

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalous

2019

Joel Pirttisalo

ERISTYSLASI JA ERISTÄMÄTÖN LASI RISTEILYALUKSESSA

– Lämpövirran vertailu

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalous

2019 | 55 sivua, 1 liitesivu

Joel Pirttisalo

ERISTYSLASI JA ERISTÄMÄTÖN LASI RISTEILYALUKSESSA

– Lämpövirran vertailu

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Meyer Turku Oy, ja työ toteutettiin tutkimalla risteilyaluksessa olevia hytti-ikkunoiden ja parvekeovien ratkaisuja. Tavoitteena oli tehdä vertailevaa tutkimusta eristetyin ja eristämättömän lasirakenteen läpäisevästä lämpövirrasta eristysarvoja käyttäen.

Opinnäytetyössä tutkittiin Meyer Turku Oy:n sisäistä tietokantaa ja haastateltiin lasinvalmistajia. Tietoa kerättiin jo valmistuneista risteilyaluksista sekä tulevista projekteista.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin yleisesti laivasuunnittelua, lasin käyttöä risteilyaluksessa sekä lasin ominaisuuksien vaatimuksia. Tämän jälkeen tutkittiin eristysarvojen merkityksiä, joiden pohjalta työn tutkimus suoritettiin. Opinnäytetyön lopputuloksena esitetään kohdeyritykselle saadut tulokset lämpövirran suuruudesta eri lämpötiloissa sekä tarkastellaan lämpövirran vaikutuksia risteilyaluksessa.

Tulosten avulla toimeksiantajalla on tietoa siitä, miten eristysarvot vaikuttavat risteilijän sisälämpötilaan. Työtä voidaan käyttää perustietona uusissa laivaprojekteissa. Työssä saatuja tuloksia voidaan vertailla uuden projektin arvoihin, ja niiden perusteella voidaan, nähdä ovatko eristysarvot mahdollisia tai kannattavia toteuttaa.

ASIASANAT:

Eristyslasi, G-arvo, lämpövirta, risteilyalus, turvalasi, U-arvo

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial Management and Engineering

2019 | 55 pages, 1 page in appendices

Joel Pirttisalo

INSULATED AND NON-INSULATED GLASS IN A CRUISE SHIP

– Heat flow comparison

The commissioner of this thesis was Meyer Turku Oy and purpose of this thesis was to examine cabin windows and balcony doors in a cruise ship. The target was to perform a comparing study between insulated and non-insulated glass structures and the effects of heat flow using insulation values.

The study methods used for this thesis were examining Meyer Turku Oy internal database and interviewing the personnel at Meyer and glass manufacturers. Information was gathered from finished cruise ships and from upcoming projects.

The theoretical part included cruise ship designing, use of glass in a cruise ship and the requirements of glass. After introducing these subjects, the examination of insulation values, in which the thesis is based, was made. As the result of this thesis, the results for heat flow in different temperatures are introduced. The effects of heat flow is then examined and analyzed.

The employer can use the results from this thesis as a base information on upcoming projects. The results work as a guideline for insulation values on upcoming projects and can be used when deciding are the insulation values efficient on the new projects. The values can be compared with the values and results that were discovered in this thesis.

KEYWORDS:

Insulated glass, G-value, heat flow, cruise ship, safety glass, U-value

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 KOHDEYRITYS JA TOIMIALA	9
2.1 Meyer Turku Oy	9
2.2 Meriteollisuus ja risteilymarkkinat	9
3 LAIVANRAKENNUS	13
3.1 Suunnitteluvaihe	13
3.2 Säännöt ja säädökset laivanrakennuksessa	16
4 HYTIT JA IKKUNAT	18
4.1 Yleistä	18
4.2 Hytit ennen ja nyt	19
4.3 Ikkunat ja parvekkeet	21
4.4 Lasi laivassa	23
4.5 Ikkunoiden paloluokitukset ja säädökset	26
5 LASIT JA NIIDEN VALINTAAN VAIKUTTAVAT OMINAISUUDET	29
5.1 Lasi ja lasin valinta	29
5.1.1 Float-lasi	30
5.1.2 Turvalasi	31
5.1.3 Erikoislaseja ja tulevaisuuden laseja	34
5.2 Lasin eristys	37
5.2.1 Lämmöneristys	37
5.2.2 Palonsuojaus	38
5.2.3 Ääneneristys	39
5.2.4 Auringonsuojaus	39
5.2.5 Energiansäästölasi	41
6 LÄMPÖVIRTOJEN VERTAILU	42
6.1 Vertailun esittely	43
6.1.1 Lämpövirta U-arvoilla	43
6.1.2 Lämpövirta G-arvoilla	45

6.1.3 Kokonaislämpövirran vertailu	46
7 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKI	48
7.1 Auringon teho	48
7.2 Vertailu risteilyaluksille	49
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	53
LÄHTEET	54

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset

KAAVAT

Kaava 1. Lasin paksuuden laskentakaava	26
Kaava 2. Lämpövirran laskukaava U-arvolla	43
Kaava 3. Lämpövirran laskukaava G-arvolla	45
Kaava 4. Säteilivoiman tehon laskukaava	49

KUVAT

Kuva 1. Suunnitteluspiraali laivan suunnitteluvaiheista	15
Kuva 2. Esimerkkejä normaaleista laivaikkunoista	25
Kuva 3. Turvalasin käytön vaatimukset rakennemääräyksen mukaisesti	32
Kuva 4. Lasi rikkoutuessa	33
Kuva 5. Float-lasin ja vähärautaisen lasin väriero	36
Kuva 6. Auringon voimien vaikutus lasirakenteeseen	40

KUVIOT

Kuvio 1. Lämpövirran vertailu U-arvoilla	44
Kuvio 2. Lämpövirran vertailu G-arvoilla	46
Kuvio 3. Kokonaislämpövirran vertailu	47
Kuvio 4. Aluksen 2 kokonaislämpövirta tiettyyn kellonaikaan	50
Kuvio 5. Aluksen 4 kokonaislämpövirta tiettyyn kellonaikaan	51
Kuvio 6. Aluksen 3 kokonaislämpövirta tiettyyn kellonaikaan	52

TAULUKOT

Taulukko 1. Paloluokille asetetut vaatimukset lämpövuon mittaamiselle	28
Taulukko 2. Tyypillisten lasien U-arvot	38
Taulukko 3. Työssä tutkittavat U- ja G-arvot.	42
Taulukko 4. Lämpövirran laskujen tulokset U-arvolla.	44
Taulukko 5. Lämpövirran laskujen tulokset G-arvoilla.	45
Taulukko 6. Kokonaislämpövirrat W.	46
Taulukko 7. Todelliseen tehoon vaikuttavat arvot.	48
Taulukko 8. Varsinaisten tehojen arvot eri kellonaikoina.	49
Taulukko 9. Lämpövirrat U-arvolla tiettyyn kellonaikaan.	50
Taulukko 10. Lämpövirrat G-arvolla tiettyyn kellonaikaan.	50

KÄYTETYT LYHENTEET

ADA	Säännöstö ohjailee vammautuneiden helppoa liikkumista laivalla (<i>Americans with Disabilities Act</i>)
EU	Vaiheistustapa, jossa laiva jaetaan suunnittelualueisiin, joiden mukaan suunnitteluaiakataulut laaditaan (<i>Engineer Unit</i>)
FTP-code	Kansainvälinen säännöstö palokokeille (<i>International Code for Application of Fire Test Procedures</i>)
GA	Laivan yleisjärjestely (<i>General Arrangement</i>)
G-arvo	Aurinkoenergian kokonaisläpäisy
IMO	Kansainvälisen merenkulkujärjestö (<i>International Maritime Organization</i>)
LL	Kansainvälinen lastiviivayleissopimus (<i>International Convention on Load Lines</i>)
MARPOL	Kansainvälinen meriympäristönsuojeluyleissopimus (<i>International Convention for the Prevention of Pollution from Ships</i>)
SOLAS	Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (<i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i>)
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin

1 JOHDANTO

Vihreät arvot ovat nykypäivänä tärkeä osa teknologiaa ja myös meriteollisuutta. Energia-
tehokkaita ja innovatiivisia ratkaisuja pyritään löytämään sekä hyödyntämään jatkuvasti,
jotta yritys saa kilpailuetua markkinoilla ja yrityksen imago pysyy hyvänä.

Opinnäytetyö suoritetaan toimeksiantona Meyer Turku Oy:lle. Työn tarkoituksena on tutkia
risteilyaluksen ikkunallisten hyttien ja parvekkeiden lasiovien ratkaisuja. Tutkittaessa
otetaan huomioon lasien teknilliset parametrit, joiden perusteella tehdään lämpövirran
vertailua eristetyn ja eristämättömän lasirakenteen välillä. Vertailussa käytetään annet-
tuja eristysarvoja eli U- ja G-arvoja sekä tutkitaan niiden vaikutusta lämpövirtaan eri läm-
pötiloissa. Opinnäytetyössä tehdyn vertailun tuloksilla pyritään osoittamaan, kuinka suuri
lämpövirta läpäisee lasirakenteen ja lämmitteää sisätilaa. Tutkimuksesta saatuja tuloksia
voidaan käyttää tulevaisuuden laivaprojekteissa realistisena vertauskohteena lasin va-
linnassa käytettäville ratkaisuille.

Työssä tutkitaan modernia risteilyalusta, jossa ikkunoiden ja lasien prosentuaalinen
osuus on suuri. Lasin ominaisuudet ja käytetyt ikkunamoduulit vaikuttavat risteilyaluk-
seen kokonaisvaltaisesti. Esimerkiksi liian painavat lasirakenteet lisäävät risteilyaluksen
kokonaiskulutusta, joka vaikuttaa negatiivisesti myös energiansäästöön. Tästä syystä
lasin valinta on tärkeässä roolissa risteilyaluksen energiatehokkuuden kannalta. Opin-
näytetyö on rajattu varalaitakannen yläpuolella oleville matkustajakansille, joissa sijait-
sevat matkustajien parvekkeelliset hytit.

Tässä opinnäytetyössä hyödynnetään alan kirjallisuutta, mutta suurin hyöty ja käytössä
oleva resurssi on henkilökunnan oma asiantuntemus sekä kokemus. Metodeina käyte-
tään haastatteluja ja kyselyjä sekä yrityksen sisäistä tietokantaa. Myös yhteistyö lasin-
valmistajien ja toimittajien kanssa on tärkeä osa tiedonlähteitä.

Seuraavissa luvuissa kuvataan Meyer Turku Oy:tä ja toimialaa lyhyesti sekä esitellään
nykyisiä lasiratkaisuja risteilyaluksissa. Sen jälkeen siirrytään käsittelemään laivasuun-
nittelua yleisellä tasolla sekä risteilyaluksilla olevien hyttien suunnittelua ja niiden muu-
toksia vuosien varrella ja käydään läpi ikkunoita ja niihin liittyviä säädöksiä. Tämän jäl-
keen esitellään lasit ja niiden ominaisuudet. Lopuksi vertaillaan eristyslasin ja eristämät-
tömän lasin lämpövirtoja ja tehdään päätelmiä saaduista tuloksista.

2 KOHDEYRITYS JA TOIMIALA

2.1 Meyer Turku Oy

Meyer Turku Oy, jonka Meyerin perhe omistaa, on yksi Euroopan johtavista laivanrakennusyrittäjistä. Turun telakka perustettiin vuonna 1737, ja ennen kuin Meyer Werft osti telakan vuonna 2014, sillä on ollut useampia omistajia. Tänä päivänä sen toimitusjohtajana toimii Tri Jan Meyer. Meyer Turku Oy tarjoaa erityislaatuista osaamista ja työllistää noin 1 800 eri ammattien edustajaa. Meyer Turku Oy on yksi Euroopan johtavista laivanrakennusyrittäjistä yhdessä kahden saksalaisen sisartelakkansa, Papenburgissa sijaitsevan Meyer Werftin ja Rostockissa sijaitsevan Neptun Werftin, kanssa. Yhtiö tarjoaa huipputeknologisia ratkaisuja, pitkälle kehitettyjä rakennusprosesseja sekä innovaatioita risteilyvarustamoille ja muille laivanomistajille. Risteilyalukset ovat älykkäitä kelluvia kaupunkia, joissa käytetty nykuteknologia mahdollistaa niiden turvallisuuden, toimivuuden ja käyttömukavuuden. Matkustajien turvallisuus, ympäristöystävällisyys sekä energiatehokkuus ovat tärkeitä arvoja Turun telakalle, ja telakka onkin tunnettu edelläkävijänä uusien turvallisuusominaisuuksien soveltamisessa. (Meyer Turku Oy 2018a.)

Meyer Turku on erikoistunut rakentamaan risteilyaluksia, matkustaja-autolauttoja sekä erikoisaluksia. Vuosien varrella telakka on rakentanut yli 1 300 uutta alusta ympäri maailmaa. Viime vuosina Meyer Turku Oy on rakentanut matkustajalaivoja, joissa on hyödynnetty viimeisimpiä teknologioita, kuten vähäpäästöisiä LNG -aluksia sekä aluksia, joissa on pesurit ja katalysaattorit rikki- ja typpioksidipäästöjen vähentämiseksi. Meyer Turun tytäryrityksiin kuuluvat Piikkiössä sijaitseva hyttitehdas Piikkio Works Oy, Shipbuilding Completion Oy, joka tarjoaa ratkaisuja laivojen yleisiin tiloihin, sekä laivanrakennus- ja offshore-alan suunnitteluyritys ENG'nD Oy. Turun telakalla on edessään valoisa lähitulevaisuus, sillä uuden sukupolven tilauskanta ulottuu vuoteen 2024. (Meyer Turku Oy 2018a; Meyer Turku Oy 2018b.)

2.2 Meriteollisuus ja risteilymarkkinat

Meriteollisuus on alana ainutlaatuinen, sillä se kattaa satoja eri alustyyppisiä sekä niiden lukuisia toimintoja. Vesiteitse liikkumisen merkitys kasvaa vuosi vuodelta kaikkialla. Se

vaikuttaa maailmanlaajuisiin kuljetuksiin, vapaa-aikaan ja turvallisuuteen ja myös kansalliseen puolustamiseen. Maailman merillä liikkuu yli 100 000 kauppalaivaa ja 25 000 laivaston alusta. Tällä hetkellä alukset kuljettavat 90 % kansainvälisistä rahdeista. Meriteollisuuden lukeutuvat kaikki maailman merillä liikkuvat rahti- tai matkustaja -alukset, jotka kulkevat aikataulun mukaista reittiä satamasta satamaan. (Danfoss 2019.)

Meriklusteri on yksi Suomen tärkeimmistä vientisektoreista, jonka muodostavat meriteollisuuteen, merenkulkuun ja satamatoimintoihin yksityisellä ja julkisella sektorilla liittyvät toimijat ja toimialat. Toimialat ovat vuorovaikutussuhteessa toisiinsa ja hyödyntävät tästä syntyvää verkostoa. Koska vain riittävän suuri meriklusteri pystyy uudistumaan ja säilyttämään osaamistasonsa riittävänä, on Suomelle oleellista ylläpitää suurta meriklusteria. Meriklusterin tuloista suuri osa tulee satamista, huolto- ja käsittelytoista, satamakaluston rakentamisesta ja tietysti telakoista. Kyseiset toiminnot ovat varustamoiden ulkopuolisia toimintoja. Meyer Turun telakan tilauksista johtuen Suomen meriteollisuuden lähitulevaisuuden näkymät ovat positiiviset. (Tapaninen 2013, 30.)

Risteilyalan suosion kasvaessa tuhannet risteilyalukset kuljettavat turisteja hohdokkaisiin kohteisiin ympäri maailmaa. Välimerelle ja erityisesti Karibialle kohdistuvat risteilyt ovat ylivoimaisesti suosituimpia matkustajien keskuudessa, mutta myös Aasian ja Etelä-Amerikan risteilyt sekä arktisiin maisemiin sijoittuvat risteilyt ovat kasvattaneet suosioaan. (Risteilykeskus 2019.) Tärkein markkina-alue on kuitenkin Pohjois-Amerikka sekä alus- että matkustajalukumäärittäin, sillä suurimmat asiakasmäärät tulevat Yhdysvalloista. (Räisänen 2000, 18-13.)

Risteilymatka on palvelu, joka kilpailee muiden suosiossa olevien vapaa-ajanviettomahdollisuuksien kanssa. Risteilyjen kesto vaihtelee, mutta se kestää tyypillisesti 3–14 päivää. Keskimääräinen kesto on 6,1 päivää, mutta pisimmillään maailmanympäri-risteilyt voivat kestää jopa 3 kuukautta. Risteilyn tulee olla niin houkutteleva, että sen tarjoamat palvelut ja puitteet synnyttävät matkustajille halun lähteä risteilylle. Tästä syystä kilpailu on nykyajan risteilymarkkinoilla kovaa ja varustamot pyrkivät jatkuvasti luomaan jotain uutta ja hohdokkaampaa, mitä muilla ei ole. Kilpailuetua haetaan eri tavoilla varustamoiden välillä, ja tärkeimpiin eroihin kuuluvat yleiset tilat, hyttikoko ja palvelu laivassa, risteilyn reitti ja satamat sekä miehistö. Modernit risteilyalukset ovat joko kooltaan suurempia tai sisältävät jotain ainutlaatuista, jolla houkuteltaan matkustajia. (Räisänen 2000, 18-3.)

Varustamot ovat yhtiöitä, jotka omistavat risteilyaluksia ja laivoja sekä tarjoavat kuljetuspalveluja. Risteilyvarustamoita on maailmassa tällä hetkellä hieman yli 60, ja tunnetuimmat sekä samalla kolme suurinta emoyhtiötä ovat Carnival Corporation & plc, Royal Caribbean Cruise Ltd sekä Norwegian Cruise Line. Meyer Oy:n telakoilta on vuosien varrella toimitettu luksusristeilyaluksia niin Carnival Corporationille kuin Royal Caribbeanillekin. Nykyään varustamot ovat alkaneet kiinnittää enemmän huomiota energiansäätöön ja tehokkuuteen sekä ympäristöystävällisyyteen, kuitenkin unohtamatta matkustajien turvallisuutta. Kun risteilyalusten ympäristöjälkeä on tutkittu, on huomattu, että risteily tuottaa kolminkertaisen määrän hiilidioksidipäästöjä kilometriä ja matkustajaa kohden lentämiseen verrattuna. Tästä syystä varustamot ovat alkaneet ottaa ympäristövaikutuksia entistä paremmin huomioon, ja esim. LNG:tä eli nesteytettyä maakaasua polttoaineenaan käyttävät risteilyalukset ovat yleistymässä. Vuonna 2019 valmistuva Costa Smeralda on kolmas Meyer Turussa valmistuva LNG -alus. Risteilyllä syntyy myös paljon jätettä ja erityisesti jätevettä, ja lippuvaltiot ovat velvollisia varustamaan risteilyaluksensa oikeanlaisilla saastuttamista koskevilla standardeilla. Tärkeimpänä on kuitenkin MARPOL-sopimus eli kansainvälinen meriympäristönsuojeluyhteisö, joka käsittelee laivojen päästöjen joutumista mereen tai ilmaan. (Repo 2018; Johnson 2002.)

Ympäristövaikutusten lisäksi varustamot pyrkivät energiansäätöön ja tehokkuuteen. Risteilyaluksen käyttökustannusten vähentäminen on yksi pääkohdista nykyajan laivanrakennuksessa, ja suunnittelijoilla onkin nykyään käytössään useita tapoja kuvailla, analysoida sekä parantaa energiatehokkuutta risteilyaluksissa. Suunnitteluprosessin alkuvaiheella on suurimmat vaikutukset energiatehokkuuteen, sillä kaikki suuret päätökset, kuten koneiston ja päämittojen määrittäminen, tehdään silloin. Risteilyaluksen energiatehokkuuteen pystytään vaikuttamaan monella tavalla ja jokaisen työvaiheen ja materiaalin valinnan kohdalla tulee miettiä vaikutusta koko risteilyalukseseen. Tämä pätee myös lasien valinnassa. Jos vaatimukset täytetään kevyemmällä lasiyhdistelmällä, mutta se on kalliimpaa kuin painavampi lasi, tulee ottaa huomioon koko laiva. Tulee siis ottaa huomioon, onko kannattavampaa investoida kalliimpaan ja kevyempään lasiin, jos se säästää kokonaiskulutuksessa. Risteilyaluksen rungon rakenteen suunnittelulla sekä laivan painon optimoinnilla voidaan vaikuttaa laivan rungon kokonaisvastukseen. Kokonaisvastus vaikuttaa koko laivan polttoaineen kulutukseen, esim. Carnival Cruise onnistui pienentämään polttoainekulutustaan yli 300 miljoonalla vuonna 2016. Kulutusta pystytään nykyään seuraamaan ja optimoimaan siihen tarkoitetuilla ohjelmilla. (Deltamarin Oy 2019; Lukkari 2017.)

Kyseiset asiat luovat omat haasteensa suunnittelijoille ja rakentajille, mutta samalla ne ohjaavat valmistamaan aina vain parempaa ja kustannustehokkaampaa risteilyalusta (Räisänen 2000, 18-3).

3 LAIVANRAKENNUS

3.1 Suunnitteluvaihe

Laivanrakennus on projektiteollisuutta, ja laiva on suurta pääomaa vaativa investointikohde, mutta se tarjoaa myös mahdollisuuden suuriin voittoihin. Laiva on siis projektituotannon tulos, jossa tuote on ainutkertainen ja tuote vaatii pitkän läpimenoajan. Tyyppillisesti laivaprojekti lähtee liikeideasta ja kuljetustarpeen määrittämisestä. Suunnitteluvaihe alkaa, kun laivasopimus on tehty. Laivanrakennuksessa ja suunnittelussa tulee noudattaa eri toimijoiden ja standardien asettamia sääntöjä ja säädöksiä, ja annettuja vaatimuksia tulee noudattaa, jotta laiva on hyväksytty kulkemaan merellä. Näillä säännöillä pyritään turvaamaan ihmisten henki ja terveys, suojelemaan ympäristöä sekä yksityistä ja yhteistä omaisuutta ja noudattamaan reiluja pelisääntöjä kansainvälisen talouden toiminnassa. (M. Ilus, henkilökohtainen tiedonanto 15.01.2019; Räisänen 2000, 16-1.)

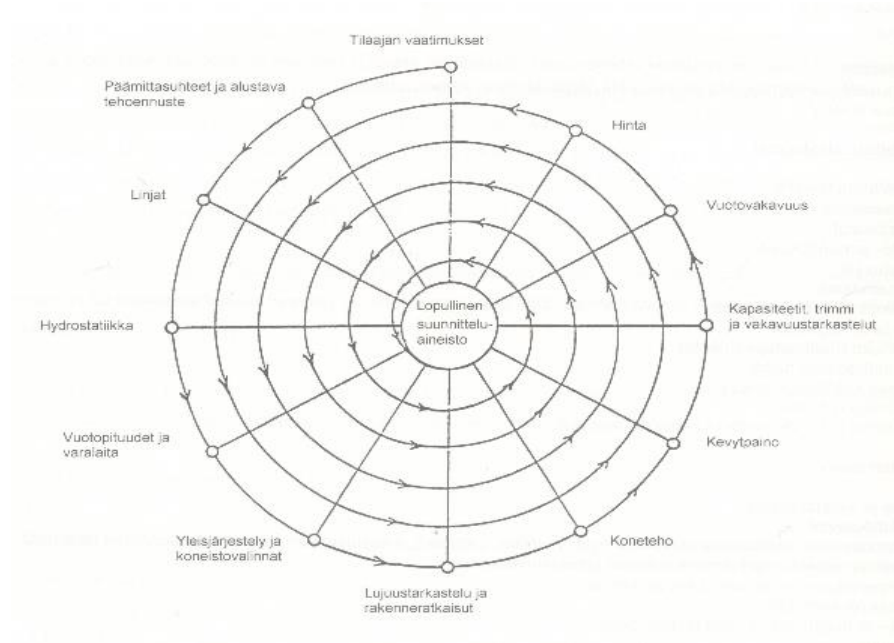
Lähes kaikkien laivatyyppien suunnittelun kehitys on ollut samanlaista. Päämitat ja erityisesti päämittasuhteet ovat kehittyneet vuosien aikana ja jatkavat kehittymistään. Tavoitteena on ollut kasvattaa ansaitsemiskyvyn ja hinnan välistä suhdetta. Suunnittelussa on pyritty oleellisesti pienentämään pituuden ja leveyden suhdetta, sillä laivan pituus on tankki- ja bulk -aluksien hintaan voimakkaimmin vaikuttava parametri. Laivan leveyden ja syvyyksen suhde sekä uppouman täyteläisyys on puolestaan kasvanut poikkeuksetta. Päämittojen määrittäminen vaatii useamman suunnittelukierroksen, sillä se on monen tekijän summa. Laivasuunnittelun tavoitteena on luoda lopputuote, joka täyttää sille asetetut viranomaisen vaatimukset, on ympäristöystävällinen ja energiatehokas, sisältää innovatiivista suunnittelua ja visiota, on turvallinen sekä vastaa asiakkaan mielikuvaa tuotteesta. Suunnitteluprosessia tulee ajatella eri näkökulmista. Matkustajat, laivanvarustajat sekä laivanrakentajat ajattelevat laivan ominaisuuksia ja vaikutuksia omalla tavallaan. Näitä näkökulmia yhdistelemällä saadaan aikaiseksi paras lopputulos. (Räisänen 2000, 16-2-16-3; M. Ilus, henkilökohtainen tiedonanto 15.01.2019.)

Laivan suunnitteluprosessi koostuu pääkohdista, jotka ovat konseptisuunnittelu, alkusuunnittelu, perussuunnittelu sekä valmistussuunnittelu. Laivan suunnittelu perustuu laivan yleisjärjestelyyn eli laivan GA:han (*General Arrangement*), joka luodaan perussuunnitteluvaiheessa. Yleisjärjestely on ikään kuin laivan pohjapiirustus, ja sillä tarkoitetaan

eri tilojen ja alueiden kansittaista sijoittumista laivaan. Perussuunnittelu alkaa laivasopimuksesta, ja sen tavoitteena on sovittaa yhteen tilojen, järjestelmien ja rungon sisäiset sekä keskinäiset vaatimukset parhaalla tavalla tilaajan, luokituslaitoksen sekä viranomaisten kanssa. Perussuunnittelun lähtöaineisto koostuu tilaajan ja toimittajan välisestä laivasopimuksesta sekä erittelystä, laite- ja materiaalitoimittajilta saatavasta teknisestä aineistosta, luokitus- ja viranomaisvaatimuksista, telakan sisäisistä vakioratkaisuista ja suunnitteluohjeista, laivan rakennustavasta sekä noudatettavista ympäristövaatimuksista. 3D-mallinnuksia tehdään myös perussuunnitteluvaiheessa, jossa luodaan Napa Steel -malli laivanrungosta, eli malli, johon varustelu tehdään 3D:nä. Kaikki komponenttien 3D-mallinnukset tehdään perussuunnitteluvaiheessa toimittajilta saatujen mittapiirustusten pohjalta ja mallit toimitetaan työpiirustusvaiheelle. Runkomalliin tehdään 3D-tilavaraukset laitteiden lisäksi ilmakehille, nostopalkeille, kulkuteille sekä reititykset kaapeliradoille ja putkille. Maailmanlaajuisesti telakoilla käytetään myös vielä 2D-kuvia suunnittelussa, ja kaikki eivät käytä Napa Steeliä runkomallinnusohjelmanaan. Perussuunnittelu päättyy, kun laivan yleisjärjestely, järjestelmät, tilat ja rungon suunnittelu on hyväksytty tilaajalla, viranomaisilla sekä luokituslaitoksella. (J. Yli-Tolppa, henkilökohtainen tiedonanto 16.01.2019.)

Valmistussuunnittelu on hyväksytyin perussuunnitteluaineiston pohjalta tehtävä vaihe, joka käyttää suunnitteluaineistoa lähdetietona. Lähtöaineistona toimii myös 3D-reititysmalli, standardit, moduulikartat ja suunnitelmat, työturvallisuus, työterveysvaarojen sekä ympäristönäkökohtien hallinta ja merkittävyys. Valmistussuunnittelun tarkoituksena on tuottaa telakan sekä muiden käytössä olevien tuotantolaitosten tuotantomenetelmiin soveltuva oikea-aikainen dokumentaatio, joka mahdollistaa taloudellisen tuotannon. Valmistussuunnittelu on toteutettava niin, että tuotannon vastaavat vetäjät ovat yhteistyössä suunnittelun kanssa. Näin suunnitelman sisällössä huomioidaan, että se tukee telakan yleisiä HSE-tavoitteita ja mahdollistaa terveellisen, turvallisen sekä ympäristöystävällisen työympäristön ja tuotteen. Dokumentaatio myös ohjaa sekä määrittää materiaalit omalta osaltaan tuotantosuunnitelmien mukaisesti. (J. Yli-Tolppa, henkilökohtainen tiedonanto 16.01.2019.)

Suunnitteluvaiheet luovat yhdessä suunnitteluspiraalin laivalle. Kuvassa 1 esitetään suunnitteluspiraali tarvittavista osa-alueista, joiden mukaan suunnitteluprosessi etenee. Kyseinen tapa on käytössä Turun telakalla ja siinä voi olla eroja muiden telakoiden käyttämiin tapoihin.



Kuva 1. Suunnitteluspiraali laivan suunnitteluvaiheista (J. Yli-Tolppa, henkilökohtainen tiedonanto 16.01.2019).

Suunnittelu on telakoilla organisoitu tyypillisesti ammattikohtaisesti, kuten teräs-, kone-, varustelu- ja sähkösuunnittelu. Tästä johtuen prosessissa on monia telakan sisäisiä sidosryhmiä. Nykyään itse suunnittelu toteutetaan käyttämällä CAD-laitteita ja työasemia. (J. Yli-Tolppa, henkilökohtainen tiedonanto 16.01.2019; Räisänen 2000, 35-1.)

Suunnitteluprosessin kaikki projektikohtaiset tehtävät on aikataulutettava. Aikataulutus tehdään, jotta laiva valmistuisi ajallaan eikä ns. kovista pisteistä myöhästyttäisi. Laivan kovat pisteet, kuten laivan luovutus, ovat tärkeitä aikataulullisia pisteitä, joiden viivästy- misestä voi seurata suuria sakkoja. Sakot ovat merkittäviä, koska omistaja aikatauluttaa laivansa tiettyyn aloitusajankohtaan ja kaikki ajankohdat sen jälkeen ovat liian myöhässä. Laivaa ei voida ottaa käyttöön eikä sillä voida tehdä tulosta, koska laiva ei ole toimintakunnossa. Sakot on eritelty laivasopimuksessa. Aikataulun luomista helpotetaan jakamalla laiva suunnittelualueisiin, joiden perusteella voidaan luoda varsinaiset suunnittelu- aikataulut. Jako voidaan tehdä joko korkeussuunnassa tai jakamalla laiva Engineer Unitteihin (EU). Tehdyt työpiirustukset sekä suurin osa perussuunnitteludokumen- teista voidaan aikatauluttaa dokumenttitasolle. Aikataulu tarkentuu projektin edetessä, kun kovat aikataulupisteet on määritelty ja hyväksytty. (J. Yli-Tolppa, henkilökohtainen tiedonanto 16.01.2019.)

3.2 Säännöt ja säädökset laivanrakennuksessa

Varustamoiden yhteiskuntavastuu on nähty viime vuosiin saakka lähinnä vain määräysten noudattamisena, mutta merenkulkua on valvottu kansainvälisesti vuosikymmeniä. Laivatekniikkaa koskevat säännöt, määräykset ja ohjeet perustuvat suurelta osin merenkulun kansainvälisyyden piirteen vuoksi kansainvälisiin sopimuksiin. Sopimukset antavat kansallisille määräyksille raamit ja samalla myös alarajan. (Räisänen 2000, 17-1; Tapainen 2013, 120.)

Merenkulkuun ja laivanrakennukseen vaikuttavia toimijoita on monia. Erilaiset järjestöt sekä järjestöjen asettamat säännöt ja säädökset ohjaavat laivojen merenkulkua. Näiden lisäksi lippuviranomaiset, luokituslaitokset, satamavaltiot sekä erilaiset kansalliset säännöt kuten, ADA (*Americans with Disabilities Act*), vaikuttavat laivanrakennukseen omilla säädöksillään ja vaatimuksillaan. Laivanrakennuksen kannalta merkittävimpiä kansainvälisiä yleissopimuksia ovat International Maritime Organisationin (IMO) eli kansainvälisen merenkulkujärjestön alaisia ovat: Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä (SOLAS), kansainvälinen lastiviivayleissopimus (*International Convention on Load Lines*, LL), Kansainvälinen meriympäristönsuojeluyleissopimus (MARPOL) sekä kansainvälinen aluksenmittausyleissopimus (TM-sopimus). Sopimukset ovat kansainvälisesti sitovia, ja niiden asettamien sääntöjen tavoitteina ovat ihmisten hengen ja terveyden turvaaminen, ympäristön suojelu, yksityisen ja yhteisen omaisuuden turvaaminen sekä reilut säännöt kansainvälisen talouden toiminnassa. Järjestöillä on omat sääntönsä ja määräyksensä myös laivansuunnittelu- ja rakennusprosessissa. (M. Ilus, henkilökohtainen tiedonanto 16.01.2019; Räisänen 2000, 17-10.)

Luokituslaitoksia on merenkulkua säätelevien järjestöjen ja sopimusten tapaan monia, kuten RINA, joka toimii esimerkiksi Turun telakalla vuonna 2019 valmistuvan Costa Smeraldan luokituslaitoksena. Luokituslaitokset varmistavat, että laiva on tehty määräysten ja vaatimusten mukaan, ja hyväksyvät laivan merikelpoiseksi. Luokituslaitokset toimivat kansainvälisesti ja ovat riippumattomia yrityksiä. Käytännössä kaikki lippumaat ovat ulkoistaneet rungon lujuuden verifiointin sekä varsinkin teknisluonteiset viranomaistehtävänsä luokituslaitoksille selviytyäkseen sopimusten edellyttämien tarkastusten suorittamisesta. Useimmat luokituslaitokset toimivat nykyään minkä tahansa insinööritoimiston tavoin ja myyvät konsulttipalveluja sekä toimivat puolueettomana kolmantena osapuolena tilaajan ja rakentajan välillä. Lippuvaltiot valvovat laivan toiminnallista kuntoa ja sa-

tamavaltiot puolestaan satamiin saapuvien laivojen kuntoa sekä miehityksen ja toiminnan olevan kansainvälisten määräysten ja kansallisten sääntöjen mukaiset. Suomessa molempien valvonnasta vastaa Liikenteen turvallisuusvirasto, Trafi. (Räisänen 2000, 17-11; Tapaninen 2013, 122.)

Luokituslaitoksilla on monia toiminta-aloja. Mikäli laitoksella ei ole delegoituja viranomaistehtäviä niihin kuuluu rungon lujuuden verifiointi, vesitiiviys ja vakavuus, koneistojen luotettavuus ja turvallisuus, laivavarustelun luotettavuus ja turvallisuus sekä näiden lisäksi luokituslaitokset myyvät vapaaehtoisia lisäluokkamerkkejä erilaisille laivan lisävarusteille tai lisäominaisuuksille. Valtuutuksien puitteissa luokituslaitokset täydentävät kansallista lainsäädäntöä omilla säännöillään ja ohjeillaan. (Räisänen 2000, 17-11.)

Luokituslaitoksilla sekä kansainvälisillä järjestöillä on siis tärkeä osa laivanrakennusta, sillä ilman heidän asettamiensa määräyksien noudattamista laivaa ei hyväksytä merikelpoiseksi (Räisänen 2000, 17-11).

4 HYTIT JA IKKUNAT

4.1 Yleistä

Matkustajahytit ja niiden ominaisuudet esitetään aina laivaerittelyssä mallikuvineen. Hyttien suunnittelupiirustukset sekä mallinnukset tehdään nykyisin käyttämällä 2D- ja 3D-ohjelmia. Tilaajan toiveet huomioidaan yleisjärjestelyssä ja niistä ilmenee hyttialueiden sijainti, käytäväjärjestelyt sekä hyttien paikat. Hytit rakennetaan pääsääntöisesti moduuleina, joka on kannattava rakennustapa alle 30m²:n hyteissä. Myös ADA-hytti, joka on Americans with Disabilities Act:n hyväksymä, rakennetaan moduulina. Hyttien ala risteilyaluksissa on tyypillisesti 15–35 m². Suurimmat sviitit voivat olla yli 100 m², ja ne on jaettu kahteen kerrokseen. Suuren koon vuoksi sviitit rakennetaan paikoillaan, ja ainoastaan kylpyhuone on moduuliyksikkö. Matkustajahytin koko ja sisustus vaikuttavat selvästi risteilyaluksen hintaluokkaan. Suuremmat ja laadukkaammat hytit sekä ikkunalliset tai parvekkeelliset hytit ovat kalliimpia kuin pienemmät. Kyseisten hyttien ansaintakyky on huomattavasti suurempi verrattuna ikkunattomiin hytteihin. Tästä syystä ikkunallisten ja parvekkeellisten hyttien määrä risteilyaluksessa pyritään maksimoimaan. Matkustajahytin sisustukseen kuuluu tyypillisesti aina vuoteet, säilytyslaatikosto, vaatekaappi tai naulakko ja peilipöytä tuoleineen, mutta sisustus voi vaihdella varustamoiden välillä. Oma wc ja pesuhuone kuuluvat myös nykyään modernin risteilyaluksen hytin varustukseen. (A. Pura, henkilökohtainen tiedonanto 06.02.2019; Räisänen 2000, 18-23, 43-3.)

Hyttien peruskonsepti on aina asiakaskunnan näköinen, mutta hyttien suunnitteluun vaikuttavat laivan erilaiset tekniset parametrit, kuten maksimikoko ja painopiste. Hyttien leveys vaikuttaa laivan rungon kaari- ja pääkaarijakoihin, ja hytin syvyys riippuu lähinnä laivan leveydestä. Jaot, joita säätelevät luokan säännöt sekä lujuusoppi, tulee suunnitella hyttien leveyden mukaan. Hyttien paikat kansilla määrittyvät peruslaivakonseptin mukaan, ja hyttialueen lopulliset mitat on määritelty laivan yleisjärjestelyssä. (A. Pura, henkilökohtainen tiedonanto 06.02.2019.)

Hyttialueilla sekä hyteissä on yleensä sama vapaakorkeus, mutta vapaakorkeuden mitoitusperiaatteet voivat muuttua riippuen laivasopimuksesta ja aluetyypistä. Matkustajaluksissa hyttialueiden vapaakorkeus halutaan yleensä pitää vakiona, ja se on tilaajan toiveista riippuen 2 100-2 300 mm. Vapaakorkeus on mitoitettu tyypillisesti kannen päältä

katon alapintaan. Laivan kansivälillä tarkoitetaan kahden päällekkäisen kannen etäisyyttä korkeussuunnassa, joka on tyypillisesti 2 700-2 800 mm. Kansivälin ja vapaakorkeuden väliin jäävä tila on varattu eristyksille ja läpivienneille. Jos hyttiin halutaan kaksoisvuode, on hytin sisäleveys oltava vähintään 2 500 mm. Myös hyttitilojen väliset parorajausvaatimukset sekä äänieristysvaatimukset otetaan huomioon, ja hyttien eristys suunnitellaan täyttämään kyseiset vaatimukset. Telakka suunnittelee muut tarvittavat lisäeristykset, kuten palo-, lämpö- ja äänieristyksen. Eristys huomioiden, täytyy hytin etäisyys teräksestä sekä toisesta hytistä olla vähintään 30 mm, joka on ehdoton minimi. Vessan kohdalla voi etäisyys olla poikkeuksellisesti 80 mm tai jopa enemmän. (A. Pura, henkilökohtainen tiedonanto 06.02.2019.)

Hyttien mitoitukseen käytetään määreenä jakomittaa, johon hytin vaatima leveys perustuu, ja se on normaalisti 80–100 mm hytin sisämittaa suurempi. Vaikka varustamot ilmoittavat hytin koon sisämittojen mukaan, suunnittelussa on käytännöllisempää käyttää jakomittaa hytin sisämitan sijaan. Jakomitta kertoo, kuinka paljon kansipinta-alaa tarvitaan, ja se huomioi hyttimoduulin seinärakenteen paksuuden sekä moduulien väliin jäävän asennusvaran. Pääpalovyöhykkeen pituus tulee ottaa huomioon jakomitan valinnassa, jotta hyttirivillä olevien hyttien jakomittojen summa menee tasan palovyöhykkeen pituuden kanssa. Näin jää vähemmän käyttämätöntä tilaa ja maksimoidaan tilankäyttö. Myös rungon kaarijako tulee ottaa huomioon niin, että hytin ikkunat tai muut ulkonevat rakenteet eivät osu samaan kohtaan kaarien kanssa. Pääkaarien jako ei saa olla yhtä suuri kuin hyttien jakomitta. Tästä syystä pääkaarien jaotus valitaan niin, että kaaret osuvat hyttien väliin. (A. Pura, henkilökohtainen tiedonanto 06.02.2019; Räisänen 2000, 18-23.)

4.2 Hytit ennen ja nyt

Matkustajahytit ovat hyvin oleellinen osa risteilyalusta, ja siksi ne ovat tärkeitä niin laivan omistajille kuin asiakkaillekin. Hyttien määrä ja koko ovat tärkeitä elementtejä risteilyaluksen suunnittelussa, sillä ne määrittelevät, kuinka monta matkustajaa risteilyalukseseen mahtuu. Hytin koko ja varustelu puolestaan määrittelevät risteilyn kategorian sekä hinnan. (Tulimaa 2012, 14-15.)

Risteilyalusten koon merkittävä kasvu on samalla myös lisännyt hyttien ja sviittien kokoa. Vielä 1900-luvun puoleen väliin asti laivojen keskimääräinen bruttovetoisuus oli 30 000

tonnia, kun esimerkiksi Harmony of the Seas on bruttovetoisuudeltaan 226 963 tonnia. Pienemmästä koosta johtuen sen ajan risteilyaluksissa oli vähemmän julkisia tiloja kuin nykyisin. Risteilyaluksista löytyi kirjasto, oleskelutila ja ravintola, jotka olivat ainoastaan ensimmäisen luokan matkustajien käytössä. Risteilyt itsessään ovat myös muuttuneet edullisemmiksi verrattuna entisiin aikoihin. Nykyään risteilyt ovat usein koko perheelle sopivia matkoja, joiden suosio on jatkuvassa kasvussa. 1960-luku oli käännteentekevää aikaa niin risteilyalusten kuin hyttienkin kannalta, ja silloin otettiin ensiaskeleet kohti risteilyaluksia, jotka tunnetaan nykyisin. Risteilyaluksissa kaikille matkustajille oli tarjolla laadukkaat makuutilat sekä yleiset tilat, eikä laivaa oltu jaettu alueisiin luksuksen mukaan. Tämä oli iso käännekohta risteilyjen historiassa, jolla oli suora vaikutus risteilyjen suosion kasvuun. (Finn 2016.)

Hytit ovat vuosien varrella käyneet läpi monenlaisia muutoksia niin ulko- ja sisätiloissa sekä suunnittelussa. Muutokset johtuvat suurilta osin teknologian kehityksestä, joka on mahdollistanut innovatiivisia, turvallisia ja kustannustehokkaita ratkaisuja. Hyttien suunnitteluprosessin kehittyessä hyteistä pystytään nykyään tekemään 2D- ja 3D- mallit tietokoneohjelmilla. Paperille tehdyt piirustukset ovat jääneet vähemmälle. Suunnitteluohjelmien käyttö on piirustuksia nopeampaa, ja niiden avulla saadaan luotu kuva siitä, miltä hytti näyttäisi valmiina. Hyteistä tehdään nykyisin lähes poikkeuksetta mock up eli 1:1 malli.

Suurin ero on kuitenkin hyttien valmistusprosessissa. 1970-luvun alussa hyttien koot standardoitiin ja aloitettiin ennakkoon valmistettujen hyttimoduulien tuotanto. Ennen kyseistä tapaa hytit oli valmistettu suoraan laivaan, ja ne olivat huomattavasti nykyisiä pienempiä. Hyttikoon standardoinnilla pyrittiin maksimoimaan samankokoisten hyttien määrä hyttialueella. Ennen hyttejä rakennettiin vaikeisiin ja jopa huonoihin kohtiin laivassa. Nykyään hytit pyritään sijoittamaan ylärakenteeseen, sillä se on ainut paikka, mihin voidaan asentaa parvekkeet. Hyttikokojen standardoimisen lisäksi toinen tärkeä muutos vanhoihin hytteihin verrattuna on ns. Interlock-hytti. Interlock-hytti eroaa tavallisesta hytistä vain muodoltaan. Ne ovat suunniteltu pareittain, ja ne muodostavat ns. lukon keskenään. Interlock-hytti on pidempi, mutta 200 mm kapeampi kuin normaali hytti. Kapeutensa ansiosta, jokaisen paloalueen jokaiselle sivulle saadaan lisättyä yksi hytti. (Tulimaa 2012, 24-27.)

4.3 Ikkunat ja parvekkeet

Parvekkeet olivat hyteissä harvinainen näky vielä 1900-luvun alusta alkaen, ja oikeastaan ne yleistyivät vasta 1980-luvun loppupuolella. 1980-luvulta eteenpäin ensimmäinen Sovereign-luokan luksusristeilyalus otettiin käyttöön. Sovereign of the Seas -aluksessa oli yksi kannellinen ainoastaan parvekkeellisia hyttejä ikkunallisten sijaan. Nykyään merinäköalalla varusteltu ikkunallinen hytti ei eroa parvekkeellisestä hytistä rakenteeltaan kuin parvekkeen puuttumisella. Hytin sisätilat ovat kooltaan ja mukavuuksiltaan samantaisia. Matkustajat suosivat tyypillisesti parvekkeellisia hyttejä pidemmällä risteilyillä, jolloin hyteissä vietetään enemmän aikaa kuin lyhyemmällä matkoilla. Matkustajat kokevat, että parvekkeesta voi maksaa hieman lisää, jotta saadaan oma ulkoinen alue, johon muut matkustajat eivät pääse. Ulkoparvekkeelle johtaa lasiovet, joten tyypillisesti koko ulkoseinä on avonainen ja näin ollen luonnonvalo pääsee hyttiin paremmin. (Cruisenaation 2019.)

Teknologian kehittyminen ja laivanrakennuksen kehittyminen on mahdollistanut nykyisten parvekkeellisten hyttien määrän. Risteilyalusten rungon rakenne on muuttunut huomattavasti vuosikymmenien aikana. Ennen laivat olivat paljon pienempiä kuin nykyään, ja ne olivat paljon matalampia. Näin ollen parvekkeiden sijoittaminen olisi ollut mahdollista pelkästään siksi, että ne olisivat niin lähellä vesilinjaa.

Ikkunat ovat myös kokeneet suuria muutoksia. Ikkunoiden pinta-ala on kasvanut merkittävästi, ja ikkunoiden muodot ovat kokeneet muutoksia. Ennen ikkunat olivat pääsääntöisesti pyöreitä tai valoventtiilejä, mutta nykyisin suorakulmaisemmat ja suuremmat muodot niin pyöreissä kuin suorakulmaisissakin ikkunamoduuleissa ovat yleistyneet. Risteilyalusten hytteihin voidaan asentaa panoraamaikkuna, joka tuo lisää valoisuutta ja läpinäkyvyyttä sen suuremman koon vuoksi. Hytin muodosta riippuen hytteihin voidaan asentaa myös kulmaikkunoita. Tähän on vaikuttanut se, että lasi on nykyään suosittu rakennusmateriaali. Kun lasin ominaisuudet ovat kehittyneet, tiettyjä rakennelmia on pystytty korvaamaan lasilla. Lasilla pystytään lisäksi luomaan suuriakin lasirakennelmia. Rakennelmat täyttävät niille asetetut turvallisuusvaatimukset, ja ne tuovat näkyvyyttä ja luonnonvaloa tiloihin. (Lasifakta 2019, 4.)

Ikkunamoduulien toimittajalle tehdyillä haastattelukysymyksillä (liite 1) selvitettiin lisätietoa tyypillisistä hytti-ikkunoista, jotka sijaitsevat varalaitakannen yläpuolella. Kysely suo-

ritettiin Bohamet-yritykselle, joka valmistaa ja asentaa parvekkeita sekä ikkunoita laivoihin. Yrityksen toimintatavoista saadaan selville, että tyypillinen käytettävä lasirakenne koostuu ulommasta lasista, jonka paksuus vaihtelee sen mukaan, millaisia painekuormia lasin tulee kestää. Tämän jälkeen rakenne jatkuu polyvinyyli (PVB) -kalvolla päällystetyillä lasilla tai eristeenä käytettävällä ilmalla tai eristekaasulla, kuten argonilla. Lopuksi rakenteessa on 6 mm:n paksuinen sisälasi. Ikkunoissa käytetään hitsattua teräsrunkoista karmia, joka valmistetaan joko lattateräksestä tai teräslevystä. Teräsrunkoiset ikkunat asennetaan tyypillisesti laivan runkoon hitsaamalla. (B. Moniuszko, henkilökohtainen tiedonanto 17.04.2019.)

Kappaleissa käytetään esimerkkinä myös toisen valmistajan (SOMEC) parvekeovien ja parvekkeiden tietoja. Nykyään risteilyaluksissa käytettävät parvekkeet ovat pitkälti esivalmisteita. Esivalmisteen profiili ja alusta ovat alumiinia, joiden rakenteet ovat jauhemaalattu. Valmiissa moduulissa on tyypillisesti kaidelasi valmiina, mutta parvekkeisiin voidaan käyttää myös jatkuvaa kaidelasia. Jatkuva kaidelasi yhdistää useita parvekkeita yhden sijaan. Esivalmisteen on lisäksi tilanjakajat valmiina, jotka eristävät ne vieressä olevista parvekkeista. Tilanjakaja on seinän kaltainen rakenne ennen viereistä parvekettä. Parvekkeita on mahdollista kustomoida asiakkaan vaatimusten mukaan, ja niihin on mahdollista sovittaa esim. katto, valaistusta tai kaiutinjärjestelmä. Lisäksi parvekkeet kestävät vähintään 250kg/m² kuorman ja käytettävien lasien ja kaiteiden on oltava turvalasia. Mikäli hytissä on erillisiä parvekeikkunoita, tulee lasien olla säänkestäviä ja vesitiiviitä sekä profiilin on oltava alumiinia. Ikkunan tulee kestää kuormaa 250 kg/m² ja 5500 kg/m² välillä ja sillä pitää olla luokituslaitoksen hyväksyntä. (SomechORIZON 2019.)

Parvekeoville suoritettiin samanlainen kysely kuin laivaikkunoille, jossa pyrittiin selvittämään parvekeovien yleisiä vaatimuksia. Tyypillinen lasirakenne hyttien parvekevissa koostuu ulommasta 8 mm tai 10 mm päällystetystä lasista, joka vastaa sille asetettuja painekuormien sietoa. Välissä on eristeenä ilmaa tai Argon-kaasua, ja sisälasi on paksuudeltaan 6 mm. Parvekevissa käytettävät karmiprofiilit ovat aina alumiinia, joissa on tyypillisesti eriste. Karmit voivat myös olla eristeettömiä. Ovet asennetaan laivan runkoon kiinnikkeillä tai puristimilla. (B. Moniuszko, henkilökohtainen tiedonanto 17.04.19.)

Hytistä parvekkeelle johtava ovi on joko liukuovi tai saranallinen ovi. Molemmat ovet ovat säänkestäviä ja suunniteltu kestämään vaaditut kuormat. Ovien karmit ja profiilit ovat joko ruostumatonta terästä tai alumiinia, ja karmit ovat joko lämpökatkokarmeja tai kiinnitteitä. Molempiin ratkaisuihin on mahdollista sovittaa ADA- vaatimusten mukaiset rampit.

Saranallinen ovi on joko yksi tai kaksiovinen ja sen tulee kestää 250-1500kg/m² kuormat. Liukuovityyppejä on erilaisia, kuten HPSS (high-performance sliding system), LSS (lift-and-slide system) tai A-LSS (automatic lift-and-slide system) ja kuormat, joita ovien tulee kestää vaihtelevat 250 kg/m² ja 2276 kg/m² välillä. (Somechhorizon 2019.)

Käytössä olevien parvekeratkaisujen tilalle on myös pyritty kehittämään toisenlaisia innovatiivisia ratkaisuja kuten Infinite Veranda ja Loggia Systems. Nämä uudet teknologiat pyrkivät hyödyntämään hytin sisätilaa, jolloin hytissä ei ole erillistä ulkona olevaa parveketta. Parveke on korvattu jatkamalla sisätilaa aivan risteilyaluksen reunaan saakka, jossa on suuri panoraamaikkuna. Ikkuna on kaksiosainen ja ylempi lasi laskeutuu kytkimestä alemman lasin taakse. Kun lasi laskeutuu, se muodostaa samalla kaiteen. Vaikka se on osa sisätilaa, tila on rajattu ovilla. Ratkaisu tekee hytistä tilavamman ja mahdollistaa suoran pääsyn veden äärelle, samalla lisäten valoisuutta hyttiin. Loggia Systems on vielä konseptivaiheessa, mutta Infinite Veranda on jo käytössä Celebrity Edge -risteilyaluksessa. (Brombach+Gess 2019; Celebrity Cruises 2019.)

4.4 Lasi laivassa

Ikkunakaavioiden käyttö on tärkeä ja välttämätön osa laivan ikkunatyypin valinnassa. Kaavioiden avulla sovitaan tilojen yleisjärjestely (GA), arkkitehtuuri, runko ja ikkunat yhteen sekä pystytään antamaan aukkotiedot rungolle. Ikkunakaaviot annetaan myös tilaajalle ja viranomaisille hyväksyntää varten. Risteilyaluksen ikkunamoduulit ovat osalohkoja, joissa on teräsrakenteinen runko ja alihankkijat vastaavat moduulien valmistuksesta omalla tehtaallaan. Ikkunaelementit ja moduulit pyritään mahdollisuuksien mukaan asentamaan jo suurlohkon maalauksen jälkeen, jotta suuret aukot saadaan säätiiviiksi mahdollisimman nopeasti. Tämän takia myös sisustusasennukset kyseisellä alueella päästään aloittamaan aikaisessa vaiheessa. (P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019.)

Laivan ikkunat ja lasit ovat ISO 614 standardin mukaisia sekä aina karkaistua turvalasia, laminoitua turvalasia, näiden yhdistelmiä tai erikoislaseja. Ikkunoissa käytettävät kehykset ja karmit voidaan valmistaa alumiinista, teräksestä tai ruostumattomasta teräksestä, ja käytettävänä on monia profiileja. Risteilyaluksen ikkunoiden valinnassa matkustajien turvallisuus, erinomainen muotoilu sekä ikkunan puhtaana pitämisen helppous ovat tärkeimpiä ominaisuuksia, kun ikkunoita ja laseja valitaan. Ikkunoiden pesemiseen ja huol-

tamiseen käytetään manuaalisia tai automaattisia pesujärjestelmiä. Koska telakka on tiiviissä yhteistyössä lasinvalmistajan kanssa suunnitteluvaiheesta eteenpäin, onnistutaan varmistamaan ikkunoiden ja kehysten oikeinmitoitus. Kaikki ikkunat ja kehykset ovat tehty niitä ohjaavien standardien mukaisesti, jotka määrittelevät ikkunoille tehtävät lujuutta ja taipumaa koskevat testaukset sekä luokituslaitosten ja kansainvälisten määräyksien mukaisesti. Ikkunoiden tulee olla ISO 1751 sekä ISO 3903 standardien mukaisia, jotka käsittelevät suorakulmaisten ikkunoiden sekä paloventtiilien tyyppien ja mallien luokituksen laivoissa. Standardit antavat mittasuhteet niiden keskinäiseen vaihtokelpoisuuteen ja rakentamiseen, materiaaleihin, testeihin sekä näiden merkitsemiseen ja sijoittamiseen laivassa. (Ship-technology 2019; P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019.)

Ikkunat voidaan jakaa normaaleihin ikkunoihin sekä erikoisikkunoihin. Normaalit laivaikkunat koostuvat ikkunaelementistä johon kuuluu teräskarmi, eristyslaselementti tiivisteineen sekä AISI 316 kiinnityslistat ja ruuvit, jotka ovat ruostumattomasta teräksestä. Eristyslaselementit koostuvat painelasista, joka on elementin uloin lasi ja se on paksuudeltaan 10 mm – 25mm. Seuraavaksi tulee ilmaväli ja sisimmäinen lasi. Ilmaväli voi olla esim. 12 mm ja sisin lasi 6 mm. Painelasin paksuutta määrittelee ikkunan sijainti laivassa. Mitä lähempänä se on vesilinjaa, sen paksumpi lasi on. A-0 paloluokitelluissa ikkunoissa on muuten sama rakenne kuin edellä, mutta sisimmäinen lasi koostuu kahdesta 6 mm lasista, joiden välissä on 4 mm geeli. (P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019.)

Normaaleissa laivaikkunoissa tilataan mahdollisuuksien mukaan ikkunatoimittajalta myös suojauskien poisto. Tämä tehdään siltä varalta, jos ikkunoita naarmutettaisiin suojiin poiston yhteydessä. Tällöin ikkunantoimittaja on velvollinen vaihtamaan vaurioituneet lasit omaan laskuunsa. Erikoisikkunoissa puolestaan tämä käytäntö on aina, sillä tilaukseen sisältyy ikkunoiden asennus ja suojaus. Ikkunantoimittajan vastuulla on myös toimittaa manuaali, joka sisältää lasikoiden rakennekuvien lisäksi lasikartat ja tekniset tiedot. (P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019.)

Erikoisikkunat ovat suuria panoraamaikkunoita, joissa auringon lämpösäteily (U- ja G-arvot) otetaan huomioon lasityyppiä valittaessa. U-arvolla tarkoitetaan lämmönläpäisykerrointa, eli kuinka paljon lämpöä läpäisee ikkunan. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on ikkunan lämmöneristys. G-arvo kuvaa aurinkoenergian kokonaisläpäisyyttä, eli kuinka suuri teho läpäisee ikkunarakenteen ja lämmittää sisätilaa. Mitä matalampi G-

arvo on, sitä paremmin ikkunarakenne estää auringosta tulevaa säteilyenergiaa. Ikkunoiden vaadittu U-arvo sekä G-arvo mainitaan aina risteilyaluksen sopimuserittelyssä. Näiden lisäksi lasirakenteiden suunnittelussa otetaan huomioon tekniset vaatimukset kuten valonläpäisy, energianläpäisy, ääneneristävyys, lasipaksuudet sekä tuleeko kirkas vai sävytetty lasi. (P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019; Ikkunawiki 2019.)

Erikoisikkunoiden lasityyppeinä käytetään läpivärjättyä auringonsuojalasia tai pinnoitettua lasia. Erikoisikkunoita on yleensä kolmea eri tyyppiä:

- Karmielementit
- valmiiksi lasitetut ja roiskesuojatut ikkunaelementit
- ikkunamoduulit jotka ovat osa laivan teräsrakennetta.

Komentosillan ikkunat eroavat tavallisista ikkunoista siten, että ikkunoiden näkyvyyden tulee olla taattu ja erityisesti kylmillä vesillä ikkunoissa tulee olla lämmitysjärjestelmä. (P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019.)

Normaalit hytti-ikkunat ovat yleensä suorakulmaisia, joiden kulmissa on säde tai pyöritys, joka on suhteessa ikkunan kokoon. Pyöreä tai ovaalin muotoinen ikkuna, jonka ala on suurempi kuin 0.16 m² voidaan myös asentaa. Risteilyaluksessa käytettäviä normaaleja ikkunoita on esitelty esimerkkeinä alla olevassa kuvassa 8. Ikkunat voivat olla kiinteitä, sisään- tai ulospäin aukeavia. Jos ala on pienempi kuin 0.16 m², on kyseessä va-loventtiili. (DNVGL-RU-SHIP-pt3ch12sec6.2.1.2.)



Kuva 2. Esimerkkejä normaaleista laivaikkunoista (Bohamet 2019).

Ikkunoiden lasien paksuus voi vaihdella, ja ikkunan vähimmäispaksuus on aina laskettava erikseen. Lasin paksuus valintaa kuitenkin ISO 1095 standardin mukaan, joka määrittelee ikkunan mittoja, toleransseja ja tasaisuutta. Vähimmäispaksuudet on asetettu myös luokituslaitoksen toimesta. Jos ikkunan ala on pienempi kuin 1.0 m², ikkunan pak-

suuden tulee olla vähintään 8.0 mm. Ja, jos ala on suurempi kuin 1.0 m², ikkunan paksuuden tulee olla vähintään 10.0 mm. Ikkunoiden tarvittava paksuus lasketaan käyttämällä alla olevaa kaavaa 1. (DNVGL-RU-SHIP-pt3 ch.12 sec. 6.4.1.1.)

$$t_r = \frac{b}{200} \sqrt{\beta P}$$

Kaava 1. Lasin paksuuden laskentakaava. (DNV GL rules and standards 2019.)

Jossa:

t_r = vaadittu lasin paksuus millimetreinä

b = ikkunan pienempi mitta millimetreinä

Jotta kaavaa voi soveltaa, on oltava tiedossa P eli ikkunaan vaikuttava paine (kN/m²), joka täytyy laskea erikseen omalla kaavalla sekä erillisestä kuviosta saatava kerroin β .

Paksuusvaatimusten lisäksi ikkunoita ei saa asentaa varalaitakannen eli laivan ylimmän, jatkuvan vesitiiviin kannen alapuolelle eikä myöskään ensimmäiselle tasolle laipiopäätyihin tai suljettujen rakenteiden sivuille eikä ensimmäisen tason kantaviksi lukeutuviin kansirakenteisiin. (DNVGL-RU-SHIP-pt3 ch. 12 sec. 6.3.1.5.)

4.5 Ikkunoiden paloluokitukset ja säädökset

Ikkunoilla, niin kuin laivan muillakin rakenteilla ja elementeillä on tietyt palovaatimukset. Laivan asuintilat, palvelutilat sekä valvonta-asemien tiloissa olevien ikkunoiden ja valoventtiilien tulee olla rakennettu rajapinnan vaatimusten mukaisesti ja testattu FTP koodin mukaan. FTP- koodi eli International Code for Application of Fire Test Procedures sisältää sääntöjä ja määräyksiä siitä, millaisia paloturvallisuuteen liittyviä testejä laivaan tulevat rakenteet käyvät läpi ja miten testit tulee suorittaa (FTP code 2010. Annex 1.)

Ikkunat tulee olla A-, B-, tai C-paloluokkaa. A-luokka asettaa vaatimukset, jossa savun ja liekin kesto on 1 tunti ja haluttu pinta on eristetty hyväksytyllä palamattomalla eristeellä siten, ettei lämpötila vastakkaisella puolella nouse yli 140 °C alkuperäisestä lämpötilasta eikä missään kohdassa yli 180 °C alkuperäisestä lämpötilasta, seuraavissa ajoissa:

- A-60 luokka 60 minuutissa

- A-30 luokka 30 minuutissa
- A-15 luokka 15 minuutissa
- A-0 luokka 0 minuutissa

B-luokan täytyy olla palamattomasta materiaalista sekä paloa hidastavaa rakennetta. Se ei myöskään saa erittää läpi yli 750 °C kuumudessa itsestään syttyviä kaasuja ja liekin läpipääsyn pitää kestää vähintään 30 minuuttia. Eristyskyvyn on oltava sellainen, ettei vastakkaisen puolen pinnalla lämpötila nouse yli 140 °C alkuperäisestä lämpötilasta eikä missään kohdassa yli 225 °C alkuperäisestä lämpötilasta, seuraavissa ajoissa:

- B-15 luokka 15 minuutissa
- B- 0 luokka 0 minuutissa

C-luokan rajapinnoilla on selvästi vähäisemmät vaatimukset, eikä pinnoilla ole erityisiä vaatimuksia tiiviiden ja eristämisen suhteen. Rajapinnat on kuitenkin rakennettava palamattomasta materiaalista ja niiden on estettävä palon leviämistä. (SOLAS ch. II-2 Reg.3)

Paloluokat vaihtelevat vaatimustensa mukaan, ja palonsuojalaserakennetta valittaessa on ratkaisevan tärkeää miettiä missä rakenne sijaitsee ja millainen tila on kyseessä, mitä se suojelee ja mitä tapahtuu lasin rikkoutuessa. Pelastautumiseen käytettävien ulkoaluiden tulee täyttää ikkunoiden ja valoventtiilien osalta niiden paloturvallisuudelle SOLAS:in asettamat vaatimukset. Tilanteissa joissa vaaditaan A-60 luokan ikkunat voidaan A-0 luokka hyväksyä, mikäli ikkuna on suojattu sprinklereillä. Ikkunat, jotka ovat pelastusveneiden siirtymisalueen alapuolella tulee olla vähintään A-0 luokkaa. Lisäksi kansimökissä lastialueeseen päin olevien ikkunoiden ja valoventtiilien tulee olla kiinteitä. (SOLAS ch. II-2 Reg.10.3)

Lasi on aina testattava osana käytettävää rakennetta kuten ovea, ikkunaa, julkisivua tai väliseinää, sillä lasi ei yksin toimi palonosastoivana rakennusosana. Termi ikkuna sisältää ikkunat, valoventtiilit sekä kaikki muut lasitetut aukot, joiden tarkoitus on lisätä valoa ja näkyvyyttä paloa estävissä tiloissa. Ikkunat ovat osa rakennetta, eli esim. laipiossa tai ovelle, ja ne tulee testata rakenteen paloluokituksen vaatimusten mukaisesti. Testin tarkemmat vaatimukset on eritelty IMO Resolution A.754(18) mukaan. Testi määrittelee menetelmän ikkunan lämpövuon mittaamiselle, ja karakterisoi ikkunan kyvyn rajoittaa sen lämmönsäteilyä palotilanteessa. Testistä saadaan selville myös voiko pakotie kulkea ikkunoiden läheltä. Taulukossa 1 on esitetty testissä käytettävät vaatimukset paloluokille. (FTP code 2010. Annex 1. Part 3. Sec 4)

Taulukko 1. Paloluokille asetetut vaatimukset lämpövuon mittaamiselle (FTP-code 2010. Annex 1. Part 3. Sec 4).

Fire resistant division classification	Time period from beginning of the test to	Heat flux E_c (kW/m²)
A-0	60 minutes	56,5
A-15	15 minutes	2,34
	60 minutes	8,0
A-30	30 minutes	2,34
	60 minutes	6,4
A-60	60 minutes	2,34
B-0	30 minutes	36,9
B-15	15 minutes	2,34
	30 minutes	4,3

5 LASIT JA NIIDEN VALINTAAN VAIKUTTAVAT OMINAISUUDET

5.1 Lasi ja lasin valinta

Tavallinen ikkunalasi valmistetaan sekoittamalla hiekkaa, soodaa, kalkkia sekä lisäämällä hieman rautaa, magnesiumia ja seosaineita. Tällä seoksella lasille saadaan homogeenisesti järjestäytymätön molekyyli rakenne. Rakenne tekee lasista läpinäkyvän, koska aurinkoenergia sekä valo läpäisevät rakenteen. Tämä tekee lasista ainutlaatuisen suhteessa muihin materiaaleihin. Lasin läpinäkyvyyden ja ainutlaatuisten ominaisuuksien lisäksi lasi on taloudellinen, vähän huoltoa vaativa materiaali, joka on lähes ikuinen ja ympäristöystävällinen kierrätettävyytensä vuoksi. Lasi on nykyisin yksi tärkeimmistä rakennusmateriaaleista sen teknisten ominaisuuksien kehityksen ansiosta. Lasilla voidaan korvata moni perinteinen rakennusmateriaali päivänvalon lisäämiseksi. Monitoimilasi mahdollistavat nykyään energiatehokkuuden lisäksi monia muita ominaisuuksia kuten lasin eristävyyteen ja sen pintaan vaikuttavia ominaisuuksia. Monitoimilasi tarkoittaa sitä, että kaikki toiminnot voidaan sijoittaa yhteen lasirakenteeseen ja jo yksinkertainen lasi voi sisältää monia ominaisuuksia. Oikea lasitus lisää turvallisuutta, parantaa käyttömukavuutta ja madaltaa rakennuksen käyttökustannuksia. Lasin valinnassa käytetään myös suorituskykykoodia. Koodi on yhteenveto lasin suorituskyvystä perusvaatimusten suhteen. Suorituskykykoodin kaava on U/LT/G, eli lämmönläpäisykerroin/valonläpäisy/aurinkoenergian kokonaisläpäisy. (Lasifakta 2019, 4, 68.)

Lasin perusominaisuuksia ovat päivänvalon läpäisy, läpinäkyvyys sekä toiminta sääsuojana. Luonnonvalon saanti on kasvava trendi ja luonnonvalolla on osoitettu olevan tärkeä merkitys ihmisen psyykkiselle ja fyysiselle hyvinvoinnille. Nykyaikaiset ja modernit ratkaisut mahdollistavat ikkunoiden pinta-alan lisäämistä ilman lämmönhukan kasvua, yliämpöongelmia tai kylmävetoja ja säteilyhaittoja. Näin myös luonnonvalon määrä tilassa kasvaa. Lasin läpinäkyvyyden lisäksi, sen valintaan vaikuttavat seuraavat parametrit:

- Lasin paksuus
- Lasin koko ja muoto (leveys x korkeus)
- Lasityyppi (float-lasi, karkaistu lasi, laminoitu lasi jne.)
- Ruudun rakenne (yksi-, kaksi-, kolmilasinen jne.)
- Lasin kaltevuuskulma

- Sallittu taipuma
- Kuormat
- Viranomaisten asettamat vaatimukset

Lasin valintaa helpottaa ja jos sille asetetut perusvaatimukset ovat tunnettuja ja määriteltäviä. Optimaalisen lasin valintaan vaikuttaa myös lasin eristettävyyys sekä palovaatimukset, mutta myös tekniset parametrit. Teknisistä parametreista vaikuttavat tekijät ovat lämpöarvot sekä energiamääräykset ja kokonaisenergiankulutus. (Lasifakta 2019, 68-70.)

Oikealla lasin valinnalla voidaan vaikuttaa:

- lämmöneristykseen (energiansäästölasit)
- ääneneristykseen (lasien paksuus, välitilojen leveys, laminoitu lasi)
- valon läpäisyyn ja lämpösäteilyn vähentämiseen (auringonsuojalasit)
- palonsuojaukseen (verkkolasit, palolasit)
- julkisivun ulkonäköön (värilliset ja pinnoitetut lasit)
- murtosuojaukseen ja henkilöturvallisuuteen (laminoidut, karkaistut lasit)
- ikkunoiden huurtumiseen (selektiivilasit)
- helppohoitoisuuteen (itsepuhdistuvat lasit)

Seuraavassa kappaleessa esitellään kyseisiä laseja tarkemmin sekä kerrotaan, onko lasityyppejä mahdollista käyttää risteilyaluksessa. (Lasiluoto 2019.)

5.1.1 Float-lasi

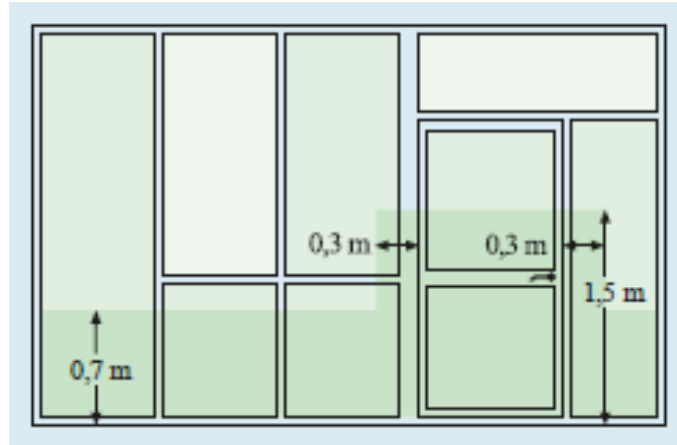
Float-lasi eli tavallinen läpinäkyvä lasi on hiekasta, soodasta, kalkkikivistä, dolomiitista ja maasälvästä valmistettu lasi. Lasi valmistetaan jatkuvana prosessina. Raaka-aineet sulatetaan juoksevaksi lasimassaksi, jonka jälkeen sula lasimassa levitetään tinan päälle, jolloin lasista tulee ehdottoman tasaista. Tämän jälkeen lasi jäädytetään, pestään ja tarkistetaan sekä lopuksi leikataan sopivan kokosiin paloihin. Palat leikataan tyyppillisesti 3210-6000 mm kokoihin, joiden paksuus vaihtelee 0,4-19,0 mm välillä. Float-lasia ja siitä jalostettuja lasituotteita käytetään moniin tarkoituksiin. Lasi on perusominaisuuksiltaan läpinäkyvä ja näin ollen ihanteellinen, kun lasilta halutaan kirkasta läpinäkyvyyttä. Lasin valmistusmenetelmä takaa lasin tasaisuuden ja reunojen sileyden sekä estää vääristymien muodostumisen lasiin. Ikkunat, ovet sekä julkisivut ja kattojen lasitukset

ovat suurin lasin käyttöalue, mutta lasia käytetään myös huonekaluissa, ajoneuvoissa sekä näyttöruuduissa. (Lasifakta 2019, 14.)

Float-lasia ei sellaisenaan käytetä risteilyaluksen ikkunoissa, mutta sitä käytetään perustana useille jalostetuille lasituotteille. Lasien ominaisuuksia voidaan kehittää, kun lasilta halutaan esim. parempaa lämmöneristävyttä sekä muita eristävyttä tukevia ominaisuuksia, sekä turvallisuutta ja koristelua koskevia ominaisuuksia. Lasi on myös mahdollista laminoida tai karkaista, jolloin siitä saadaan turvalasia. Pintaa käsitellään myös muilla tavoilla, jos asiakas niin vaatii. Asiakas voi vaatia esim. peilin, jolloin lasi on mahdollista hopeoida peilaavan pinnan saamiseksi. (Lasifakta 2019, 14.)

5.1.2 Turvalasi

Lasi on nykyisin tunnettu lujana materiaalina, vaikka menneinä vuosikymmeninä käytetty 2 mm konelasi loi vaikutelman lasin hauraudesta. Nykyisin vähimmäispaksuudeltaan 4 mm oleva float-lasi, on ratkaisevasti lujempaa. Lasin lujuuden kehittymisestä huolimatta on tilanteita, jolloin on tarpeellista käyttää turvalasia. Turvalasia käytetään silloin, kun lasi voi aiheuttaa vaaratilanteita tai vammoja ihmishengelle. Tällaisia tilanteita ovat esim. törmäys- tai putoamistilanteet. Esimerkkinä näistä alueista ovat käytävät ja porraskäytävät sekä ovet ja sisäänkäynnit, eli alueet joissa ihmisiä liikkuu paljon ja nopeasti. Turvalasin käytön vaatimuksille on ohjeet rakennusmääräyksissä. Määräykset ovat nähtävissä kuvassa 9 ja niissä mainitaan, että yleisön käyttöön suunnitelluissa tiloissa pitää aina valita turvalasi, jos osakin lasista on ovesa tai 0,3 m oven vieressä, alempana kuin 1,5 m. Muualla pitää noudattaa samaa suositusta lattiasta 0,7 m korkeuteen. (Lasifakta 2019, 43-45.)

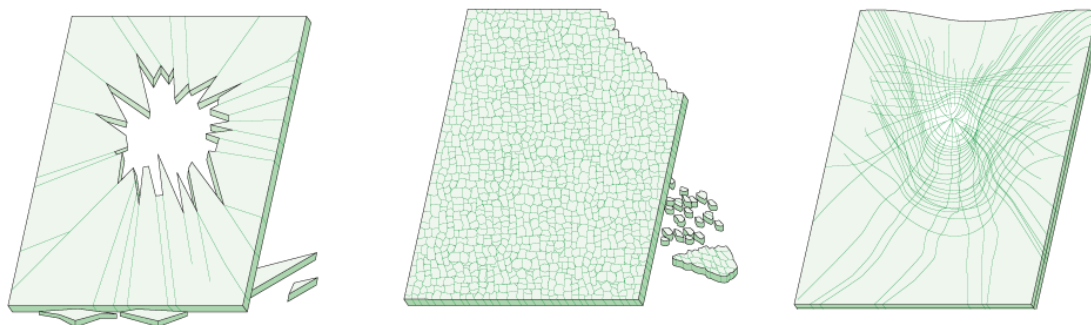


Kuva 3. Turvalasin käytön vaatimukset rakennemääräyksen mukaisesti (Lasifakta 2019, 45).

Turvalasin käyttö antaa mahdollisuuden korvata muu rakennusmateriaali sellaisella materiaalilla, joka tuo lisää päivänvaloa ja avaruutta sekä lisää tilan läpinäkyvyyttä ja viihtyisyyttä. Modernissa risteilyaluksessa tämä näkyy suurina lasirakenteina, joita on pystytty toteuttamaan turvalasia käyttäen. Mein Schiff 1 sekä Harmony of the Seas -risteilyalusten suurissa lasirakenteissa on käytetty kolmionmallista ja kahteen suuntaan kaa-revaa lasia. Tällä rakenteella mahdollistetaan isompien ja tukevampien lasirakenteiden käyttö. Rakenteet täyttävät sille asetetut lujuusvaatimukset ja turvallisuusvaatimukset, ja lisäävät samalla näyttävyyttä ja viihtyvyyttä. (J. Andersson, henkilökohtainen tiedonanto 11.02.2019.)

Risteilyaluksessa käytetty turvalasi voi olla laminoitu, karkaistu tai näiden yhdistelmälasia. Yhdistelmälasilla on mahdollista luoda niin kestävä elementti, että risteilyaluksen ikkunoissa yhden lasilevyn ei tarvitse olla rakenteeltaan niin paksu, kuin pelkästään karkais-tulla tai laminoidulla lasilla. Koska lasi on painava elementti, voidaan ohuemmalla lasilla vähentää oleellisesti ikkunamoduulin painoa. Näin ollen säästetään ikkunoiden painon lisäksi laivan kokonaispainoa, jolla taas on suuri vaikutus risteilyaluksen kokonaiskulu-tukseen ja sitä kautta myös energiansäästöön ja tehokkuuteen. Turvalaseja käytetään riskialueilla. Riskialueiksi luokitellaan erilaiset oleskelutiloja ja kulkukäytäviä ympäröivät lasirakenteet sekä kulkuaukot, ovien kohdalla olevat lasit ja kattolasitukset. Tavallinen lasi on rikkoutuessaan hyvin vaarallinen, sillä se rikkoutuu teräväksi ja leikkaavaksi, mikä voi johtaa viiltohaavojen syntymiselle esim. törmäyksen johdosta. Karkaistu lasirakenne sekä laminoitu lasirakenne käyttäytyvät eri tavalla rikkoutuessaan. Karkaistu lasi hajoaa pieniksi muruiksi ja laminoitu lasiruutu pysyy kokonaisena rikkoutuessaan. Erityislujuutta

vaativissa kohteissa voidaan käyttää turvalasien yhdistelmää, joka on laminoitu sekä karkaistu. Eri lasien käyttäytymistä rikkoutuessaan on esitetty kuvassa 12. (P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019; Lasifakta 2019, 44.)



Kuva 4. Lasi rikkoutuessa (Ikkunawiki 2019).

Turvalasin käyttö luo siis uusia innovatiivisia mahdollisuuksia vaarantamatta turvallisuutta. Turvalasi on joko karkaistu tai laminoitu lasi tai yhdistelmä niistä. Pelkästään paksumamalla tavallista float-lasia, siitä ei saada turvalasia. (Lasifakta 2019, 43.)

Karkaistu ja laminoitu turvalasi ovat molemmat turvallisia vaihtoehtoja, mutta käyttävät hieman eri lailla ja sopeutuvat erilaisiin tilanteisiin. Karkaistu lasi saa lujutensa prosessista, jossa lasi lämmitetään ensin noin 650 C ja tämän jälkeen jäähdytetään nopeasti. Lasi pehmenee sitä lämmitettäessä ja jännitykset katoavat, kun taas jäähdyttämällä lasin pintaan jää pysyvä puristusjännitys ja keskelle vetojännitys. Karkaistu lasi kestää rasaita kuormia tavallista lasia paremmin. Lasi ei hajoa ihmisen kaatumisen voimasta tai potkuista, mutta se ei kestä terävien esineiden suuria kuormia. Lasilla on rajansa kuinka paljon kuormitusta se kestää. Naarmut ja lohkeamat lasin pinnalla altistavat lasin murtumiselle. Lasiin tekee turvallisemmaksi se, että murtuessaan lasi hajoaa pieniksi rakeiksi eikä teräviksi viilloille altistavaksi paloiksi. Karkaisuprosessin yhteydessä lasin valonläpäisy, läpinäkyvyys, pintakovuus ja naarmuuntumattomuus pysyvät muuttumattomina. (Lasifakta 2019, 44.)

Laminoitu lasi eroaa karkaisuprosessista siten, että laminoitua lasia ei pelkästään lämpökäsitellä. Prosessissa kaksi float-lasia laminoidaan yhteen muovikalvon kanssa. Kalvo kiinnittyy lasiin, kun se altistetaan riittävän kovalle paineelle ja lämpötilalle. Lasiin muodostuu kirkas pinta, joka on sitkeä ja vaikeasti rikottava. Samoin kuin muutkin lasit, lami-

noitu lasi murtuu ylikuorman vaikutuksesta. Hajotessaan lasinsirpaleet pysyvät kiinni kalvossa. Lasi pysyy siis kokonaisena hajotessaan, jolloin vältetään läpätunkeutumiselta ja haavojen syntymisen riski pienenee. Myös laminoidun lasin optiset ominaisuudet säilyvät muuttumattomina prosessissa. (Lasifakta 2019, 44-45.)

Yhdistämällä karkaistun ja laminoidun lasin saavutetaan samalla karkaistun lasin mekaaninen kestävyys ja lämpötilaerojen sietokyky sekä laminoidun turvalasin ominaisuus, joka sitoo sirpaleet kalvoon. Yhdistelmää sovelletaan erityistä lujuutta ja turvallisuutta vaativissa kohteissa. (Lasifakta 2019, 44-45.)

5.1.3 Erikoislaseja ja tulevaisuuden laseja

Lasin ominaisuuksien ja teknologian jatkuva kehittyminen on luonut paljon uusia mahdollisuuksia käsitellä lasia. Lisäämällä lasiin pinnoite tai väritys saadaan lasia hyödynnetty uusilla tavoilla. On olemassa koriste- ja julkisivulaseja, joihin saadaan lisätty kuviota mm. laminoimalla. Tämän tyylinen lasi piristää tilan ulkonäköä sekä herättää mielenkiintoa katsojan silmissä. Itsepuhdistuva lasi on myös eräänlainen erikoislasi, jonka avulla voidaan vähentää ikkunan pesua. Lasilla on ainutlaatuinen kaksivaikutteinen toiminto, joka hyödyntää luonnon omia voimia sen puhtaana pitämiseen. Lasin päälle laitettava näkymätön pinnoite muodostaa lasin pinnalle aktiivisen molekyylikerroksen ilmankosteutta ja UV-säteilyä hyväksikäyttäen. Rakenne saa aikaan likapartikkeleiden heikkenemisen, ja seuraavan sateen aikana lika huuhtoutuu pois. Teknologiaa ei voi kuitenkaan soveltaa risteilyaluksissa tai aluksissa, jotka liikkuvat merellä. Suolavesi saa aikaan reaktion, joka kumoaa itsepuhdistuvan rakenteen vaikutuksen. (P. Ylinen, henkilökohtainen tiedonanto 12.02.2019.)

Nykypäivänä niin maarakentamisessa kuin laivanrakentamisessakin pyritään etsimään innovatiivisia ratkaisuja. Ratkaisujen halutaan olevan kustannustehokkaita, ympäristöstävällisiä sekä samalla trendikkäitä. Tämän hetken mahdollisuuksia erikoislasiensaarialta ovat Led-screen lasit, Organic Photovoltaics (OPV) teknologia ja auringonkeruu sekä energiansäästölasit. Led-lasi mahdollistaa mainosten ja eri valoesitysten luomisen rakennuksen ja myös laivan kylkeen. Lasin läpinäkyvyys heikkenee, joten led lasin käyttö soveltuu paremmin esim. parvekkeen kaidelasissa. Teknologiaa on jo käytetty risteilyaluksella. Genting dream -risteilyaluksella on käytössään Wärtsilä Funan kehittämä dy-

naaminen valaistussysteemi. Kyseisessä laivassa teknologiaa on käytetty juurikin parvekkeen kaidelasissa, jolla laivasta saadaan näyttävän näköinen, kun se on esim. ankurissa satamassa. (Wärtsilä 2019.)

OPV:n materiaalit muuttavat siihen osuvan valon energiaksi. Tyypillinen OPV solu koostuu yhdestä tai useammasta materiaalista, jotka ovat kerroksittain kahden elektrodin välissä. Se eroaa muista ei orgaanisista silikonisoluista siten, että sen rakenne on joustavaa, erittäin ohutta ja se voidaan asentaa melkein mille alustalle tahansa. Suurin ero ja hyöty muihin verrattuna on kuitenkin sen kyky absorboida valo kokonaisuutena, eikä erillisinä rajapintoina. OPV:n kustannukset ovat myös alhaiset, mikä on auttanut teknologian nopeaa kasvua. (Opvius 2019; T. Mäki-Jouppila, henkilökohtainen tiedonanto 17.01.2019.)

OPV-teknologia on paljon tutkittu energiaa tuottava teknologia, joka omaa ainutlaatuisia piirteitä. Myös Turun telakalla on tutkittu teknologian tuomia mahdollisuuksia, ja miten sitä voisi hyödyntää laivassa. Teknologia tarjoaa mahdollisuuksia hyvään energiatehokkuuteen ja kustannustehokkuuteen, jos aurinkoenergiaa voitaisiin hyödyntää laivan muihin resursseihin. OPV-teknologiaa ei ole ainakaan toistaiseksi toteutettu laivaprojekteissa, mutta se luo kiintoisia mahdollisuuksia tulevaisuudelle.

Vähärautainen lasi (low iron glass) valmistetaan käyttämällä tarkoin valittuja raaka-aineita, joilla on luonnostaan vähäinen rautapitoisuus ja sen suurin ero tavalliseen float-lasiin on sen läpinäkyvyydessä. Vähärautainen lasi on erittäin kirkas, eikä siinä näy vihreää sävyä niin kuin tavallisessa lasissa. Lasien värieroa on havainnollistettu kuvassa 14. Lasin vihertäminen johtuu siitä, että tavallisessa lasissa on korkeampi rautaoksidipitoisuus kuin vähärautaisessa lasissa. Niin kuin minkä tahansa lasin valinnassa on mietittävä mihin käyttötarkoitukseen lasi tulee, ja valinta tehdään sen perusteella. vähärautainen lasi on myös mahdollista pinnoittaa, karkaista tai laminoida. (Seloy 2019.)



Kuva 5. Float-lasin ja vähärautaisen lasin väriero (Pilkington 2019).

Nykyään lasin käyttö arkkitehtuurissa on yhä suosittummaa ja lasia voidaan käyttää monissa käyttökohteissa niin sisätilojen kuin ulkotilojenkin lasitukseen, sekä huonekaluihin ja design tuotteisiin. Vähärautainen lasi tarjoaa ominaisuuksillaan edun verrattuna tavalliseen lasiin. Vähärautainen lasi:

- Takaa luonnollisen ja kirkkaan näkymän
- parantaa lasin esteettisyyttä
- Tarjoaa laadun ja toiminnan poikkeuksellisen yhdenmukaisuuden
- Näyttää läpinäkyvyytensä ansiosta värit todellisina myös paksuissa laminoituissa yhdistelmälasissa
- Päästää runsaasti valoa läpi
- Maksimoi auringosta saatavan lämmön kylminä ja aurinkoisina päivinä
- Väri vihertävä sävy heikompi lasin reunoissa

Hyvä esimerkki vähärautaisesta lasista on Pilkington Optiwhite. Optiwhite on erityisen kirkas ja vähärautainen float-lasi, jolla on erinomainen valonläpäisy; siksi se on käytännössä väritön. Muiden lasien tyypillinen vihertävä sävy on vähärautaisessa lasissa minimaalinen. Pilkington Optiwhite voidaan yhdistää muihin Pilkington tuotteisiin, jolloin lasiin saadaan lisää ominaisuuksia. Lasi on nousevassa suosiossa, ja varustamot haluavat myös hyödyntää lasia ja sen ominaisuuksia yhä enemmän tulevaisuuden risteilyaluksissa. (Pilkington 2019.)

5.2 Lasin eristys

Ikkunalasin alkuperäinen tarkoitus oli laskea päivänvaloa sisään sekä mahdollistaa läpinäkyvyys toimien samalla suojana säätä ja tuulta vastaan. Nykyisin lasilta ja lasin yhdistelmiltä vaaditaan enemmän, vaikka perustoiminto on säilynyt samana. Eristämällä lasia pyritään saamaan aikaan paras mahdollinen sisäilma, samalla pitäen energiankulutus ja ympäristövaikutukset mahdollisimman alhaisina. Lasi voidaan eristää ja suojata lämmöltä, ääneltä, auringolta sekä palolta. Lasin eristämisen ominaisuuksiin vaikuttaa pitkälti millaiseen käyttöön lasi on tarkoitettu. Koko lasirakenteen eristävyys vaikuttaa myös käytettävät karmit ja välilistat. Välilistat ovat tavallisesti ruostumatonta terästä tai TPS-massaa. TPS-massa on lämpömassalista, joka tekee lasista kestävä, huurtumattoman sekä laadukkaan eristyslaselementin. Kyseiset materiaalit eristävät paremmin kuin alumiini. (Lasifakta 2019, 13, 75; Seloy 2019a.)

5.2.1 Lämmöneristys

Tyypillinen eristyslaselementti koostuu kahdesta tai useammasta lasista sekä välilistoista ja välitilan ilmasta tai jalokaasusta. Jalokaasulla on ilmaa parempi lämmöneristävyyttä, siksi välitila täytetään tyypillisesti Argon jalokaasulla lämmönjohtavuuden pienentämiseksi. Kaasu eristyslasin välitilassa voi parantaa U-arvoa merkittävästi. Argonin käyttö parantaa U-arvoa n. 0,3 w/m²K, ja Krypton-kaasun käyttö puolestaan n. 0,5 w/m²K. Kuivikeaineen tarkoituksena on absorboida kosteus, sekä estää kosteuden diffuusio reunasaumauksen läpi. Kaasu siis vaikuttaa ikkunan eristysarvoihin, jotka kertovat kuinka hyvin ikkuna eristää lämpöä. U-arvon ollessa matala, on ikkunarakenteella hyvä eristyskyky. Eristysarvot ovat tärkeitä tutkittavia arvoja, kun valitaan risteilyaluksen käyttöön tulevia ikkunoita. (Lasiluoto 2019a.)

Taulukossa 2 olevien erilaisten lasityyppien U-arvoja tarkastelemalla nähdään, että lasin U-arvoon vaikuttaa lasin kertaisuus sekä selektiivilasin käyttö. Arvoihin vaikuttaa myös eristyslasin välitilojen leveys sekä materiaali, jolla välitila täytetään.

Taulukko 2. Tyypillisten lasien U-arvot (Lasiluoto 2019a).

Lasi tyyppi	U-arvo w/m ² K
2K 2 kirkas lasi	2,6-2,9
3K 3 kirkas lasi	1,7-1,9
4K 4 kirkas lasi	1,5-1,6
2Ksel 1 kirkas lasi+1 selektiivilasi	1,1-1,6
3Ksel 1 kirkas lasi+1 selektiivilasi	0,9-1,4
3Ksel 1 kirkas lasi+2 selektiivilasi	0,5-0,9

Eristämällä lasi vältetään myös lasinpintaan muodostuva kondenssi, joka haittaa läpinäkyvyyttä lasista. Tiloissa joissa on lämpöylijäämää, on lasirakenteille asetettavat vaatimukset toisenlaiset, kuin tiloissa joissa on lämpöalijäämää. (Lasifakta 2019, 13; Lasiluoto 2019a.)

5.2.2 Palonsuojaus

Palonsuojalasia sekä lasirakennetta valittaessa on tärkeä miettiä missä rakenne sijaitsee ja mitä se suojelee tai mitä voisi tapahtua lasin rikkoutuessa. Esim. pakotietä suojattaessa valitaan lasi, joka ei rikkoutuessakaan romahda holtittomasti. SOLAS ch-II, antaa tarkat palovaatimukset laivoilla käytettäviin lasihin ja rakenteisiin. FTP-koodissa on määritelty lasien testaukset. Paloturvallisilla laseilla on mahdollista luoda avaruutta ja läpinäkyvyyttä kuitenkin menettämättä paloturvallisuutta. Palonsuojalaseja on erilaisia ja ne eroavat ominaisuuksiltaan. Paloa kestävät lasit kestävät suhteellisen korkeita lämpötiloja estäen liekin ja savun etenemisen, mutta päästävät lämpösäteilyn läpi. Suojaetäisyydet on tätä lasia käytettäessä otettava huomioon. Lämpösäteilyä osittain rajoittavat lasit kestävät myös suhteellisen korkeita lämpötiloja ja estävät liekin ja savun etenemisen. Kyseinen lasi on muuten samanlainen kuin paloa kestävä lasi, mutta se rajoittaa osin lämpösäteilyä. Paloa osastoivat lasit ovat ominaisuuksiltaan parhaimpia. Lasit ovat eristyslasin tai laminoidun lasin tyyppisiä, joissa lasien välissä oleva kidevesi sitoo höyrystyessään palon aiheuttamaa lämpöä. Täten, lasirakenteen vastakkainen pinta lämpee hitaasti. (Lasifakta 2019, 32; Seloy 2019b.)

Palonsuojalasin tarkoitus on siis kestää kuumuutta, liekkejä sekä estää palokaasujen leviämistä, tavallista lasia paremmin. Lasi vähentää myös sitä läpäisevää lämpösäteilyä.

Lasiin halutut ominaisuudet ja palolasin luonti saadaan tehtyä esim. laminoimalla tai kar-kaisemalla, mutta myös yhdistelmävaihtoehtoja on. (Lasifakta 2019, 32.)

5.2.3 Ääneneristys

Äänieristys on muutenkin kuin lasin kannalta tärkeä elementti. Laivassa syntyy melua eri syistä ja erilaisista tiloista. Hyvin äänieristetty risteilyalus on tärkeä sekä matkustajien, että miehistön viihtyvyyden kannalta. Lasin ja lasiosien kautta melu pääsee hyvin läpi ja voi olla häiritsevää tilan sisällä. Varsinkin aurinkokannelta sekä viereiseltä parvekkeelta kantautuva melu voi tunkeutua hytin sisätiloihin, jolloin parvekelaseissa ja ikkunoissa tulee olla tarpeiden mukainen ääneneristys matkustajien viihtyvyyden takia. Lasin ääneneristävyys ei parane vain lisäämällä lasin paksuutta, vaan lasin ääneneristävyysominaisuuksia voidaan parantaa muuttamalla laseja ja lasien välejä. Hyvin äänieristetyillä ikkunoilla voidaan avata seiniä ja kattoja, jotka lisäävät valon pääsyä tilaan sekä näköyhteyttä tilojen välillä. Tätä voidaan soveltaa niin rakennuksissa kuin risteilyaluksissakin. (Lasifakta 2019, 38.)

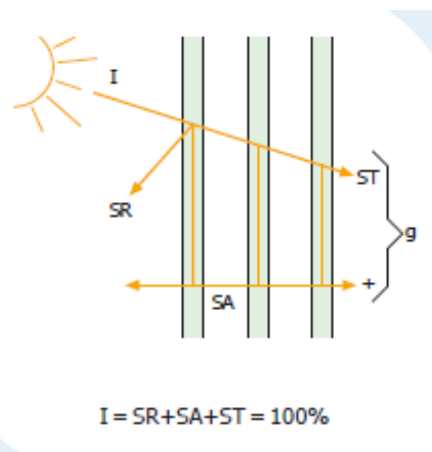
5.2.4 Auringonsuojaus

Ikkunoiden auringonsuojauksen merkitys on kasvanut huomattavasti energiatehokkuuden parantumisen myötä ja hyvän eristyksen johdosta lämpö ei mene tiloissa hukkaan. Oikeanlaisen auringonsuojauksen ansiosta liikalämmön pääsy huonetiloihin voidaan estää ja olosuhteet pysyvät miellyttävänä, vaikka ikkunat altistuvatkin auringonpaisteelle. Auringonsuojalasi vähentää liiallista auringon valoa sekä lämpösäteilyä sisätiloihin. Kaikkea auringosta tulevaa energiaa on mahdotonta pysäyttää, mutta nykyajan tekniikoilla auringonsuojalasi läpäisevät lähes yhtä paljon valoa kuin tavallinen lasi ja sulkevat ulkopuolelle 2/3 auringon kokonaissäteilyenergiasta. Kun auringonsuojalasilta halutaan mahdollisimman hyvää suojaa, pitää auringonsuojalasi sijoittaa rakenteen uloimmaksi lasiksi. (Lasifakta 2019, 20.)

Auringonsuojalasin voi valita puhtaasti esteettisistä syistä, jolloin valinta osuu yleensä massavärjättyyn tai värilliseen pinnoitettuun lasiin. Pinnoitetut lasit koostuvat tavallisesta float-lasista, joka on pinnoitettu erittäin ohuella pinnoitteella. Massavärjätty lasi valmistetaan float-lasin tapaan, mutta sisältävät absorptiota lisääviä lisäaineita. Jos esteettisyys ei ole tärkeää auringonsuojalasin valinta tehdään sillä perusteella, kuinka tärkeää on

alhainen aurinkoenergian läpäisy suhteessa korkeaan näkyvän valon läpäisyyn. Jotta päästään matalaan G-arvoon, on lasi tyypillisesti tummempaa, koska tumma lasi läpäisee vähemmän auringosta tulevaa säteilyä. Matalalla G-arvolla on mahdollista vähentää ilmastointikustannuksissa, jolloin päästään parempaa energiansäästöön ja tehokkuuteen. Näissä tapauksissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, ettei lasin läpinäkyvyys kärsi liikaa G-arvon kustannuksella. (Lasifakta 2019, 22-23; J. Andersson, henkilökohtainen tiedonanto 11.02.2019.)

Risteilyaluksissa, jotka seilaavat lämpimissä olosuhteissa kuten Karibiassa, on auringon voimilta suojautuminen tärkeää. Laiva altistuu suuren osan päivästä auringolle, jolloin sen ikkunoissa ja laseissa on oltava hyvä suojaus. Lasin on oltava ominaisuuksiltaan sellainen, joka estää sisätilassa lämmön nousua sekä suojaa läpituvalta UV-säteilyltä eikä vaikuta liialti lasin läpinäkyvyyteen, kuten edellä mainittiin. Kuvassa 15 on hyvin kuvattu auringon voimien vaikutuksia, joiden johdosta auringonsuojaus täytyy mitoittaa oikein. (Lasifakta 2019, 23) 04.03.19.)



Kuva 6. Auringon voimien vaikutus lasirakenteeseen (Lasifakta 2019, 23).

Lasirakenteen läpäisevä aurinkoenergia eli I, vaikuttaa sisäilmastoon kahdella tavalla. Aurinkoenergian kokonaisläpäisy eli G-arvo, nostaa sisätilan lämpötilaa. Auringon suoraläpäisy eli ST, nostaa pintojen lämpötiloja. Kun halutaan rajoittaa sisäilman lämpötilan nousua, valitaan lasirakenne, joka pudottaa riittävästi G-arvoa. Pelkkä auringonsuojalasi ei välttämättä rajoita pintalämmön nousua riittävästi suoraläpäisyn vaikuttaessa siihen. Voidaan kuitenkin valita auringonsuojalasi, jonka yhteyteen riittää tavallinen sisäverho. Näin säästytään kalliilta ulkopuolisilta varjostimilta ja jäähdytyslaitteistoilta, joka vaikuttaa positiivisesti laivan kokonaisenergiankulutukseen. Verhoja voidaan hyödyntää myös vähentämään heijastuksia tai häikäisyä. (Lasifakta 2019, 23.)

5.2.5 Energiansäästölasit

Energiansäästölasit ovat selektiivipinnoitettua kirkasta lasia, jolla on matala emissiviteetti. Emissiviteetti tarkoittaa lasipinnalle ominaista tapaa säteillä pitkäaaltoista, silmin näkymätöntä lämpösäteilyä eli, kuinka suuri osa pintalämmöstä säteilee lasipinnasta. Lasit joiden emissiviteetti on alle 0.2 ϵ , luokitellaan matalaemissiolaseiksi eli energiansäästö-laseiksi. Matalaemissiolaseissa suurin osa lämmöstä säilyy lasissa ja pitää näin lasin lämpimänä. Selektiivipinnoite läpäisee ja heijastaa säteilyä eri taajuuksia eri tavoilla ja se on läpinäkyvä metalli, - tai metallioksidipinnoite. Kun käytetään selektiivipinnoitettua, voidaan vähentää ikkunan lasien välistä lämpösäteilyä sekä parantaa siten ikkunan lämmöneristävyyttä. Metallioksidin ansiosta pitkäaaltoinen säteily eli lämpösäteily heijastuu pois, mutta lyhytaaltoinen säteily pääsee lasin läpi. Tästä johtuen suoranainen auringonpaiste pääsee huonetilaan, mutta sisältä ulos heijastuvasta lämpösäteilystä vain osa läpäisee selektiivilasin. Näin ollen lasin lämmöneristyskyky nousee ja samalla vähenee lasin sisäpintojen huurtuminen kylmissä olosuhteissa. Koska ikkunan pintalämpötila on korkeampi kuin tavallisella lasilla, myös ikkunan lähellä tuntuva vedon tunne vähenee. (Lasifakta 2019, 16-19; Lasiluoto 2019b.)

Energiansäästölasin asennus uloimmaksi tai sisimmäksi lasiksi ei vaikuta lasin U-arvoon eikä valonläpäisyyteen, mutta G-arvoon se vaikuttaa. Haluttaessa hyvää auringonsuojaa asennetaan energiansäästölasit uloimmaksi. Jos puolestaan halutaan saada mahdollisimman paljon aurinkoenergiaa sisään, energiansäästölasit asennetaan sisimmäksi. Energiansäästölasia ei suositella asennettavaksi keskimmäiseksi. Jos energiansäästölasit on keskimmäisenä termisen rikkoutumisen riski kasvaa, koska välitilassa energiansäästölasit lämpenee enemmän kuin tavallinen lasi. (LasiLipponen 2019.)

6 LÄMPÖVIRTOJEN VERTAILU

Seuraavissa kappaleissa tullaan käsittelemään eristetyn ja eristämättömän lasin eroja, sekä tehdään niiden lämpöarvojen vertailua taulukoin ja kaavioin. Tarkoituksena on tutkia neljää kuvitteellista risteilyalusta ja niiden kuvitteellisia U- ja G-eristysarvoja. Lopputuloksena pyritään saamaan näyttöä, millaisiin lämpövirtoihin näiden alusten eristysarvoilla päästään.

Eristyslaselementti muodostuu siis kahdesta tai useammasta lasilevystä ja niiden väli-tilasta. Lasilevyjen kertaisuus riippuu vaadituista lämmöneristysvaatimuksista, ja elementtien paksuus puolestaan kertaisuudesta, väli-tilojen vahvuuksista sekä lasin paksuudesta. Elementti liimataan reunoista yhteen niin, että lasilevyjen väliin jäävä tila on ilmatiivis. Kyseinen väli-tila täytetään joko kuivalla ilmalla tai kaasuseoksella, joista tyyppisin on Argon. Eristyslaseja käytetään eristämään tilaan kohdistuvat häiriötekijät ja tästä syystä eristyslasi sopii käytettäväksi kaiken tyyppisissä rakennuksissa sekä risteilyaluksissa. Risteilyaluksen lasit ovat suurimmaksi osaksi eristyslaseja, sillä lasit altistuvat monenlaiselle haitalle risteilyaluksessa ja tavallinen eristämätön lasi ei riitä kyseisissä olosuhteissa. Eristämätön lasielementti eroaa rakenteeltaan eristetystä lasista. Eristämättömässä lasielementissä on päällekkäin kaksi lasia, joiden välissä on esimerkiksi PVB laminoitu kalvo. Näin ollen eristeenä toimivaa väli-tilaa ei ole. Eristyslasin tärkeimpiin tekniisiin ominaisuuksiin kuuluu lämmöneristys eli U-arvo, valonläpäisy (LT) sekä aurinkoenergian kokonaisläpäisy eli G-arvo. Eristämätön lasi on näiltä teknisiltä ominaisuuksiltaan heikompi kuin eristetty lasi. Tämä on helppo huomata taulukosta 13, johon on kerätty vertailussa olevien risteilyalusten lämpöarvot. Kyseisiä lämpöarvoja käytetään myös lämpövirtojen vertailussa. (Lasiluoto 2019c.)

Taulukko 3. Työssä tutkittavat U- ja G-arvot.

Risteilyalus	U-arvo	G-arvo (Solar factor)
Alus 1. (eristyslasi)	1,0 w/m ² K	0,28
Alus 2.(eristyslasi)	1,5 w/m ² K	0,35
Alus 3. (eristyslasi)	2,8 w/m ² K	0,70
Alus 4. (eristämätön)	5,2 w/m ² K	0,43

Ikkunoiden valinnassa U- ja G-arvot otetaan tarkasti huomioon, sillä ne ovat eristysarvoja, jotka kertovat kuinka hyvin ikkuna eristää lämpöä ja säteilyä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä vähäisempi on tarve tuottaa lämmitysenergiaa sisätilojen lämmitykseen tai vastaavasti sisätilan viilentämiseen. Näin ollen pystytään säästämään risteilyaluksen kokonaisenergian kulutuksessa. Ikkunan lasiosien alhainen U-arvo vaikuttaa myös sisätilan viihtyvyyteen, sillä alhaisella U-arvolla vältytään viilneiden ilmassojen liikkeiltä eli epämiellyttävältä vedon tunteelta sekä säteilyvedolta ikkunoiden vaikutusalueilla. (Sely 2019c.)

6.1 Vertailun esittely

Työssä tehty vertailu suoritetaan kolmessa osassa. Ensinnä verrataan lämpövirran vaikutusta U-arvon avulla, jonka jälkeen G-arvolla. Lopuksi tutkitaan kokonaislämpövirtaa lasissa, jossa on otettu huomioon sekä U-, että G-arvoilla saadut lämpövirrat. Vertailussa otetaan huomioon lämpötilaerot ulkopuolella ja sisäpuolella. Tässä tapauksessa käytetty sisälämpötilan arvo on vakio, joka on 22 ° C. Ulkolämpötilat, joilla vertailu suoritetaan vaihtelevat välillä 20-35 ° C.

6.1.1 Lämpövirta U-arvoilla

Lämpövirran vertailussa U- arvolla, käytetään taulukossa 3. annettuja risteilyalusten arvoja ja laskut suoritetaan kaavalla 2. Kaava ja siinä käytetyt merkit esitellään alempana.

$$\dot{Q} = U * A * \Delta T$$

Kaava 2. Lämpövirran laskukaava U-arvolla. (Turkuamk 2019.)

Kaavassa käytetyt merkit:

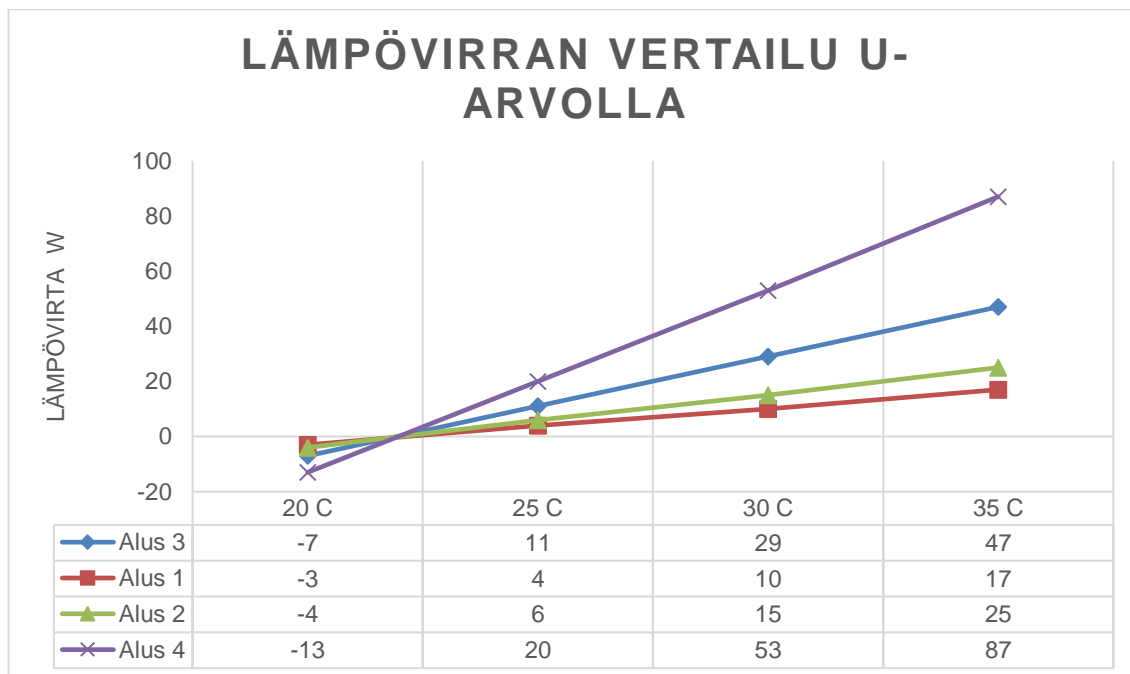
- \dot{Q} kuvaa lämpövirtaa
- U kuvaa U-arvoa, eli lämmönläpäisykerrointa
- A kuvaa lasin pinta-alaa, joka on tässä tapauksessa parvekeoven lasin ala. Ala toimii vakiona kaikissa laskuissa (1.28m²)
- ΔT kuvaa lämpötilaeroa ulkopuolella ja sisäpuolella

Laskuista saadut tulokset esitellään seuraavassa taulukossa 4.

Taulukko 4. Lämpövirran laskujen tulokset U-arvolla.

Risteilyalus	Lämpövirta, lämpötiloilla 20, 25, 30, 35 C
Alus 1.	-3 W, 4 W, 10 W, 17 W
Alus 2.	-4 W, 6 W, 15 W, 25 W
Alus 3.	-7 W, 11 W, 29 W, 47 W
Alus 4.	-13 W, 20 W, 53 W, 87 W

Taulukon 4 tulokset ovat tämän jälkeen sijoitettu kuvioon 1. Kuvio 1 havainnollistaa U-arvon vaikutukset eri lämpötiloissa, joista voidaan tehdä päätelmiä. Voidaan todeta, että mitä suurempi U-arvo ikkunalla on, sitä suurempi on myös lämpövirta ikkunan läpi. U-arvo on lämpöresistanssin vastaluku, joten mitä suurempi U-arvo on, sitä pienempi on lämmönresistanssi ja näin ollen, sitä suurempi on myös lämpövirta. Lisäksi huomataan, että eristämätön ikkunarakenne, jolla on suurempi U-arvo, on huomattavasti suurempi lämpövirta. Lämpövirran kasvu on myös suurempaa, kuin eristetyissä ikkunarakenteissa. Taulukossa 4 huomataan, että kun ulkolämpötila on pienempi kuin sisälämpötila, on lämpövirta negatiivinen. Tämä tarkoittaa lämpövirran olevan suurempi sisältä ulos.



Kuvio 1. Lämpövirran vertailu U-arvoilla.

6.1.2 Lämpövirta G-arvoilla

Toisena vertaillaan lämpövirran käyttäytymistä annetuilla G-arvoilla. G-arvoa hyödyntämällä tutkitaan miten auringosta tulevan säteilyn voima vaikuttaa ikkunan läpäisevään lämpövirtaan. G-arvot saadaan taulukosta 4 ja alla olevassa taulukossa 5 on laskuista saadut tulokset. Laskuissa käytetty kaava 3 on sovellettu ISO 7547 standardista olevasta kaavasta, mutta laskuissa käytettävä G_s arvo on standardissa oleva 350 W, joka on tarkastelussa vakioarvona.

$$\Phi = G_s * A$$

Kaava 3. Lämpövirran laskukaava G-arvolla (Sisäinen tietokanta Meyer Turku 2019).

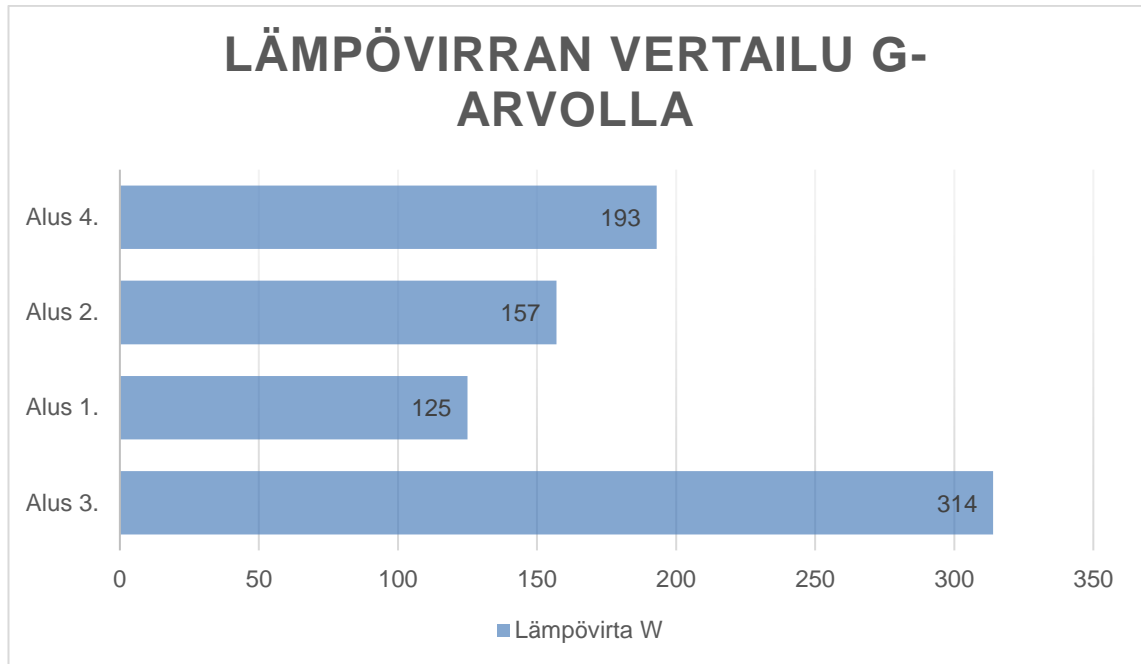
Kaavassa 3. käytetyt merkit:

- Φ kuvaa lämpövirtaa
- G kuvaa taulukon 4 G-arvoa
- A kuvaa lasin pinta-alaa
- s kuvaa lämmönsiirtymää neliometriä kohden eli tässä tapauksessa 350 W

Taulukko 5. Lämpövirran laskujen tulokset G-arvoilla.

Risteilyalus	Lämpövirta, G-arvoa käyttäen
Alus 1.	125 W
Alus 2.	157 W
Alus 3.	314 W
Alus 4.	193 W

Laskuista saadut tulokset ovat kuviossa 2. Kuviota tarkastellessa huomataan, että G-arvo vaikuttaa lämpövirtaan huomattavasti enemmän kuin U-arvo. Pienemmästä G-arvosta johtuen on ikkunarakenteessa myös pienempi lämpövirta.



Kuvio 2. Lämpövirran vertailu G-arvoilla.

6.1.3 Kokonaislämpövirran vertailu

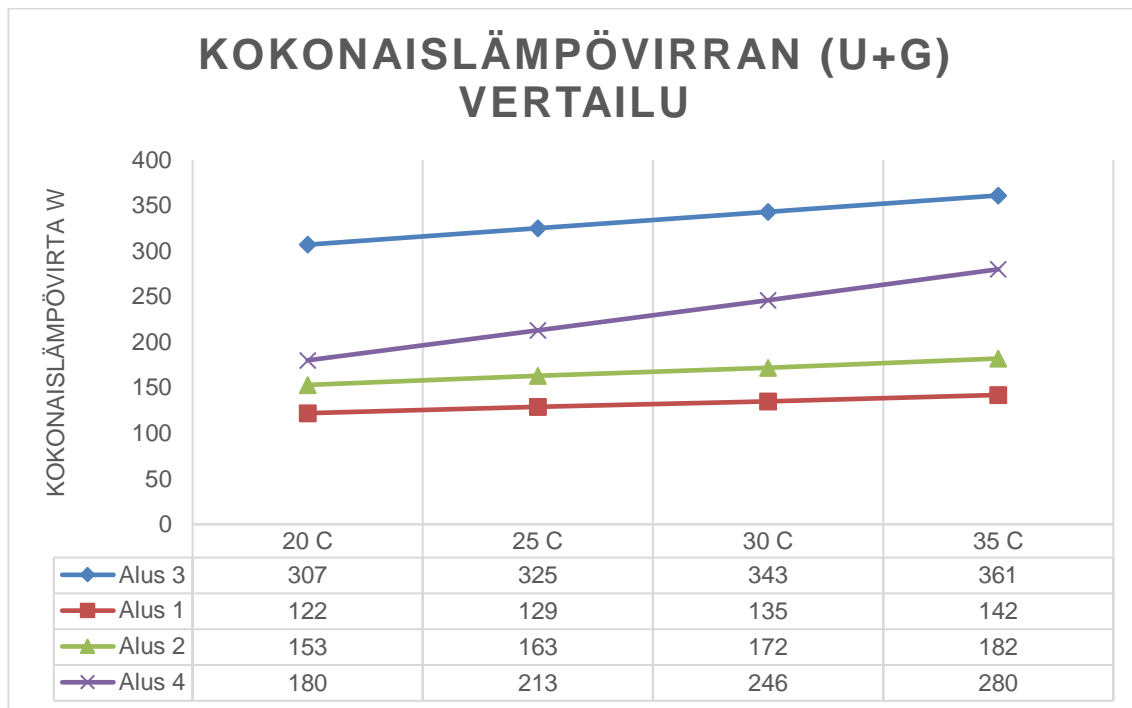
Kun on laskettu lämpövirta käyttäen sekä U-arvoa, että G-arvoa, voidaan laskea niiden yhtenäisen lämpövirran vaikutus ikkunarakenteeseen. Taulukon 4 saadut tulokset sekä taulukon 5 saadut G-arvon tulokset lasketaan yhteen. Tulokset esitetään Taulukossa 6.

Taulukko 6. Kokonaislämpövirrat W.

Risteilyalus	Kokonaislämpövirta lämpötiloissa 20, 25, 30, 35 C
Alus 1.	122 W, 129 W, 135 W, 142 W
Alus 2.	153 W, 163 W, 172 W, 182 W
Alus 3.	307 W, 325 W, 343 W, 361 W
Alus 4.	180 W, 213 W, 246 W, 280 W

Kuviosta 3 nähdään, että vaikka alus 4:ssä on huomattavasti suurempi U- arvo kuin esim. alus 3:ssa, siihen vaikuttava kokonaislämpövirta ei ole niin suuri. Tämä johtuu sen pienemmästä G-arvosta. Jos vertailua tehdään vielä suurempiin lämpötilaeroihin, alus 4 ohittaisi lopulta alus 3:n arvot sen huonomman U-arvon vaikutuksesta johtuen. Kuten

kuviosta 3 huomataan aluksen 4 lämpövirta kuviossa kasvaa huomattavan paljon jyrkemmin. Aluksissa 1 ja 2 on puolestaan matalat U- sekä G-arvot molemmissa, jolloin myös kokonaislämpövirta jää alhaisemmaksi kuin muiden vertauksessa olevien laivojen.



Kuvio 3. Kokonaislämpövirran vertailu.

Tarkastelun jälkeen voidaan todeta, että lämpövirtaa tutkittaessa täytyy ottaa huomioon sekä U-arvo, että G-arvo. Niistä saatu kokonaisuus kertoo ikkunarakenteen läpi virtaavan energian ja sen vaikutukset sisätilaan. Parhaaseen lämmöneristävyyteen päästään siis lasilla, jolla on alhainen U- ja G-arvo.

7 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKI

Luvussa 6 tehty vertailu suoritettiin käyttämällä ISO 7547 -standardista saatua lämmön-siirtymää neliometriä kohden. Tässä luvussa suoritettavassa käytännön esimerkissä käytetään oikeita auringon lämmönsiirtymän arvoja ja otetaan huomioon kulma, jossa aurinko osuu kohteeseen. Työssä käytetään apuna kahta laskuria. Laskureilla lasketaan saatu teho tiettyyn kellon aikaan. (PVEDUCATION 2019.) Toisella laskurilla lasketaan missä kulmassa aurinko on tiettyyn kellon aikaan. (PVLIGHTHOUSE 2019.)

Vertailukohteena käytetään Bahaman pääkaupunkia Nassauta, joka on suosittu risteilykohde. Ajankohta sijoittuu tammikuulle, jolloin lämpötila on alhaisempi, mutta ilma on vähäsateisempi, jolloin aurinko paistaa vapaammin.

Työssä tarkastellaan, miten auringon voimat vaikuttavat lämpövirtaan klo 09.00, 12.00 ja 16.00. Näin saadaan hajontaa päivälle sekä eri kulmat auringonpaisteelle. Esimerkissä on kyseessä tilanne, jossa risteilyaluksen kylki on suunnattuna etelään koko auringon vaikutuksen ajan. Vertailun vuoksi lasketaan tulokset kolmelle esimerkkinä toimivalle risteilyalukselle, jotka ovat alus 2, 3 ja 4. Vertailu saadaan täten tehtyä aluksille, joissa on korkein ja alhaisin G-arvo sekä yksi niiden väliltä. Lisäksi tutkitaan kahta risteilyalusta, joissa on eristyslasi, ja risteilyalusta, jossa on eristämätön lasi.

7.1 Auringon teho

Alla olevaan taulukkoon 7 on kerätty laskureilla lasketut auringon säteilyvoimakkuuden tehot ja auringon kohtauskulma lasiin tiettyyn kellonaikaan.

Taulukko 7. Todelliseen tehoon vaikuttavat arvot.

Klo	lämpötila C	Auringon säteilyvoimakkuus	Auringon kohtauskulma lasiin
09.00	24 °C	785 W	53. 595 °
12.00	27 °C	954 W	43. 918 °
16.00	26 °C	551 W	57. 546 °

Taulukon 7 arvoilla saadaan laskettua varsinainen teho, joka vaikuttaa ikkunaan. Oteetaan huomioon myös auringon kohtauskulma lasiin. Kaava, jolla teho saadaan laskettua, on esitetty alapuolella.

$$l_i = l_t (\cos)^\circ$$

Kaava 4. Säteilyvoiman tehon laskukaava (Cebrightfutures 2019).

Kaavassa 4. Käytetyt merkit:

- l_i kuvaa sitä säteilyvoimakkuutta, joka auringosta osuu kappaleen pinnalle
- l_t kuvaa auringon koko säteilyvoimakkuutta, jotka on esitetty taulukossa 7.
- $(\cos)^\circ$ kuvaa auringon kulmaa, jotka on esitetty taulukossa 7.

Kaavalla 4. Lasketut arvot esitetään taulukossa 8.

Taulukko 8. Varsinaisten tehojen arvot eri kellonaikoina.

Klo	Varsinainen teho W
09.00	466 W
12.00	687 W
16.00	296 W

Tarvittavilla tehojen tiedoilla (ks. Taulukko 8) voidaan laskea realistinen lämpövirta sekä U- ja G-arvojen vaikutukset siihen.

7.2 Vertailu risteilyaluksille

Tehdään samanlainen vertailu kuin edellisessä luvussa. Verrataan U- ja G-arvon vaikutuksia lämpövirtaan, mutta tässä tapauksessa realistilla arvoilla, auringon kulma huomioon ottaen. Lämpövirran laskeminen tehdään käyttäen taulukossa 3 annettuja arvoja sekä kaavaa 2 lämpövirran laskemiseen U-arvolla ja kaavaa 3 lämpövirran laskemiseen G-arvolla. Tulokset on esitetty taulukoissa 9 ja 10.

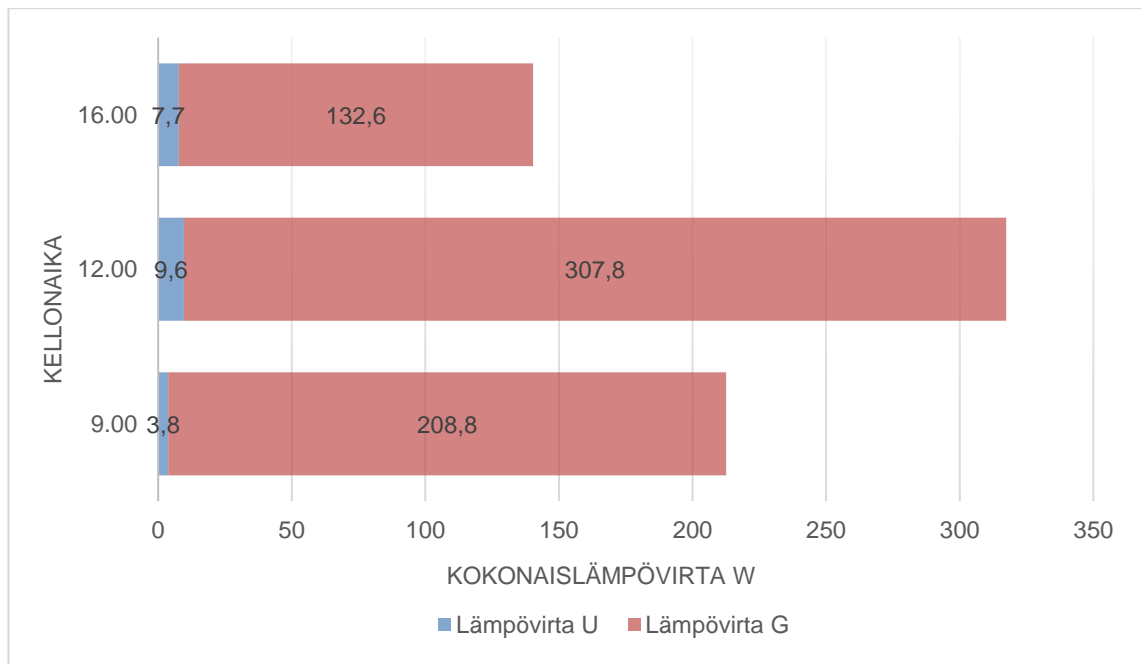
Taulukko 9. Lämpövirrat U-arvolla tiettyyn kellonaikaan.

Risteilyalus	Lämpövirta U-arvolla Klo 9.00, 12.00, 16.00
Alus 2.	3.8 W, 9.6 W, 7.7 W
Alus 4.	13.3 W, 33.3 W, 26.6 W
Alus 3.	7.2 W, 17.9 W, 14.3 W

Taulukko 10. Lämpövirrat G-arvolla tiettyyn kellonaikaan.

Risteilyalus	Lämpövirta G-arvolla Klo 9.00, 12.00, 16.00
Alus 2.	208.8 W, 307.8 W, 132.6 W
Alus 4.	256.5 W, 378.1 W, 162.9 W
Alus 3.	417.5 W, 615.6 W, 265.2 W

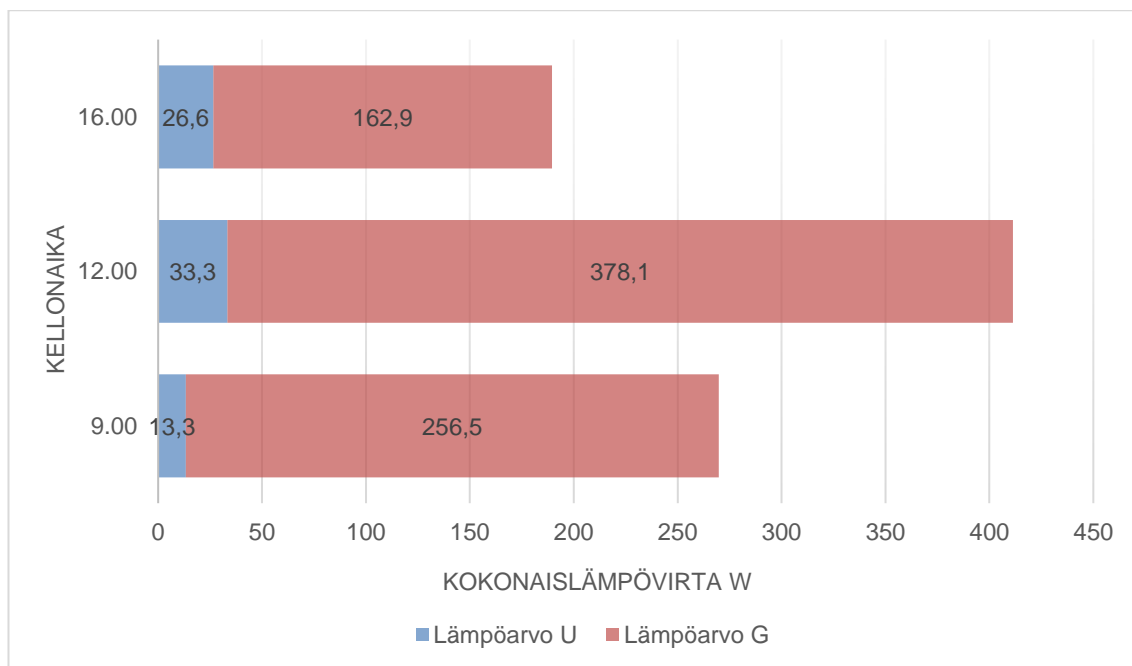
Saadut lämpövirran arvot lasketaan yhteen, jolloin saadaan kokonaislämpövirran summa. Arvojen vaikutukset kootaan kuvioihin 3 ja 4, joissa tulokset esitetään laivoittain.



Kuvio 4. Aluksen 2 kokonaislämpövirta tiettyyn kellonaikaan.

Kuvioissa 4, 5 ja 6 on esiteltyä kokonaislämpövirta eristyslasille ja eristämättömälle lasille. Kun tarkastellaan lämpövirtaa eri vuorokauden aikoihin ja otetaan huomioon myös

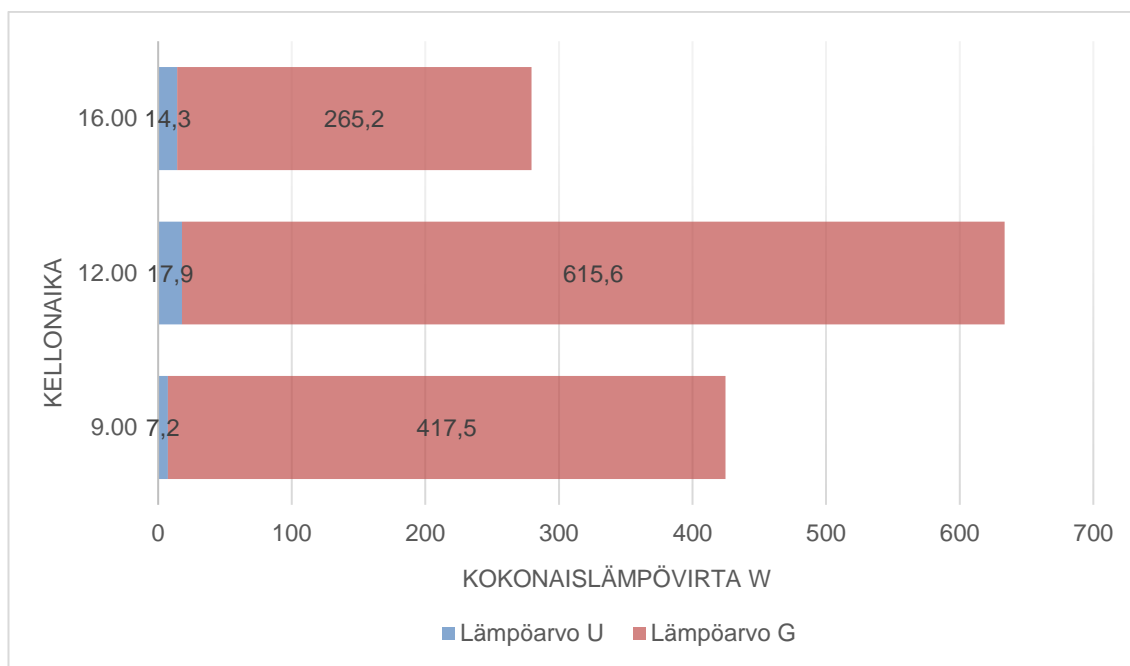
auringon kulma, saadaan realistisempia tuloksia kuin kuvioissa 1 ja 2. Huomataan, että aiemmin kuvioissa lämpövirta kasvoi suoraviivaisesti, mutta tutkittaessa lämpövirtaa päivän sisällä nähdään, että lämpövirran piikki on keskipäivän aikaan. Tähän vaikuttaa missä kulmassa aurinko osuu risteilyaluksen, sekä sääolosuhteet kyseiseen vuorokauden aikaan. Kyseessä on siis tarkempi kuvaus, miten U- ja G-arvo käytännössä vaikuttavat lämpövirtaan päivän aikana.



Kuvio 5. Aluksen 4 kokonaislämpövirta tiettyyn kellonaikaan.

Kuvio 5 näyttää samat huomiot kuin kuvio 4. Erona on vain se, että kyseinen lasi on eristämätön ja siinä on huomattavasti suurempi U- arvo kuin eristyslasissa. Tämä kasvattaa kokonaislämpövirtaa, ja näin myös vaikuttaa siihen lämpövirran osuuteen, joka pääsee ikkunarakenteen läpi lämmittämään sisätilaa.

Kuviossa 4 esitetty kokonaislämpövirta on saatu käyttäen aluksen 2 G-arvoa, joka on vertailussa olevien alusten matalin. Kuviossa 5 on esitetty eristämätöntä lasia sisältävän aluksen 4 lämpövirrat, jonka G-arvo (ks. Taulukko 3) on hieman korkeampi kuin aluksessa 2. Viimeisessä kuviossa 6 on esitetty aluksen 3 lämpövirrat, johon vaikuttaa huomattavasti suurempi G-arvo kuin muissa vertailun aluksissa (ks. Taulukko 3).



Kuvio 6. Aluksen 3 kokonaislämpövirta tiettyyn kellonaikaan.

Voidaan siis todeta, että lasin eristysarvoja täytyy katsoa kokonaisuutena, johon vaikuttaa sekä U-, että G-arvo. Molemmissa arvoissa toistuu sama huomio, eli mitä suurempi U- tai G- arvo, sitä suurempi on myös lämpövirta. Huomataan myös G-arvon vaikutuksen olevan huomattavasti suurempi lämpövirtaan, kuin U-arvon. Tästä syystä voidaan päätellä, että trooppisiin ilmastoihin sopii paremmin eristyslasi, jolloin U- ja G-arvo ovat molemmat matalia. Koska eristyslasilla on alhaisemmat U- ja G-arvot, se eristää lämpöä paremmin. Eristyslasilla pystytään siten vähentämään sekä lämmityksen, että viilennyksen tarvetta. Tämä johtuu siitä, että eristyslasi estää liiallisen lämmön nousun sisätilassa sekä hukkalämmön karkaamisen sisältä ulos. Koska lämmityksen tarve ei ole niin suuri, voidaan eristyslasin käytöllä säästää energiankulutuksessa. Eristyslasi on näin ollen myös kustannustehokkaampi vaihtoehto.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella lämpövirran vaikutuksia lasirakenteisiin. Tarkastelua tehtiin sisäisestä tiedonannosta saaduilla eristysarvoilla. Olemassa olevilla arvoilla pyrittiin esittämään, miten ne muuttavat lämpövirran käyttäytymistä eri lämpötiloissa. Tutkimusta suoritettiin kahdessa osassa. Ensin laskettiin U- ja G-arvojen vaikutukset lämpövirtaan käyttäen ISO 7547 standardin antamaa arvoa auringosta tulevaan energiaan. Toisessa osassa vertailu tehtiin käyttämällä auringon säteilyenergiaa tiettyyn kellonaikaan sekä ilman lämpötilaa siihen kellonaikaan. Auringonpaisteen kulman vaikutus energiaan otettiin myös huomioon. Näin saatiin kaksi tapaa näyttää eristysarvojen vaikutukset ikkunarakenteeseen, joita voitiin vertailla keskenään ja tehdä niistä päätelmiä.

Haastavaa työssä oli uusien asioiden oppiminen ja termodynamiikan oivaltaminen käytännössä, jotta työssä tutkitut aiheet pystyttiin näyttämään toteen. Oma tieto laivanrakennuksesta ja koko toimialasta kuitenkin kasvoi huomattavasti. Työn rajaus osoittautui myös haasteelliseksi. Työ piti rajata niin, että onnistuttaisiin omilla vahvuuksilla tekemään tutkimusta eikä työn laajuudesta tulisi liian suuri. Työhön lisättiin alkuun asiaa laivanrakennuksesta yleisellä tasolla, sekä esiteltiin siihen vaikuttavia säädöksiä ja järjestöjä. Tämä tehtiin toimeksiantajan pyynnöstä, jotta työtä voidaan hyödyntää käytännön tietona uusille rekrytoinneille. Työstä tuli tämän takia suhteellisen laaja.

Tutkimusta suoritettiin käytännön tasolla, eikä se ole sidoksissa käynnissä oleviin laiva-projekteihin. Tuloksiin kuitenkin päästiin toimeksiannon puitteissa, joissa oli tavoitteena lämpövirran tarkastelu eri lämpötiloissa U- ja G-arvoa käyttäen. Työn tuloksien perusteella toimeksiantajalla on tietoa, miten U- ja G-arvo vaikuttavat lämpövirtaan ja tätä tietoa pystytään hyödyntämään jatkossa lasirakenteiden valinnassa.

Työssä tehty tarkastelu suoritettiin tutkimalla ainoastaan lämpövirtaa, joka läpäisee lasirakenteen pinnan ulkopuolelta, ja lämmittää sisätilaa. Työ rajaus tehtiin siitä syystä, ettei työstä tule liian laajaa. Tarkastelua voidaan suorittaa jatkossa vieläkin tarkemmin ja ottaa enemmän tekijöitä huomioon energiatehokkuuden kannalta. Pystytään tutkimaan myös sisäpuolelta karkaava teho ulospäin, sekä miten eristysarvot vaikuttavat käytännössä lämmitys- ja viilennyskustannuksiin. Kaikki pyörii kuitenkin jatkuvasti energiatehokkuus ja energiansäästö keskiössä, sillä se on suurin kuluerä risteilyaluksessa.

LÄHTEET

Bohamet 2019. Marine Production. Viitattu 04.03.2019 <http://www.bohamet.com/marine-production/windows-and-portholes/>.

Brombach + Guess 2019. New Loggia Cabin Window System. Viitattu 08.04.2019 <https://www.brombach-gess.de/en/product/new-loggia-cabin-window-system/>.

Cebrightfutures 2019. Incident angle sunlight. Viitattu 07.05.2019 <https://www.cebrightfutures.org/learn/incident-angle-sunlight>.

Celebrity Cruises 2019. Accommodation. Viitattu 08.04.2019 <https://www.celebritycruises.com/edge/accommodations/infinite-verandas/>.

Cruisenation 2019. A history of cruise ships: From past to present. Viitattu 21.05.2019 <https://www.cruisenation.com/blog/cruise-lines/a-history-of-cruise-ships-from-past-to-present/>.

Danfoss 2019. Industries/Marine and Offshore. Viitattu 19.02.2019 <http://drives.danfoss.fi/industries/marine-and-offshore/#/>.

Deltamarin 2019. Current challenges/Energy efficiency. Viitattu 10.04.2019 <https://www.deltamarin.com/current-challenges/energy-efficiency-ship-design-and-operation/>.

DNV GL rules and standards 2019. Viitattu 04.03.2019 <http://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-SHIP/2018-07/DNVGL-RU-SHIP-Pt3Ch12.pdf>.

Finn, M. 2016. Cruising then and now. Viitattu 11.03.2019 <https://www.cruise.co.uk/bulletin/cruising-then-and-now-the-history-of-cruising-will-surprise-you/>.

FTP code-international code for Application of fire test procedures. 2010 IMO.

Ikkunawiki 2019. Talous ja ympäristä/U-arvo. Viitattu 12.02.2019 <http://www.ikkunawiki.fi/talous-ja-ymparisto/u-arvo/>.

Johnson, D. 2002. Environmentally sustainable cruise tourism: a reality check. Viitattu 10.04.2019 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X02000088>.

Lasifakta 2019. Viitattu 19.03.2019 http://www.pilkington.com/~media/Pilkington/Site%20Content/Finland/Architects/0893_Lasifakta2017_FI_1002.pdf.

Lasilipponen 2019. Rakennus- ja sisustuslasit. Viitattu 18.02.2019 <https://www.lasilipponen.fi/rakennus-ja-sisustuslasit/lasityypit/eristyslasit/>.

Lasiluoto 2019. Lasiopas. Viitattu 24.04.2019 <http://www.lasiluoto.fi/Lasiopas>.

Lasiluoto 2019. Selektiivilasi. Viitattu 25.04.2019 <http://www.lasiluoto.fi/Selektiivilasi>.

Lasiluoto 2019. Eristyslasi. Viitattu 25.04.2019 <http://www.lasiluoto.fi/Eristyslasi>.

Luukkari, J. 2017. Suuret risteily-yhtiöt takoivat kaikkien aikojen tulokset. Viitattu 10.04.2019 https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/suuret-risteily-yhtiot-takoivat-kaikkien-aikojen-tulokset-pelkka-merilomailun-suosio-ei-selita-rahavirtojen-kasvua-6642642.

Meyer Turku 2019. Shipyard/Building innovative products. Viitattu 14.01.2019 https://www.meyerturku.fi/fi/meyerturku_com/shipyard/building_innovative_products/innovative_designs/innovative_designs.jsp.

Meyer Turku 2019. Shipyard/Company. Viitattu 14.01.2019 https://www.meyerturku.fi/fi/meyer-turku_com/shipyard/company/about_the_shipyard_1/about_the_shipyard.jsp).

Opvius 2019. Viitattu 14.02.2019 <http://www.opvius.com/en/lab.html>.

Pilkington 2019. Pilkington Optiwhite. Viitattu 05.03.2019 <https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/tuotteet/tuotteen-hyodyt/erikoislasit/pilkington-optiwhite, 05.03.19>).

PVLighthouse 2019. Solar path calculator. Viitattu 06.05.2019 <https://www2.pvlighthouse.com.au/calculators/solar%20path%20calculator/solar%20path%20calculator.aspx>.

PVeducation 2019. Calculation of solar insolation. Viitattu 06.05.2019 <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/calculation-of-solar-insolation>.

Repo, H. 2018. Laivaristeily tuottaa kolminkertaisen määrän hiilidioksidia verrattuna lentämiseen. Viitattu 10.04.2019 https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/laivaristeily-tuottaa-kolminkertaisen-maaran-hiilidioksidia-verrattuna-lentamiseen-eivat-juuri-ole-piitanneet-ongelmasta-6750888.

Räisänen, P. 2000. Laivatekniikka. Modernin laivanrakennuksen käsikirja. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino.

Ship-technology 2019. Ship windows, glass and frame constructions. Viitattu 04.03.2019 <https://www.ship-technology.com/contractors/bulkheads/cc-jensen/>.

Seloy 2019. Eristyslasit. Viitattu 25.04.2019 <https://www.seloy.fi/tps-bu-eristyslasit>.

Seloy 2019. Lasisanasto. Viitattu 08.04.2019 <http://www.seloy.fi/lasisanasto>.

Seloy 2019. U-arvo Viitattu 29.04.2019 <http://www.seloy.fi/u-arvo>.

SOLAS Consolidated Edition ch. II-2. 2004 IMO.

Somechhorizon 2019. Products. Viitattu 08.04.2019 <https://www.somechhorizon.com/products.html>.

Tapaninen, U. 2013. Merenkulun logistiikka. Helsinki: Gaudeamus.

Tulimaa, P. 2012. Design Drivers of a Cruise Ship Cabin. Opinnäytetyö. Konetekniikan diplomi-insinööri. Espoo: Aalto yliopisto. Viitattu 11.03.2019 http://appmech.aalto.fi/en/midcom-serveattachmentguid-1e15ba5187e141c5ba511e1b314e714ffea9d829d82/master-s_thesis_pia_tulimaa_62022012.pdf.

Turkuamk 2019. Lämpöoppia. Viitattu 29.04.2019 http://fysiikka.turkuamk.fi/fysiikka/Infya/9_Lampo_oppia.pdf.

Wärtsilä 2019. Unique dynamic lighting. Viitattu 14.02.2019 <https://www.wartsila.com/media/news/29-09-2016-unique-dynamic-lighting-system-by-wartsila-funa-creates-a-special-look-for-dream-cruise-s-stunning-new-cruise-ship>.

Liitteet

Haastattelukysymykset

1. Millaiset ovat tyypilliset lasirakenteet varalaitakannen yläpuolella olevissa hytti-ikkunoissa?
2. Millaiset ovat tyypilliset lasirakenteet hyttien parvekeovissa?
3. Millaisia karmeja ikkunoissa ja parvekeovissa käytetään, ja mitä suositaan?
4. Miten eristys toteutetaan karmeissa?
5. Mitkä ovat tyypilliset tavat asentaa hyttien ikkunat laivaan?
6. Mitkä ovat tyypilliset tavat asentaa parvekeovet laivaan?
7. Miten lasin paino vaikuttaa oven käyttäytymiseen ja kestävyys?