 30 min kestäneen standardipalon jälkeen noin 550 °C:een. Vastaavasti lämpösäteilyn intensiteetti lähellä lasin pintaa nousee noin 40 kW/m²:iin ja 1 m etäisyydelläkin noin 28 kW/m²:iin.

EW-luokka

Ellei rakenteelta välttämättä vaadita täyttää paloteknistä eristävyyttä (EI), mutta pelkän E-luokan vaatimukset täyttävä ratkaisu ei anna riittävää paloturvallisuutta, on usein edullista käyttää rajoitetun lämpösäteilyn läpäisyn omaavaa ratkaisua (EW).

EW-luokkaan soveltuvat palonsuojalasiat perustuvat float-lasin välissä oleviin, palotilanteessa sameneviin kerroksiin. Tehokkaimmin toimivat ratkaisut perustuvat palonsuojakerroksen sisältämän veden energiaa sitovaan haihtumiseen palotilanteessa sekä samalla tapahtuvaan eristävyyttä lisäävään vaahdottomismekanismiin. Markkinoilla on tuotteita, jotka alle 10 mm paksuisenakin (nimellispaksuus ennen paloa) rajoittavat säteilyn läpäisyn standardi polttokokeessa 30 min jälkeen testattavan lasin pinnan välittömässä läheisyydessä tasoon 8 kW/m² (vrt. 40 kW/m²), metrin päässä noin 6 kW/m² (vrt. noin 28 kW/m²) ja vastaava pintalämpötila pysyy noin 340 asteessa (vrt. 550 °C).

Suomessa on nk. suojaetäisyyden määrittäväksi rajaksi asetettu suoksimi, 10 kW/m². Suojaetäisyyttä ei siten tarvita. Vastaavaan tekniikkaan perustuva 10 mm paksuinen kokonaisrakenne rajoittaa lämpösäteilyn intensiteetin 30 min jälkeen 1 m etäisyydellä mitattuna arvoon noin 3 kW/m² ja pintalämpötila vastaavasti 260–330 °C. Monen tähän mekanismin perustuvan palonsuojalasin pinnalta mitatut lämpötilat ylittävät eristävyys (EI-luokka) kriteeriksi määritellyt maksimiarvot vasta 16–20 minuutin khdollalla, eli tältä osin täytyvät myös EI 15-luokan vaatimukset.

EI-luokka

EI-luokan polttokokeessa mitataan tulen vastakkaisen puolen pintalämpötiloja useasta pisteestä. Tutkittavan rakenteen vastakkaisen puolen pintalämpötila ei saa nousta keskimäärin 140 K:iin eikä maksimissaankaan 180 K:iin.

Kehittäminen vaatii yhteistyötä

Lasirakenteiden paloteknistien ratkaisujen laatu- ja suorituskyvyn kehittäminen rakentami-

ssa vaatii useiden tahojen yhteistyötä ja -ymmärrystä. Arkkitehdin on pidettävä paloturvallisuus mielessä suunnitellessaan viihtyisiä, toimivia, käyttäjäystävällisiä ja esteettisiä ratkaisuja, jotka ovat sopusoinnussa myös rakennusvalvonnan, paloviranomaisten ja määräyksiä laativien viranomaisten näkemysten kanssa. Rakeneratkaisuja kehittävien toimijoiden on puolestaan yhdessä palolasiens toimittajien kanssa kehitettävä viranomaisvaatimusten ja arkkitehtien sekä käyttäjien toiveiden mukaisia luovia ratkaisuja.

Koska kyse on ihmishengistä ja suuristakin omaisuusarvoista, on jokaisella työhön osallistuvalla henkilökohtainen vastuu omalta osaltaan huolehtia oikeaoppisesta palonsuojalasiens käytöstä:

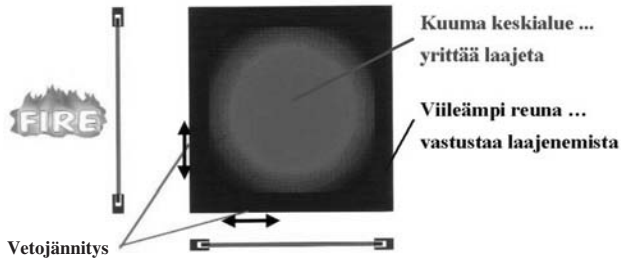
- Käytetäänkö palonsuojarakenteita siellä missä niitä tulee vaatia?
- Onko valittu paloluokka oikea?
- Onko oikea tuote valittu oikeaan rakennekonaisuuteen?
- Onko rakenne testattu ja onko se hyväksytty?
- Voidaanko testausta ja hyväksyntää soveltaa juuri kyseessä olevassa tapauksessa?
- Onko rakenne toteutettu täsmälleen testatussa ja hyväksytyssä muodossa?

Oheisen listan kysymykset kuvaavat ainoastaan määräyksien, ohjeiden sekä testi- ja luokittelustandardien rajaamaa paloturvallisuuden minimitasoa. Suunnitteluun ja toteutukseen osallistuvien tahojen sisäisten standardien ja laadunohjauksen on oltava kunnossa sekä käytettävien tuotteiden ja järjestelmien että asennuksen osalta. Korkealaatuiset, varmatoimiset ja turvalliset palotekniset lasirakenteet voidaan toteuttaa ainoastaan alalla operoivien sisäiseen ohjaukseen ja kuriin perustuen. Pelkäämällä ulkoisella valvonnalla ei riittävään paloturvallisuuden tasoon voida päästä.

Palonsuojalasiens ja -rakenteiden erittäin vaativa tuotantotekniikka pitää niiden hintatason korkeana tavanomaisiin lasirakenteisiin verrattuna. Pyrkimys säästöihin houkuttelee leikkaamaan kustannuksia kaikissa vaiheissa, jolloin riski myös paloturvallisuuden kohtaloikkaaseen heikkenemiseen on ilmeinen. Paloturvallisuuden heikentämistä lyhytnäköisiä kustannusleikkauksia tekemällä ei saa sallia. Muutettakoon osa palolasirakenteista toteutusvaiheessa vaikka umpiosiin, mutta ei paloturvallisuuden kustannuksella.

Lasi palonsuojajana

On selvää, että palonsuojalasiat ja niistä koostuvat rakenteet vaativat erikoisasiantuntemusta. Lasi ei sinänsä ole luonnollinen palonsuojamateriaali, se on kiinteänä luonteeltaan hauras, sulatusprosessin avulla muotoutunut ja normaalisuom muodossaan varsin herkkä rikkoutumaan termisten jännitysten seurauksena.



Kuva 5. Lasin rikkoutuminen palotilanteessa.

Myös lämpökarkaistu lasi pirstoutuu dramaattisesti kun vetojännitys nousee liian suureksi.

Lasin prosessointi luotettavasti vastaamaan markkinoiden ja viranomaisten palonsuojarakenteilta edellyttämiä vaatimuksia asettaa erittäin suuret tekniset haasteet jo pelkästään rikkoutumattomana pysymisen eli tiiveysvaatimuksen osalta (paloluokka E), puhumattakaan lämpösäteilyn läpäisyn rajoittamisesta (EW) ja varsinaisesta kuumuutta eristävästä ratkaisusta (EI). Monenlaisia teknisiä ratkaisuja on kehitetty, esimerkiksi Euroopan markkinoilla on tarjolla jopa yhteentoista eri teknologiaan perustuvia palonsuojalaseja. Näin suuri teknologioiden kirjo tarkoittaa vääjäämättä suuriakin toimintamekanismien eroja eri ratkaisujen välillä. Markkinoilla ei siis ole helposti ja yksiselitteisesti määriteltävää käsitettä ”palonsuojalasi”.

Käytännön valinnat

Arkkitehdit, rakennuttajat, urakoitsijat, lasittajat, rakennus- ja palotarkastajat ovat kaikki omalta osaltaan vastuussa käyttäjien turvallisuudesta ja pahimmassa tapauksessa vahingon sattuessa myös korvausvelvollisia. Heille voidaan antaa joitakin perusneuvoja ja suosituksia palolasien oikeaoppisesta käytöstä:

1. Tärkein ja turvallisin sääntö on, että palonsuojalasia tulee käyttää ainoastaan osana testattua ja hyväksyttyä rakennetta. Tällainen rakenne koostuu erikseen määritellyistä ja nimetyistä palonsuojalaseista, jotka ovat osa varsinaisesti ja erityisesti tähän yhteyteen suunniteltua ja määriteltyä karmi- ja puitterakennetta. Kokonaisuus sisältää myös tarkasti määritellyt detaljit, lasitusmateriaalit, tiivisteet, helat, liittymät jne. Rakennetta koskevat myös sallitut maksimimitat ja pinta-alat. Kyseessä on este palon leviämistä vastaan ja sen voi olettaa toimivan luotettavasti ainoastaan yhtenä täsmällisesti määriteltynä kokonaisuutena.

Eri palolaseja ei missään tapauksessa saa muuta muutetta vaihtaa toisiin, koska tuotteiden tekniset spesifikaatiot, toimintamekanis-

mit ja suorituskyvyt saattavat oleellisestikin poiketa toisistaan. Tyypillinen esimerkki on lasitusdetaljiikka; tietyt tuotteet täytyy lasittaa karmiin normaalista lasimitoituksesta huomattavastikin poiketen, tarkasti valmistajan ohjeita noudattaen, jotta toivottu suorituskyky voidaan saavuttaa. Myös tyyppihyväksyntä ja valmisteilla oleva CE-merkintäjärjestelmä koskevat aina rakennekokonaisuutta, sen jakoja, muotoja, liittymiä, lasituskokoja ja mittasuhteita. Hyväksymättömät muutokset, aivan pienetkin ovat useissa polttokokeissa osoittautuneet hyvin potentiaalisiksi riskeiksi.

2. Laboratoriossa lasirakenteille tehty standardipolttokoe on juuri se ja vain se, ei yhtään enempää! Menettelyn merkitys on ainoastaan erottaa palolta suojaavat rakenteet niistä, joilla ei ole edes minimisuorituskykyä. Lisäksi rakenteet luokitellaan hyväksytyjen polttokokeiden perusteella standardien mukaisiin luokkiin. Testistandardin eräs peruspyrkimys on tietenkin myös varmistaa testien vertailukelpoisuus testauskerrasta ja laboratorion riippumatta. Se on varsin haasteellinen tehtävä, ehkä jopa idealistinen. Tehtävän vaikeuden tunnustavat sekä testauslaitosten että teollisuuden asiantuntijat. Asiaan on kyllä eurooppalaisessa CEN-standardointityössä vakavasti paneuduttu. Tuloksena on myös syntynyt testaus- ja luokitusmenetelmiä koskevat EN-standardit. Vaaditaan kuitenkin vielä runsaasti ristiin tehtyjä vertailukelpoisia testejä ennen kuin tiedetään, onko tavoitteeseen todella päästy. Työ on siis vasta alussa.

Todelliset tulipalot ovat kooltaan ja muodoltaan erilaisia. Riippuu mm. olosuhteista, paloriskistä, potentiaalisesta palokuormasta, rakennusten ja rakenteiden sijainnista sekä satumasta, mitä todella tapahtuu. On itsessään selvää, että palolta suojaavilta rakenteilta on pakko vaatia luotettavuutta. Toisin sanoen palonsuojalasi eivät saa olla muuta kuin, yleiskielellä ilmaistuna, paloturvallisia. Tämä tarkoittaa, että palonsuojalaksiksi nimetyn

tuotteen tulee luotettavasti säilyttää toimintakykyänsä palonrajoittajana palotilanteessa. Vahingon tulipalossa jo satuttua on liian myöhästä todeta, että tarkasteltava rakenne ei juuri tässä tapauksessa ja näissä olosuhteissa täyttäneitä vaatimuksia.

Esimerkki paloturvallisuuskriteerin soveltamisesta: Miten tarkasteltava tuote toimii, mikä on sen toimintamekanismi? Mitä oikeastaan tapahtuisi, jos lasi jostakin syystä rikkoutuisi tai se vahingoittuisi suorituskykyä heikentävällä tavalla? Mitkä ovat riskit ja todennäköisyydet? Olisiko jopa mahdollista, että katastrofaalinen vikaantuminen pääsisi tapahtumaan johtaen koko paloesteen romahuttamiseen, pienikin riski? Toimiiko rakenne luotettavasti riippumatta kummalla puolella palo on? Onko E-luokan rakenteiden läpäisemän säteilyn potentiaalinen intensiteetti arvioitu oikein suhteessa rakenteen pinta-alaan ja suojaetäisyyteen? Toteutuuko vaadittava suojaetäisyys kaikissa olosuhteissa? Olisiko turvallisempaa valita lämpö säteilyn läpäisyä rajoittava (EW) ratkaisu?

3. Kuinka perusteellisesti tarkasteltava palonsuojalasi on testattu? Luotettavuudella on tilastollinen luonne. Tämän vuoksi on perusteltua tarkastella, montako testiä tuotteelle on tehty, erilaisten rakenteiden määrä, käyttöalueet ja rakennemateriaalit, joiden yhteydessä lasi on menestyksellisesti testattu. Monesako testauslaitoksessa ja minkä testausstandardien mukaisesti tuotteen on osoitettu täyttävän vaatimukset? Esimerkiksi yli 500 onnistunutta testiä eri rakenteissa eri maissa ja laboratorioissa edustaa parempaa tilastollista luotettavuutta kuin 10–20 testiä harvoissa testauslaitoksissa.

Paloteknisen tyyppihyväksynnän merkitys

Suomessa rakenteen palotekninen tyyppihyväksyntä on paitsi rakenne- myös hakija- eli yritys-kohtainen. Yritykseltä vaaditaan lisäksi laadunvalvontasopimus ulkopuolisen hyväksytyin laitoksen kanssa. Tyyppihyväksyntä on tarkastavaa viranomaista velvoittava ja sitova. Valitettavasti paloteknisellä tyyppihyväksynnällä on maassamme perinteisesti ollut varsin vähäinen käytännön merkitys. Paikallisella tasolla kohdekohtaisesti tapahtuva tarkastus-, harkinta- ja hyväksyntämenettely jättää paljon tilaa subjektiivisille näemyksille ja se onkin johtanut vaatimustasoltaan suurinkin paikkakunta- ja tapauskohtaisiin eroihin. Ympäri maata voi törmätä varsin eriskummallisiin rakenteisiin, joiden tarkoituksena voi joskus vain väittää kuvitella olevan toiminta paloteknisesti osastoivana lasirakenteena.

Viimeaikoina ja etenkin suurimmissa kaupungeissamme ovat tarkastuskäytännöt selvästi tehostuneet ja palotekniset vaatimukset tiuk-

tuneet. Tämä on luontaisesti johtanut tyyppihyväksytyjen lasirakenteiden määrän ja vaihtoehtojen lisääntymiseen. Aina ei kuitenkaan löydy tarpeita tyydyttävää ja juuri Suomessa tyyppi-hyväksyttyä palolasirakennetta. Tällöin voidaan perustellusti ajatella, että todelliset tulipalot poikkeavat toisistaan käytännössä huomattavastikin enemmän kuin eri maiden vieläkin voimassaolevat tai kenties juuri poistuneet testausstandardit. Edes jossakin testattu ja hyväksytty rakenne on siis huomattavasti turvallisempi valinta kuin täysin testaamaton. Tilanteessa täytyykin asiantuntemusta käyttäen vastuullisesti varmistaa (tarkastaa!), että rakenteen valmistuksessa ja asentamisessa toimitaan täsmällisesti esimerkin mukaisesti. Arviointia luonnollisesti helpottaa, mikäli rakenteen toteuttava yritys on tunnettu vastuullisena, osaavana ja kokeneena tällä erittäin vaativalla alalla.

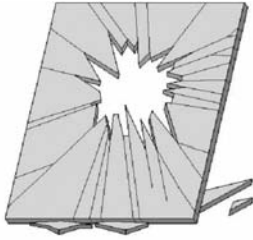
Henkilöturvallisuus

Rakennusten, kuten rakennetun ympäristön kokonaisuudessaankin tulee luonnollisesti olla käyttäjilleen riittävän turvallinen. Meillä vuonna 2001 julkaistu RakMK osa F2 Rakennuksen käyttöturvallisuus, sisältää ensimmäistä kertaa käsitteen ”turvalasi”. Rakentamisen kulttuuri on muutoinkin tältä osin nuori ja kehitysvara on vielä paljon. Valitettavasti F2 jättää turvautumatta standardeihin määritellessään turvallisten lasirakenteiden ehtoja. Puutteen korjaamiseksi julkaisi Suomen Tasolasiyhdistys ry vuonna 2003 oppaan turva- ja suojalaseista. Siinä käsitellään osittain myös suojauslajeja. Tässä tarkastelussa ei ole toistettu em. dokumenttien sisältöä, vaan pyritty täydentämään niitä sekä täsmentämään eräitä tulkintoja.

Riskit ja käsitteet

Tavallisen rakennuslasin aiheuttamat turvallisuusriskit liittyvät lasin taipumukseen rikkoutua terävämuotoisiksi ja –reunaisiksi, jopa tikarimaisiksi, helposti viiltovammoja aiheuttaviksi kappaleiksi.

Lasin käytön lisääntymisen myötä ovat myös riskit kasvaneet potentiaalisesti. Lasiteollisuuden nykyisin tarjoamat turvalasit oikeaoppisesti käytettynä vähentävät oleellisesti juuri viiltovammojen syntymisen riskejä. Tällä ei sinänsä ja suoranaisesti ole tekemistä (turva)lasin lujuusominaisuuksien kanssa. Kaikki lasirakenteet tulee luonnollisesti mitoitaa kestämiään niihin kohdistuvat kuormat. Poikkeustilanteissa saattaa kuitenkin syntyä lasin rikkoutumisen aiheuttavia, suunnitellusta poikkeavaa kuormitustilanteita, joten pelkkä oikea rakenteellinen mitoitus ei takaa lasirakenteiden turvallisuutta. Asia sotketaan varsin usein. Sama koskee esine- ja henkilösuojaukseen kihitettyjä lasia, olloinkin että ne usein käyttäytyvät turvalasin tavoin.



Kuva 6. Kun tavallinen lasi rikkoutuu, se saattaa aiheuttaa viiltovammoja.

Turvalaseja (Safety) käytetään paikoissa, joissa syntyviin tilanteisiin meistä kuka tahansa voi joutua ja joissa lasin rikkoutuminen aiheuttaa kohonneen viiltovammautumisen riskin. Suojalaseja (Security) on kehitetty suojaamaan henkilöitä ja omaisuutta ulkopuoliselta tahallista vahingonaiheuttamiselta.

Turvalasin valinta

RakMK osa F2 määrittelee turvalasit valittavan ylimalkaisesti tuotetyypin – karkaistu, laminoitu ja rautalankalasi – ei luokiteltujen turvaominaisuuksien perusteella. Markkinoilla nimittäin on lukuisia tyyppiä erilaisia laminoituja lasia ja vastaavasti laminoituja turvalaseja. Sama koskee mainittuja muitakin lasityyppejä. Eurooppalainen standardi SFS-EN 12600, Rakennuslasit. Heiluritestit. Tasolasin iskutesti ja luokitus Glass in building. Pendulum test. Impact test method and classification for flat glass, luokittelee turvalasit kolmeen iskuenergiatasoon ja rikkoutumismekanismiltaan kolmeen luokkaan. Heilurin kolme pudotuskorkeutta 190, 450 ja 1200 mm määrittelee luokat 3, 2 ja 1 ja rikkoutumismekanismit A = tavallinen lasi, B = laminoitulasi ja C = karkaistulasi.

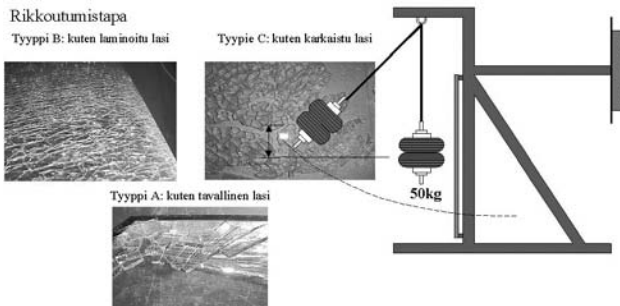
Luokka A ei siis täytä turvalasin määrittelyehtoja. Lisäksi standardissa tarkastellaan ehtoa, ei rikkoutu/rikkoutuu turvallisesti. Tästä määrittyy vastaavan pudotuskorkeuden koodi.

Esimerkiksi SFS-EN 12600, 2(B)2 tarkoittaa, että testattu lasi täytti pudotuskorkeuden 2-ehtoon, käyttäytyi rikkoutuessaan kuten laminoitulasi (B) ja lasi rikkoutui turvallisesti pudotuskorkeudelta 2. Turvallinen rikkoutuminen määritellään testissä rikkoutuneeseen laminoituun lasiin syntyneen aukon perusteella. Vastaavasti karkaistun turvalasin määrittelyehtona on lasin rikkomisen jälkeen syntyvien varsin pyöreäreunaisten murujen lukumäärä ja koko [kpl/pinta-ala] ja [maksimi pinta-ala]. Läheskään kaikki markkinoiden rautalankalaseista eivät täytä standardin SFS-EN 12600 ehtoja, eikä niitä siten yleisesti voida pitää turvalaseina, vaikka näin erheellisesti esitetäänkin. Rikkoutuessaan rautalankalasi toimii kuten laminoitulasi.

Lämpölujitetut ja kemiallisesti lujitetut lasit eivät ole turvalaseja. Niitä voidaan toki käyttää laminoituissa rakenteissa.

On tehty tutkimuksia, etenkin turvalasitusten johtavassa maassa Iso-Britanniassa, joiden perusteella on määritelty vammautumisen kannalta kohonneen riskin alueet. Yleistäen ne ovat kulkureittejä rajaavat, noin kaidekorkeuden alapuoliset lasitukset sekä kulkuaukot ja niiden reunat. RakMK F2 määrittelee alalasiukset lattiatiasosta 700 mm asti ja ovet ja niiden vierustat 300 mm leveydeltä 1500 mm asti lasitettavaksi turvalaseilla. Pienikin osa lasia em. alueella edellyttää ominaisuuksia koko ruudulta.

Edellämainittu koskee tiloja, joihin jokaisella on vapaa pääsy ja tiloja, joissa on lapsia. Asuinrakentamisessa F2:n mukaan tavallinen 6 mm paksu rakennuslasi riittää turvallisena alalasiuksena. Se on selvästi ristiriitainen aiemmin esitetyn ajattelun kanssa. 6 mm paksuinen lasi kestää toki suurempia kuormia, mutta rikkoutuessaan, mistä syystä tahansa, esimerkiksi useamman voiman yhteisvaikutuksesta, on vammautu-



Kuva 7. Riskivyohyke, käytä turvalasia.

misen riski vähintään yhtä suuri kuin ohuempia lasoja käytettäessä. Lisäksi voidaan esittää kysymys, eikä asuntoja Suomessa suunnitella lapsia varten.

Periaatteena tulee tietenkin olla, että se puoli, miltä mahdollinen törmäys voi tapahtua, tulee lasittaa turvalasilla. Lämpökarkaistu turvalasi on vastaavaan karkaisemattomaan verrattuna huomattavasti lujuempaa. Varsinaisen luokittelun kannalta keskeinen turvaominaisuus perustuu kuitenkin karkaistun turvalasin rikkoutumiseen vammautumisen riskin kannalta pieniksi, varsinkin pyöreäreunaisiksi muruiksi. Rikkoutuessaan karkaistu turvalasi siis menettää mekaaniset ominaisuutensa, se poistuu paikastaan. Mikäli syntyvän aukon takana on pudotuskorkeutta vähintään 500 mm, tulee tällaisessa paikassa, esimerkiksi kaiteessa, käyttää laminoitua lasia. Mikäli toisaalta joku muu syy vaatii lasin karkaisua, esimerkiksi lasitustavasta johtuvat lasiin syntyvät viivamaiset tai pistemäiset keskittyneet jännitykset, tulee molempien karkaisujen lasien yksin täyttää tilanteen lujuusvaatimukset.

Johdonmukaista on, että mitä suurempi mahdollinen törmäysenergia on, sitä korkeampi on turvaluokka. Esimerkiksi englantilaisissa määräyksissä vaaditaan korkeinta luokka 1, kun vapaa tie kohtisuoraan lasitusta vasten on 1500 mm tai enemmän. Muutoin riittää luokka 3. Samoin, kun ruudun pienempi sivu ylittää 900 mm, vaaditaan vähintään luokan 2 turvalasia. Mikäli turvalasien käytöltä pyritään välttymään lasituksen eteen asennettavilla törmäysoiteilla, tulee näiden rakenteiden täyttää kaiteille asetetut vaatimukset, pelkät käsijohteet eivät tietenkään tuo turvalaseja vastaavaa käyttöturvallisuutta. Useissa kansallisissa määräyksissä ja ohjeissa sallitaan poikkeuksena tavallisen 6 mm float-lasin käyttö pienikokoisina ovilaseina, jolloin tyyppilinen ehto on: pienempi mita enintään 250 mm ja pinta-ala enintään 0,5 m².

Kattolasitus

Alalta puuttuu tätä kirjoitettaessa (kesä 2004) laajasti hyväksytty metodiikka lasitusten rakenteellisen lujuuden mitoittamiseksi. Koska eurooppalaisen standardoinnin valmistuminen näyttää vielä kestävän, ovat alan toimijat Suomessa valmistelemaan väli aikaista, mutta yhteisesti sovittua ja mahdollisimman toimivaa menetelmää. Koska lumikuorman aiheuttamasta kattolasin rikkoutumisesta saattaa olla kohtalokkaat seuraukset, on paitsi mitoittukseen, myös turvallisuusriskien hallintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. Lasilla katemateriaalina on joukko sinänsä edullisia ominaisuuksia. Lumen tarttuvuus lasiin on heikko, lumihiuhteet irtoavat lasista ilmavirtausten vaikutuksesta helpommin kuin monista muista materiaaleista. Lumi myös liukuu pois lasikatolta helposti. Tätä

edesauttaa mahdollisuus mitoittaa lasirakenteen lämmönläpäisy kohtuulliseksi, joka puolestaan edesauttaa liukumista lumen sulassa liukupinasta. Alaa läheltä seuranneiden yleinen ja vankkumaton mielipide on, että lasikatoilla ei käytännössä ole havaittu norneissa esiintyviä lumikuormia. Tiedossa ei myöskään ole lumikuormasta rikkoutuneita kattolaseja. Ilmeistä on, että noudatettavat varsin vaihtelevat mitoittustavat ovat johtaneet käytännössä riittävään kattolasitusten lujuteen. Turvallisuus on siis tältä osin kunnossa.

Rikkoutumisia saattaa kuitenkin tapahtua ja niiden sekundaaristen ilmiöiden aiheuttamia turvallisuusriskejä tulee pienentää. Mikäli karkaistu lasi rikkoutuu muutaman metrin korkeudessa, sataa alla olijan päälle annos pyöreäreunaista lasimurua. Vaikka se olisi esimerkiksi lumeen sekoittuneena, varsinaista vammautumisen riskiä tuskin on. Tällä perusteella noin 5 m korkeutta voidaan pitää riittävän turvalliseina yksittäisillä karkaistuilla turvalaseilla tehtävään lasitukseen. Korkeuden kasvaessa tulee siirtyä käyttämään laminoituja turvalaseja, minimi PVB-laminaattikalvon paksuutena pidetään 0,76 mm. Lasitustavan on tietenkin oltava riittävän tukeva ja luja, jotta rikkoutuneenkin laminoitun lasin liukuminen pois kyynteestä estyy. Eristyslasissa ylemmälle lasille kohdistuu turvallisuustarkastelussa ainoastaan lujuusvaatimuksia, kunhan alempana lasina käytetään laminoitua turvalasia.

Muita käyttökohteita

Uimaloille, saunatiloille, pesuhuoneille yms. märkätiloille ovat yhteistä paitsi luukkaat pinnat, myös se, että käyttäjät ovat niissä haavoittuvaisimmillaan, ilman vaatteiden tuomaa suojaa. Näissä tiloissa on turvalasien oikeaoppinen käyttö välttämätöntä.

Huonekaluissa ja kalusteissa tulee käyttää turvalasia aina, kun lasi ei ole koko pohjaltaan tuettu, samoin, ellei lasi sijaitse kaapissa tai muuten suojatussa tilassa.

Rakennustuotteiden CE-merkintä

CE-merkintäjärjestelmästä on myös rakennusalalla puhuttu ja kirjoitettu jo paljon. Palonsuojaukseen tarkoitettujen lasirakenteiden kuuluvat ainoina yhdessä luodin- ja räjähdyskensusuojarakenteiden kanssa korkeimpaan vaatimustenmukaisuuden osoitus -luokkaan (AoC) 1, muut rakennuslasituotteet on jätetty luokkaan 3. Olikoonkin, että CE-merkintä on valmistajan vakuutus, se käytännössä tulee nostamaan palonsuojarakenteiden suorituskyvyn varmistuksen nykyistä tyyppihyväksyntämenettelyä vastaavalle tasolle.