

Tampereen ammattikorkeakoulu, alempi amk-tutkinto
Kemiantekniikan koulutusohjelma, Kemiantekniikka
Satu Kämäräinen

Opinnäytetyö

TESTIPROSEDUURIN JA DOKUMENTOINTIJÄRJESTELMÄN
KEHITTÄMINEN TAIVUTETTAVIEN PINNOITELASIEN
TESTAUKSEEN

Työn valvoja lehtori Esa Väliaho
Työn tilaaja Suomen Turvalasi Oy, valvoja tuotantopäällikkö Harri Rajamäki
4 / 2009

Työn tekijä	Satu Kämäräinen
Työn nimi	Testiproseduurin ja dokumentointijärjestelmän kehittäminen taivutettavien lasien pinnoitetestaukseen
Sivumäärä	52 sivua ja 2 liitettä
Valmistumisaika	4 / 2009
Työn ohjaaja	Lehtori Esa Väliaho
Työn tilaaja	Suomen Turvalasi Oy, valvoja tuotantopäällikkö Harri Rajamäki

Tiivistelmä

Lasi on kehittynyt materiaalina yksinkertaisista ikkunoista suosituksi ja paljon käytetyksi rakennusmateriaaliksi. Luonto halutaan tuoda taloihin ja rakennuksiin sisään. Taivutetun lasin käyttö rakennuksissa on lisännyt entisestään lasirakentamisen näytävyyttä. Taivutettaviksi laseiksi eivät käy kaikki tasolasit, ja tästä syystä asiakkaan valitsemat lasit on testattava ennen myyntisopimuksen allekirjoittamista. Vakiintuneitten testiproseduurien ja olemattoman dokumentointijärjestelmän puuttuessa tieto tehdyistä testeistä on jäänyt muistin varaan.

Markkinajohtajuuden säilyttäminen vaatii tehokasta tuotekehitystoimintaa ja yrityksen toiminnanlaadun jatkuvaa parantamista. Suomen Turvalasin ostettua Tambest Oy:n liiketoiminnan, alkoi samassa aallossa tuotekehitystoiminnan uudelleen käynnistys. Tuotantoprosessin kehittäminen aloitettiin testiproseduurien ja dokumentointijärjestelmien kehittämisestä. Dokumentointijärjestelmä sisällytettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään. Näin saatiin yksi yhtenäinen järjestelmä, jolla pysytään seuraamaan uusien markkinoille saapuvien pinnoitelasien taivutusmahdollisuuksia, päivittämään Tambestin taivutettavien pinnoitelasien valikoimaa sekä helpottamaan myyntisopimusten käsittelyä. Dokumentointijärjestelmä poisti lisäksi yrityksestä sisäisen tiedonkulun ongelman tuotannon ja myyntiosaston väliltä.

Työn lopputulos oli onnistunut ja dokumentointijärjestelmä koettiin toimivaksi ja tehokkaaksi työkaluksi. Forssan tasolasitehtaalle tehtiin vielä samalla konseptilla dokumentointityökalu laminoititestaukseen. Tulevaisuudessa dokumentointijärjestelmä laajennetaan kattamaan tuotekehityksen lisäksi kaikki yrityksen toiminta. Näin jokaista prosessia pystytään tarkkailemaan ja analysoimaan tehokkaasti, toiminnan laatu paranee ja kustannustehokkuus kasvaa, kun turhat testilasien valmistukset saadaan pois. Sisäisen tiedonkulun ongelmat poistuvat, kun kummatkin tehtaot toimivat saman toiminnanohjausjärjestelmän mukaan.

Yrityssalaisuuksien säilyttämiseksi julkisesta versiosta on poistettu joitakin osuuksia. Kappaleet 6.1, 6.2, osia kappaleesta 9 ja liitteet ovat luottamuksellisia.

Avainsanat lasi, taivutettu lasi, arkkitehtuurilasi, lasipinnoitteet
toiminnanohjausjärjestelmä, laadunparantaminen

Writer	Satu Kämäräinen
Thesis	Test procedure and documentation system for coated glass in glass curving process
Pages	52 pages and 2 appendices
Time of completion	4 / 2009
Thesis supervisor	Lecturer Esa Väliäho
Co-operating Company	Suomen Turvalasi Oy, supervisor production manager Harri Rajamäki

Abstract

Competition between glass technology companies is increasing and keeping leadership of markets is becoming more challenging. Glass has made its way from simple windows to essential building material that is used in almost everything. Modern buildings today have façades made from glass, glass walls, roofs, corridors and glass stairways. Curved glass makes modern buildings look even more glorious. Glass curving companies have a problem. All glass types cannot be curved. That's why before confirming a client's order, test glass needs to be made. Test glass will show if the desired glass can be curved. Until now, unwritten test procedures and missing documentation systems have left all the information for workers to remember.

To maintain leadership of markets active and effective research and development is needed. After Suomen Turvalasi Oy bought Tambest Oy 's business operations research and development functions have been renewed. The first thing to do is to create new test procedures and a documentation system for research and development testing. A documentation system is a part of the production management system that enables effective testing of new glass types. It also makes selling procedures easier than before. In the future test glass doesn't need to be prepared before confirming client orders. Possibilities of curving the desired glass can be checked from a database.

The developed documentation system was a success and it was afterwards modified for a laminated surface glass factory in Forssa. Plain tempered and laminated glass mill is testing a lot of coloured laminating membranes and a functional documentation system was needed. For the first time all laminate testing results are saved in a database. In the future the production management system will be extended to cover all functions in both factories.

Keywords glass, curved glass, architectural glass, glass coatings, production management system, improving quality

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö on tehty Suomen Turvalasi Oy:lle. Tehtävänä oli määrittää testi-proseduuri lasien pinnoitetestiin sekä kehittää dokumentointijärjestelmä tuotekehityksen työkaluksi. Ennen testiproseduurin ja dokumentointijärjestelmän kehittämistä tutustuin taivutusprosessiin työskentelemällä tuotannossa. Tuotantopäällikkö Harri Rajamäkeä ja työnjohtaja Ville Toivosta kiitän tämän opinnäytetyön tekemisen mahdollistamisesta sekä neuvoista ja ohjeista. Suuri kiitos kuuluu myös koko Suomen Turvalasin muulle henkilökunnalle hyvästä työilmapiiristä sekä loistavasta työhön perehdyttämisestä. Kiitoksen lähetän myös operaattori Harri Mansikalle, joka pyyteettömästi käytti aikaansa taivutusprosesseihin perehdyttämiseen ja tämän työn lähdemateriaalin hankintaan.

Suuren kiitoksen ansaitsee myös perheeni, joka edesauttoi tämän opinnäytetyön tekemisessä ja sen lopulliseen muotoon saattamisessa. Ohjaavaa opettajaa Esa Väliähoa kiitän myös opinnäytetyön ohjaamisesta ja tarkastamisesta. Kiitokset kuuluvat myös muille työntekoon vaikuttaneille.

Tampereella 6. maaliskuuta 2009

Satu Kämäräinen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	7
2 Tambest	9
3 Lasin historia	10
3.1 Ikkunalasien historia	11
3.2 Ikkunalasista arkkitehtuurilasiksi.....	12
3.3 Arkkitehtuurilasit	14
4 Lasityypit.....	15
4.1 Float-lasi.....	15
4.2 Lämpölujitettu lasi	16
4.3 Turvalasit.....	17
4.3.1 Laminoitu lasi	17
4.3.2 Karkaistu lasi.....	20
4.4 Eristyslasit	21
4.4.1 Energiansäästölasit.....	22
4.4.2 Äänieristyslasi	22
4.4.3 Auringonsuojalasi	23
4.4.4 Palonsuojalasi.....	24
5 Lasipinnoitteet	26
6 Lasin taivuttaminen	28
6.1 Taivutusprosessi taivutusuunissa	30
6.2 Taivutusprosessi karkaisu-uunissa.....	30
7 Laatutoiminnan vaikutukset yrityksiin.....	30
7.1 Haasteena laatu.....	31
7.2 Laatutyökalut.....	33
8 Tuotekehityksen ja laadun haasteet Tambestissa	38
8.1 Ongelmat pinnoitelasien prosessoinnissa.....	39
8.2 Taivutusprosessin standardoinnin puutteet	40

8.3 Testiproseduuri- ja dokumentointijärjestelmäongelma.....	40
9 Dokumentointijärjestelmän kehittäminen	43
10 Dokumentointijärjestelmän käyttöönotto	47
11 Jatkoimenpiteet.....	49
Lähdeluettelo	51
Liitteet	
1 Pinnoitetestitalukko taivutusuuneille, karkaisu-uunille ja myynnille	
2 Laminointitestitalukko	

1 Johdanto

Lasista on viimevuosikymmenien aikana tullut suosittu rakennusmateriaali, jonka avulla saadaan näyttäviä ja moderneja julkisivuja, eteisauloja tai vaikka porraskäytäviä. Lasirakenteiden avulla ihminen on lähentänyt suhdettaan luontoon ja onnistunut tuomaan päivänvalon tehokkaasti sisätiloihin muuttamatta huoneita kylmiksi ja vetoisiksi.

Edelleen lasirakentamisen näyttävyyttä on lisännyt taivutetun arkkitehtuurilasin valmistustekniikat. Jatkuva tuotekehitys on tuonut lasirakentamisen yksinkertaisista ikkunoista muodokkasiin monikäyttölaseihin, jolloin yhdellä lasielementillä voi olla samaan aikaan useampi suojaominaisuus. Lasi taipuu mitä lennokkaimpiin muotoihin aina sylinteristä pallopintoihin, kartiomuotoihin, s-mutkiin ja paraboloidimuotoihin asti.

Lasivalmistajien kehittäessä jatkuvasti entistä tehokkaampia ja parempia laseja joutuvat lasintaivutustekniikat haasteen eteen. Tasolasin lämmön ja valon eristysominaisuuksia pyritään parantamaan läpivärjättyjen lasien lisäksi erilaisilla pinnoitteilla. Pinnoitteita valmistetaan kahdella eri menetelmällä, joista niin sanottu online- eli kovapinnoitusmenetelmä tuottaa pinnoitteita, jotka kestävät taivutusta. Offline-menetelmällä valmistetut pehmeäpinnoitelasit eivät joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta kestä taivutusolosuhteita. Pinnoitelasien taivuttamisesta onkin tullut haaste. Pinnoitelaseja valmistavat yritykset ilmoittavat toisinaan lasin edelleenjalostuksen rajoitukset, mutta usein lasien soveltuvuus taivutettavaksi on testattava itse ennen sen prosessointia.

Tämän työn tarkoitus oli kehittää taivutettua turvalasia valmistavalle Suomen Turvalasin taivutustehtaalte toimiva testiproseduuri ja dokumentointijärjestelmä tuotekehityksen työkaluksi. Parannusta kaivattiin erityisesti taivutettujen lasien pinnoitetestaukseen. Testilasin teettäminen on kallista ja hidasta. Lisäksi vakiintumattomien testi-proseduurien puuttuminen ja yrityksen huono sisäinen tiedonkulku vaikeuttavat myynnin toimintaa.

Vakiinnutetun testiproseduurin ja dokumentointijärjestelmän avulla myyjät näkevät jokaisen testatun pinnoitelasin sopivuuden taivutettavaksi ja sen mahdolliset taivutussäteet. Tämä nopeuttaa myyntisopimusten tekemistä ja vähentää testilasiensa tekemisen tarvetta. Testiproseduurin ja dokumentointijärjestelmän kehittäminen lähti lasintaivutusprosessien tutkimisesta ja olennaisen tiedon keräämisestä. Testiproseduurin kirjattiin dokumentointijärjestelmään, joka tehtiin Microsoft-pohjaiselle Excel-taulukkolaskentaohjelmalle. Näin dokumentointijärjestelmä saatiin yhteensopivaksi toiminnanohjausjärjestelmän kanssa ja ne pystyttiin liittämään yhteen.

Onnistuneen testiproseduurin ja dokumentointijärjestelmän kehittämisen tuloksena pinnoitetestin dokumentointijärjestelmää muokattiin vielä sopivaksi tasolasien laminoititestejä varten. Suomen Turvalasi Oy:n toisella, Forssan tasolasitehtaalla kivitettiin myös uutta dokumentointijärjestelmää, johon on helppo tallentaa tehdyt tuotekehitystestit ja joka helpottaa myynnin toimintaa.

Laminoimalla laseja yhteen erivärisiä kalvoja apuna käyttäen saadaan lopputuloksena suuri määrä erisävyisiä laseja. Tallentamalla testitiedot dokumentointijärjestelmään, jota myynti pääsee lukemaan, on helppo tarkastaa, onko halutun lasisävyyn valmistaminen mahdollista. Testiproseduureja ja dokumentointijärjestelmää kehittämällä parannettiin tuotantoprosessin läpivientiä merkittäväällä tavalla.

Kehitettyä järjestelmää laajennetaan ja päivitetään entistä laaja-alaisemmaksi. Tuotekehityksen tukemisen lisäksi dokumentointijärjestelmä mahdollistaa koko yrityksen kaikkien toimintojen entistä tehokkaamman seurannan ja analysoinnin. Uusi järjestelmä tarjoaa työkalun yrityksen toiminnan laadun parantamiseen ja markkinajohtajuuden tavoitteluun.

2 Tambest

Taivutettua arkkitehtuuriturvalasia valmistava Tambest on osa tasomaisia turvalaseja valmistavaa Suomen Turvalasi Oy:tä. Yrityksellä on kaksi tehdasta: tasolasitehdas Forssassa ja taivutettua arkkitehtuuriturvalasia valmistava tehdas Pirkkalassa. Yhdessä Pirkkalan ja Forssan tehtaot työllistävät noin 100 henkeä. (Tambest 2009)

Pirkkalan tehtaot juuret ovat vuodessa 1984, jolloin yritys aloitti taivutettujen arkkitehtuurilasien valmistuksen. Aluksi taivutettuja lasia valmistettiin lähinnä näyteikkunoihin ja lasikatteisiin, kunnes 1990-luvulta lähtien lasiset julkisivut ja lasirankentaminen alkoivat yleistyä. Taivutettua lasia alettiin käyttää enenevässä määrin katoissa, sisäänkäynnissä ja kaiteissa. (Tambest 2009.)

Taivutettu arkkitehtuuriturvalasi valmistetaan tilaustyönä ja toimitetaan asiakkaalle valmiina asennusta varten. Turvalasien ohella Suomen Turvalasi valmistaa Forssassa metallista ja lasista väliseiniä ja liukuovia. Seinä- ja ovielementtejä on valmistettu muun muassa pankkeihin ja vakuusyhtiöiden asiakastiloihin. (Tambest 2009.)

Tambest on ollut alusta asti mukana kehittämässä taivutettujen arkkitehtuuriturvalasien teknologiaa. Kehitystyön tuloksena on syntynyt useita suuria innovaatioita, kuten pallo-, kartio- ja paraboloidimuotoisten lasien taivutustekniikat sekä karvaisutaivutusmenetelmä, jolla saavutetaan lasin hyvä optinen laatu. Lisäksi käsiteltävän lasin koko on kasvanut huomasti 2 x 3 metristä 3,2 x 6 metriin. (Tambest 2009.)

Suomen Turvalasilla on laaja tuotevalikoima, jonka lisäksi yhteistyö arkkitehtien kanssa luo jatkuvasti uusia, entistäkin innovatiivisempia lasisovelluksia niin uusien muotojen kuin suojaavien ominaisuuksien osalta. Suomen Turvalasi on tänä päivänä yksi maailman johtavista taivutetun arkkitehtuuriturvalasin valmistajista. Yrityksen vienti taivutetun lasin osalta suuntautuukin suurimmaksi osaksi ulkomaille tasomaisen arkkitehtuuriturvalasin hallitessa Suomen markkinoita. Kilpailu lasiteknologia-yhtiöiden välillä kovenee jatkuvasti, ja markkinajohtajuuden aseman pitäminen vaatii myös tulevaisuudessa tehokasta tuotekehitystä ja tutkimusta. (Tambest 2009.)

3 Lasin historia

Lasia on esiintynyt luonnossa jo ennen kuin ihminen on sitä osannut valmistaa. Luonnonlasia syntyy tietynlaisen kiven sulaessa esimerkiksi tulivuorenpurkauksen, salamaniskun tai meteoriitin iskun yhteydessä. (Matiskainen 1994,12.)Varsinainen lasinvalmistus on arvioitu alkaneeksi noin 5000 vuotta sitten. Lasin keksiminen on ollut todennäköisesti vahinko ja sattuma siinä missä monet huippukeksinnöt. Roomalaisen historioitsijan Pliniuksen mukaan sen aikaiset kauppamiehet keksivät lasin valmistuksen pitäessään nuotiota. Nuotiolla valmistettiin ruokaa, jolloin kattiloiden tukena olleet kivet sulivat tulessa muodostaen hiekan kanssa lasia. (GlassOnline 2009.)

Lasin hyödyntäminen on alkanut noin 3500 vuotta sitten, jolloin siitä tehtiin koristeeksi lasihelmiä sekä astioita valamalla lasia lantamuottien ympärille. Lasinpuhallus on myös keksitty kauan sitten, noin 27 eKr. – 14 jKr. Vuonna 50 jKr lasia valmistettiin puhaltamalla koko Rooman valtakunnan alueella. Tällöin lasista oli jo tullut suosittu materiaali jota käytettiin paljon kaikissa yhteiskuntaluokissa. (Lasistudio Sara 2009.)

Historian tunnetummaksi lasikeskukseksi kasvoi kuitenkin Venetsia, jossa valmistettiin lasia jo 600-luvulla. Täällä aikansa lasipuhaltajat kehittivät lasimassaa, tehden siitä entistä kirkkaampaa ja läpinäkyvämpää. Kehitellyillä kirkkailla lasimassoilla oli eräs ominaisuus. Ne olivat herkkiä säröytymään ja rikkoutumaan. Tähän aikaan tosin lasin kestävyys ei ollutkaan sen tärkein ominaisuus, ja rikkoutumista pidettiin kuuluvana lasin normaaliin elinkaareen. (Lasistudio Sara 2009.)

Myöhemmällä ajalla myös Suomi on tullut kuuluisaksi lasiosaamisestaan, sillä nykyään suomalainen lasi tunnetaan ulkomaillakin. Varmasti tunnetuimpia suomalaisia lasiteollisuuden nimiä ovat Tapio Wirkkala, Timo Sarpaneva, Kaj Franck sekä tehtaatt Iittala, Nuutajärvi ja Riihimäen lasi. (Koivisto 1999, 1).

3.1 Ikkunalasien historia

Ikkunalasien valmistuksen historia alkaa noin 100 eKr. muinaisesta Italiasta. Ikkunalasit olivat pitkään vain luostarien ilo, mutta vähitellen tietotaito ikkunalasien valmistusmenetelmistä alkoi levitä myös muualle maailmaan. Itämeren lähialueilla ikkunalasien valmistus siirtyi 1500- ja 1600-lukujen aikana luostareista yksityisiin pajoihin, jotka alkoivat valmistaa ikkunalaseja ihmiselle. Lasien hinta oli vain niin korkea, ettei niihin ollut varaa juuri muilla kuin erityisen varakkailla ja kuninkaallisilla. Vasta 1700- ja 1800-lukujen vaihteessa ikkunalasien menekki kasvoi huomattavasti ja vähitellen ikkunat hankittiin joka taloon. (Riksantikvarieämbetet 2003.)

Suomen ensimmäinen lasitehdas aloitti toimintansa Uudessakaupungissa vuonna 1681. Uudenkaupungin lasitehtaan tuotevalikoimaan ei kuitenkaan vielä kuulunut ikkunalaseja. Vuonna 1748 perustettiin Åvikin lasitehdas, joka alkoi valmistaa ikkunalaseja. Pohjoismaainen lasiteollisuus keskittyikin 1700-luvulla Suomeen, koska vain täällä pystyttiin tyydyttämään tehtaiden tarvitsema suuri polttopuiden tarve. Vuosisadan kuluessa Suomeen perustettiin vielä 12 uutta lasitehdasta. (Matiskainen 1994, 24-25.)

Ensimmäinen ikkunalasin valmistustekniikka oli lasin valaminen, jolloin tosin ikkunalasista tuli usein liian paksua ja epätasaista. Tämän jälkeen lasia alettiin puhalttaa. Lasista puhallettiin aluksi pitkä sylinteri, joka sitten avattiin ja suoristettiin levyksi. Tätä sylinterimenetelmää onkin käytetty tasolasin valmistuksessa viime vuosisadan alkupuolelle asti. Puhalletun ikkunalasilla oli kuitenkin kaksi ongelmaa; lasin pinta oli epätasainen ja lasin optinen laatu oli huono. Kuva, joka lasista heijastui, näkyi usein vääristyneenä katsojan silmään. (Matiskainen 1994, 54.)

Koska lasin laatuun ei oltu tyytyväisiä, kehitystyötä jatkettiin ja vuonna 1902 belgialainen Fourcault keksi ikkunalasinvetokoneen, jossa sulaa lasimassaa vedettiin jatkuvana leveänä nauhana valssien läpi lasilevyksi. Lasinvetokoneessa 2mm:n paksuisen ikkunalasin kulkunopeus ylsi noin 80 metriin tunnissa. Suomessa lasinvetokone syrjäytti puhalletun ikkunalasin valmistuksen vuonna 1934. (Matiskainen 1994, 56–57.)

Vuonna 1959 englantilainen Pilkington kehitti kuitenkin taas uuden menestyksellään lasinvalmistustavan, float-menetelmän. Tätä menetelmää käytetään vielä tänäkin päivänä. Float-menetelmässä lasisula kellutetaan juoksevan tinan päälle levyksi, johdetaan jäähdyttimeen ja sieltä pakkaamoon. Tällä menetelmällä valmistettu lasi on tasaista ja optisilta ominaisuuksiltaan erinomaista. (Matiskainen 1994, 56–57.)

Ikkunalasien muoto ja vaatimukset ovat myös muuttuneet aikojen saatossa. 1700-luvulla neliruutuiset ikkunat olivat muodissa. 1800-luvulle siirryttäessä neliruutuiset ikkunat muuttuivat kuusiruutuisiksi. Kuusiruutuisten ikkunoiden suosio säilyi aina 1920-luvulle asti. 1800-luvun lopulla alettiin kuitenkin vähitellen arvostamaan enemmän ikkunoita, joista pääsi enemmän valoa sisään ja ruudut saivat väistyä. 1920-luvulta lähtien ikkunoita saranoitiin, jotta asuntoja pystyttiin tuulettamaan. (Suomen lasimuseo 2007, 92–94.)

1900-luvun alkupuolelta asti ikkunoiden kehittäminen jatkui huimaa vauhtia. Ikkunoiden lämmöneristysominaisuuksia sekä valonläpäisevyyttä parannettiin. Ensimmäiset yhdellä tiivisteellä varustetut eristyslaseit Suomessa valmistettiin Lahdessa vuonna 1964. Eristyslaseja ei kuitenkaan osattu heti arvostaa ja se alkoi yleistymään ikkunoissa vasta 1980-luvulla. Ensimmäisistä eristyslaseista kehitys on kulkenut tämän päivän monitoimilaseihin, joilla saavutetaan samaan aikaan monia erilaisia suojaavia ominaisuuksia. (Suomen lasimuseo 2007, 92–94.)

3.2 Ikkunalasista arkkitehtuurilasiksi

Englannissa alettiin ensimmäistä kertaa käyttää lasia rakennusmateriaalina 1850-luvulla, jolloin siitä tehtiin eteistiloja sekä sisäpihoja. Lisäksi lasia käytettiin paljon kasvihuoneiden, rautatieasemahallien ja katettujen kauppakeskusten rakentamisessa. Tämän ajan lasirakentamisen helmenä voidaan mainita esimerkiksi vuonna 1851 valmistunut Lontoon kristallipalatsi. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

1900-luvulla lasirakentaminen sai tulta alleen ja arkkitehdit etenkin USA:ssa alkoivat suunnitella ja toteuttaa rakennuksia, joissa oli suuria ja näyttäviä lasisia julkisivuja.

Yksi tuon ajan näyttävimmistä lasirakennuksista oli saksalaisen Mies van der Rohe'n 1920–1921 suunnittelema ”crystal skyscraper”; 30 kerroksinen pilvenpiirtäjä, joka oli lattioita ja tukipalkkeja lukuun ottamatta suunniteltu rakennettavaksi lasista. Pilvenpiirtäjän seinät oli jopa suunniteltu aaltoilevasta taivutetusta lasista rakennettavaksi. (Klein & Lloyd 1993, 237–238.) 1959 keksityn float-menetelmän ansiosta lasia pystyttiin tuottamaan teollisesti massatuotantona ja tämä mahdollisti modernin julkisivuverhouksen synnyn. (Teerenhovi & Uusikartano 2002).

Kuitenkin öljykriisin aikaan 1970-luvulla syntyi väittelyä lasirakenteiden energiatehokkuudesta ja tästä syystä myös lasirakentaminen hiljeni hetkeksi. Öljykriisin aikainen lasirakenteiden kritisointi aiheutti kuitenkin vain positiivisen ryhtiliikkeen lasiteollisuudessa. Aktiivisen tuotekehityksen jälkeen lasimateriaalit ovat harpanneet ikkunalasista monipuoliseksi rakennusmateriaaliksi. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

Tänä päivänä lasiteollisuus tarjoaa tehokkaita lämmön- ja auringonsuojalaseja sekä runsaasti muita laadukkaita lasivaihtoehtoja joiden sovelluksista teetetään ovia, julkisivuja, kattoja, käytäviä ja kaiteita niin tasomaisina kuin kaarevinakin konstruktioina. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

Lasi rakennusmateriaalina on vähitellen vakiinnuttanut paikkansa muiden perinteisten rakennusmateriaalien, kuten puun ja teräksen rinnalla. Lasin leviäminen ikkunoista seiniin mahdollistaa luonnon tuomisen sisätiloihin. Nykyään ihmiset viettävät suurimman osan ajastaan sisätiloissa, joten yhteyden säilyttäminen luontoon ikkunoiden ja lasiseinien avulla korostuu. (Hassinen, Mantere, Saarimaa, Hemmilä & Rautiainen 1992, 71.)

Tambestilla tehtyjen haastatteluiden mukaan, lasi rakennusmateriaalina tarvitsee vielä paljon tutkimus- ja kehitystoimintaa saavuttaakseen saman tietotaitotason mihin esimerkiksi teräsrakenteissa on päästy. Taivutettu arkkitehtuurilasin valmistus on edelleen vailla standardeja ja normituksia. Tuotannon laatu on tekijöiden arvioinnin varassa, jolloin laatu vaihtelee aina tuotteesta, kiireestä ja asiakkaasta riippuen. Kehitys lasiteknologia yhtiöissä on kuitenkin alkanut vähitellen pyrkimään tuotantoprosessien vakiinnuttamiseen sekä laadun standardointiin.

3.3 Arkkitehtuurilasit

Arkkitehtuurilasit jaetaan muotonsa puolesta kahteen luokkaan: suorat ja taivutetut arkkitehtuurilasit. Arkkitehdin valitessa sopivaa lasia kohteeseen tulee hänen huomioida rakennuskohteen käyttötarkoitus, sijainti, ympäristö sekä eettiset vaatimukset. Lisäksi tarvittavat turva- ja palonsuojakriteerit tulee huomioida niin kuin myös lasirakenteen muodot, energiansäästötavoitteet sekä eristyskykyvaatimukset. (Teerenhovi & Uusikartano 2002).

Usein laseilta vaaditaan alhaista U-arvoa joka merkitsee, että lämmöneristys on hyvä ja energian kulutus vähäistä. Korkea valonläpäisy on tänä päivänä erityisen tärkeä piirre, sillä ihmiset viihtyvät entistä enemmän sisätiloissa. Lasin päästäessä näkyvän valon sisään, myös keinotekoisien valon tarve vähenee. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

Rakennuksien ääneneristävyys on myös ollut tärkeä ja haluttu piirre ja siihen voidaan vaikuttaa huomattavasti lasin paksuuden ja rakenteen avulla. Tietyissä tiloissa henkiloturvallisuus sekä muut suojaominaisuudet ovat välttämättömiä ja näihin on helppo vaikuttaa lasityypin valinnalla. Lisäksi lasille asetetaan vaatimuksia värin, pinnoitteen, heijastavuuden ja koon suhteen. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

4 Lasityypit

Eri lasityyppejä on paljon. Arkkitehtuurilaseja valmistetaan pääasiassa tavallisista tai pinnoitetuista float-laseista, joita jatkojalostetaan esimerkiksi turvalaseiksi, eristyslaseiksi tai vaikkapa koristelasiksi. Erilaisia lasisekoituksia ja siten myös laseja on niin suuri määrä, että lähes mikä tahansa rakenne on mahdollista tehdä lasista.

Suorille tasolasityypeille on kaikille määritetty omat standardit. Taivutettu arkkitehtuurilasi eroaa tässä asiassa suorista laseista, sillä sille ei ole olemassa standardeja. Sopivien lasien valinta kohteeseen on toisinaan hankalaa, sillä lasi, puhumattakaan taivutetusta lasista, on rakennusmateriaalina suhteellisen uusi eikä niiden ominaisuuksia tunneta vielä kovin hyvin. Usein tästä syystä lasirakenteita ylimitoitetaan. Seuraavissa luvuissa on esitelty yleisimmät arkkitehtuurilasityypit ja niiden ominaisuudet.

4.1 Float-lasi

Yksi suosituimmista lasityypeistä on tavallinen float-lasi, joka koostuu hiekasta, soodasta, kalkkikivestä, dolomiitista ja alumiinioksidista. Saatavilla olevat lasin paksuudet vaihtelevat 0,4 mm:stä 25 mm:iin. (Pilkington 2009.) Lasi leikataan valmistusvaiheessa standardikokoon 3210 x 6000 mm².

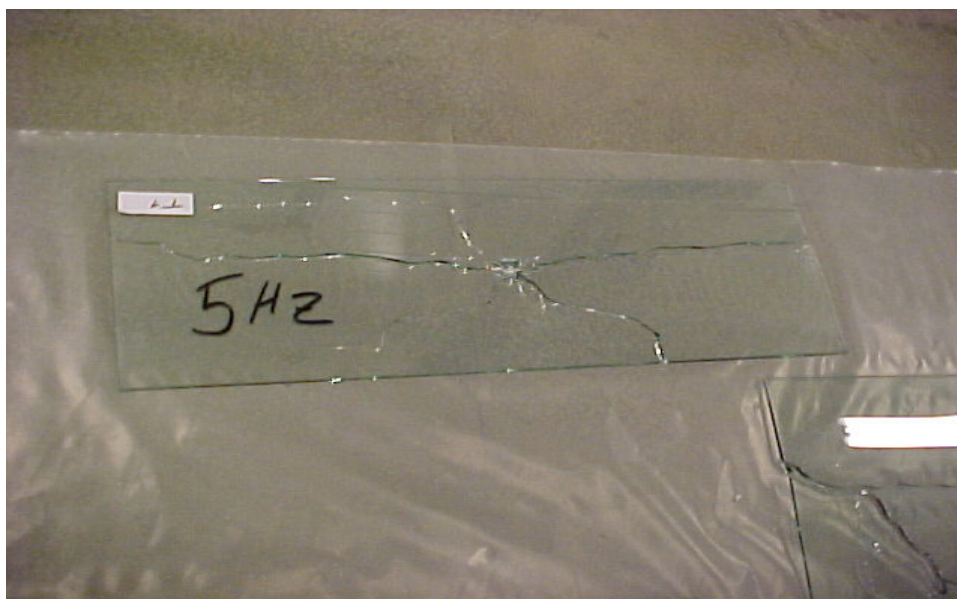
Float-lasi on yleisin lasityyppi, jota jatkojalostetaan lopputuotteeksi. Sitä voidaan pinnoittaa, karkaista, laminoida, hiekkapuhaltaa, silkkipainaa, koristemaalata tai hopeoida. Rakennuslasituotteiden lisäksi float-lasia käytetään paljon huonekaluissa, ajoneuvoissa, näyttöruuduissa sekä muissa elektronisissa laitteissa. (Pilkington 2007.)

Tasolaseille on olemassa standardit, joita valmistus ja laadunvarmistus noudattavat. Taivutettujen arkkitehtuurilasien osalta standardit ja normitukset puuttuvat lähes täysin. Turvalasien osalta tasolasien turvamääräyksiä sovelletaan myös taivutettuihin lasihin.

Float-lasin valmistusta ja laatua määrittää eurooppalainen standardi EN 572-2. Standardissa on määritelty valmistettavan float-lasin standardikoko sekä paksuus. Myös float-lasin optisen laadun vaatimukset löytyvät standardista. Optiset virheet käsittävät tässä lasin läpi katsottaessa nähtävät kuvan vääristymät. Lisäksi standardissa määritetään lasissa esiintyvien pistemäisten virheiden (kupla tai rakkula) maksimidimensiot ja esiintymistaajuus lasilevyä kohden. Viivamaiset virheet on eritelty vielä neljäntenä laatuvirheenä float-lasilevyssä. Viivamaisina virheinä pidetään naarmuja ja muita pidemmälle ulottuvia jälkiä lasissa. Float-lasistandardi määrittää raakalasin laadun, jota siltä voidaan vaatia. (Rainamo& Riikonen 1999, 17–18.)

4.2 Lämpölujitettu lasi

Lämpölujitettu lasi on oma tyyppinsä, joka valmistetaan hieman samaan tapaan kuin karkaistu lasi. Valmistusmenetelmä eroaa karkaisumenetelmästä lämmitysvaiheessa. Lasia ei lämmitetä yhtä paljon kuin karkaistavaa lasia. Lisäksi jäähtytyksen kestossa on eroa. Karkaisuun verrattuna jäähtytys tapahtuu hitaammin ja kestää pidempään. Tämän seurauksena rikkoutuessaan lämpölujitettu lasi muodostaa suurempia palasia kuin karkaistu lasi. Lämpölujitetuissa laseissa pyritään siihen, että rikkoutuessaan lasi hajoaa vain muutamiiin isoihin palasiin. (Mansikka 2009.) Seuraavasta kuvioista 1 näkyy ihanteellinen lämpölujitetun lasin hajoamistapa.



Kuvio 1. Lämpölujitettu lasi hajoaa särkyessään vain muutamaan isoon palaseen. (Kuva: Harri Mansikka)

Lämpölujitettu lasi on kestävyysominaisuuksiltaan noin kaksi kertaa kestävämpää kuin tavallinen float-lasi. Tavallisen lasin taivutus- ja murtolujuuden ollessa 45 N/mm² on lämpölujitetun lasin vastaava arvo 70 N/mm². Lämpölujitetun lasin käyttökohteet ovatkin kohteita, joissa ei ole tarvetta turvalasille mutta joihin silti halutaan kuitenkin kestävämpää lasia kuin tavallinen lasi. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

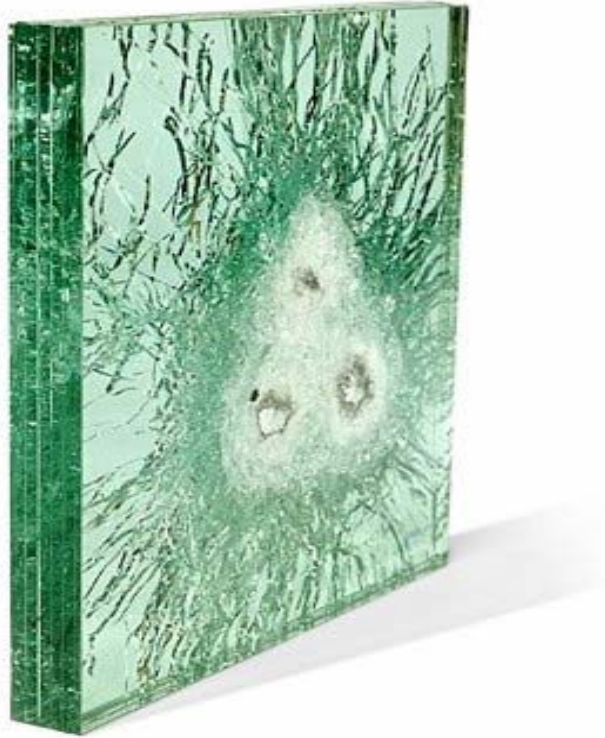
4.3 Turvalasit

Turvalasit ovat suurempi ryhmä laseja. Turvalaseihin luetaan laminoidut tavalliset lasit, laminoidut karkaistut lasit, laminoidut lämpölujitetut lasit ja karkaistu lasi. Turvalasien yleisiä käyttökohteita ovat katot, kaiteet, ovet, virastot, museot, pankit, näyttökunat ja käytävät. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

Tärkeimpiä turvalasien ominaisuuksia ovat niiden rikkoutumistapa ja jälkikantokyky. On tärkeää, että lasi rikkoutuessaan aiheuttaa mahdollisimman vähän vaaraa ja viiltohaavoja. Toinen tärkeä ominaisuus on estää joissakin tapauksissa lasin läpitukeneminen. Tämä ominaisuus saavutetaan laminoiduilla laseilla, joissa lasien väliin sijoitettava sitkeä kalvo estää reiän tekemisen lasiin. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

4.3.1 Laminoitu lasi

Laminoitu turvalasi sisältää normaalisti kaksi päällekkäistä lasia, joiden välissä on polyvinyylibutyyraalikalvo (PVB). Itse laminoituminen tapahtuu autoklaavissa ylipaineen ja lämmön vaikutuksesta. Kuviossa 2 näkyy tavallisen laminoidun lasin rakenne. Laminoidun lasin turvaominaisuudet muodostuvat lasin kyvystä sitoa sirpaleet välissä olevaan PVB -kalvoon, kun lasi rikkoutuu. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)



Kuvio 2. Laminoidut lasit pysyvät rikkoutuessaan kasassa lasien väleissä olevien kalvojen ansiosta. (Kerroslassi 2009)

Laminoidu lasi estää myös tehokkaasti lasin läpäisyn ja reikien syntymisen. Laminoiduille lasille on asetettu suojausluokat, joiden mukaan lasia on helppo valita rakennuskohteeseen. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.) Taulukossa 1 on esitetty suojausluokat sekä testausmenetelmät, joilla luokat määritetään.

Laminoidun lasin vahvuuteen vaikuttaa käytettävän lasin paksuus, laminoitavien lasikerrosten määrä sekä käytettävän kalvon paksuus. Lasin paksuutta, lasikerrosten määrää ja kalvon paksuutta muuttamalla saavutetaan kaikki suojausluokat. Laminointi värikalvoja käyttäen mahdollistaa myös mitä värikkäimpien turvalasien valmistuksen. (Pilkington 2007)

Taulukko 1. Laminoitujen turvalasien suojausluokat (Teerenhovi & Uusikartano 2002).

Laminoitu turvalasi jaetaan seuraaviin suojausluokkiin:

Luokka A													
<p>- iskunkestävyys - putoamissuoja</p> <p>Laminoitu turvalasi, jonka tarkoitus on suojata a) ihmistä loukkaantumisriskiltä ja b) omaisuutta ilkeiltä ja murtoyrityksiltä (ns. spontaani murto).</p> <p>DIN EN 356 A määrittelee A-luokan suojalasien testausmenetelmän. Lasit jaetaan viiteen suojausluokkaan sen mukaisesti, millä energivoimakkuudella lyötäviä iskuja lasin on kestävä (esim. luokka A1 kivenheittoa vastaan). Lasivahvuudet vaihtelevat 7 mm – 10 mm välillä suojausluokasta riippuen.</p>	<p>Testausmenetelmä: 4 kg:n teräskuula pudotetaan 3:sti lasia vasten eri korkeuksista. Lasin on kestävä pudotukset ilman, että lasiin tulee läpimentävää aukkoa.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Luokka</th> <th>Pudotuskorkeus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1A</td> <td>1,5 m</td> </tr> <tr> <td>2A</td> <td>3,0 m</td> </tr> <tr> <td>3A</td> <td>6,0 m</td> </tr> <tr> <td>4A</td> <td>9,0 m</td> </tr> <tr> <td>5A</td> <td>9,0 m *)</td> </tr> </tbody> </table> <p>*) 9-kertainen pudotus</p> <p>A-luokan lasien käyttökohteita: näyteikkunat, kioskit, pysäkit, ovet, kaiteet, liikehuoneistot.</p>	Luokka	Pudotuskorkeus	1A	1,5 m	2A	3,0 m	3A	6,0 m	4A	9,0 m	5A	9,0 m *)
Luokka	Pudotuskorkeus												
1A	1,5 m												
2A	3,0 m												
3A	6,0 m												
4A	9,0 m												
5A	9,0 m *)												
Luokka B													
<p>- murransuoja</p> <p>Laminoitu turvalasi, joka on tarkoitettu suojaamaan omaisuutta suunnitelmallisia murtoyrityksiä vastaan. DIN EN 356 B mukaan näiden lasien on kestävä iskut, jotka suoritetaan terävällä lyömäaseella.</p> <p>Murransuojalasit luokitellaan 3 suojausluokkaan sen mukaan, kuinka monta kirvesiskua ne kestävät.</p>	<p>Testausmenetelmä: Ns. kirvestesti, jossa koneellisesti 2 kg:n kirveellä isketään lasia, kunnes siihen saadaan 400 mm x 400 mm suuruinen aukko.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>6B</td> <td>30-50 iskuja</td> </tr> <tr> <td>7B</td> <td>51-70 iskuja</td> </tr> <tr> <td>8B</td> <td>> 70 iskuja</td> </tr> </tbody> </table> <p>Murransuojalasien vahvuudet vaihtelevat 14 mm – 30 mm välillä suojausluokasta riippuen.</p> <p>B-luokan lasien käyttökohteita: liikehuoneistot, apteekit, museot, taidehallit, vankilat, voimalat.</p>	6B	30-50 iskuja	7B	51-70 iskuja	8B	> 70 iskuja						
6B	30-50 iskuja												
7B	51-70 iskuja												
8B	> 70 iskuja												
Luokka BR ja SG (aikaisempi nimitys luokka C)													
<p>- luodinsuoja</p> <p>DIN EN 1063 määrittelee luodinsuojalasien luokitukset. Nykyisin ne luokitellaan yhdeksään (9) eri suojausluokkaan sen mukaan, millaisia aseita/luoteja vastaan niiden on tarjottava suoja. Vaadittavat lasivahvuudet voivat nousta jopa yli 70 mm. Yksityiskohtaiset tiedot valmistajalta.</p>	<p>Luodinsuojalasien käyttökohteita: hallinnolliset rakennukset, poliisiasemat, vankilat, ydinvoimalat.</p>												

Myös karkaistua ja lämpölujitettua lasia laminoidaan. Laminoitu karkaistuu lasi on turvalasi, jossa kaksi karkaistua lasia on laminoitu PVB -kalvon avulla yhteen. Laminoitavista laseista toinen voi olla myös tavallinen taivutettu float-lasi ja toinen karkaistuu lasi. Yhdistämällä näin kaksi turvalasityyppiä saavutetaan kummankin lasin hyöty. Laminoitulla karkaistulla lasilla on karkaistun lasin mekaaninen kestävyys ja laminoitun lasin sirpaleita sitova ominaisuus, murronkestävyys sekä putoamissuoja. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

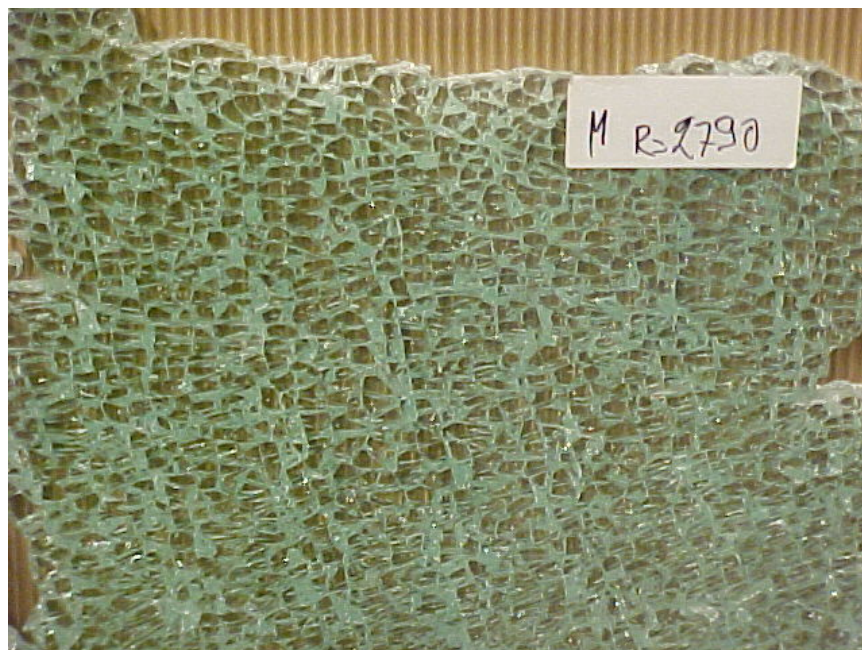
Laminoitussa lämpölujitetussa lasissa on laminoitu kaksi lämpölujitettua lasia yhteen PVB -kalvon kanssa. Tätä lasityyppiä pidetään eräiltä ominaisuuksiltaan hieman parempana kuin karkaistua laminoitua lasia, sillä rikkoutuessaan lämpölujitetun lasin jälkikantokyky on suuremman murukoon ansiosta parempi kuin karkaistun laminoitun lasin.

Uusien EN-standardien myötä nykyään suositaan kuitenkin ehdottomasti enemmän karkaistua ja laminoitua lasia sen rakenteellisen lujuuden vuoksi. Lämpölujitettujen lasien käyttö on nykyään vähäistä. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

4.3.2 Karkaistu lasi

Karkaistun lasin valmistuksessa tärkeintä on lasin riittävä kuumentaminen ja oikea jäähdystekniikka. Karkaisuprosessissa lasi kuumennetaan 600–650 °C:seen, jolloin se pehmenee ja jännitykset katoavat. Tämän jälkeen lasi jäähdytetään nopeasti kummaltakin puolelta. Näin lasin pintaosaan syntyy puristusjännitys ja lasin keskiosaan vetojännitys. (Pilkington 2007.)

Karkaisu lisää huomattavasti lasin mekaanista lujuutta iskuja, vääntöä, kuormitusta ja lämpötilaerojen vaihtelua vastaan. Karkaistulla lasilla on noin neljä kertaa suurempi taivutus- ja murtolujuus kuin tavallisella float-lasilla. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.) Karkaistun lasin turvallisuus perustuu sen hajoamistapaan. Rikkoutuessaan karkaistu lasi hajoaa, kuten kuviossa 3 näkyy, pieniksi tylppäkärkisiksi murusiksi, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän vaaraa ihmiselle.

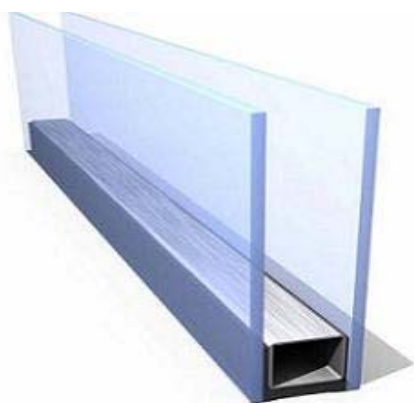


Kuvio 3. Karkaistu lasi hajoaa pieniksi ja vaarattomiksi tylppäkärkisiksi murusiksi. (Kuva: Harri Mansikka).

Karkaistu lasi todetaan karkaistuneeksi standardoidulla murutestillä. Siinä lasia isketään naulalla ja vasaralla, jolloin lasi rikkoutuu. Iskukohtaan tulee olla lasin pitkänsivun keskikohdalla 1,3 cm lasin reunasta keskelle päin. Lasin rikkouduttua otetaan tarkastelukohdaksi alue, jossa murut ovat suurimpia. Kohtaan asetetaan 5 x 5 cm kokoinen neliösapluuna, jonka avulla piirretään neliön rajat lasiin. Tämän jälkeen lasista lasketaan murujen määrä. Neliön reunoilta osin rajojen sisällä olevat sirut lasketaan puolikkaina. Lasi on tarpeeksi karkaistunutta, mikäli siruja on merkityllä alueella vähintään 40 kappaletta. (Mansikka 2009.)

4.4 Eristyslasit

Nimensä mukaisesti eristyslasin tarkoitus on pitää lämpö sisätiloissa ja kylmä lasin ulkopuolella. Eristyslasit vähentävät vedontunnetta sisätiloissa ja tuovat mukavuutta asumiseen. Eristyslasit ovat yleensä kaksi- tai kolmikerros-laseja. Eristyslasin lasikerrokset erotetaan toisistaan välilistalla siten, että lasien väliin jää ilmatila. Eristyslasin perusrakenne on nähtävissä kuviossa 4. Ilman tilalle voidaan myös laittaa krypton- tai argonkaasua parantamaan eristävyyttä.



Kuvio 4. Eristyslasielementti. (Tamglass 2009).

Eristyslasien tehokkuutta mitataan U-arvon eli lämmönläpäisykertoimen avulla. Mitä pienemmän U-arvon lasi antaa, sen eristyskykyisempi se on. Tasomaisten lasien U-arvoissa päästään nykyään jo parhaimmillaan alle $1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, kun taas taivutetun lasin alin teoreettisesti mahdollinen U-arvo on noin $1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Taivutettujen eristyslasien korkeampi U-arvo johtuu täysin taivutusteknisistä syistä, sillä ainoastaan kovapinnoitteisia laseja pystytään taivuttamaan. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

4.4.1 Energiänsäästölasi

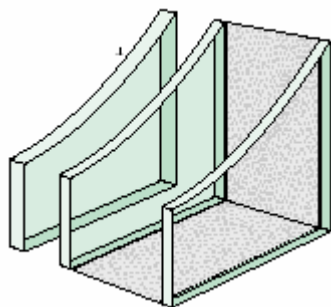
Eristävän ominaisuuden energiänsäästölaseihin tuovat metallipinnoitteet, jotka päästävät lävitseen sisätiloihin auringon lyhytaaltoisen säteilyn (valon) ja estävät samalla pitkäaaltoisen infrapunasäteilyn (lämmön) poistumisen sisätiloista. Energiänsäästölasiin pinnoitteet luokitellaan koviin ja pehmeisiin pinnoitteisiin. Yleisesti voidaan sanoa, että kovapinnoitteiden U-arvo on huonompi kuin pehmeiden pinnoitteiden. (Finnglass 2009.) Muuttamalla eristyslasien kokoonpanoa saavutetaan lämmöneristyksen lisäksi useita muitakin ominaisuuksia, kuten auringonsuoja, äänieristys, turvallisuus ja murtosuoja.

4.4.2 Äänieristyslasi

Melu on viime aikoina kasvanut ongelmaksi ja muuttunut häiriötekijäksi varsinkin kaupunkialueilla. Melu tunkeutuu rakennuksiin sisään usein epätiividen rakenteiden, kuten lasiosien kautta. Siksi lasien ääneneristyskyvyn kehittäminen on tärkeässä asemassa. Lasirakenteiden ääneneristävyyttä voidaan parantaa useilla tavoilla, kuten lasin paksuutta kasvattamalla ja muuttamalla lasien välisiä etäisyyksiä. (Pilkington 2007.)

Lasien yhteen laminoiminen tuo tarvittavaa jäykkyyttä lasirakenteeseen. Tällöin yli 1000 Hz ääniaallot vaimenevat tehokkaasti. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.) Lasin paksuudella jo pelkästään on merkittävä vaikutus ääneneristävyyteen, sillä kun lasin paksuus kasvaa kaksinkertaiseksi ääneneristävyys paranee 6 dB. (Pilkington 2007.)

Tehokkainta äänen eristys on silloin, kun lasirakenteessa käytetään kuvion 5 mukaisia eripaksuisia lasia ja erisuuruisia lasien välitiloja. Lisäksi lasin välitilan ilman korvaaminen raskailla kaasuilla parantaa myös ääneneristävyyttä. Aiemmin käytetty rikkiheksafluoridi (FS₆) tosin on ympäristölle myrkyllinen aine, ja tästä syystä se poistuu vähitellen markkinoilta. (Pilkington 2007.)



Kuvio 5. Tehokas ääneneristys saadaan aikaan eripaksuisilla lasilla ja erilaisilla lasivälitiloilla. (Pilkington 2007.)

Huomiotta ei tule myöskään tulla jättää sitä, että taivutetun eristyslasin ääneneristävyyks on parempi kuin tasomaisen eristyslasin. Tämä johtuu pelkästään taivutetun eristyslasin jäykemmästä rakenteesta. Mitä jäykempi on lasin rakenne, sen huonommin ääniaallot saavat lasin liikkumaan ja sitä huonommin äänet kuuluvat lasista läpi. Vaikka taivutettu lasi eristää ääniä paremmin, on se myös hieman kalliimpaa kuin suora tasolasi. Kustannussyistä tasolaseja käytetään vielä taivutettuja lasia enemmän. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

4.4.3 Auringonsuojalasi

Auringonsuojalasis ovat eristyslaseja, joissa ulompi lasi on joko heijastava pinnoitelasi, absorboiva massavärjätty lasi tai neutraali pinnoitelasi. Toisena lasina käytetään tavallista lasia. Auringonsuojalasis estävät aurinkoenergian ja tarvittaessa myös valon pääsyn sisätiloihin heijastamalla auringon säteet pois tai absorboimalla ne itseensä. Auringonsuojalasis vähentävät tehokkaasti tuuletuksen ja jäähdytyksen tarvetta sekä mahdollistavat suurien lasipintojen rakentamisen ilman energiahukkaa ja vedontunnetta. (Pilkington 2007.)

Auringonsuojalasisielementtiin on mahdollista liittää toiseksi lasiksi myös selektiivipinnoitteinen energiansäästölasii, jolloin eristyslasilla on kaksi hyödyllistä ominaisuutta. Se estää auringon säteilemän lämmön pääsyn sisään ja pitää sisälämpötilan tasaisena. Samalla se myös estää lämmön karkaamisen lasin kautta ulos, estämättä silti valon kulkemista lasin läpi. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

4.4.4 Palonsuojalasi

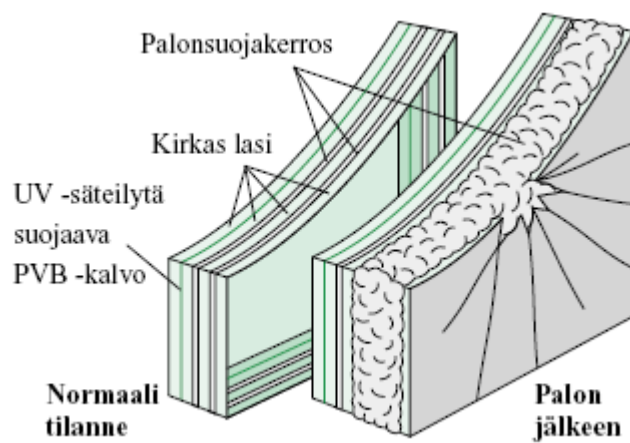
Palonsuojalasis ovat pitkälle kehittyneitä turvalaseja, jotka antavat suojan lämpösäteilyä, savukaasuja ja liekkiä vastaan. Estämällä ja hidastamalla tulipalon leviämistä, palonsuojalasis mahdollistavat pidemmän poistumisajan palavasta rakennuksesta. Ne vähentävät myös palovahinkokustannuksia. (Pilkington 2007)

Palonsuojalasis jaotellaan ryhmiin paloluokkien mukaisesti. Ensimmäisen paloluokan lasit ovat kuvion 5 mukaisia rautalankavahvisteisia palonsuojalaseja. Rautalankavahvisteinen lasi pitää rikkoutuessaan lasinsirpaleet koossa, säilyttäen näin tiiviyn hyvänä. Rautalankalasi on hyvä suoja liekkiä ja savukaasuja vastaan, mutta se ei estä lämpösäteilyä sen paremmin kuin tavallinen float-lasi. (Pilkington 2007)



Kuvio 5. Rautalankavahvisteinen palonsuojalasi. (Pilkington 2007)

Parempiin paloluokkiin päästään kuvion 6 mukaisilla laminoituilla monikerrospalonsuojalaseilla, joissa lasien väliin on lisätty palonkestävä eristekerros. Tulipalon sattuessa paloa lähinnä oleva kerros hajoaa ja lämpötilan noustessa 120 °C:een eristyskerros laajenee suojaavaksi vahtokerrokseksi, jolla on erinomaiset eristysominaisuudet. Mitä enemmän lasikerroksia on, sitä hitaammin tulipalo nostaa lämpötilaa lasin toisella puolella ja näin myös tulipalon eteneminen hidastuu. (Pilkington 2007)



Kuvio 6. Monikerrospalonsuojalasi. (Pilkington 2007)

5 Lasipinnoitteet

Lasipinnoitteilla luodaan lasille erilaisia hyödyllisiä ominaisuuksia kuten lämmön-suoja, auringonsuoja, itsepuhdistuvuus tai vaikkapa lämmitysominaisuudet. Edelliset ominaisuudet saadaan aikaan muun muassa metallipinnoitteilla, jotka heijastavat auringon säteet lasista pois, tai pinnoitteilla, joilla on hyvät sähkönjohto-ominaisuudet. Hyvin sähköä johtavia pinnoitteita käytetään muun muassa lasien lämmittämiseen. Sähköä johtavia lasia käytetään myös murransuojana, jolloin hälytysjärjestelmä kytkeytyy päälle lasin hajottua ja sähkökentän häiriinnyttyä. (Pilkington 2007.)

Itsepuhdistuvissa laseissa käytetään natrium-titaanioksidipinnoitetta, joka yhdessä UV-valon kanssa hajottaa orgaanisen materiaalin. Pinnoite on hydrofiilinen, jolloin se edistää vesikalvon syntymistä lasin pinnalle. Näin sadevesi lopulta huuhtelee lasin pinnan tehokkaasti puhtaaksi. (Pilkington 2007.)

Lasipinnoitteita valmistetaan kahdella eri menetelmällä. Menetelmistä vanhempi on online- eli kovapinnoitusmenetelmä. Siinä lasi pinnoitetaan osana lasin valmistusprosessia. Float-lasia valmistettaessa sen yläpuolelta suihkutetaan katodipölymenetelmällä metallioksideja, jotka saostuvat kiinni kuumaan lasipintaan. Yleisin pinnoite on tinaoksidipinnoite, jonka paksuus on vain 400–600 nm. Pinnoite palaa lasiin kiinni ja kestää siksi myös auringonvaloa, sään rasitusta sekä pesua. Kovat pinnoitteet ovat kaikesta huolimatta herkempiä naarmuuntumaan kuin tavallinen lasi. Tästä syystä lasin pinnoitepuoli kehoitetaan sijoittamaan ikkunassa aina välitilaan päin. (Tenhunen 2003, 47.)

Online-pinnoitusmenetelmän rinnalle on noussut pehmeäpinnoitemenetelmä, niin kutsuttu offline-menetelmä, jossa lasi pinnoitetaan erillisessä prosessissa lasin valmistuksen jälkeen. Lasi kulkee prosessissa tyhjiökammioissa katodin alla sähkökentässä, johon syötetään jalokaasua. Tästä syntyy positiivisesti varautunut plasma, jossa anodien tuottamat ionit törmäävät metallikatodiin ja irrottavat siitä metalliatomeja. Irronneet metalliatomit puolestaan törmäävät lasin pintaan ja muodostavat metallipinnoitteen. (Tenhunen 2003, 47.)

Samaa tekniikkaa käytetään myös oksidipinnoitteen valmistamiseen. Oksidipinnoite saadaan aikaiseksi syöttämällä plasmaan happea. Oksidikerros parantaa luonnonvalon kulkua metallipinnoitteen läpi. Pehmeäpinnoitteissa käytetään useampaa pinnoitkerrosta. Hyvin tavallinen pehmeäpinnoiterakenne sisältää tinaoksidikerroksen, kromikerroksen ja tinaoksidikerroksen. Tinaoksidi on paljon käytetty pinnoite edullisen hintansa, hyvän johtavuuden ja hyvän lämpökäsittelyn keston takia. (Koskiahde 1986, 66.)

Pehmeäpinnoitteet vaurioituvat todella helposti, ja ne on ehdottomasti asennettava eristyselementtiin lasin välitilaan päin. Pehmeäpinnoitelasit eivät herkkyytensä takia kestä kulutusta tai käsittelyä juuri lainkaan. (Tenhunen 2003, 47.)

Lasin pinnoittaminen emalimaalilla on kolmas lasin pinnoitustapa. Käytettävä maali sisältää lasia, joten se sulaa kiinnitysvaiheessa tiukasti kiinni lasiin. Emalimaalimassa sulatetaan aluksi noin 1000 °C:n lämpötilassa, jonka jälkeen se jäähdytetään. Jäähtyessään emalimassa muuttuu lasirakeista koostuvaksi jauhoksi. Jauho sekoitetaan öljyyn ja ohennetaan lopuksi vedellä. Maalaaminen voidaan toteuttaa kolmella vaihtoehtoisella menetelmällä: ruiskumaalaamalla, verhomaalausmenetelmällä tai silkkipainomenetelmällä. Emaliväri on joko läpikuultavaa tai maalinhimmeää, mutta ei kirkasta. (Tenhunen 2003, 52.)

Maali poltetaan lasiin usein karkaisuprosessin yhteydessä. Se kiinnittyy lopullisesti lasiin maalin mukaan 500-700 °C:n lämpötilassa. Tavallista float-lasia on mahdollista maalata silkkipainotekniikalla myös ilman lämpökäsittelyä. Tähän käytetään kaksikomponenttimaalia, joka ei ole yhtä luja ja kestävä kuin poltettu maalipinnoite. Poltettu maalipinnoite kestää varsin hyvin kulutusta, eikä se naarmuunnu tai likaannu kovin herkästi. (Tenhunen 2003, 52.)

6 Lasin taivuttaminen

Taivutettua lasia käyttämällä rakennuksista ja niiden julkisivuista saadaan näyttäviä ja moderneja luomuksia. Kun sopivaa lasia valitaan suuriin lasipintoihin, julkisivuihin, kattoihin tai kaiteisiin, on lasin oltava turvalasia. Arkkitehtuurilaseista juuri taivutetut turvalasit ovat pisimmälle jalostettuja tuotteita. Niiden kysyntä onkin lisääntynyt viime vuosina. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.)

Lasia voidaan tietyin rajoituksin leikata ja taivuttaa mitä erilaisimpiin muotoihin. Jatkuva prosessien parantaminen ja tuotekehitys tuovat lisää mahdollisuuksia lasirakentamiseen aina vain suurempien lasikokojen, taivutusmuotojen, optisen laadun sekä suojaavien ominaisuuksien muodossa. (Teerenhovi & Uusikartano 2002.) Yksi suurimmista haasteista taivutetussa turvalasissa on ollut lasin hyvien optisten ominaisuuksien säilyttäminen läpi prosessin. Ongelma koskee erityisesti karkaistua lasia, jossa työstömenetelmä ja korkealämpötila aiheuttavat muutoksia lasin rakenteeseen. Kuvioista 7 nähdään, kuinka hyvään optiseen laatuun taivutettu lasi ylittää ongelmistaan huolimatta.

Tasolasit kuten float-lasi, vääristävät kuvaa jonkin verran, mutta lämpökäsittelyssä nämä optiset virheet muuttuvat entistäkin näkyvämmiksi. Lisäksi optisiin ominaisuuksiin vaikuttavat lasin heijastavuus ja taivutussäde. Mitä suurempi lasin heijastavuus on, sitä paremmin lasista erottuvat taivutuksen jälkeen myös vääristymät. Pienet taivutussäteet taas vähentävät lasin peilikuvan virhettä siinä, missä suurilla taivutussäteillä peilikuvan vääristymät näkyvät paljon herkemmin. Jokainen taivutussäde antaa siis omanlaisensa lopputuloksen. (Lahtinen 2009.)



Kuvio 7. Luhdan pääkonttori Lahdessa on yksi Suomen Turvalasi Oy:n lippulaivoista. Lasijulkisivusta näkyy, kuinka hyvät optiset ominaisuudet taivutetun lasin on mahdollista saavuttaa. (Tambest 2009.)

Lasia taivutetaan kahdella eri tavalla: tavallisella taivutusuunilla ja karkaisun yhteydessä karkaisu-uunilla. Tavallisimmat taivutusmuodot ovat sylinteritaivutus <math><90</math> astetta, sylinteritaivutus 90–180 astetta, sylinteritaivutus suorin osuuksin, pallo-pinta-, kartio-, paraboloiditaivutus sekä s-taivutus. Taulukossa 2 on esitetty lasin maksimikoot kunkin lasityypin osalta. (Tambest 2009).

Taulukko 2. Taivutetun lasin maksimikoot. (Tambest 2009).

Tuote	Kaari	Korkeus	Max. taivutus- kulma	Taivutus- muoto
Karkaistu	2000 mm	3200 mm	90	sylinteri
Laminoitu	3210 mm	6000 mm		kaikki
Karkaistu laminoitu	2000 mm	3200 mm		sylinteri
Eristyslasi	Riippuu valitusta lasityypistä			

6.1 Taivutusprosessi taivutusuunissa

Tämä kappale vain tilaajan versiossa.

6.2 Taivutusprosessi karkaisu-uunissa

Tämä kappale vain tilaajan versiossa.

7 Laatutoiminnan vaikutukset yrityksiin

Kauppa- ja teollisuusministeriö on vuonna 2004 teettänyt tutkimuksen laatutoiminnan vaikutuksista suomalaisiin yrityksiin. Tutkimuksen mukaan suomalaisen työn laatu on alkanut viime vuosina parantua, sillä yrityksissä on alettu ymmärtää korkean toiminnanlaadun vaikutusta taloudelliseen menestymiseen.

Tutkimuksen tavoitteena oli kerätä tietoa suomalaisten yritysten laatutoiminnasta ja laadun kehittämisen käytännöistä. Tutkimukseen on kerätty tietoja lähinnä yritysten laatupäälliköiltä ja johtajilta, mutta myös henkilökunta on edustettuna. (Andersson, Hiltunen & Villanen 2004.)

Laadunkehitysjärjestelmät nähdään yrityksissä yleisesti kannattavana sijoituksena. Tutkimuksessa yritysjohto ja laatupäälliköt arvioivat laadun kehittämissijärjestelmän vaikuttavan huomattavan positiivisesti henkilöstön laatutietoisuuden lisääntymiseen, toiminnanlaadun parantumiseen ja toimintatapojen yhdenmukaistamiseen. Lisäksi yritysimageon parantuminen, laadukustannusten pienentyminen sekä tuotelaadun parantuminen on listattu laadunkehitysjärjestelmän näkyviksi tuloksiksi. (Andersson, Hiltunen & Villanen 2004.)

Laadunkehitysjärjestelmän painopisteet korostavat yrityksissä erityisesti laatutyön vastuun siirtämistä yhdeltä henkilöltä tasapuolisesti koko organisaatiolle. Tiimityöskentelyä pidetään tärkeämpänä kuin itsenäistä työskentelyä ja päätöksentekoa. Myös osastojen ja muiden ryhmien välistä yhteistyötä ja tiedon kulun parantamista pidetään tärkeänä. (Andersson, Hiltunen & Villanen 2004.)

Muina tarpeellisina ja tärkeinä laadun parantamisen kohteina pidettiin asiakaslähtöisen toiminnan sisällyttämistä peruseriaatteisiin, tehokkaampien ja monimuotoisempien ongelmamittarien kehittämistä, jatkuvan parantamisen syklin ylläpitoa sekä henkilöstön suunnitelmallisempaa koulutusta. (Andersson, Hiltunen & Villanen 2004.)

Ylivoimaisesti suurimpana laadunkehityksen ongelmana ja laadunkehittämisen esteenä yrityksissä pidetään ajan puutetta. Sen vaikutus laadunkehityksen estymiseen on huomattava verrattuna muihin tekijöihin. Tämän lisäksi laadun kehittämistä hankaloittavat kehitysprojektien organisointi ja muut meneillään olevat kehityshankkeet. Merkittävänä esteeksi on myös kuvattu työnjohdon, keskijohdon ja työntekijöiden laatutyöhön sitoutumisen puutetta. Yritysten sisäisessä tiedonkulussa on myös kehitettävää. Viimeisenä ja vähäisimpänä esteenä yrityksissä nähtiin vielä lainsäädännöstä ja viranomaisista johtuvat esteet ja rajoitukset. (Andersson, Hiltunen & Villanen 2004.)

Tutkimuksen mukaan yrityksissä pyritään eniten ja aktiivisimmin ratkaisemaan sisäisen tiedonkulun, virheellisen dokumentoinnin, huolellisuuden puutteen sekä suunnitteluvirheiden aiheuttamia ongelmia. Sisäisen tiedonkulun ongelmien nähdään vaikuttavan ja osaltaan aiheuttavan edellä mainitut muut ongelmat. Tiedon puute aiheuttaa virheellisiä toimintoja, joista seuraa niin sanottuja huolellisuusvirheitä ja jopa suunnitteluvirheitä. Yleisimmät ongelmien ratkaisuun käytetyt laatutekniikat ovat laatu-järjestelmät, jatkuvan parantamisen menetelmä, omat toiminnankehitysohjelmat, strateginen suunnittelu sekä itsearviointitekniikat. (Andersson, Hiltunen & Villanen 2004.)

7.1 Haasteena laatu

Laadulla on monta määritelmää ja kulloinkin ymmärrettävä laatu riippuu aina näkökulmasta, josta asiaa, tuotetta, toimintatapaa tai vaikkapa yritystä tarkastellaan. Usein kuitenkin kuulee sanottavan, että laatu on tuotteen kyky täyttää asiakkaan sille asettamat vaatimukset tai että laatu on tuotteen vastaavuutta tuotemäärittelyihin ja standardeihin. (Väliäho 2008.)

Hyvä laatu yrityksessä vähentää tuotantokustannuksia, lisää yrityksen kustannustehokkuutta ja vaikuttaa näin positiivisesti yrityksen toimintaan. Lisäksi yrityksen hyvä laatu lisää tyytyväisten asiakkaiden määrää ja luo positiivista imagoa markkinoilla. Näin yritys pystyy tavoittelemaan markkinajohtajuutta sekä saa mahdollisuuden hinnoitella tuotteensa hieman vapaammin. Laatuajattelun uranuurtajana tunnettu Philip Crosby (1985, 1) määrittelee yksinkertaisesti laadun suhteen tavoiteltuun hyötyyn seuraavasti.

”Laatu on ilmaista. Sitä ei saada lahjaksi, mutta se on ilmaista. Laaduttomuus maksaa - se, ettei asioita tehdä heti ensimmäisellä kerralla oikein. Laatu on paitsi ilmaista myös todellista voittoa. Jokainen penni, jota ei käytetä siihen, että asiat tehdään virheellisesti, uudestaan tai jonkin muun sijaan, on puoli penniä puhdasta voittoa”.

Crosby (1985, 3) on sitä mieltä, että laatua onnistutaan parantamaan silloin, kun ihmiset saadaan tekemään ne asiat kerralla paremmin, jotka heidän on joka tapauksessa tehtävä. Laatu on siis huonoa esimerkiksi silloin, kun arkkitehti tarkastaa taivutetut lasit ja vaatii ne korjattavaksi tai uudelleen tehtäviksi. Työ ei ole silloin onnistunut ensimmäisellä kerralla. Korjaaminen ja uudelleen tekeminen tuo lisää kustannuksia, kuluttaa ylimääräistä aikaa ja työtä. Jos lasin taivuttaminen onnistuu kerralla, säästetään kuluilta ja vaivalta. Myös asiakas on silloin tyytyväinen.

Laadun parantaminen ei ole pelkästään tuotteen ominaisuuksien parantamista ja virheettömäksi tekemistä, vaan siihen kuuluu myös tuotantoprosessissa tapahtuvien virheiden ennalta estäminen sekä prosessin häiriöttömän etenemisen varmistaminen. Prosessin häiriöiksi lasketaan esimerkiksi karkaistavan raakalasin loppuminen kesken tuotantosarjan, poranterien, ruuvien tai pakkauslaatikoiden kesken loppuminen, testilasien uudelleen tekeminen sekä huolimattomuudesta aiheutuvat uusintatyöt.

Laadunvalvonnassa ja laadun parantamisessa ehkäisevä toiminta ja tarkastaminen ovat avainasemassa, sillä mitä pidemmälle virhe ehtii, sitä suuremmat kulut tästä syntyvät. Väliaho (2008) kuvaa havainnollisesti virhekustannusten lumipalloeefektiä. Karkeasti voidaan sanoa, että mikäli virhe löydetään suunnittelupöydältä, sen suhteelliset kulut ovat valmistetun prototyypin kustannukset. Jos taas virhe huomataan piirustuksia tarkastettaessa, suhteellisen virheen kustannukset ovat 10-kertaiset. Valmistukseen jälkeen todetun virheen kustannukset ovat vastaavasti 100-kertaiset,

kokoonpanon jälkeen 1000-kertaiset, asiakkaan havaitseman virheen kustannukset 10 000-kertaiset. Jos tuote vielä joudutaan vetämään takaisin markkinoilta, nousevat suhteellisen virheen kustannukset 100 000-kertaisiksi. Mikäli virheestä edelleen seuraa oikeuskäsittely, voivat virheen aiheuttamat kustannukset nousta 1 000 000-kertaisiksi. Virheellisten tuotteiden minimoiminen on erityisen tärkeää Suomen Turvalasi Oy:n kaltaisissa yrityksissä, joissa yhden tuotteen valmistaminen kestää pitkään, jopa muutaman päivän.

Lecklin myös muistuttaa kirjassaan (2002,17–18), että laatutyössä tulee huomioida lisäksi kaikki yrityksen sidosryhmät aina raaka-aineiden tai alihankintapalveluiden toimittajista omistajiin, asiakkaisiin ja yhteiskuntaan asti. Eri sidosryhmien kautta yrityksen toiminnan on oltava laadukasta monella eri tavalla monelta eri suunnalta katsottuna. Näitä laatutoimintoja kutsutaan myös laadun ominaisuuksiksi.

Väliahon (2008) mukaan yritysten laatuominaisuudet on jaettu valmistuslaatuun, tuotelaatuun, arvolaatuun, kilpailulaatuun, asiakaslaatuun ja ympäristölaatuun. Valmistuslaatu keskittyy valmistusprosessiin ja varmistaa tuotteen valmistuksen standardien mukaan. Tuotelaatu keskittyy tuotteen suunnittelun laatuun. Arvolaadussa taas pyritään tuotteen parhaaseen kustannus-hyötysuhteeseen. Kilpailulaadulla ymmärretään oman yrityksen tuotteen laadun nostamisen samalle tasolle kuin kilpailevallakin yrityksellä. Asiakaslaatu sisältää asiakkaiden tarpeiden tyydyttämisen ja ympäristölaatu taas tuotteen ja prosessin ympäristöystävällisyyden. Kaikki mainitut sidosryhmät sekä yrityksen omat toimet sisältyvät näihin kuuteen laatuominaisuuteen. Yritykset painottavat oman toimintansa mukaisesti eritavoin eri laatuominaisuuksia.

7.2 Laatutyökalut

Laadunvalvontaan ja laadun parantamiseen on kehitetty runsaasti työkaluja, joita pyritään hyödyntämään paremman tuloksen saavuttamiseksi. Laatutyökalut eivät kuitenkaan itsestään paranna yrityksen ja sen tuotteen laatua. Vähitellen onkin siirrytty yksittäisten laatutyökalujen käyttämisestä kokonaisvaltaiseen laatujohtamiseen (TQM). (Väliaho 2008)

Kokonaisvaltainen laatujohtaminen on enemmänkin elämänfilosofia kuin yksittäinen työkalu. Paul Lillrank (1998, 126–127) selittää kirjassaan ”Laatuajattelu” laatujohtamisen tarkoituksen seuraavasti: Laatujohtaminen tarkoittaa niitä toimia, joilla parhaat menetelmät saadaan organisaatiossa levitetyksi, omaksutuksi ja käyttöön, jotta saavutetaan asetetut tavoitteet. Laatujohtamisella pyritään myös varmistamaan, että parhaita mahdollisia menettelytapoja käytetään sekä parannetaan jatkuvasti.

Kokonaisvaltainen laatujohtaminen on tarpeellista työnjakoa ja erikoistumista käyttävissä organisaatioissa, ja silloin, kun tuote on moniulotteinen tai asiakas kaukainen. Lisäksi kokonaisvaltaista laatujohtamista tarvitaan, mikäli asiakkaan palautetiedon käsittely on monimutkaista ja tuotantoprosessit monivaiheisia. (Lillrank 1998, 126–127)

Laatutoiminnan perustaksi on muodostunut asiakaskeskeisyys, jossa asiakkaiden tarpeet tyydytetään yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla. Kokonaisvaltaisen laatujohtamisen kulmakivinä pidetään yrityksen toiminnan laadun lähtökohtien selvittämistä. Tämä edellyttää markkinoiden ja asiakkaiden tarpeiden tutkimista ja ymmärtämistä. Toisena kulmakivenä on prosessien, toimitusten ja laatu järjestelmän kehittämisen sekä jatkuvan laadun parantamisen avulla saavutettava korkealaatuinen toiminta. Kolmantena, viimeisenä ja erityisen tärkeänä tulevat asiakkaat, jotka ovat laadun lopullisia arviomiehiä. (Lecklin 2002, 18–19.)

Kokonaisvaltainen laatujohtaminen koskee koko yritystä ja sen henkilökuntaa, aina johtoportaasta tuotannon työntekijöihin asti. Laadusta vastaaminen ei ole vain laatu-päällikön tehtävä, vaan laatutyö sisällytetään johtamiseen, strategiseen suunnitteluun ja organisaation kehittämiseen asti. Onnistumisen avain löytyy laadun ammentamisesta yrityksen arvoista ja strategiasta, ja sen johdonmukaisesta luotsaamisesta läpi koko organisaation. (Väliaho 2008)

Laadun tulee olla yrityksen korkeimman johdon tahto ja päämäärä. Crosby (1985, 8–12) kehottaa unohtamaan hienot termit ja pysymään laadun kehittämisessä yksinkertaisissa ilmaisussa, sekä yksiselitteisissä ja helpoissa toimintamalleissa. Hän painottaa onnistuneen laadun kehittämisen filosofian läpiviemiseksi organisaatiossa johdon aktiivista asennetta ja osallistumista, ammattitaitoista laadun hallintaa, itse kehitettyjä ja toteutettuja ohjelmia sekä arvostusta.

Oma asema ja tehtävä työyhteisössä koetaan tärkeäksi, ja siksi se myös pyritään hoitamaan mahdollisimman hyvin. Yrityksen johdon toimiminen laatuperiaatteiden mukaan on erityisen tärkeää, sillä jokaisella työpaikalla alaiset tarkkailevat jatkuvasti esimiehensä toimia. Esimiesten vallitsevat käsitykset, mielipiteet ja teot vaikuttavat vääjäämättä työntekijöiden asenteisiin ja toimintoihin, sillä kukapa tekisi sellaista, mitä esimiehet eivät pidä tärkeänä. Näin siis työntekijät tekevät työnsä esimiesten asettamien standardien ja vaatimusten mukaisesti. (Halonen 2001, 159–161.)

Asenteiden ja arvojen kohdalleen asettamisen jälkeen yhtä tärkeänä tulee ammattitaitoinen laadunhallinta. Kouluttautuminen ja tietojen päivittäminen on tänä päivänä vaatimus yrityksen korkean laadun ylläpitämiseksi. (Halonen 2001, 159–161.)

Laadun mestarioivallukset ja laadunparantamisen menetelmät on jo keksitty eikä niitä kannata enää uudelleen keksiä, mutta niiden ymmärtäminen sekä ammattitaitoinen soveltaminen avaavat uusia ovia onnistuneen laatuikäytännön ja menetelmien hyödyntämiseen ja entistä parempiin tuloksiin pääsemiseen. Yhteistyö muiden laatuorganisaatioiden kanssa laajentaa näkökulmaa ja parantaa tiedon jakamisen mahdollisuuksia. (Halonen 2001, 159–161.)

Usein laatuongelman ilmetessä ei malteta miettiä kaikkia mahdollisia syitä ongelmalle. Usein syiksi nimitetään ensimmäinen asia, joka tulee mieleen. Tällöin oleellisia asioita jää huomiotta, eikä laatuongelman seuraaminen ja mittaaminen silloin kohdistu oikeisiin asioihin. Laatuongelmien määrittämisen ja niiden todellisten syiden ymmärtämiseksi on hyvä käyttää valmiita laatutyökaluja kuten syy-seurauskaaviota, ohjaukorkortteja, histogrammeja sekä aivoriieheä. Tällaiset valmiit laatutyökalut auttavat pääsemään laatuongelman syiden juurelle. (Väliaho 2008)

Laatuongelman syiden selvittämisen jälkeen tulee kehittää tehokas laadunhallintaohjelma, jolla mitataan ongelman laajuutta ja jonka tulosten perusteella pystytään kehittämään toimintaa kohti parempaa laatua. Laatuongelmien ratkaisun jaetaan kuuteen eri vaiheeseen. Ensimmäisenä on ongelmien tunnistaminen, toisena sen määrittely, kolmantena ongelman mittaaminen, neljäntenä ongelman analysointi, jonka jälkeen ratkaisu ja kuudentena seuranta. (Andersson, Hiltunen & Villanen 2004.)

Crosbyn (1985, 11) mukaan valmiisiin laadunohjausohjelmiin suhtaudutaan yrityksissä ennakkoluuloisesti ja vastahakoisesti eikä ohjelmia lähdetä toteuttamaan pelkkien myyntipuheiden ja esitteiden perusteella. Laatuongelman ilmetessä voi itse lähteä määrittämään ongelmaa ja menetelmiä, joilla sitä pysyttäisiin mittaamaan, kontrolloimaan ja hallitsemaan. Näin tulee kehitettyä ohjelma, jossa laatuongelma on tarkkaan määritelty, sille on valittu tehokkaat korjausmenetelmät sekä mittarit. Itse kehitetyn ja läpiviedyn laadunohjausohjelman toiminta on pitkälle mietittyä, sen tuloksia on helppo tarkastella. Myös jatkotoimenpiteisiin ryhtyminen tai laatuohjelman muuttaminen on helppoa, kun ohjelman ”asiantuntijat” ovat lähellä.

Yritykselle, jonka tuotteilta puuttuu lähes kaikki tuotestandardit ja normit, on erityisen tärkeää lähteä kehittämään itse tällaisia laadunohjausohjelmia, joilla tuotteiden laatua saadaan yhdenmukaistettua ja standardoitua. Tuotestandardien avulla on helppo viestittää ostajille ja markkinoille tuotteiden korkea laatu ja sen takaamiseen käytetyt luotettavat menetelmät.

Koska laatutyöhön osallistuu koko organisaatio, on syytä pitää huoli siitä, että saavutettujen tuloksien, kiitoksien ja palkintojen ei pidä jäädä vain laaturyhmän tai yrityksen johdon iloksi. Crosby (1985, 11–12) muistuttaa koko henkilökunnan panoksesta laadunkehitystyössä ja kehottaa muistamaan positiivisen palautteen antamisen tehdyistä työstä. Laadunkehitys ja -parannus ovat jatkuvaa työtä, eikä kukaan muu ole parempi asiantuntija kuin työntekijä itse. Tietyn työvaiheen tunteva työntekijä pystyy antamaan tärkeää tietoa ja laadunparannusehdotuksia omalta vastuualueeltaan.

Motivaation ylläpitämiseen ja parantamiseen kuuluu kiitoksen ja kunnian jakaminen niille, jotka merkittävällä tavalla ovat edistäneet yrityksen laatua. Myös Crosby (1985, 11) on sitä mieltä, että kun yrityksessä samalla organisaatiotasolla olevat työtoverit valitsevat joukostaan parhaan laadunkehittäjän ja nimittävät tämän kunnia-asemaan, päästään korkeammalle motivaatioasteelle kuin esimerkiksi rahapalkinnoissa.

Lillrank (1998, 134) on listannut hyvän laatujärjestelmän piirteet seuraavasti. Yrityksellä, jolla laatutoiminnot ovat kiitettävällä tasolla, on dokumentoidut prosessit, joissa on säädetty vähimmäisvaatimukset asiakkaiden tarpeiden tyydyttämiseksi. Henkilöstö on koulutettu soveltamaan laatujärjestelmää, siten että he ymmärtävät tavoit-

teen, johon järjestelmällä pyritään sekä tarkoin mietitty tapa varmistaa, että laatu järjestelmää käytetään oikein ja että se toimii. Lisäksi yrityksellä on tapoja kehittää järjestelmää jatkuvasti paremmaksi. Tähän tulisi jokaisen laatuun parantavan yrityksen myös pyrkiä, jotta laatutyöstä saataisiin täysi hyöty.

8 Tuotekehityksen ja laadun haasteet Tambestissa

Tambestin laatu politiikka on myydä ja valmistaa asiakaslähtöisesti vaativia ja korkealaatuisia taivutettuja arkkitehtuurilaseja sekä kehittää toimintaa ja tuotteiden laatua jatkuvana prosessina. Tavoitteena on menestyä vaativilla markkinoilla myös tulevaisuudessa. (Laatuopas 2008.)

Tambestilla on muodostunut oma laatukäsite, Tambest-laatu, jolla tarkoitetaan taivutetun lasin mittatarkkuutta sekä optisen heijastuskuvan vääristymättömyyttä. Suomen Turvalasi takaa tuotteiden helpon asennettavuuden asettamalla vaatimukset tiukoista valmistus- sekä asennustoleransseista. Mittatarkkuutensa vuoksi lasi sopii ongelmitta aina karmeihin. Float-lasilla poikkeamaksi on asetettu 2 mm ja laminoidulla lasilla 3 mm. (Rakennustieto 2007.)

Lasirakentamisen yleistyessä myös taivutetun arkkitehtuurilasin menekki on kasvanut. Kilpailun edelleen koventuessa markkinajohtajan asema on uhattuna ja etumatkan kurominen kilpailijoihin nähden vaatii entistäkin aktiivisempaa ja tehokkaampaa tuotekehitystä sekä prosessien jatkuvaa parantamista. Arkkitehtuurilasin taivuttamisen tekniikka on Suomen Tambestilla kehittynyt, mutta yrityksen toiminta- sekä laadunohjausjärjestelmät eivät ole pysyneet mukana kehityksessä.

Standardien, kirjallisten työohjeiden, järjestelmällisen tiedon dokumentoinnin ja laadun vastuuhenkilöiden puute estää yritystä kehittämästä entistä kustannustehokkaampaa ja toimivampaa taivutusprosessia. Samasta syystä myös myynnin ja tuotannon välinen yhteistyö on nykyisellä systeemillä varsin monimutkaista ja hankalaa.

Ongelmia tuottavat varsinkin pinnoitelasien taipuvuuden varmistaminen. Kalliin testilasin teettäminen lasityypin sopivuuden varmistamiseksi aiheuttaa lisäkustannuksia ja aiheuttaa epävarmuutta asiakkaalle. Lisäksi tuotannon kapasiteetistä on pois yksi uuni testilasin tekemisen ajan. Testilasi on ollut pakko tehdä, sillä vaikka samaa pinnoitelasia olisi taivutettu aikaisemmin, on tieto lasin onnistumisesta ollut ainoastaan muistin varassa. Testi on täytytynyt myös tehdä, jos jokin parametreistä (paksuus, koko, säde, kaari) on merkittävästi muuttunut.

Näiden asioiden lisäksi Tambestilta löytyi laadun kehittämisen haasteita huolellisuuden parantamisessa, työturvallisuuden ja työergonomian parantamisessa, työntekijöiden motivaation kasvattamisessa, tuotekehitystoiminnan uudelleen käynnistämisesssä sekä uuden tuotannonohjausjärjestelmän muokkaamisessa toimivaksi ja yrityksen tarpeisiin sopivaksi.

8.1 Ongelmat pinnoitelasien prosessoinnissa

Pinnoitelasien käsittelyherkkyys vaihtelee siinä määrin, että niiden soveltuvuus taivutettavaksi on testattava, ennen kuin niitä voidaan myydä. Jossain tapauksissa pinnoitelasin valmistaja ilmoittaa, voiko lasia taivuttaa, mutta useimmiten asian selvittäminen jää lasinjalostajalle.

Pinnoitelaseja taivuttaessa tulee miettiä lasin asettamista muotille eli laitetaanko pinnoitepuoli ylös- vai alaspäin. Usein pinnoite repeää taivutuksessa herkästi juuri kuiperalta puolelta ja vastaavasti taas rypistyy koveralta puolelta. Taivutusmahdollisuuksien lisäksi tulee selvittää myös lasin käsittelyherkkyys. Koska suuria laseja joudutaan nostamaan imukupeilla, on tärkeää, että pinnoite sietää imukuppien kosketuksen. Ongelmia pinnoitelasin käsittelyssä voi syntyä myös, jos lasi ei esimerkiksi kestä sormin koskemista, pesua tai hiontakoneesta läpi menoa. Myös laminoinnissa voi tulla ongelmia, mikäli pinnoite ei kestä kumisia imuletkuja.

Pinnoitelaseja on Tambestilla testattu sitä mukaa kun tilauksia on tullut. Vanhat testit ovat jääneet dokumentoimatta, ja tieto taipuvista ja taipumattomista pinnoitelaseista on jäänyt muistelun varaan. Testitulosten muistelu myöhemmin, jopa vuosien päästä aiheuttaa vaaran liikojen lupaamisesta. Ongelmia syntyy, jos myyty pinnoitelasi ei kestäkään taivuttamista. Olematon testitulosten dokumentointi aiheuttaa myös samojen testien uusimisen aina uuden tilauksen tullen. Lisäksi myyjät eivät voi luvata asiakkaalle varmasti, että haluttu pinnoitelasi soveltuu taivutettavaksi. Myyjät joutuvat nyt ennen sopimuksen tekemistä varmistamaan tuotannosta, voiko kyseistä pinnoitelasia taivuttaa halutulla säteellä

8.2 Taivutusprosessin standardoinnin puutteet

Pinnoitelasien lisäksi ongelmia aiheuttavat puuttuvat standardit. Ainoastaan turvalaseista karkaistuille lasille sekä laminoituille lasille on omat vähimmäisvaatimukset. Taivutetuilla lasilla ei ole omia standardeja, mutta niille sovelletaan osin tasolasien laatuvaatimuksista. Sovellettavat laatuvaatimukset ovat lähinnä optisten virheiden määrittelyä, pistemäisten virheiden koko- ja esiintymistaajuuden rajoituksia, laminoitun lasin standardoituja laatuvaatimuksia (DIN EN ISO 12543 osien 2,5 ja 6 mukaisesti) sekä erilaisten pinta- sekä reunavirheiden rajoituksia.

Sekä karkaistulle suoralle että taivutetulle lasille on myös yhteisesti sovellettavia laatuvaatimuksia, sillä niin tasomaisessa kuin taivutetussa karkaistussa lasissa ilmenee valon polarisaatiota, joka johtuu lasin jännityksistä. Tämä valon polarisoituminen ei kuitenkaan ole virhe, vaan se on valmistusteknisistä syistä tietyissä määrin täysin hyväksyttävä piirre.

Näiden muutamien laatuominaisuuksien lisäksi on tulevaisuudessa erityisen tärkeää dokumentoida ja standardoida lasin taivutusprosessi, jotta pystytään osoittamaan laadun taso konkreettisesti yleisesti hyväksytyjen menetelmien perusteella. Tuotteen saadessa laatuhyväksynnän pääsee asiakas epävarmuudesta, jota tietämättömyys tuotteen laatusasta saattaa aiheuttaa. Samalla voidaan varmistaa, että asiakas tietää testiparametrit ja sen, mitä prosessista tulee ulos ja minkä laatuista lasia tehtaalta hänelle lähetetään. Standardointi antaa myös kiistatilanteissa raamit, joihin voidaan tarvittaessa vedota. Standardointi määrittää yksinkertaisesti ja selkeästi, mitä on taivutetun lasin laatu.

8.3 Testiproseduuri- ja dokumentointijärjestelmäongelma

Tällä hetkellä yksi Tambestin suurimmista haasteista on luoda toimiva dokumentointi ja seurantajärjestelmä raakalasiin pinnoitetestaukseen. Dokumentointijärjestelmä korvaa muistin varaan jääneet testiproseduurit ja tulokset. Dokumentointijärjestelmän tavoitteena on yhdenmukaistaa testitoimintaa, tallentaa kaikki tärkeä ja oleellinen tieto tehdyistä testeistä järjestelmällisesti toimintajärjestelmään sekä helpottaa

myynnin toimintaa antamalla tieto tehdyistä testeistä sekä taipuvista ja taipumattomista pinnoitelaseista. Dokumentointijärjestelmä toimii tulevaisuudessa pohjana tuotekehityksen testauksessa.

Keräämällä kattava tietokanta pinnoitelaseista ja niiden taipumisominaisuuksista vähennetään tuotantokustannuksia, helpotetaan ja nopeutetaan myyntiä sekä päivitetään tietoja uusien pinnoitelasien sopivuudesta taivutukseen. Dokumentointijärjestelmän avulla pystytään vastaamaan nopeasti asiakkaan tarpeisiin ja tarvittaessa tarjoamaan sopimattoman pinnoitelasin tilalle muita vaihtoehtoja, joilla on vastaavat ominaisuudet kuin halutulla lasilla. Testilasien tekeminen vähenee huomattavasti tai loppuu kokonaan, kun on selvitetty eri pinnoitetyyppien käyttäytyminen taivutusuneissa.

Järjestelmä laajennetaan ja muokataan sopivaksi myös Forssan tasolasitehtaalle. Aluksi Forssaan tulee käyttöön ainoastaan dokumentointijärjestelmä laminointitestaukseen. Tavoitteena on kuitenkin tuoda vähitellen kaikki yrityksen toiminta samaan dokumentointijärjestelmään. Jokaisen työpisteen tapahtumat tulee saada kerättyä samaan tietokantaan, jolloin koko prosessin seuraaminen ja valvominen helpottuu. Tämän lisäksi myös kaikki tieto löytyy samasta paikasta selkeästi jäseneltynä. Esimerkiksi karkaisukoneen ajoparametrien, raporttien, skannerikuvien sekä murutestien tiedot jokaisesta tuotantosarjasta on saatava järjestelmällisesti dokumentoitua. Jo kehitetty dokumentointijärjestelmä mahdollistaa yhdessä uuden toimintajärjestelmän avulla kummankin tehtaan kaikkien toimien tuomisen saman ohjelman alle.

Dokumentointijärjestelmä on työkalu, jolla on mahdollista saavuttaa tehokkaampi ja laadukkaampi testiproseduuri. On kuitenkin otettava huomioon, että laatutyökalut eivät itsessään paranna laatua. Ei riitä, että järjestelmän toiminta selitetään ja näytetään alussa kerran, vaan sen käyttöönottoa tulee alkuun opastaa ja neuvoa. Se tarvitsee toimiakseen lisäksi jatkuvaa valvontaa ja ohjausta.

Jokainen toiminta- ja laadunkehitysohjelma, standardi ja työohje vaativat tasaisin väliajoin päivittämistä. Jokainen ohjelma vanhenee, ja päivittämättä ne voivat muuttua jopa haitallisiksi. On siis tärkeää, että myös dokumentointijärjestelmää päivitetään ja muokataan prosessin, toimintatapojen sekä tarpeiden mukaan.

Ratkaisevaa dokumentointijärjestelmän käyttöönoton sekä ylläpidon onnistumiselle on johdon asenne. Tuotekehityksen vauhdittamisen sekä laadun parantamisen on oltava kirkkaana mielessä, asenteissa, tavoitteissa sekä toimintastrategiassa. Sen tulee antaa näkyä, ja tavoitteet tulee myös tehdä selväksi alaisille. Johdon on otettava aktiivinen ja positiivinen ote dokumentointijärjestelmän käyttöönotossa. Ellei johto osoita uusia kehityksen uria ja näytä myös omassa toiminnassaan työn varsinaiselle tekijälle uuden järjestelmän tärkeyttä, merkitystä ja selvitä sen vaikutuksia tulevaisuudessa, palataan vähitellen takaisin vanhoihin menetelmiin ja uusi järjestelmä jää käyttämättä.

9 Dokumentointijärjestelmän kehittäminen

Tambestilla oli omistajan muutoksen aikoihin alettu hakea uusia uria, ja samalla oli herännyt tarve tuotannon ja tuotekehityksen tapahtumien sekä testauksen dokumentointiin. Erityiseksi ongelmaksi koettiin pinnoitelasitestien dokumentoinnin puute.

Kun tilaus on sisältänyt pinnoitelasia, on tähän asti aina ennen tilauksen vahvistamista tehty hintava testilasi, jotta nähtiin, kestäkö pinnoite taivuttamista, lämpöä ja käsittelyä. Testiä ja sen tuloksia ei järjestelmällisesti kirjattu muistiin. Tilauksen tullessa myyjä oli ottanut yhteyttä tuotantoon, jossa oli muisteltu, miten kyseinen lasi on taipunut ja voiko sitä taivuttaa halutulla säteellä. Jos lasia ei ollut ennen taivutettu tai kukaan ei muistanut, miten se käyttäytyi taivutusolosuhteissa, on testilasi teetetty asiakkaan kustannuksella. Edestakainen soitteleminen ja pelkän muistin varassa toimiminen on koettu hankalaksi, aikaa vieväksi ja turhaksi kustannustekijäksi.

Dokumentointijärjestelmän kehittäminen oli nyt ajankohtaista, sillä samaan aikaan ajetaan tehtäisiin sisään uutta toiminnanohjausjärjestelmää. Dokumentointijärjestelmän kehittäminen ja yhdistäminen uuteen toiminnanohjausjärjestelmään nähtiin parhaaksi vaihtoehdoksi, jolloin loppujen lopuksi saadaan käyttöön yksi tehokas hallintajärjestelmä kahden sijaan. Tuleva toiminnanohjausjärjestelmä on Windows-pohjainen, joten myös dokumentointijärjestelmässä tuli käyttää Windows-ohjelmia.

Tiedon kerääminen työtä varten alkoi työskentelyllä tuotannossa. Tiedonkeruu tapahtui omatoimisesti ja itsenäisesti tuotantoprosessiin tutustumalla, eri työvaiheita seuraamalla sekä työntekijöille kysymyksiä esittäen. Työntekijät suhtautuivat satoihin ja aina satoihin uusiin kysymyksiin erittäin positiivisesti ja vastauksia askarruttaviin asioihin sai usein peripohjaisen selityksen kanssa.

Karkaisukoneen toimintaan tutustuttamiseen sai erityisen hyvän perehdyttämisen. Lisäksi löydettiin runsaasti teoriaa tukevaa materiaalia prosessin läpiviennistä sekä vanhoista tuotekehitystesteistä. Materiaaliksi työtä varten löytyi myös joitakin vanhoja karkaisukoneella tehtyjä tuotekehitystestejä. Seasta löytyi muutama vanha pinnoitelasitesti, joista sai hieman käsitystä vanhoista testimenettelyistä. Näiden lisäksi löytyi vielä kymmenkunta muuta vanhaa osittain dokumentoitua testiä. Näistä kaikis-

ta oli suuri hyöty karkaisukoneen testimenettelyä suunniteltaessa. Prosessin eri vaiheiden ymmärtämiseksi oli myös välttämätöntä henkilökohtaisesti päästä kosketuksiin työn kanssa. Siksi riittävän tiedon keruun jälkeen oli aika aloittaa työt.

Tutustuminen varsinaisiin töihin alkoi prosessin alkuvaiheesta, jossa lasi leikataan ja hiotaan. Lyhyt kokemus lasiteknologia-alalta osoitti, että sujuvaan lasinkäsittelyyn tarvitaan pidempi aika, kuin opinnäytetyön puitteissa oli mahdollista käyttää. Osaltaan vaikeutensa lasin käsittelyyn toivat suuret lasikoot, jotka myös painoivat paljon, jopa 70 kg. Vaikka lasin siirtämiseen oli käytettävissä nosturi, oli silti paljon tilanteita, joissa lasia joutui nostamaan ja siirtämään käsivoimin.

Seuraavina olivat vuorossa lasin taivuttaminen ja uunien kanssa toimiminen, lasien laminointi eri tekniikoilla, pakkaus ja lähetys, sekä eri seurantaraportteihin tutustuminen. Viimeisenä oli vielä edessä työskentely karkaisukoneella. Karkaisukoneella alettiin juuri taivuttaa pitkää tuotantosarjaa. Tämä oli hyvä hetki tutustua prosessiin ja koneen toimintaan, alkaen muotin valmistamisesta aina koneen ajoraporttiin asti.

Tuotekehitystestien dokumentointi kattaa tavallisilla taivutusuuneilla tehdyt pinnoitetestit ja karkaisun yhteydessä suoritettut pinnoitetestit. Molemmille uuneille tuli siis tehdä omat testi- ja dokumentointiohjelmasa. Käytettäväksi ohjelmaksi valittiin Microsoft Office Excel -taulukkolaskentaohjelma, joka avaa mahdollisuuksia mitä monimuotoisempien dokumentointijärjestelmien luomiseen. Tiedot kummankin taivutusuunin testimenettelyistä saatiin tutkimalla karaisu-uunilla tehtyjä vanhoja testejä, sekä haastatteleamalla ja tutkimalla taivutusprosessin kulkua.

Tämä kappale vain tilaajan versiossa

Pinnoitelaseista tuli selvittää niiden käsittelyherkkyys, sillä kaikki pinnoitteet eivät siedä esimerkiksi imukuppinosturin kosketusta, hiomakoneen läpi ajamista, pesua tai paljain sormin käsittelyä. Käsittelyherkkyys on oltava selvillä, ennen kuin lasin käsittely prosessin alussa alkaa. Taivutusuunien olennaiset asiat ovat testikappaleiden

määrä per pinnoitelasityyppi, työmääräimen numero, lasin valmistaja, lasityyppi/pinnoite, lasin käsittelyherkkyys, taivutustekniset parametrit, testin tulos, testauspäivämäärä sekä testin suorittajan nimi.

Kuten jo aiemmin on todettu, on karkaisutaivutusuunin testiproseduuri hyvin paljon erilainen kuin tavallisella taivutusuunilla. Se näkyy myös dokumentointijärjestelmässä. Karkaisu-uunin monimutkaisemman ja herkemmän käyttöjärjestelmän vuoksi myös prosessista kerättävän tiedon määrä on suurempi.

Tämä kappale vain tilaajan versiossa.

Testin valmistuttua ja testiparametrien sekä tulosten dokumentoinnin jälkeen täytetään myyntiä varten valmistettu taulukko, jonne kirjataan lasin valmistaja, lasityyppi/pinnoite ja testin tulos. Taulukko on esitetty liitteessä 1.

Sekä taivutusuunien testitaulukosta että karkaisu-uunin testitaulukosta pääsee siirtymään myynnin taulukkoon makroilla tehtyä nappia painamalla. Otsikkorivit on ankuroitu paikoilleen, jolloin makronappi on aina helposti saatavilla ja seuraavan taulukon täyttö helpottuu. Tästä taulukosta myynti näkee kaikkien testien tulokset. Taulukosta nähdään helposti myös puuttuvat lasit, joita ei ole testattu tai joista on tehtävä kaupan yhteydessä testilasi.

Dokumentointijärjestelmän kehittämisen lähtökohtana oli pitää testiproseduuri mahdollisimman samanlaisena, kuin se on aiemmin ollut. Lisäksi lähtökohtana oli helpottaa tiedon keräämistä pitämällä varsinainen testitaulukko sellaisena, että se on tutun tuntuinen sekä helppo ja yksinkertainen täyttää.

Kehittelyvaiheessa taulukoista poistettiin joitakin asioita, joita pidettiin turhina ja tarpeettomina sekä lisättiin olennaisia testiparametreja tilalle. Taulukon täyttämisen helpottamiseksi lisättiin sellaisiin täyttökohtiin alasetoalikkoja, joiden valintavaihtoehdot olivat vakioita. Tällaisia kohtia olivat esimerkiksi lasin paksuudet, käytettävät uunit, käsittelyherkkyys ja murutestin tulos.

Lisäksi taulukkoon asetettiin pikasuodattimet tietyille otsikkoriveille helpottamaan vanhojen testien hakua. Hakuehtoina toimivat työmääräimen numero ja lasinvalmistaja. Kaikki kolme taulukkoa suojattiin siten, ettei otsikkorivejä pääse muuttamaan tai poistamaan vahingossa. Näin estettiin tapaturmainen taulukon luvaton muokkaaminen. Suojauksen purkamiseen tarvittava salasana on annettu taulukon hallinnoijalle.

Pinnoitetestien dokumentointijärjestelmän valmistuttua siirryttiin laajentamaan samaa järjestelmää myös Suomen Turvalasin toiselle tehtaalle Forssaan. Jo valmista järjestelmää voitiin soveltaa Forssaan muuttamalla vaadittavia tietoja vastaamaan tasolasien tarpeita. Ensimmäinen dokumentointijärjestelmän osa tuli laminointitestaukseen. Taulukko on esitetty liitteessä 2.

Tasolasien laminointi poikkeaa työvälineiden osalta huomattavasti taivutettujen lasien laminoinnista. Siinä missä taivutettuja lasia laminoidaan käsin, on vastaava työ tasolasipuolella täysin koneistettu. Forssan tehtaalla tehdään lisäksi paljon testejä erilaisilla laminointikalvoilla uusien värien ja kuvioiden aikaansaamiseksi lasiin. Näiden testien dokumentointi on erityisen tärkeää tulevaisuutta ajatellen. Samoin kuin pinnoitetesteissä myös laminointitestien tietojen välittäminen myynnille helpottaa tilausten vastaanottoa ja käsittelyä ja vähentää saman testin toistoa ja lisää näin tuotantokapasiteettia.

10 Dokumentointijärjestelmän käyttöönotto

Järjestelmän käyttöönoton toteutus jäi vajavaiseksi. Testilasit tilattiin tammikuun alussa, mutta ne eivät saapuneet Tambestille vielä helmikuun loppuun mennessäkään. Tehtaalla oli varastossa pinnoitelaseja, joita oli tarkoitus käyttää testilaseina tilattujen lasien tilalla. Yhtäkään testilasierää ei kuitenkaan tehty. Työnjohdon mukaan syynä testien tekemättä jättämiseen oli suuri tilauskanta, joka ei jättänyt uuneja testilasien käyttöön. Järjestelmän käyttöönotto jäi täysin suullisen esityksen varaan.

Dokumentointijärjestelmä on esitelty jokaiselle taivuttajalle yksitellen. Ohjelmasta on käyty taivuttajien kanssa läpi tiedot, jotka taulukkoon tulee merkitä, missä vaiheessa taulukkoa täytetään sekä mitä tietoja kolmanteen pinnoitelasien maksimi- ja minimitaivutussäteiden taulukkoon merkitään. Taivuttajat ovat myös itsenäisesti tutkineet dokumentointijärjestelmää ja ymmärtävät sen tarkoituksen ja päämäärän. Lisäksi dokumentointijärjestelmä on esitelty työnohtajalle ja tuotantopäälliköille, jotka vastaavat tulevaisuudessa järjestelmän lopullisesta käyttöönotosta.

Dokumentointijärjestelmän liittäminen uuteen toiminnanohjausjärjestelmään jäi myös kesken. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto on ollut haastavaa. Maaliskuuhun 2009 mennessä ainoastaan myynnin osa on saatu koekäyttöön. Tuotannon ohjelmaosuuden käyttöönoton tulee tapahtua viimeistään kesällä 2009. Tätä ennen testitiedot tallennetaan toiminnanohjausjärjestelmän ulkopuolisiin taulukoihin, joista tiedot kopioidaan toiminnanohjausjärjestelmään sen käyttöönoton jälkeen.

Dokumentointijärjestelmä tulee sijoittaa toiminnanohjausjärjestelmään siten, että niin tuotanto kuin myyntikin pääsevät siihen käsiksi. Tuotannossa kerätään ja päivitetään tietoja dokumentointijärjestelmään, jolloin oikeus taulukoiden ja tietueiden muokkaukseen tulee olla tuotannon vastaavilla henkilöillä. Myyjien osalta tietoihin tarvitaan ainoastaan lukuoikeus.

Suomen Turvalasin toiminnanohjausjärjestelmän kehittämisestä ja käyttöönotosta vastaa tietotekniikka yritys IT-Admina Oy:n ICT-asiantuntija Juha Kalliola. Kalliolan mukaan dokumentointijärjestelmän liittäminen toiminnanohjausjärjestelmään käy helposti linkittämällä.

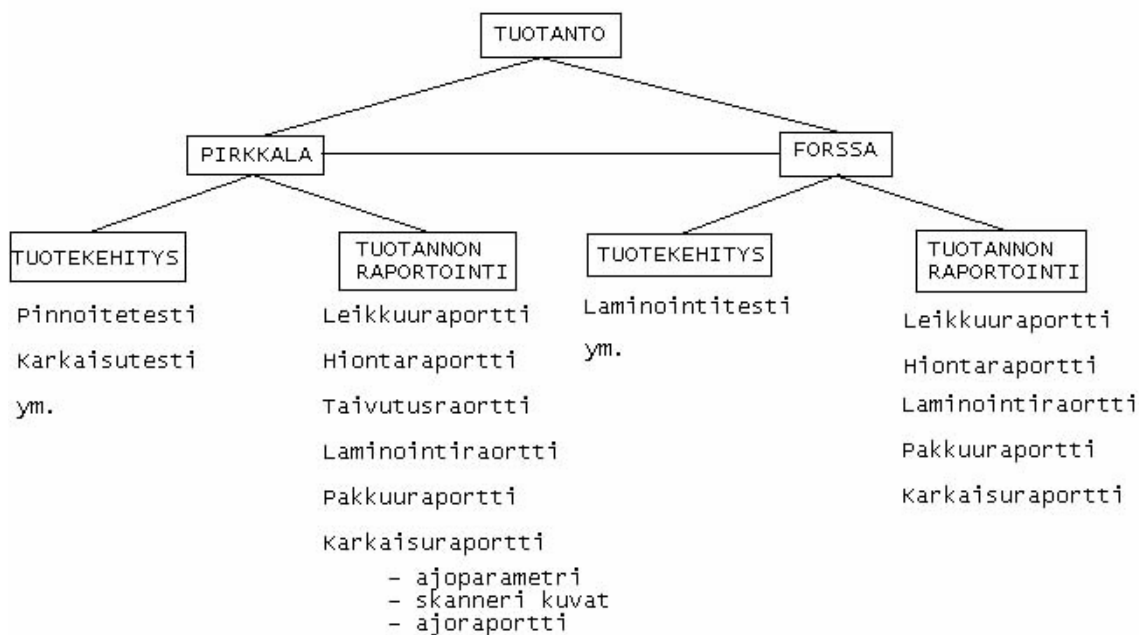
Kalliolalle lähetettiin 2.2.2009 sähköpostilla sekä linkitettävät dokumentointijärjestelmän osat että ohjeet linkitysten tekemiseen. Kun vastausta sähköpostiin ei kolmen viikon sisällä tullut, otettiin Kalliolaan yhteyttä puhelimitse. Puhelinkeskustelun aikana käytiin läpi dokumentointijärjestelmän linkitys toiminnanohjausjärjestelmään. Asia ei kuitenkaan ole ajankohtainen ennen tuotannon toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönottoa, siksi lopullinen vastuu dokumentointijärjestelmän asianmukaisesta liittämisestä toiminnanohjausjärjestelmään jää tuotantopäällikön vastuulle.

11 Jatkotoimenpiteet

Pinnoitelasien testaaminen ja dokumentointijärjestelmän käyttöönotto on aloitettava pikimmiten, jotta järjestelmä ei jää käyttämättömänä toiminnanohjausjärjestelmän rasitteeksi. Ensimmäisten testien tekeminen on sisällytettävä tuotantolaseihin, joita asiakkaat tilaavat. Lisäksi on jatkettava uusien markkinoille saapuvien pinnoitelasien hankkimista testausta varten. Hienoilla toiminta- ja testausjärjestelmillä ei saavuteta hyötyä tai etulyöntiasemaa ellei niitä myös käytetä tehokkaasti.

Tavoitteena oli laajentaa tehtyä järjestelmää Suomen Turvalasin kummallekin tehtaalle uuden toiminnanohjausjärjestelmän siivittämänä. Tämä kuitenkin vaatii järjestelmän käyttöönottoa ja siihen tutustumista heti alkuvaiheessa.

Nykyinen dokumentointijärjestelmä toimii tuotekehityksen tukena, ja toimivana järjestelmänä sitä olisi hyvä laajentaa. Samalla konseptilla on helppo tuoda samaan ohjelmaan tuotekehitysprojektien dokumentointi ja seuranta sekä tuotannon raportointi. Näin saadaan koko yrityksen tiedot tallennettua järjestelmällisesti vuosi vuodelta samaan tietokantaan, josta niiden tarkastelu on helppoa ja vaivatonta. Toiminnanohjausjärjestelmään olisi helppo kehittää esimerkiksi kummallekin tehtaalle omat tietueet, jotka sisältävät sekä tuotekehitykseen liittyvät testaukset että tuotannon raportoinnin kaikista toimista. Kuviossa 8 on esimerkki tiedostojen jakamisesta toiminnanohjausjärjestelmään.



Kuvio 8. Ehdotus toiminnanohjausjärjestelmän ja dokumentointijärjestelmän yhdistämiseksi ja laajentamiseksi.

Toiminnanohjausjärjestelmän tuotanto-osioon tulisi luoda omat tietueet Pirkkalan ja Forssan tehtaalle. Kummallakin tehtaalla on omat tiedostonsa tuotekehitykselle ja tuotannon raportoinneille. Tuotekehitystiedostoon kerätään kaikki testit ja projekti-työt asianmukaisesti dokumentoituina. Tuotannon raportoinnista löytyvät taas kaikki raportit ja seurannat jokaiselta työpisteeltä. Myös karkaisukoneen toiminnan seuranta varten tähän tiedostoon saadaan liitettyä kaikki dokumentit, joita koneen ajoista saadaan.

Tiedostojen lukuoikeuksia voidaan säädellä siten, että tietyt avainhenkilöt pääsevät tarvittaessa käsiksi toisen tehtaan tietueisiin. Näin helpotetaan ja parannetaan tiedon kulkua tehtaiden välillä. Tällä järjestelmällä on helppoa ja yksinkertaista seurata koko yrityksen toimintaa

Dokumentointijärjestelmän edelleen kehittäminen ja laajentaminen koskemaan kaikkia yrityksen toimintoja on helpointa suorittaa samaan aikaan uuden toiminnanohjausjärjestelmän sisäänajon kanssa. Uusi järjestelmä tarjoaa monikäyttöisen työkalun yrityksen toiminnanlaadun parantamiseen ja markkinajohtajuuden tavoitteluun.

Lähdeluettelo

- Andersson, Paul H., Hiltunen, Kirsi. & Villanen, Hannu. 2004. Laatutoiminta Suomalaisissa yrityksissä. Kauppa- ja teollisuusministeriö rahoitetut tutkimukset 7/2004. Helsinki: Edita Publishing Oy
- Crosby, Philip. 1985. Laatu on ilmaista. Suomentanut Anna-Riitta Vuorikoski. Helsinki: Laatuteema Oy
- Finnglass. 2009. Energiainsäätö, talous. [online] [viitattu 3.2.2009].
<http://www.finnglass.fi/>
- GlassOnline. 2009. A Brief History of Glass. [online] [viitattu 27.1.2009].
<http://www.glassonline.com/infoserv/history.html>
- Halonen, Ossi. 2001. Yhdessä ykköseksi. Luo kilpailukykyä henkilöstön avulla. Saarijärvi: Gummerus kirjapaino Oy
- Hassinen, Paavo., Hemmilä, Kari., Mantere, Leevi., Saarimaa, Juho. & Rautiainen, Liisa. 1992. Valoa läpäisevien rakenteiden arviointi. Menetelmiä ja koetuloksia. Espoo: VTT. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus Tiedotteita 1383.
- Kalliola, Juha. ICT-asiantuntija. Keskustelu 23.2.2009. IT-Admina Oy.
- Kerroslassi Oy. 2009. Laminoitu lasi. [online] [viitattu 30.3.2009].
<http://www.kerroslassi.fi/laminoitu.html>
- Klein, Dan. & Lloyd, Ward. 1993. The history of glass. London: Little, Brown and Company
- Koivisto, Kaisa. 1999. Lasi taipuu: Pilkington Lamino 50 vuotta. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Koskiahde, Eila. 1986. Lämpösäteilyä heijastavat ikkunapinnoitteet. Espoo: VTT. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus Tiedotteita 535.
- Laatuopas. 2009. Tambest Oy. [Julkaisematon vihko]. Pirkkala
- Lahtinen, Hannu. Tambest Oy. [Sähköpostiviesti 19.2.2009].
- Lasistudio Sara. 2009. Lasin historiaa. [online] [viitattu 27.1.2009].
http://www.studiosara.fi/studiolasi_historia2.html
- Lecklin, Olli. 2002. Laatu yrityksen menestystekijänä. 4. uudistetun painoksen ensimmäinen lisäpainos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy
- Lillrank, Paul. 1998. Laatuajattelu. Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Mansikka, Harri, operaattori. Haastattelu 26.1.2009. Tambest Oy.

Mansikka, Harri, operaattori. Haastattelu 6.2.2009. Tambest Oy.

Mansikka, Harri, operaattori. Keskustelut 7.1.-2.2.2009. Tambest Oy.

Matiskainen, Heikki. 1994. Suomalaisen lasin historia. Riihimäki: Suomen Lasimuseo.

Pilkington. 2007. Lasifakta. [pdf]. [online] [viitattu 3.2.2009].
<http://www.pilkington.com/resources/lammoneristys.pdf>
<http://www.pilkington.com/resources/esinejahrenkilosuojaus1.pdf>
<http://www.pilkington.com/resources/henkiloturvallisuus1.pdf>
<http://www.pilkington.com/resources/aaneneristys.pdf>
<http://www.pilkington.com/resources/auringonsuojaus.pdf>
<http://www.pilkington.com/resources/itsepuhdistuvalasi1.pdf>
<http://www.pilkington.com/resources/palonsuojaus1.pdf>

Pilkington. 2009. Floatlasi. [online] [viitattu 3.2.2009].
<http://www.pilkington.com/europe/finland/finnish/about+pilkington/this+is+pilkington/our+technology+and+processes/default.htm>

Rakennustieto. 2007. Taivutetut lasit Tambest Oy. [pdf]. [online] [viitattu 19.2.2009]
<http://www.rakennustieto.fi/Downloads/Tarviketieto/pdf/37391.pdf>

Rainamo, Matti. & Riikonen Mauri. 1999. Lasirakentajan käsikirja. Tampere: Enterpress Oy.

Riksantikvarieämbetet. Traditional Building Materials of the Baltic sea Region. [pdf].

National Heritage Board, Sweden.2003. [online] [viitattu 27.1.2009].
<http://balticheritage.raa.se/reports/traditional-building.pdf>

Tamglass. 2009. Lasivalikoima; eristyslasit. [online] [viitattu 3.2.2009].
<http://www.tamglass.fi/?Deptid=551>

Tambest. 2009. Tekniikka. [online] [viitattu 9.2.2009].
http://www.tambest.fi/fi/page.tpl?sivu_id=71
http://www.tambest.fi/fi/page.tpl?sivu_id=73
http://www.tambest.fi/fi/page.tpl?sivu_id=66
http://www.tambest.fi/fi/page.tpl?sivu_id=68

Teerenhovi, Liisa. & Uusikartano, Ari. 2002. Kaareva arkkitehtuurilasi. [Julkaisematon kansio]. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy

Tenhunen, Olavi.2003. Metalli- lasirakenteisen kaksoisjulkisivun materiaalien soveltamiskriteerit. Helsinki: Helsingin teknillinen korkeakoulu. [pdf] [Julkaistu painettuna: ISBN 951-22-6813-2-].

Suomen lasimuseo. 2007. Lasitutkimuksia – Glass research XVII. Suomen lasimuseon tutkimusjulkaisu 2007. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Väliaho, Esa. 2008. Laatutekniikka. [Julkaisematon kurssimateriaali]. Tampereen ammattikorkeakoulu.