



Antero Tajasvuo

# Kansimökin seinärakenteen eriste- paksuuden ja eristämistavan vaiku- tus jäätä murtavan laivan energiate- hokkuuteen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

# Tiivistelmä

Tekijä:	Antero Tajasvuo
Otsikko:	Kansimökin seinärakenteen eristepaksuuden ja eristämistavan vaikutus jäätä murtavan laivan energiatehokkuuteen
Sivumäärä:	30 sivua
Aika:	30.3.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-urakointi
Ohjaajat:	Osastopäällikkö Heini Kiuru Lehtori Sergio Rossi

---

Insinööriyössä tutkittiin laivan kansimökissä sijaitsevien eristeiden paksuuksien ja eristämistavan vaikutusta energiatehokkuuteen. Tutkimuksen päätavoite oli löytää energiaa säästävää ratkaisua optimoimalla seinärakenteen eristeiden paksuuksia ja fyysisiä ominaisuuksia. Säästöjä tarkasteltiin seinärakenteen johtumislämpöhäviön vähenemisen näkökulmasta. Tutkimus tehtiin oikealle laivaprojektille.

Projektin tueksi käytettiin turvallisuusmääräyksiä ja eristemateriaalien fyysisiä ominaisuuksia käsittelevää kirjallisuutta. Tulosten havainnollistamiseksi käytettiin laskentataulukkoa. Työ alkoi laskemalla kansimökistä johtumislämpöhäviöt eristemateriaalien lämmönläpäisykertoimien perusteella. Sen jälkeen tutkimuksessa laskettiin auringosta kansimökkiin kohdistuvat lämpökuormat, koska lämpökuormalla on oleellinen vaikutus jäähdytyksen energiankulutukseen. Lopuksi tulosta verrattiin kahteen erilaiseen kansimökkiin, joissa eristemateriaalit ja eristepaksuudet vaihdettiin nykyaikaisempiin ja ympäristöystävällisempiin vaihtoehtoihin.

Työn avulla saatiin selville, millainen hyöty eristeiden ominaisuuksien muuttamisella on laivan kansimökin johtumislämpöhäviöille ja sitä kautta energiatehokkuudelle. Tuloksista nähtiin, että eristemateriaalien osalta voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksessa vähentämällä johtumislämpöhäviöitä seinärakenteissa. Tulosten perusteella annettiin suositus tilaajalle parhaasta eristämistavasta sekä jatkotutkimusaiheita uusien energiasäästöjen löytämiseksi.

Insinööriyön yksi päätavoitteista oli saavuttaa päästövähennyksiä ja edistää ilmastoystävällisiä ratkaisuja. Työssä löydettiin ratkaisu energiankulutuksen pienentämiselle.

Avainsanat: eriste, laiva, johtumislämpöhäviö, energiatehokkuus

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Antero Tajasvu  
Title: Effect of Insulation Thickness and Method on Energy Efficiency of Icebreaker  
Number of Pages: 30 pages  
Date: 3 March 2025

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Building Services Engineering  
Professional Major: HVAC Contracting  
Supervisors: Heini Kiuru, Department Chief  
Sergio Rossi, Senior Lecturer

---

The aim of the thesis was to identify solutions that would reduce the energy consumption in an icebreaker by diminishing conduction heat loss and heat loads by optimizing the thickness of the insulation materials. Therefore, the energy efficiency of insulation materials was established by comparing their conduction heat losses.

Literature about safety instructions and standards for calculations were used to support the thesis. A spreadsheet editor was used to visualize the results of the calculations. Furthermore, the final year project utilized a real ship project. First, the conduction heat loss from the decks was calculated and the results were compared between two different insulation materials and thicknesses.

The results showed that energy it is possible to save up to 40 % of the energy used in heating and cooling by reducing the conduction heat loss by changing the insulation materials. Based on the results, recommendations for better insulation were given to the ship industry designers.

The project supports the climate friendly solutions in ship industry by making it more energy efficiency.

---

Keywords: insulation, ship, conduct heat loss, energy efficiency

# Sisällys

## Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimuksen tausta	2
3	Operointiprofiili	5
4	Nykyisten eristeiden ominaisuudet	8
5	Auringon tuottama lämpökuorma	11
5.1	Seinäpinta	12
5.2	Ikkunat	14
6	Kohteen uudet eristeet ja eristepaksuudet	16
6.1	Ultimate Sea Protect 24 ja Isover Premium 33	19
6.2	Ultimate Sea Protect 66 ja Isover Standard	22
6.3	Uuden tapauksen vertaaminen vanhaan	24
7	Paras vaihtoehto sekä perustelu	26
7.1	Johtumislämpöhäviön muutos	26
7.2	Jatkotutkimusaiheet	26
8	Yhteenveto	27
	Lähteet	29

## Lyhenteet ja käsitteet

IMO: *International Maritime Organization*. Kansainvälinen merenkulkujärjestö.

Johtumislämpöhäviö:  
Materiaalien läpi johtuva lämpöhäviö.

Kansimökki:  
Laivan osa, joka sisältää henkilökunnan asuintilat sekä komentosillan kannen.

Kokonaissiirtymäkerroin:  
Koko seinärakenteen johtumislämpöhäviö.

Kondensoituminen:  
Ilmankosteuden tiivistyminen.

Laipio: Laivan pystyseinistä käytetty termi.

SOLAS: *Safety of Life at Sea*. Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä.

YK: Yhdistyneet kansakunnat. Maailmanlaajuinen hallitusten välinen yhteisjärjestö.

## 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on löytää jäätä murtavalle laivalle lämmityksen ja jäähdytyksen kannalta energiatehokas ratkaisu. Tässä projektissa verrataan kansimökin eli henkilökunnan asuintilat ja komentosillan kannen käsittävän alueen nykyisten seinärakenteiden eristemateriaaleja sekä eristepaksuuksia uudempiin ja modernimpiin vaihtoehtoihin. Tulosten perusteella tilaajalle on tarkoitus antaa suositus parhaan säästön tarjoavasta ratkaisusta. Tutkimus pyrkii edistämään laivateollisuuden ympäristöystävällisiä ratkaisuja vähentämällä lämmitykseen ja jäähdytykseen tarvittavaa energiankulutusta. Ajatus aiheesta syntyi yhdessä toimeksiantajan DNY OY:n henkilökunnan kanssa.

Laivateollisuudessa energiatehokkaiden ratkaisujen painopiste on ollut viime vuosiin saakka polttoaineenkulutuksen vähentämisessä laivan runkomuotoa ja kuljetuskoneiston hyötysuhteita optimoimalla. Eristeiden osalta tutkimus on jäänyt vähäiseksi. Tilaaja haluaa kartoittaa mahdolliset ratkaisut energiatehokkuuden parantamiseen eristeiden osalta. Asiakkaiden eli varustamojen keskuudessa on tilaajan mukaan kiinnostuttu eristemateriaalien vaikutuksesta laivan energiatehokkuuteen. Projektiin valikoitui vuonna 2019 valmistunut jäänmurtaja nimeltä Yuriy Kuchiev. Kuvassa 1 on tässä projektissa tarkasteltava tankkeri.



Kuva 1. Insinööriyössä tarkastelun kohteena oleva tankkeri Yuriy Kuchiev. Tankkeri toimii öljyn rahtaamisessa sekä jäänmurtamisessa [2].

Maailman logistiikasta jopa 80 % tapahtuu meriteitse rahtikuljetuksilla. Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n (*International Maritime Organization*) hallituksen jäsenet kokoontuivat Lontoossa vuonna 2023 kehittämään uutta strategiaa merenkulusta aiheutuvien päästöjen vähentämiseksi. Kokouksen myötä asetettiin tavoitteeksi vuodelle 2030 jopa 30 %:n vähennys nykyisistä päästöistä [1.] Tämä tarkoittaa sitä, että tavoitteen saavuttamiseksi tulee tehdä aktiivisesti töitä.

## 2 Tutkimuksen tausta

Laivateollisuudessa käytetään rakennusmateriaalina suuria määriä hyvin lämpöä johtavaa terästä, mikä tekee niistä haastavia kohteita eristämisen kannalta. Oikeanlaisella ja huolellisesti eristämisellä on iso merkitys laivateollisuudessa, sillä terästä sisältävän seinärakenteen johtumislämpöhäviö eli materiaalin läpi johtuva lämpö on suurta.

Yuriy Kuchievin liikennöintireitistä ja operointiprofiilista eli ympäristöolosuhteista nähdään tankkerin matkustusreitti Karanmeren, Barentsinmeren, Norjanmeren sekä Pohjanmeren kautta, mikä tarkoittaa ympäristöolosuhteiden ja lämpötilojen osalta suuria vaihteluja. Ulkoilman ja sisäilman suurten lämpötilaerojen takia laivan sisällä on riski ilmankosteuden kondensoitumiselle eli ilmankosteuden tiivistymiselle mikäli eristäminen on puutteellista. Helteellä eli kun päivän korkein ulkolämpötila on 25 °C tai yli, lämmöneristeet estävät sisäilman lämpötilan nousumisen liian korkealle [3]. Huonosti toteutettu lämmöneristys voi myös johtaa jopa sisätilojen jäätymiseen, mikäli lämpötila pääsee laskemaan 0 °C:n alapuolelle.

Operointiprofiili eli laivan kulkureitin ympäristöolosuhteet on mitoitettu jäänmurtajalle –50 °C...+35 °C:n ulkolämpötilaväli. Tämän takia tankkeri tarvitsee lämmöneristeiden, joka pitää sisälämpötilan vakaana niin kesällä kuin talvella kuitenkin kuluttaen mahdollisimman vähän energiaa. Insinööriyössä tarkasteltavan tankkerin eristeiden valmistajana on toiminut aikaisemmin Paroc Group, mutta kyseinen yritys on vetäytynyt laivaeristeiden toimittamisesta vuonna 2024, koska heidän tuotteensa eivät saavuttaneet paloturvallisuuteen liittyviä vaatimuksia [4]. Uudet laivaeristeet valitaan nykyisen valmistajan Saint Gobain Finland Oy:n tuotemallistosta.

Laivojen eristämässä ensimmäinen prioriteetti on paloeriste, joka määräytyy alukseen tehdyn palosuojelun suunnitelmien mukaan [5, Osio 43–6]. Pelastustoimenpiteet ovat huomattavasti haastavampia laivan ollessa merellä, ja siksi tulipalon vahinkoja pyritään ennaltaehkäisemään paloeristeiden avulla. Näin kyetään hidastamaan tulipalon laajenemista ja sen aiheuttamia tuhoja.

Ääneneristys on tärkeässä roolissa laivassa työskentelevän henkilökunnan terveyden, hyvinvoinnin sekä unen saannin kannalta. Kuitenkin tarkasteltavassa tankkerissa palo- ja lämmöneristeet eristävät itsessään jo riittävästi ääntä ja äänieristeiden vaikutus energiatehokkuuteen on lähes olematon [5, Osio 43–6].

Äänieristettä löytyy tutkittavasta aluksesta vain konehuoneesta tulevan pakoputkikulun ympäriltä, eikä se sisälly tarkasteltavaan alueeseen.

Tässä tutkimuksessa hyödynnetään aineistona ISO 7547 -standardia, joka tarjoaa laivanrakennuksessa tarvittavia kaavoja sekä vakioita [6, s. 1]. SOLAS (Safety of Life at Sea) on kansainvälinen YK:n (Yhdistyneet Kansakunnat) hallinnoiman IMO:n turvallisuussääntökokoelma, joka sitoo kaikkia kaupallisessa liikenteessä olevia aluksia [7]. MarineTraffic on verkkopalvelu, jossa voidaan reaaliaikaisesti seurata meriliikennettä. Sen avulla saadaan selville laivan kulkureitti sekä kussakin paikassa vietetty aika viimeksi kuluneen vuoden ajalta [8.] Zoom Earth -verkkosivustosta saadaan kulkureitin sijaintien reaaliaikaiset ulkolämpötilat [9].

Excel-taulukkolaskentaohjelma laskee työhön tarvittavat kaavat, ja sen avulla luodaan graafisia taulukoita tulosten havainnollistamiseksi. Tankkerin suunniteluaineistosta löytyvät kansimökin mitat, ikkunoiden määrät, eristemateriaalien paksuudet sekä eristeiden tiheydet.

Kansimökissä on oltava perusedellytykset asumiselle, sillä tankkeri matkustaa merillä useita viikkoja kerrallaan. Sisätilojen vakaan lämpötilan säilyttäminen on merkittävässä roolissa henkilökunnan hyvinvoinnin kannalta.

Työssä lasketaan myös auringon tuottama lämpökuorma, koska se lisää etenkin helteellä merkittävästi kansimökin sisälämpötilaa. Ulkolämpötilan ollessa 0 °C:n alapuolella ei lämpökuormaa tarvitse huomioida, koska auringon lämmitysteho on hyvin vähäistä talvella. Kesällä auringon oletetaan lämmittävän vuorokaudessa 12 tuntia noin 50 %:tä kansimökin pinta-alasta kerrallaan. Auringonpaiste kohdistuu kansimökkiin 45 asteen kulmassa [6, s. 8].



Kuva 2. Tankkerin kansimökki. Sisältää laivan henkilökunnan asuintilat sekä ohjaushytin [10].

### 3 Operointiprofiili

Operointiprofiili tarkoittaa laivan kulkureitin ympäristöolosuhteita käsittäen ulkolämpötilan sekä ulkoilman kosteuden. Tässä tutkimuksessa oleellisin tieto operointiprofiilista on ulkolämpötilojen tarkastelu, koska sen avulla saadaan lasketua eristeiden toimivuus kussakin asteessa ja kansimökin seinämään sekä ikkuihin kohdistuva lämpökuorma. Lisäksi taulukossa 1 on tutkittavan tankkerin kulkureitin (kuva 3) vuoden 2024 ulkolämpötilat.



Kuva 3. Laivan liikennöintireitti. Yuriy Kuchiev kulkee Venäjän Sabettan ja Alankomaiden Rotterdamin välillä kuljettaen öljyä. Reitti kulkee pohjoisesta etelään pysytellen lähellä Norjaa [8].

Taulukossa 1 esitetystä tankkerin operointiprofiilista nähdään, miten suuria lämpötilaeroja tankkerin kulkureitillä on. Lisäksi taulukkoon on merkitty, kuinka monta tuntia tankkeri viettää kussakin lämpötilassa vuoden aikana. Tankkerin ominaisuuksia on mitoitettu sen perusteella, että se kulkee operointiprofiilissa esitettyjen ulkolämpötilojen välillä. Ulkolämpötilat määräytyvät tankkerin kulkureitin perusteella. Vuoden 2024 aikana tankkeri kulki Venäjän Sabettan ja Alankomaiden Rotterdamin välistä reittiä [8].

Taulukko 1. Tankkerin operointiprofiili. Lämpötilaero on laskettu sisälämpötilan ollessa 21 °C [9].

<b>Ulkolämpötila (°C)</b>	<b><math>\Delta T</math></b>	<b>t (h)</b>
-35	56	10
-30	51	10
-25	46	60
-20	41	130
-15	36	600
-10	31	800
-5	26	740
0	21	1 000
5	16	1 200
10	11	1 300
15	6	850
20	1	1 200
25	-4	770
30	-9	45
35	-14	15
40	-19	10
45	-24	10
50	-29	10

## 4 Nykyisten eristeiden ominaisuudet

Laivan nykyiset palo- ja lämmöneristeet ovat Paroc Groupin tuotemallistosta. Seinärakenteen kokonaissiirtymäkerroin eli koko seinän johtumislämpöhäviö lasketaan kaavan 3 mukaisesti nykyisten eristeiden paksuuksien ja lämmönjohtavuuksien avulla.

Kansimökin laipion eli pystyseiniä uloin rakenne koostuu 6 mm:n paksuisesta teräslevystä. Teräslevyn paksuus on kaikissa kansissa 6 mm. Tätä seuraa 60 mm paksu paloeriste, 200 mm ilmarako sekä 100 mm lämmöneriste.

Alla olevia kaavoja 1, 2 ja 3 hyödynnetään myös uusien tapauksien kohdalla. Kansien 7—9 lämmönläpäisykerroin sekä johtumislämpöhäviöt lasketaan erikseen, koska eristepaksuus muuttuu kansissa 10—11 komentosillan kanssa olevan suuren ikkunamäärän takia.

Eristeen lämpöresistanssi eli kyky eristää lämpöä saadaan laskettua kaavalla 1. Lämmönläpäisykerroin (kaava 2) ilmaisee, kuinka hyvin materiaali kykenee estämään lämmön siirtymistä itsensä läpi. Tämä on lämpöresistanssin käänteisluku.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (1)$$

$R$  on eristeen lämpöresistanssi [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

$d$  on eristeen paksuus yksikössä [ $\text{m}$ ]

$\lambda$  on lämmönjohtavuus yksikössä [ $\text{W/Km}$ ].

Rakenteen  $U$ -arvo eli lämmönläpäisykerroin lasketaan seuraavalla kaavalla 2:

$$U = \frac{1}{R} \quad (2)$$

$U$  on seinärakenteen lämmönläpäisykerroin [W/m<sup>2</sup>K]

$R$  on seinärakenteen eristeiden lämpöresistanssi [m<sup>2</sup>K/W].

Kaavassa 3 esitetyn kokonaissiirtymäkertoimen laskemiseksi tarvitaan seinärakenteessa käytettävien eristeiden ja materiaalien lämmönläpäisykerroimet yhteenlaskettuna. Tämän lisäksi on huomioitava seinärakenteen sisällä olevat ilmaraoat, koska myös ne toimivat eristeenä. Lisäksi eristeiden asennustapa vaikuttaa lämmönläpäisykerroimeen [6, s. 6–7]. Tarkasteltavassa tankkerissa seinärakenteen sisällä olevat runkomateriaalit ovat ympäröity lämmöneristeellä kylmäsiltojen vähentämiseksi.

Koko seinärakenteen lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla 3:

$$\frac{1}{k} = \sum \frac{1}{\alpha} + \frac{\sum \frac{d}{\lambda} + M}{\mu} \quad (3)$$

$k$  on kokonaissiirtymäkerroin [W/m<sup>2</sup>K]

$\alpha$  on lämmönsiirron kerroin pintailman 8 W/m<sup>2</sup>K ja ulkopinnan osalta 80 W/m<sup>2</sup>K

$d$  on seinämateriaalien paksuudet [m]

$\lambda$  on lämmönjohtavuus [W/Km]

$M$  on ilmanraon lämmöneristävyys [m<sup>2</sup>K/W]

$\mu$  on 1,45 eristeen kerroin, joka määräytyy eristysviltojen asennustavan mukaan.

Alla on listattuna tankkerin nykyisen seinärakenteen materiaalit sekä laskemissa tarvittavia tietoja. Kannet 7—9 on laskettu yhtenä alueena, koska ne sisältävät keskenään saman eristemateriaalin sekä -paksuuden. Samaa laskentatapaa noudatetaan kansissa 10—11.

Teräksen fyysiset ominaisuudet kansissa 7—9:

- Tiheys: 7 850 kg/m<sup>3</sup>
- Pinta-ala: 427 m<sup>2</sup>
- Paksuus: 6 mm
- Lämmönjohtavuus: 50 W/Km
- Lämpöresistanssi: 0,00012 m<sup>2</sup>K/W.

Paloeristeen fyysiset ominaisuudet kansissa 7—9:

- Tiheys: 100 kg/m<sup>3</sup>
- Paksuus: 60 mm
- Lämmönjohtavuus: 0,043 W/Km
- Lämpöresistanssi: 1,40 m<sup>2</sup>K/W.

Lämmöneristeen fyysiset ominaisuudet kansissa 7—9:

- Tiheys: 80 kg/m<sup>3</sup>
- Paksuus: 100 mm
- Lämmönjohtavuus: 0,036 W/Km
- Lämpöresistanssi: 2,78 m<sup>2</sup>K/W.

Kansien 7—9 seinärakenteen kokonaissiirtymäkerroin kaavan 3 mukaisesti:

$$k = 0,317 \text{ W/m}^2$$

Teräksen fyysiset ominaisuudet kansissa 10–11:

- Tiheys: 7 850 kg/m<sup>3</sup>
- Pinta-ala: 73,2 m<sup>2</sup>
- Paksuus: 6 mm
- Lämmönjohtavuus: 50 W/Km
- Lämpöresistanssi: 0,00012 Km<sup>2</sup>/W.

Paloeristeen fyysiset ominaisuudet kansissa 10—11:

- Tiheys: 100 kg/ m<sup>3</sup>
- Paksuus: 80 mm
- Lämmönjohtavuus: 0,043 W/Km
- Lämpöresistanssi: 1,86 Km<sup>2</sup>/W.

Lämmöneristeen fyysiset ominaisuudet kansissa 10—11:

- Tiheys: 100 kg/m<sup>3</sup>
- Paksuus: 80 mm
- Lämmönjohtavuus: 0,036 W/Km
- Lämpöresistanssi: 2,22 Km<sup>2</sup>/W.

Kansien 10—11 seinärakenteen kokonaissiirtymäkerroin kaavan 3 mukaisesti:

$$k = 0,324 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## 5 Auringon tuottama lämpökuorma

Lämpökuormalla tarkoitetaan sellaisia tekijöitä, jotka lisäävät kansimökin sisälämpötilaa. Merkittävin tekijä tarkasteltavassa kohteessa on auringon tuottama lämpökuorma. Kansimökin seinämiin sekä ikkunoihin kohdistuu

auringonsäteilyistä lämpökuormaa tankkerin ollessa merellä. Koska kansimökin seinämä koostuu hyvin lämpöä johtavasta teräksestä, on siihen kohdistuvan lämpökuorman määrä suurta.

Tässä tutkimuksessa seinään kohdistuvan lämpökuorman laskelmat on huomioitu tilaajan määrittelemällä tavalla: kansimökkiin kohdistuu suurimpaan mahdolliseen pinta-alaan (kuva 4) 12 tunnin yhtäjaksoinen lämpökuorma, jonka suuruus on suhteutettu taulukossa 1 esitettyihin ulkoilman lämpötiloihin kertoimella 10. Auringonpaiste kohdistuu kansimökkiin 45 asteen kulmassa [6, s. 8].

## 5.1 Seinäpinta

Seinäpintaan kohdistuva lämpökuorma lasketaan seuraavasti: ulkoilman lämpötilan ollessa yli 0 °C aurinko lämmittää kuvassa 4 näkyvää aluetta. Lämpökuorma on otettava huomioon, koska se lisää sisätilojen jäähtyksen tarvetta etenkin helteellä. Jäähdytystarpeen lisääntyessä myös energiankulutus kasvaa. Laskenta otetaan auringon yhdellä kertaa suurinta pinta-alaa lämmittävästä alueesta kuvan 4 sisältämä alue.

Varjoihin ei kohdistu auringonpaistetta, joten lämpökuorma saa varjokohdissa arvon nolla. Esimerkiksi komentosillan kansi muodostaa pienen varjoalueen sen alapuolisen kannen 9 yläpintaan, mikä tulee vähentää auringonvalolle altistuvan alueen pinta-alan laskemisessa. Taulukossa 2 esitetyt auringon lämpökuormat seinämään eri lämpötiloilla ovat yhtä suuret kaikissa tapauksissa. Laipion kokonaispinta-alasta vähennetään ikkunoiden yhteenlaskettu pinta-ala. Ikkunoista sisään tuleva lämpökuorma lasketaan erikseen.



Kuva 4. Lämpökuormalle altistuva alue. Kattaa koko etuseinän, sekä osan sivuseinästä. [10].

Seinään kohdistuva lämpökuorma lasketaan kaavalla 4:

$$\Phi_s = A * G * \Delta T_r \quad (4)$$

$A$  on seinäpinta-ala, joka altistuu auringonvalolle (kuva 4)

$G$  on auringon lämpökuorma, joka saadaan kertomalla taulukossa 1 esitetyt ulkolämpötilat luvulla 10

$\Delta T_r$  on kokonaislämpötila, joka saadaan lisäämällä taulukon 2 ulkolämpötiloihin yllilämpö [6, s. 7].

Taulukko 2. Auringon lämpökuorma eri ulkolämpötiloilla.

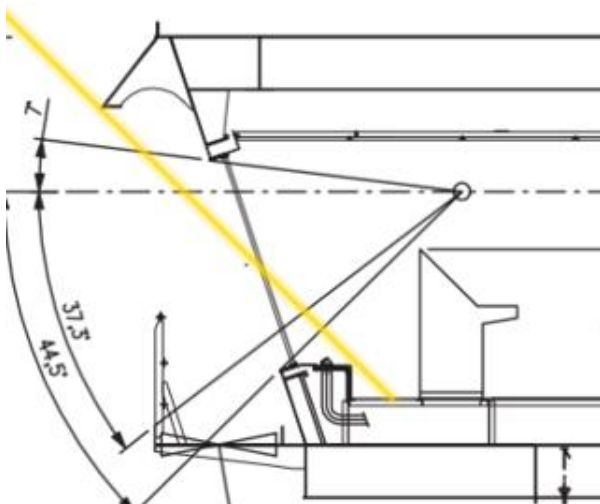
Kannet 7—9	Kannet 10—11	Ulkolämpötila
$\Phi_s$ [W]	$\Phi_s$ [W]	T [°C]
1 767	346	5
2 188	429	10
2 609	511	15
3 029	594	20
3 450	676	25
3 871	759	30
4 291	841	35
4 712	924	40
5 133	1 006	45
5 554	1 089	50

## 5.2 Ikkunat

Komentosillan kannen ikkunoiden yläkarmit on kallistettu 20 % ulospäin, jotta auringonvalo kohdistuisi mahdollisimman matalalle. Siten aurinko ei häikäise kapteenia, mikä mahdollistaa turvallisen navigoinnin merellä. Ohjaushytin kannella on kallistetun ikkunan yläpuolella lisäksi aurinkolippa, jonka avulla varjon pituus saadaan kohdistumaan entistä alemmas.

Ikkunoiden kohdalla lämpökuorman läpäisevyys eli se osuus lämmöstä minkä ikkunat päästävät sisälle, on 40 % auringon lämmitystehosta. Ikkunoiden pinoitteen myötä auringonsäteestä tuleva lämpökuorma pienenee, ja tämä on huomioitava laskennassa [6, s. 8].

Kaikissa tapauksissa lämpökuorman suuruus on sama, koska ikkunat ovat kaikissa tapauksissa samat. Kuvassa 5 on komentosillan kannen sivuleikkaus ikkunoiden kaltevuudesta.



Kuva 5. Auringonvalon tulokulma ( $45^\circ$ ) ohjaushyttiin. Keltainen jana kuvastaa auringonvaloa.

Alla lämpökuormien suuruudet laskettuna kaavan 5 mukaisesti. Ikkunoiden kohdalla auringon lämpökuorma  $G$  on vakio,  $350 \text{ W/m}^2$  [6, s. 7]. Ikkunoista sisään tuleva auringon lämpökuorma oli kansissa 7—9 yhteensä 1 630 wattia ja kansissa 10—11 yhteensä 1 210 wattia. Lämpökuormien yhteenlaskettu summa on 2 840 wattia.

Ikkunoiden läpi tuleva lämpökuorma lasketaan kaavan 5 avulla [6, s. 7]:

$$\Phi_s = A_g * G_s * g \quad (5)$$

$\Phi$  on lämpökuorma [W]

$A$  on auringonvalolle altistuvien ikkunoiden pinta-ala [ $\text{m}^2$ ]

$G$  on aurinkokuorma  $350 \text{ [W/m}^2\text{]}$

$g$  on ikkunan pinnoitteesta tuleva vaimennuskerroin [0,4].

## 6 Kohteen uudet eristeet ja eristepaksuudet

Palo- ja lämmöneristeet ovat viime vuosina parantuneet lämmönjohtavuudeltaan ja tiheydeltään [11]. Tuotteiden valinta perustuu siihen, että niitä voidaan käyttää laivanrakentamisessa, ja lämmönjohtavuuden on oltava pienempi kuin alkuperäisissä eristeissä parempien tulosten saavuttamiseksi. Eristeiden lämmönjohtavuustiedot on hankittu Isoverin tuotesivustolta [12, s. 29].

Eristemateriaalien paksuuksien valitseminen määräytyy sen mukaan, mitä Isoverin tuotemallistossa on tarjolla. Edellytyksenä kuitenkin on, että niitä voidaan käyttää laivateollisuudessa. Koska eristeitä myydään eri paksuuksilla, on laskelmissa yhdistetty samasta tuotteesta kahta eri paksuutta.

Alla on esitetty taulukot rakenteiden lämmönläpäisykertoimista (taulukot 4, 7, 10, 13). Mitä pienempi lämmönläpäisykerroin on, sen paremmasta eristeestä on kyse, koska yhä vähemmän watteja johtuu rakenteiden läpi. Tuotteet on esitetty kuvissa 5—7. Paremman lämmönläpäisykertoimen avulla myös lämpökuorman määrää saadaan pienennettyä.

Kansien 7—11 paloeristeisiin valikoitui Ultimate Sea Protect Slab 24 (kuva 6) paksuuksilla 50 mm, 60 mm, 80 mm [13]. Kyseinen eriste on tarkoitettu merellä liikkuville aluksille.

Toisessa tapauksessa käytetään Ultimate Sea Protect Slab 66 (kuva 6) paksuuksilla 50 mm, 60 mm, 80 mm [14]. Kyseinen tuote kuuluu samaan mallistoon kuin ensimmäinen vaihtoehto, mutta on tiheämpää, ja siten lämmönjohtavuudeltaan pienempi, näin ollen se on parempi vaihtoehto.

Isover Standard 24 ja Isover Standard 66 -paloeristeet kestävät jopa 1000 °C:n lämpötilaa. Hyvä lämmönkestävyys antaa kestävän palosuojan seinärakenteelle. Eristeiden paloluokka on molemmissa eristeissä A60. Tunnus A tarkoittaa sitä, että eristemateriaali on palamatonta, ja sen rakenne kestää 60

minuuttia ennen kuin rakenteen suojaavuus tulelta ja savulta antaa periksi. Eristeet eivät sisällä sulfideja eli rikkiyhdisteitä tai klooria [13; 14.] Rikkiyhdisteiden päätyminen luontoon on haitallista, etenkin vesistöille. Paloeristeisiin kuuluu alumiiniverhoilu, jonka tehtävä on estää kosteuden kerääntymistä eristeen sisälle.



Kuva 6. Isover Ultimate Sea Protect Slab 24 ja 66 [13; 14].

Kansien 7—9 lämmöneristeisiin valikoitui Isover Premium 33 (kuva 6) paksuuksilla 100 mm, 150 mm, 200 mm [15]. Toinen vaihtoehto on Isover Standard (kuva 7) paksuuksilla 100 mm, 150 mm, 200 mm [16].

Kansien 10—11 lämmöneristeisiin valikoitui Isover Premium 33 paksuuksilla 100 mm, 150 mm, 200 mm [15]. Toinen vaihtoehto on Isover Standard paksuuksilla 100 mm, 200 mm, 300 mm [16].

Isover Standard ja Isover Premium 33 -lämmöneristeitä valmistettaessa on huomioitu vihreä siirtymä. Kummatkin lämmöneristeet ovat kemiallisesti neutraaleja päästöloukan M1 -rakennusmateriaaleja sekä kierrätysmateriaaleista valmistettuja tuotteita [15; 16.] Kemiallisesti neutraali tuote tarkoittaa sitä, että se on pH-arvoltaan 7.

Päästöluokka M1 on kotimainen päästöluokitusjärjestelmä erilaisille rakennusmateriaaleille. M1 tuotteet ovat täyttäneet järjestelmän asettamat tarkat vaatimukset sisäilmapäästöille ja terveysvaikutuksille. Päästöluokan M1 vaatimuksia ovat muun muassa rakennusmateriaalien vähäpäästöisyys niin raaka-aineiden osalta kuin käytössä ollessa sekä hajuttomuus [17].



Kuva 7. Isover Premium 33 [15].



Kuva 8. Isover Standard [16].

## 6.1 Ultimate Sea Protect 24 ja Isover Premium 33

Ensimmäisessä vaihtoehdossa uudelle seinärakenteelle valitaan eristeiksi Ultimate Sea Protect 24 ja Isover Premium 33. Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty uusien eristeiden arvot eri paksuuksilla.

Teräksen fyysiset ominaisuudet kansissa 7—9:

- Tiheys: 7 850 kg/m<sup>3</sup>
- Pinta-ala: 427 m<sup>2</sup>
- Paksuus: 6 mm
- Lämmönjohtavuus: 50 W/Km
- Lämpöresistanssi: 0,00012 Km<sup>2</sup>/W.

Taulukossa 3 on Ultimate Sea Protect Slab 24 -paloeristeen fyysiset ominaisuudet eri paksuuksilla. Eristeen tiheys on 24 kg/m<sup>3</sup> ja lämmönjohtavuus 0,034 W/Km.

Taulukko 3. Ultimate Sea Protect Slab 24.

<b>Tapaus</b>	<b>d (mm)</b>	<b>R (Km<sup>2</sup>/W)</b>
1.1	50	1,47
1.2	60	1,76
1.3	80	2,35

Taulukossa 4 on Isover Premium 33 -lämmöneristeen fyysiset ominaisuudet eri paksuuksilla. Eristeen tiheys 33 kg/m<sup>3</sup> ja lämmönjohtavuus 0,033 W/Km.

Taulukko 4. Isover Premium 33.

Tapaus	d (mm)	R (Km <sup>2</sup> /W)
1.1	200	6,06
1.2	150	4,55
1.3	100	3,03

Taulukoihissa 3 ja 4 on laskettu palo- ja lämmöneristeiden lämpöresistanssit kaavan 1 mukaisesti. Taulukkoon 5 on laskettu koko seinärakenteen lämmönläpäisykertoimet kaavan 3 mukaisesti.

Taulukko 5. Lämmönläpäisykertoimet kansissa 7–9 edellä mainituilla eristämateriaaleilla.

1.1	0,199	W/m <sup>2</sup> K
1.2	0,233	W/m <sup>2</sup> K
1.3	0,266	W/m <sup>2</sup> K

Alla on lueteltuna kansien 10–11 seinärakenne ja eristepaksuudet.

Teräksen fyysiset ominaisuudet:

- Tiheys: 7 850 kg/m<sup>3</sup>
- Pinta-ala: 73,2 m<sup>2</sup>
- Paksuus: 6 mm
- Lämmönjohtavuus: 50 W/Km
- Lämpöresistanssi: 0,00012 Km<sup>2</sup>/W.

Taulukossa 6 on Ultimate Sea Protect Slab 24 -paloeristeen fyysiset ominaisuudet eri paksuuksilla. Eristeen tiheys 24 kg/m<sup>3</sup> ja lämmönjohtavuus 0,034 W/Km.

Taulukko 6. Ultimate Sea Protect Slab 24 kansissa 10–11.

Tapaus	d (mm)	R (Km <sup>2</sup> /W)
1.1	60	1,76
1.2	80	2,35
1.3	100	2,94

Taulukossa 7 Isover Premium 33 -lämmöneristeen fyysiset ominaisuudet eri paksuuksilla. Eristeen tiheys 33 kg/m<sup>3</sup> ja lämmönjohtavuus 0,033 W/Km.

Taulukko 7. Isover Premium 33 kansissa 10—11.

Tapaus	d (mm)	R (Km <sup>2</sup> /W)
1.1	200	5,41
1.2	150	4,05
1.3	100	2,70

Alla olevassa taulukossa 8 on kansien 10—11 seinärakenteen lämmönläpäisykertoimet uusilla eristeillä ja eristepaksuuksilla.

Taulukko 8. Seinärakenteen lämmönläpäisykertoimet kansissa 10–11.

1.1	0,192	W/m <sup>2</sup> K
1.2	0,213	W/m <sup>2</sup> K
1.3	0,240	W/m <sup>2</sup> K

## 6.2 Ultimate Sea Protect 66 ja Isover Standard

Toinen vaihtoehtoinen seinärakenne on Ultimate Sea Protect 66 ja Isover Standard. Alla lueteltuna seinärakenteen materiaalien ominaisuuksia.

Teräksen fyysiset ominaisuudet kansissa 7—9:

- Tiheys: 7 850 kg/m<sup>3</sup>
- Pinta-ala: 427 m<sup>2</sup>
- Paksuus: 6 mm
- Lämmönjohtavuus: 50 W/Km
- Lämpöresistanssi: 0,00012 Km<sup>2</sup>/W.

Taulukossa 9 on Ultimate Sea Protect Slab 66 -paloeristeen ominaisuudet eri paksuuksilla kansissa 7—9. Paloeristeen tiheys 66 kg/m<sup>3</sup> ja lämmönjohtavuus 0,031 W/Km.

Taulukko 9. Ultimate Sea Protect Slab 66.

<b>Tapaus</b>	<b>d (mm)</b>	<b>R (Km<sup>2</sup>/W)</b>
2.1	50	1,61
2.2	60	1,94
2.3	80	2,58

Taulukossa 10 on Isover Standard -lämmöneristeen fyysiset ominaisuudet eri paksuuksilla kansissa 7—9. Eristeen tiheys 36 kg/m<sup>3</sup> ja lämmönjohtavuus: 0,036 W/Km.

Taulukko 10. Isover Standard.

Tapaus	d (mm)	R (Km <sup>2</sup> /W)
2.1	200	5,56
2.2	150	4,17
2.3	100	2,78

Taulukkoon 11 on lueteltu kansien 7—9 seinärakenteen lämmönläpäisykertoimet.

Taulukko 11. Seinärakenteen lämmönläpäisykertoimet toisessa tapauksessa kansissa 7—9.

2.1	0,192	W/m <sup>2</sup> K
2.2	0,223	W/m <sup>2</sup> K
2.3	0,252	W/m <sup>2</sup> K

Taulukossa 12 on Ultimate Sea Protect Slab 66 -paloeristeen fyysiset ominaisuudet eri paksuuksilla kansissa 10—11. Tiheys 66 kg/m<sup>3</sup> ja lämmönjohtavuus 0,031 W/Km.

Taulukko 12. Ultimate Sea Protect Slab 66 kansissa 10–11.

Tapaus	d (mm)	R (Km <sup>2</sup> /W)
2.1	60	1,94
2.2	80	2,58
2.3	100	3,23

Taulukossa 13 on Isover Standard -lämmöneristeen fyysiset ominaisuudet eri paksuuksilla kansissa 10—11. Tiheys  $36 \text{ kg/m}^3$  ja lämmönjohtavuus  $0,036 \text{ W/Km}$ .

Taulukko 13. Isover Standard kansissa 10–11.

Tapaus	d (mm)	R ( $\text{Km}^2/\text{W}$ )
2.1	100	2,78
2.2	200	5,56
2.3	300	8,33

Alla olevassa taulukossa 14 on seinärakenteen lämmönläpäisykertoimet eri paksuuksilla.

Taulukko 14. Rakenteen lämmönläpäisykertoimet toisessa tapauksessa kansissa 10–11.

2.1	0,140	$\text{W/m}^2\text{K}$
2.2	0,184	$\text{W/m}^2\text{K}$
2.3	0,252	$\text{W/m}^2\text{K}$

### 6.3 Uuden tapauksen vertaaminen vanhaan

Kun uudet vaihtoehdot on saatu laskettua, verrataan alkuperäistä seinärakennetta uusiin vaihtoehtoihin. Oheisen taulukon 15 prosenttimäärät kertovat,

kuinka paljon pienempi kokonaissiirtymäkerroin seinärakenteen läpi on uudessa tapauksessa.

Taulukoista valitaan parhaaksi tapaukseksi suurimman prosenttimäärän omaava tapaus, koska se ilmaisee parhaita säästöä alkuperäiseen tilanteeseen verrattuna. Taulukon tapaukset ovat samassa numerojärjestyksessä kuin aikaisemmissa taulukoissa. Prosentuaalinen parannus lasketaan kaavalla 5.

$$\left(1 - \frac{U_{\text{usi}}}{U_{\text{alkuperäinen}}}\right) * 100\% \quad (5)$$

*Uusi* on seinärakenteen lämmönläpäisykerroin uusilla eristeillä  
*Alkuperäinen* on alkuperäisen seinärakenteen lämmönläpäisykerroin.

Taulukko 15. Uusien eristeiden lämmönläpäisykerroimen prosentuaalinen parannus.

1.1	$\left(1 - \frac{0,199}{0,317}\right) * 100\%$	37 %
1.2	$\left(1 - \frac{0,233}{0,317}\right) * 100\%$	26 %
1.3	$\left(1 - \frac{0,266}{0,317}\right) * 100\%$	16 %
2.1	$\left(1 - \frac{0,192}{0,317}\right) * 100\%$	40 %
2.2	$\left(1 - \frac{0,223}{0,317}\right) * 100\%$	30 %
2.3	$\left(1 - \frac{0,252}{0,317}\right) * 100\%$	21 %

## 7 Paras vaihtoehto sekä perustelu

Taulukosta 15 valitaan tilaajalle suositukseksi se vaihtoehto, joka vähentää lämmönläpäisykerrointa prosentuaalisesti eniten. Lämmönläpäisyä eniten vähentävä vaihtoehto myös edistää parhaiten energiankulutuksen säästöä, koska lämmönläpäisykerroin on yksi eniten vaikuttavista tekijöistä.

Eristeiden asennettavuudessa ei tapahdu muutoksia, sillä tuotteet ovat profiileiltaan samanlaisia nykyisten kanssa. Eristevillojen tiheys vaikuttaa niiden painoon, mutta yksittäisen eristelevyn asentaminen kerrallaan ei tuota hankaluuksia aikaisempiin eristeisiin nähden.

### 7.1 Johtumislämpöhäviön muutos

Tuloksista nähdään, että 50 mm Ultimate Sea Protect Slab 66 -paloeristettä sekä 200 mm Isover Premium -lämmöneristettä tuottaa suurimman säästön nykyiseen ratkaisuun verrattuna.

Energiankulutuksen vähentymisestä saatavat säästöt edistävät ympäristöystävällisiä ratkaisuja, sillä tuotteet ovat valmistettu vihreää siirtymää huomioiden. Lisäksi energiankulutuksen vähenemisen myötä saavutetaan taloudellista hyötyä. Säästöt konkretisoituvat pitemmällä aikavälillä, vaikka paremmat eristemateriaalit olisivat hankintavaiheessa kalliimpia.

### 7.2 Jatkotutkimusaiheet

Tässä insinööriyössä ei tutkittu laivassa olevien kylmäsiltojen eli rakenteita lävistävien materiaalien aiheuttamia lämpöhäviötä. Kylmäsiltoilla on suuri vaikutus lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksen laskennassa. Niiden avulla voidaan laskea yhdessä johtumislämpöhäviöiden kanssa lämmitykseen ja jäähdytykseen tarvittavat tehot.

Edellä laskettuja tuloksia voidaan soveltaa ja hyödyntää jatkotutkimuksissa. Konaissiirtymäkertoimen ja johtumislämpöhäviöiden avulla yhdessä kylmäsiltojen kanssa voisi tutkia, miten paljon ilmanvaihdon tai lämmityksen ja jäähdytyksen tehoa voidaan pienentää uuden seinärakenteen myötä.

Uusiutuvan energian mahdollisuuksia energian säästötoimenpiteenä esimerkiksi aurinkopaneelien muodossa olisi suositeltavaa ottaa tarkempaan tutkintaan. Yksi tutkimuksen aihe voisi olla, kuinka paljon aurinkopaneelien avulla voitaisiin kattaa kansimökin valaistuksessa tarvittavaa energiaa.

Yksi tapa säästää energiaa on hyödyntää jo olemassa olevaa. Laivan mekaanisista laitteista syntyvää lämpöä voisi taltioida ja hyödyntää lämmityksessä. Poistoilman lämmöntalteenotolla voisi säästää suuria määriä energiaa lämpimästä poistoilmasta.

## 8 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia jäätä murtavan laivan kansimökin eristämistavan sekä eristämispaksuuden vaikutusta laivan energiatehokkuuteen. Tutkimuksen päätavoitteena oli löytää tarkastelun kohteena olevan laivan nykyiselle seinärakenteelle energiatehokkaampi eristeratkaisu hyödyntäen aiheeseen liittyvää kirjallisuutta sekä laskukaavoja.

Kansimökistä laskettiin onnistuneesti laivan nykyisen seinärakenteen johtumislämpöhäviöiden sekä auringosta aiheutuvien lämpökuormien suuruudet. Seuraavassa vaiheessa seinärakenteelle valittiin uudet eristemateriaalit nykyiseltä käytettävältä eristevalmistajalta, ja myös niille suoritettiin myös laskelmat johtumislämpöhäviöiden osalta. Uusien seinärakenteiden tuloksia verrattiin vanhaan ja vertailun perusteella saatiin selville, miten paljon voidaan pienentää rakennuksen johtumislämpöhäviöitä.

Tutkimuksella edistettiin laivateollisuuden ympäristöystävällisiä ja energiatehokkaita ratkaisuja pienentämällä lämmityksen ja jäähdytyksen energiankulutusta. Uudet eristemateriaalit valittiin lämmönjohtavuuden lisäksi myös ympäristöystävällisten raaka-aineiden ja valmistustapojen perusteella. Tulokset osoittivat, että kansimökin eristeitä parantamalla voidaan saavuttaa vähennyksiä johtumislämpöhäviöissä.

Parhaan säästöprosentin tarjosivat Ultimate Sea Protect Slab 66 -paloeriste sekä Isover Premium 33 -lämmöneriste. Tällä ratkaisulla saavutettiin jopa 40 % pienempi kokonaissiirtymäkerroin. Valitusta tapauksesta laskettiin vielä erikseen, kuinka paljon johtumislämpöhäviö pienenee kaikissa kansissa nykyisestä seinärakenteesta. Tulosten perusteella annettiin suositus paremmasta eristeratkaisusta tilaajalle.

Suosituksen lisäksi insinööriyössä pohdittiin, miten työn tutkimuksia voitaisiin jatkaa, sekä annettiin muita ehdotuksia laivan energiankulutuksen vähentämiseksi.

## Lähteet

- 1 Decarbonize Shipping by 2050. Verkkoaineisto. UN Global Compact. <<https://unglobalcompact.org/take-action/ocean/communication/decarbonizing-shipping>>. Luettu 4.2.2025.
- 2 Erikoisalukset. Verkkoaineisto. Helsinki Shipyard. <<https://helsinkishipyard.fi/fi/tuotteet/erikoisalukset/>>. Luettu 6.2.2025.
- 3 Helletilastot. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/helletilastot>>. Luettu 7.2.2025.
- 4 Maritime and Coastguard Agency. 2023. Safety bulletin 33 - Paroc Navis 60 non-compliant structural fire protection. 2023. Verkkoaineisto. UK government. <<https://www.gov.uk/government/publications/safety-bulletin-33-paroc-navis-60-non-compliant-structural-fire-protection>>. Päivitetty 12.10.2023. Lutettu 12.2.2025.
- 5 Räisänen. Pekka (toim.). 2000. Laivatekniikka: Modernin laivanrakennuksen käsikirja. 2. korjattu painos. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- 6 ISO 7457. International Standard. 2022. International Organization for Standardization.
- 7 SOLAS. Consolidated Edition 2020. 2020. London: International Maritime Organization.
- 8 Yuriy Kuchiev. Verkkoaineisto. MarineTraffic. <[https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shpid:5825609/mmsi:209508000/imo:9804033/vessel:YURIY\\_KUCHIEV](https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shpid:5825609/mmsi:209508000/imo:9804033/vessel:YURIY_KUCHIEV)>. Luettu 12.2.2025.
- 9 Karttapalvelu. Verkkoaineisto. Zoom Earth. <<https://zoom.earth/maps/temperature/>>. Luettu 12.2.2025.
- 10 MT Yuriy Kuchiev. Verkkoaineisto. Wikipedia. <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/MT\\_Yuriy\\_Kuchiev.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/MT_Yuriy_Kuchiev.jpg)>. Luettu 13.2.2025.
- 11 Laiva- ja telakkateollisuus. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Finland. <<https://tekniset.isover.fi/laiva-ja-telakkateollisuus#eristystarpeet>>. Luettu 14.2.2025.

- 12 U Sea Protect Technical Manual. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Finland. <<https://tekniset.isover.fi/documents/esitteet/esite-en-isover-u-seaprotect-technical-manual.pdf>>. Luettu 14.2.2025.
- 13 U Sea Protect Slab 24. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Finland. <<https://www.isover-technical-insulation.com/products/u-seaprotect-slab-24#simple-table>>. Luettu 15.2.2025.
- 14 U Sea Protect Slab 66. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Finland. <<https://tekniset.isover.fi/Tuotteet/tekniset-eristeet/u-seaprotect-slab#descriptions>>. Luettu 15.2.2025.
- 15 Isover Premium 33. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Finland. <[https://www.isover.fi/tuotteet/isover-premium-33-0?gad\\_source=1#tuotekuvaus](https://www.isover.fi/tuotteet/isover-premium-33-0?gad_source=1#tuotekuvaus)>. Luettu 15.2.2025.
- 16 Isover Standard. Verkkoaineisto. Saint-Gobain Finland. <<https://www.isover.fi/tuotteet/isover-standard#tuotekuvaus>>. Luettu 15.2.2025.
- 17 Materiaalien päästöluokitus. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus>>. Luettu 1.4.2025.
- 18 International Maritime Organization. Verkkoaineisto. IMO. <<https://www.imo.org/>>. Luettu 16.2.2025.
- 19 Sofar Approach. Verkkoaineisto. Sofar. <<https://www.sofaroccean.com/sofar-approach>>. Luettu 23.2.2025.
- 20 Marine solutions deliver value. Verkkoaineisto. Wärtsilä. <<https://www.wartsila.com/marine>>. Luettu 23.2.2025.