

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto / Teknologiaosaamisen johtaminen

Jan Koskenmäki

AALTOIMPULSSIT NOPEAKULKUISISSA ALUKSISSA

Opinnäytetyö 2015

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto / Teknologiaosaamisen johtaminen

Jan Koskenmäki	Aaltoimpulssit nopeakulkuisissa aluksissa
Insinööri (M.Eng)	139 Sivua + 23 liitesivua
Työn ohjaaja	Yliopettaja Simo Ollila
Toimeksiantaja	-
Maaliskuu 2015	
Avainsanat	nopeakulkuinen alus, aaltoimpulssi, g-voima, human factor, kiihtyvyys, värinä, shokki-impulssi

Merenkulun uudet kevyet, mutta samalla tehokkaat moottorit, jotka yhdessä entistä paremmin paino-optimoitujen alusten kanssa, mahdollistavat erittäin nopeiden alusten valmistamisen ammattimerenkulkijoille. Nopean aluskaluston hankinta ja käyttäminen on monissa operatiivisissa tehtävissä perusteltua. Teknologian kehitysaskeleet vievätkin siihen suuntaan, että joissakin määrättyissä tilanteissa aluksen suorituskyky voi olla niin suuri, että ihmiskehon kestävyys voi joutua koetukselle. Tällainen tilanne saattaa esiintyä esimerkiksi aallokon ja rungon kohtaamisen synnyttämistä impulssimaisista g-voimista. Työssä havainnollistetaan aaltoimpulsseja ja tutkitaan kirjallisuudesta niiden vaikutuksia ihmiskehoon. Tutkimuksen pääpaino on impulssimaisilla aallokosta johtuvilla voimilla ja niiden vaikutuksilla ihmiseen. Lyhyesti sisällytetään mukaan myös värinä sen liittyessä läheisesti aihealueeseen. Mukana on myös lyhyesti värinän ja iskujen aiheuttamat laitteistoviat sen liittyessä myös läheisesti aiheeseen. Aallokon aiheuttamia impulsseja käsitellään niin sanotun "human factorin" kautta. Tutkimusongelmaa pohjustetaan kirjallisuustutkimuksen sekä meripelastusseuran nopeiden veneiden päälliköille suunnatun kyselytutkimuksen avulla. Kyselytutkimuksessa selvisi, että 98,2 % vastaajista on kokenut epämiellyttäväksi määriteltäviä aaltoimpulsseja. Vastaajista 26,5 % ilmoitti, että heidän kokemansa aaltoimpulssit ovat olleet vaikuttavuudeltaan paljon tai sietämätöntä epämiellyttävää tuntemusta aiheuttavaa. Vastaajista 99,1 % myös ilmoitti, että aaltoimpulsseista on ollut haittaa heidän työskentelylleen.

Tutkimusongelmaan soveltuvia aikaisempia ongelmanratkaisuja käsitellään kevyesti tutustumalla patenttitietokantoihin ja kaupallisiin ratkaisuihin. Tutkimusongelma osoitetaan todelliseksi, ja sille luodaan konseptitasoinen ratkaisu systemaattisen tuotekehityksen menetelmiä hyväksikäyttäen.

Opinnäytetyötarkoituksessa työssä on tarkoitus myös osoittaa teknologiajohtamisen menetelmien omaksumista, tutkimuksellista kykyä ja toisaalta myös osoittaa luovuutta ja tuottaa systemaattisesti konseptitasoinen tekninen ratkaisu käsiteltävään ongelmaan. Tutkimuksen toteutus liittyy johtamiseen myös oman itsensä johtamisen kautta. Itsensä johtaminen on kaiken muunkin johtamisen perusta.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Master of Engineering Degree Programme in Technology Administration

Jan Koskenmäki	Wave impulses on high speed craft
Master's Thesis	139 pages + 23 pages appendices
Supervisor	Principal Lecturer Simo Ollila
Commissioned by	-
March 2015	
Keywords	high speed craft, wave impulse, g-force, human factor, acceleration, vibration, shock impulse

New light-weight, but powerful engines in increasingly well weight-optimized vessels have enabled the manufacturing of extremely fast vessels for professional use. The acquisition and use of fast marine vessels is founded in many operative situations. The technological development is, in fact, enabling that in certain conditions, the vessels have so high operative performance that the human body's endurance is challenged. This kind of condition can occur when vessel operates at high speed at rough sea. Operators are exposed to high magnitude impulses. This study demonstrates wave impulses and examines their impact to the human body through professional literature. The main focus of the study is to investigate impulse forces caused by waves and their effects on people. When closely related to subject matter, also vibration is shortly included as part of the study. Equipment malfunctions due to vibrations and impact are also covered, when relevant to the subject. Wave-induced impulses are examined through so called human factor. Thanswer for the research question is founded on literature study as well as on questionnaire study conducted on the high speed craft captains of maritime rescuers (SMPS). The study found that 98,2 % of the respondents have experienced wave impulses that feel uncomfortable. 26,5 % of the respondents answered that the wave impulses they have felt have caused very or severely uncomfortable sensations. 99,1 % of respondents also answered that wave impulses have hindered their work.

Other founded solutions to the research question are briefly outlined based on research done on patent registries and commercially available solutions. The research question is proved to be real, and this thesis also includes a conceptual solution for the founded problem.

For the purpose of master's thesis, this study, on one hand, demonstrates the ability to adopt methods of technology management, research capabilities, and on the other hand, shows creativity and ability to produce concept-level technical solution to the research question. The realization of the study involves management also through self-management. After all, leading oneself is the core and basis of all leadership skills.

ALKUSANAT

Kiinnostus kyseisen työn aihepiiriin on syntynyt jo pitkän aikaa sitten. Totesin, että joidenkin veneiden rakenteet eivät kestä ajamista kaikissa olosuhteissa. Veneen rakenteet alkoivat osoittaa väsymisen merkkejä. Venealan insinöörinä olen päässyt testaamaan uudempia ja rakenteellisesti paremmin suunniteltuja ratkaisuja. Olenkin tullut siihen tulokseen, että teknologian kehittyessä kalusto alkaa kestä, mutta miten on miehistön laita. Uusien nopeiden alusten suunnittelussa pitää huomioida myös ihmiskehon fysiologiset rajoitteet. Aiheesta käytetään termiä "human factor", joka tarkoittaa ihmisen fysiologisten rajojen huomioimista ja mukaan ottamista suunnittelun aikana. Käsite "human factor" ei ole uusi termi, vaan sitä on käytetty jo pitkään esimerkiksi ilmailussa ja avaruuslennoissa, joissa on huomioitava ihmiskehon kestävyyskannalta turvalliset rajat.

Tehdessäni kyselytutkimusta Suomen Meripelastusseuralle ja saadessani vastaukset, hämmästyin kuinka paljon aikaa seuran jäsenet käyttävät seuran toimintaan. Huomioni kiinnittyi myös siihen, miten monipuolinen ikäjakauma seuran jäsenissä on; kaikki ikäryhmät yli 26 vuotiaista eteenpäin olivat tasaisesti edustettuina. Alle 26-vuotiaiden vähäisempi osuus johtuu siitä, että kyselytutkimus oli suunnattu alusten päälliköille, jolloin vaaditaan pidempää kokemusta, ja siksi aivan nuorin väki seuloutui kyselystä pois. Vastauksista, ja erityisesti vapaakenttiin kohdistuneista vastauksista saattoi myös lukea samaa viestiä, meripelastusseuran jäsenet ovat todella omistautuneita toiminnalleen ja haluavat kehittää sitä edelleen. Haluan välittää lämpimät kiitokset seuran jäsenille antamastanne vastauksista. Ne ovat nyt arvokasta koottua tietoa ja koituvat jollakin aikavälillä tukemaan ja tehostamaan toimintaanne.

Kiitokset lukuisista antoisista keskusteluista Marine Alutechin projektipäällikölle, venealan insinööri Jouni Hirvenkivelle sekä kyselytutkimuksen kysymysten esikatselmoinnista lääketieteen tohtori Jaakko Pitkäjärvelle. Erityiskiitokset myös Suomen Meripelastusseuran toimitusjohtaja Jari Piiraiselle, joka mahdollisti kyselyn tekemisen. Kiitokset myös meripelastusseuran Ilari Hatakalle, joka toimi teknisenä tukena kyselyn levittämisessä. Kiitos empiiristen kokemusten hankkimisesta kuuluu myös edellisille työnantajilleni, joiden palveluksessa olen päässyt testaamaan monenlaista kalustoa.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

1.	JOHDANTO JA ALUSTUS	11
1.1	TUTKIMUKSEN TAUSTA	11
1.2	AALTOLIIKE	12
1.3	ITÄMEREN AALLOKKO-OLOSUHTEET	13
1.4	G-VOIMA	16
1.5	ESIMERKKEJÄ ALUKSISTA, JOISSA TARVITAAN SUURTA NOPEUTTA OPERATIIVISISTA SYISTÄ	19
2	TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS	19
2.1	TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	19
2.2	TEOREETTINEN VIITEKEHYS	20
2.3	TUTKIMUSASETELMA	21
2.4	TUTKIMUSAIHEEN RAJAUKSET	22
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	27
3.1	KIRJALLISUUSTUTKIMUS	27
3.2	KYSELYTUTKIMUS	28
3.2.1	<i>Kyselytutkimuksen kohderyhmä</i>	28
3.2.2	<i>Kyselylomakkeella kerättävät tiedot</i>	30
3.2.3	<i>Tutkimuksen tekninen toteutus</i>	32
3.3	PATENTTIHAKUSELVITYS	32
4	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN SISÄLTÖ	33
4.1	ULKOISET JA SISÄISET TEKIJÄT	33
4.1.1	<i>Nopeus veden suhteen</i>	33
4.1.2	<i>Rungon muodon vaikutus</i>	34
4.1.3	<i>Operaattorin vaikutus</i>	39
4.2	MIEHISTÖÖN KOHDISTUVAT LIIKKEET	44
4.2.1	<i>Värähtely ja värinä</i>	44
4.2.2	<i>Impulssit</i>	49
4.3	VAIKUTUKSET	60
4.3.1	<i>Aaltoimpulssien vaikutukset ihmiseen</i>	60
4.3.2	<i>Tärinän ja iskujen vaikutukset laitteistoon</i>	70
5	MITEN ONGELMAA ON YRITETTY RATKAISTA TÄHÄN MENNESSÄ?	72
5.1	PATENTTIHAKUSELVITYS	72
5.2	KAUPALLISTEN RATKAISUJEN KATSAUS	76
6	TUTKIMUSTULOKSET	78
6.1	KIRJALLISUUSTUTKIMUS	78
6.2	KYSELYTUTKIMUS	81
6.2.1	<i>Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti</i>	81
6.2.2	<i>Vastaaajien tausta</i>	83
6.2.3	<i>Tulokset</i>	85
6.3	PATENTTIHAKUSELVITYS	116

7	LÄHDEKRITIIKKI	117
7.1	KIRJALLISUUSTUTKIMUS	117
7.2	PATENTTIHAKUSELVITYS	118
8	TUTKIMUSONGELMAN INNOVAATIO-OSIO	119
8.1	IDEOIDEN LÖYTÄMINEN	119
8.2	ERILAISUUDET, TRENDIT JA TARPEET	119
8.2.1	<i>Erilaisuudet</i>	<i>119</i>
8.2.2	<i>Trendit</i>	<i>120</i>
8.2.3	<i>Tarpeet</i>	<i>120</i>
9	ONGELMAN RATKAISU SYSTEMAATTISEN TUOTEKEHITYKSEN MENETELMÄN AVULLA	122
9.1	VAATIMUSLUETTELO	122
9.2	TOIMINNOT	123
9.3	KOKONAISTOIMINNON JAKO OSATOIMINTOIHIN	124
9.4	PERIAATEYHDISTELMÄT	125
9.5	RATKAISUVAIHTOEHDOT	126
9.6	ARVOSTELU	127
9.7	RATKAISU JA SEN KUVAUS	128
10	POHDINTA	131
11	LÄHTEET	135
12	LIITTEET	140
12.1	KYSELYTUTKIMUKSEN KYSYMYKSET JA OHJE	140
12.1.1	<i>Ohje Meripelastusseuran organisaatiolle</i>	<i>140</i>
12.1.2	<i>Vastausohje vastaajille</i>	<i>140</i>
12.1.3	<i>Kyselytutkimuksen lomakkeen kysymykset</i>	<i>141</i>
12.2	VASTAAJIEN VAPAAKENTTÄKUVAUKSIA	155
12.2.1	<i>Vastaajien kuvauksia suojaavista teknisistä ominaisuuksista</i>	<i>155</i>
12.2.2	<i>Vastaajien kuvauksia aaltoiskuja vastaan tehdyistä harjoitteista</i>	<i>155</i>
12.2.3	<i>Vastaajien mielipiteitä aluksien aallokkokäyttämisen parantamiseksi</i>	<i>156</i>
12.2.4	<i>Vastaajien mielipiteitä kyselytutkimuksesta</i>	<i>159</i>
12.3	LAYOUT PIIRRUSTUS KEHITETYSTÄ RATKAISUSTA	162

KÄSITTEET JA KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenteet:

A(8)	Päivittäinen tärinäaltistus. <i>Kahdeksaa tuntia vastaava tärinän kokonaisarvo työntekijällä ilmaistuna metreissä neliösekuntia kohden (m/s^2), mukaan luettuna kaikki päivän kokokehotärinäaltistukset. (2002/44/EY).</i>
CK	Kreatiinikinaasi (Creatine kinase)
EAV	<i>Altistuksen toiminta-arvo (exposure action value) Joko työntekijän päivittäinen tärinäaltistusarvo A(8): $0,5 m/s^2$, tai työntekijän päivittäinen VDV-arvo: $9,1 m/s^{1,75}$, jonka ylityessä tärinäaltistuksesta aiheutuviin riskeihin on puututtava (2002/44/EY).</i>
ELV	<i>Altistuksen raja-arvo. Joko työntekijän päivittäinen tärinäaltistusarvo A(8): $1,15 m/s^2$, tai työntekijän päivittäinen VDV-arvo: $21 m/s^{1,75}$, jonka ylittävälle tärinälle työntekijät eivät saa altistua (2002/44/EY).</i>
G-LOC	Kiihtyvyyden aiheuttama äkillinen tajunnan menetys (g-induced loss of consciousness)
HSC	Nopeakulkuinen alus (High Speed Craft)
HUMAN FACTOR	Ihmisen kestävyys, suorituskyky, liityntä tekniikkaan esimerkiksi ergonomia ja ihmisen kehon kestävyys. Ihmisfaktorin mukaan ottamisella vahvistetaan ihmisen ja tekniikan yhteistä suorituskykyä, kun tekniikka suunnitellaan ottamaan ihmisfaktori huomioon
LEGI	Merenkulussa etappia vastaava termi
MIF	Liikeväsymys (Motion Induced Fatigue)
OPERAATTORI	HSC-aluksen ajamisesta vastaava henkilö
RNLI	Royal National Lifeboat Institution
RIB-VEENE	Kovapohjainen kellukevene (Rigid Inflatable Boat)
SEA STATE 1	Aallonkorkeus 0 - 0,1m, tuulennopeus 1.6 - 3.3 m/s, calm rippled (Bales 1982).
SEA STATE 2	Aallonkorkeus 0,1 - 0,5 m, tuulennopeus 3,4 - 5,4 m/s, smooth

SEA STATE 3	Aallonkorkeus 0,5 - 1,25 m, tuulenoisuus 5,5 - 7,9 m/s, slight (Bales 1982).
SEA STATE 4	Aallonkorkeus 1,25 - 2,5 m, tuulenoisuus 8,0 - 10,7 m/s, moderate (Bales 1982).
SEA STATE 5	Aallonkorkeus 2,5 - 4 m, tuulenoisuus 10,8 - 13,8 m/s, rough (Bales 1982).
SMPS	Suomen Meripelastusseura
VDV	<i>Tärinäannoksen arvo (total vibration dose). Kumulatiivinen annos, joka perustuu kiihtyvyyssignaalin neljännen tehon neljanteen juureen. VDV:n yksikkö on $m/s^{1,75}$ (2002/44/EY).</i>
VO _{2max}	Maksimaalinen hapenottookyky. Henkilön hengitys- ja verenkiertojärjestelmän kestävyysominaisuuksia kuvaava suure.
WBV	Koko kehon tärinä (whole body vibration) <i>Tärinä, joka koko kehoon välittyessään vaarantaa, työntekijöiden terveyden ja turvallisuuden aiheuttamalla erityisesti alaselän sairauksia ja selkärangan vammoja (2002/44/EY).</i>

Fysiikka:

a	Kiihtyvyys
A_L	Sivupinta-ala
A_{LV}	Tuulipinta-ala
b	Rungon leveys
B	Rungonleveys
B_C	Palle leveys
C_y	Dimensioton kerroin
C_Δ	Beam loading kerroin
CG	Painopiste
D	Syväys
F	Voima
F_n	Frouden luku
$F_{w,y}$	Sivutuulivoima
g	Gravitaatiovakio
g_{xyz}	g-monikerta
h	Veden syvyys
H_s	Merkitsevä aallonkorkeus
$H_{1/3}$	Merkitsevä aallonkorkeus
I	Impulssi
k	Jousivakio
L_h	Rungon pituus
L_{wl}	Vesilinjan pituus
L	Lastivesilinjan pituus
L_{oa}	Kokonaispituus
M_w	Tuulen kallistava momentti
m_{LDC}	Lastiuppouma
m	Massa
n_{CG}	Keskimääräinen kiihtyvyys (g) CG-pisteessä
p	Liikemäärä
r	Kääntösäde
T	Jakson aika
T_m	Syväys keskiveneessä

v_w	Tuulen nopeus
v	Nopeus
v_{ox}	Liikekomponentin nopeus X-akselilla
v_{oy}	Liikekomponentin nopeus Y-akselilla
v_0	Lähtönopeus
V	Maksiminopeus m_{LDC} -tilassa
V_K	Nopeus solmuina
V_{max}	Maksimi nopeus
V_w	Suhteellinen tuulen nopeus
w	Veden tiheys
y	Aallonkorkeus

Fysiikka (kreikkalaiset):

β	Pohjakulma
$\beta_{0,4}$	Pohjakulma @ 0,4 L_{WL}
λ	Aallonpituus
ρ_a	Ilman tiheys
ω	Kulmataajuus
τ	Trimmikulma
Θ_0	Lähtökulma

1. JOHDANTO JA ALUSTUS

1.1 Tutkimuksen tausta

Kiinnostus tutkimusaiheeseen on lähtenyt liikkeelle kirjoittajan empiirisistä kokemuksista. Kokemuksia on kertynyt niin veneilyharrastuksen, kuin alalla työskentelyn myötä. Tein myös venealan insinööriopiskelujeni aikana harjoitustyön, joka käsitteli samaa aihetta. Lähestymistapa oli tosin suppeampi ja melko paljon intuitioon pohjautuva. Nyt tuo jo aikaisemmin minua kiinnostanut asia, aaltoimpulssien vaikutukset merenkulun aluksissa, on ollut viimeaikoina esillä alan teknisissä julkaisuissa, ja halusin selvittää sitä lisää itselleni ja tämän työn myötä myös muillekin kiinnostuneille. Olen nähnyt sattumalta myös joitakin asiaa sivuavia lehtijuttuja ja asiaa sivuavia tuotteita alan julkaisuissa, jotka ovat pitäneet kiinnostustustalla.

Nykyisien veneiden kehittyneemmät rakenneratkaisut yhdessä tehokkaiden moottoreiden kanssa mahdollistavat huomattavan suurien nopeuksien pitkäaikaisen ylläpidon. Kehittyneet runkoratkaisut yhdistettynä suuritehoisiin ja suhteellisesti kevyempiin moottoreihin, antavat mahdollisuuden suuriin nopeuksiin kovassakin merenkäynnissä. Kestääkö miehistö kyydissä?

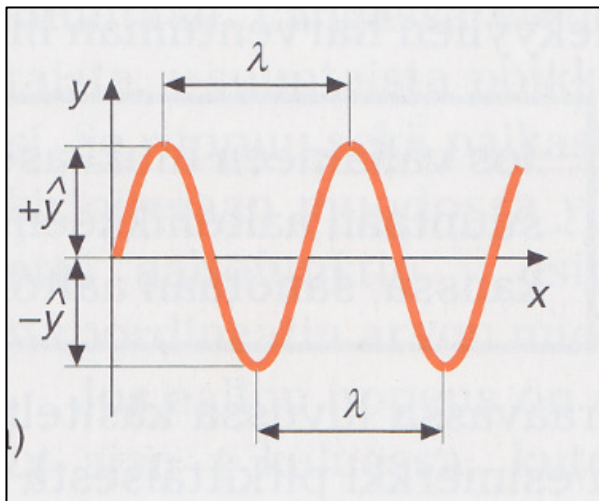


Kuva 1. Scand 550 hyppää loivassa vastamainingissa noin 30 solmun nopeudella.

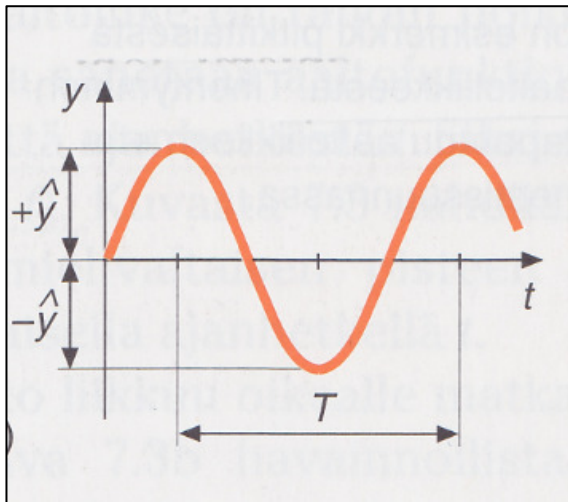
1.2 Aaltoliike

Aallokko on mekaanista aaltoliikettä. Etenevä aalto kuljettaa energiaa. Aaltoliike tarvitsee toteutuakseen väliaineen, jossa se etenee. Merenkäynnissä aallokon aaltoliikkeen väliaine on vesi. Jos väliaineen hiukkaset poikkeavat kohtisuoraan etenemissuuntaa vastaan, kuten merellä esiintyvissä aallokossa, sanotaan, että aaltoliike on poikittaista. Aaltoliikkeen mukana siirtyy sekä energiaa että liikemäärä. Aaltoliikettä voisi kuvata häiriönä vedenpinnassa. Tämän häiriötilan aiheuttaa yleisimmin tuuli, joka saa vedenpinnan aaltoliikkeeseen. Mekaaninen aaltoliike tarvitsee jonkin häiriölähteen, väliaineen sekä väliaineen osasten yhteyden. Aaltoliike kuljettaa energiaa ilman että aine itsessään liikkuu eteenpäin. (Inkinen 2003, 252-255.)

Merkitseviä tekijöitä ovat aallonkorkeus, aallonpituus ja jaksonaika.



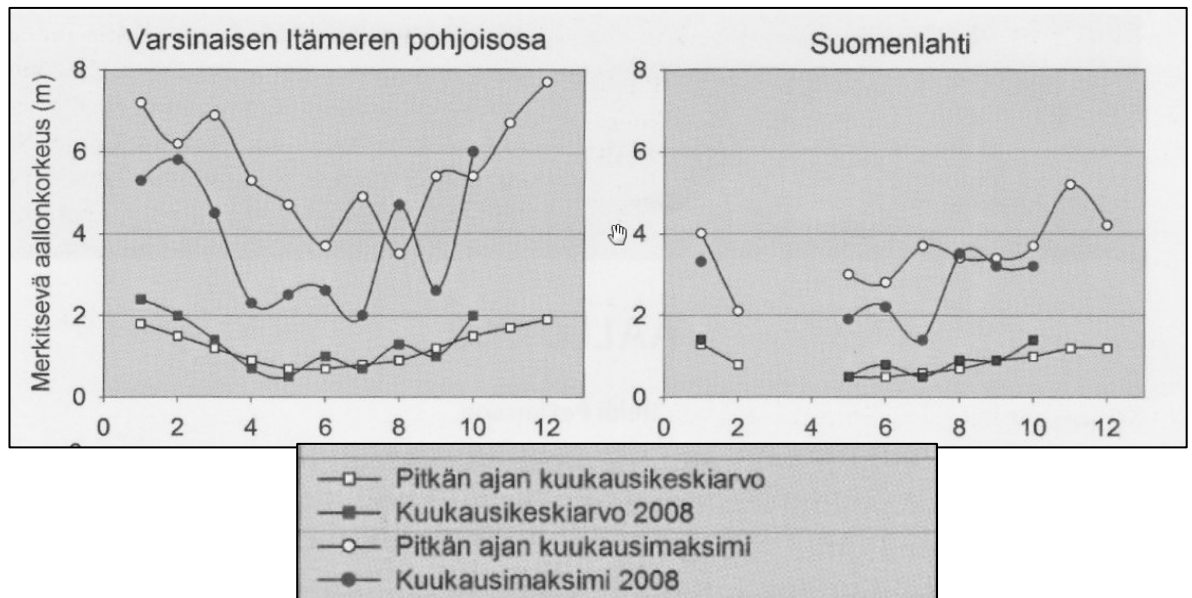
Kuva 2. Aallonpituus λ ja aallonkorkeus y (Inkinen 2003, 253).



Kuva 3. Jakson aika T ja aallonkorkeus y (Inkinen 2003, 253).

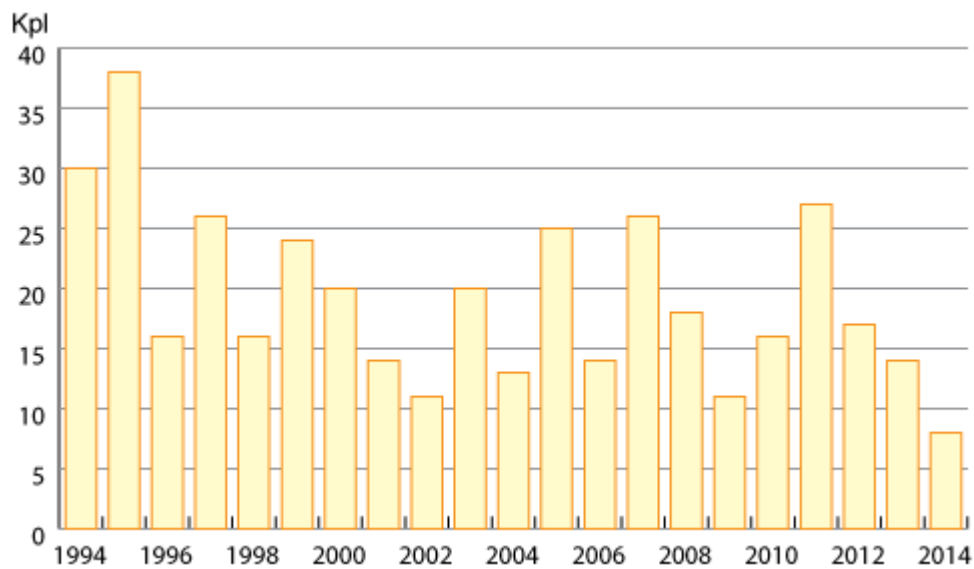
1.3 Itämeren aallokko-olosuhteet

Itämeri on merenä pieni suhteessa moniin muihin meriin. Kuva 4 esittää Itämeren aallonkorkeuksia pitkän ajan arvoina ja vuoden 2008 arvoina.



Kuva 4. Havainnot Itämeren pohjoisosan ja Suomenlahden aaltopöjijulta (Raateoja 2008).

Kuvaajista näkee, että tyypillisesti merkitsevä aallonkorkeus pysyttelee alle kahden metrin tasolla, mutta maksimikäyristä nähdään, että Itämeren pohjoisosissa on mitattu jopa 7 - 8 metrin merkitsevä aallonkorkeus. Tällöin suurimmat yksittäiset aallot voivat olla jopa 14 metriä korkeita.



Kuva 5. Myrskypäivien lukumäärä suomen merialueilla vuosina 1994-2014 (Tuulitilastot 2015).

Ilmatieteen laitoksen tuulitilastoista selviää, että suomen merialueilla on ollut vuosina 1994 - 2014 keskimäärin 19 myrskyä vuodessa, jolloin 10 minuutin keskituulennopeus on ollut vähintään 21 m/s.

Myrskypäivät kuukausittain vuodesta 1994 lähtien													
vuosi/kk	T	H	M	H	T	K	H	E	S	L	M	J	KPL/vuosi
1994	6	0	4	1	1	2	0	1	2	6	6	1	30
1995	7	7	4	2	1	1	0	1	2	3	6	4	38
1996	0	1	0	2	1	0	2	0	1	3	5	1	16
1997	4	6	4	4	2	0	0	0	5	1	0	0	26
1998	3	2	0	2	0	0	0	0	0	6	2	1	16
1999	3	4	0	1	0	0	0	0	1	2	5	8	24
2000	6	3	4	0	1	0	1	0	0	2	2	1	20
2001	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	7	2	14
2002	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	11
2003	1	2	2	1	0	0	0	0	1	2	0	11	20
2004	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	5	4	13
2005	3	3	0	0	0	0	0	1	4	6	5	3	25
2006	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3	4	4	14
2007	7	0	0	4	1	0	1	1	3	2	4	3	26
2008	3	4	1	0	0	0	0	2	0	2	5	1	18
2009	3	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	3	11
2010	1	2	1	0	0	0	0	0	0	3	4	5	16
2011	2	1	3	1	1	1	0	0	2	2	3	11	27
2012	3	2	2	0	0	1	0	0	1	3	4	1	17
2013	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	3	7	14
2014	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	1	2	8
Keskiarvo 1994-2014	2,7	2,0	1,6	0,9	0,4	0,2	0,2	0,3	1,3	2,5	3,4	3,6	19

eniten ko. kuukaudessa vuodesta 1994 lähtien Päivitetty 2.1.2015

Kuva 6. Myrskypäivät kuukausittain suomen merialueilla vuosina 1994-2014 (Tuulitilastot 2015).

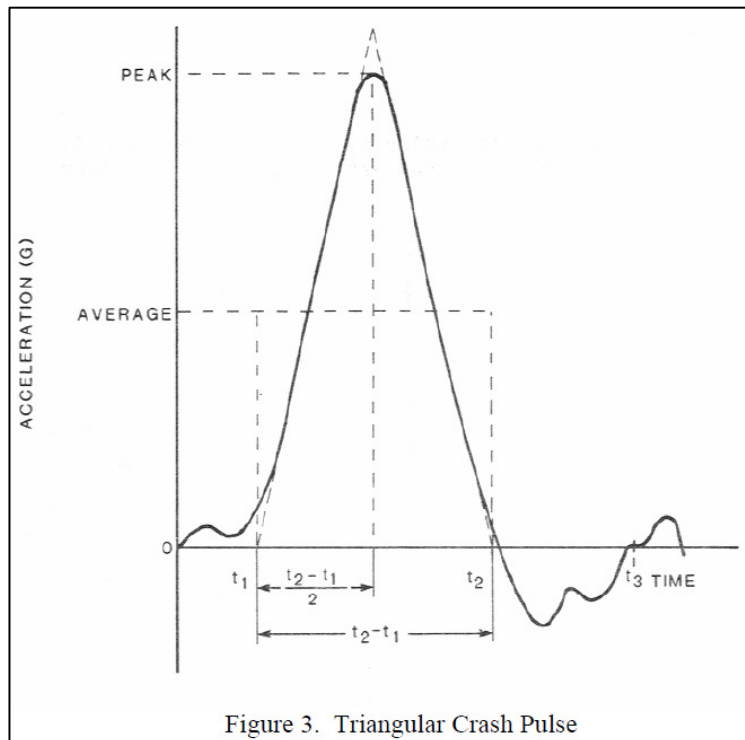
Kuvaa 6. tarkastelemalla havaitaan, että vuoden tuulisimmat kuukaudet sijoittuvat yleensä syyskuu-maaliskuu väliselle ajalle. Vähätuulinen aika sijoittuu toukokuu-elokuu ajanjaksolle.

Aallokon korkeus ja pituus riippuvat monista eri tekijöistä. Tuulen voima, tuulen jatkuvuus, aallon kulkeman matkan pituus ja veden syvyys ovat tärkeimpiä seikkoja. Tuulen voiman kasvaessa lisääntyy myös aallon korkeus ja aallonpituus. Aallon korkeuden suhde aallon pituuteen voi olla enintään 1:7. Useimmiten aalto on noin 20 kertaa niin pitkä kuin se on korkea. Heikkojen tuulien vallitessa suurin aallon korkeus muodostuu parissa tunnissa. Kovimmilla tuulilla vaaditaan parin vuorokauden yhtämittainen tuuli, jotta suurimmat myrskyaallot ehtivät muodostua. Tähän vaaditaan myös muuttumatonta tuulen suuntaa ja riittävää etäisyyttä vastarannalle. (Similä 1981.)

1.4 G-voima

1g vastaa maan gravitaatiokiihtyvyyttä, joka on $9,81 \text{ m/s}^2$. G-voima ei ole varsinaisesti voima, vaan sillä tarkoitetaan maan gravitaatiokiihtyvyyden monikertoja. Avaruudessa vallitsee painottomuus eli 0 g.

Impulssimaisten törmäysvoimien kuvaaja on yleensä kolmiomainen pulssikuvaaja, joka on kuvaus kiihtyvyydestä verrattuna kuluvaan aikaan. Pulssin muoto voi vaihdella erilaisissa törmäyksissä, mutta käytännön kannalta esimerkiksi useimmat auto- ja lentokone-teollisuuden laskennat tehdään kolmiomuotoista pulssia käyttämällä. Tämä oletamus tekee laskennasta yksinkertaisempaa ja tuottaa riittävän tarkkoja estimaatioita. (Shanahan 2004.)



Kuva 7. Kolmiomuotoinen törmäysimpulssi (Shanahan 2004).

1.4.1.1 Esimerkkejä g-voimista

Positiivisesta tai negatiivisesta kiihtyvyydestä aiheutuvia g-voimia esiintyy monenlaisissa tilanteissa. Kaikille tuttu tilanne on esimerkiksi liikenne, jossa ajoneuvojen kiihtyvyydestä tai hidastuvuudesta aiheutuu kehoon kohdistuva voima. Tämä voima johtuu inertiaasta. Lentokoneen kiihdyttäessä kiitoradalla ihmiskehoon vaikuttaa noin 0,5 g suuruinen voima, jolloin keho puristuu inertiavoimien vuoksi penkkiä vasten. Taulukossa 1. on esimerkkejä erilaisissa tilanteissa syntyvistä g-voimista. Kuvat 8. ja 9. esittävät g-voimien suuntakoordinaatitot ihmiskehossa.

	g-monikertaa	Kesto aika
Maan pinta	1G	-
Kuun pinta	0,17-0,4 G	-
Avaruussukkulan lähtö	+6Gx	-
Hissi nopea keskiarvo	0,1-0,2G	1-5s
Hissin mukavuusraja	0,3G	-
Hissi hätähidastuvuus	2,5G	-
Julkinen liikenne	0,1-0,2G	5s
Julkinen liikenne hätäjarrutus 112 km/h	0,4G	2,5s
Autojen mukava pysähtyminen	0,25G	5-8s
Autojen epämiellyttävä pysähtyminen	0,45G	3-5s
Autokolari (mahdollisuus selviytyä)	20-100G	-
Ilma alus, lähtö, tavallinen	0,5G	>10s
Ilma alus, catapult take off	2,5-6G	1,5s
Ilma alus, heittoistuin	10-15G	0,25s
Ilma-alus, pakkolasku (mahdollisuus selviytyä)	10-100G	-
Laskuvarjon aukaisu 1800 m	8,5G	0,5s
Laskuvarjolaskeutuminen	3-4G	0,1-0,2s
Putoaminen palomiehen verkkoon	20G	0,1s

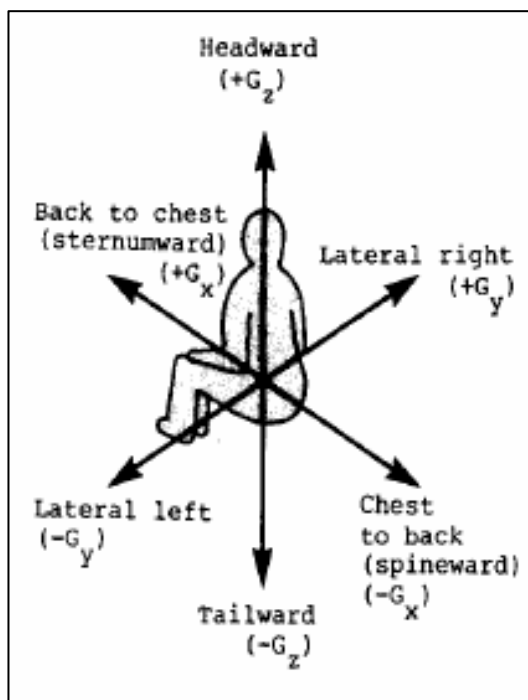
Taulukko 1. Esimerkkejä g-voimista.

Mukaihtu: (NASA-STD-3001. 1995 Section 5. 5.3.2.1.3 & 5.3.2.1.3),
(Harris 2002)

1.4.1.2 Suuntakoordinaatisto ihmisessä

LINEAR MOTION	Direction of Acceleration		Inertial Resultant of Body Acceleration	
	Acting Force	Acceleration Description	Reaction Force	Verticular Description
Forward	$+a_x$	Forward accel.	$+G_x$	Eye Balls In
Backward	$-a_x$	Backward accel.	$-G_x$	Eye Balls Out
Upward	$-a_z$	Headward accel.	$-G_z$	Eye Balls Down
Downward	$+a_z$	Footward accel.	$+G_z$	Eye Balls Up
To Right	$+a_y$	R. Lateral accel.	$+G_y$	Eye Balls Left
To Left	$-a_y$	L. Lateral accel.	$-G_y$	Eye Balls Right

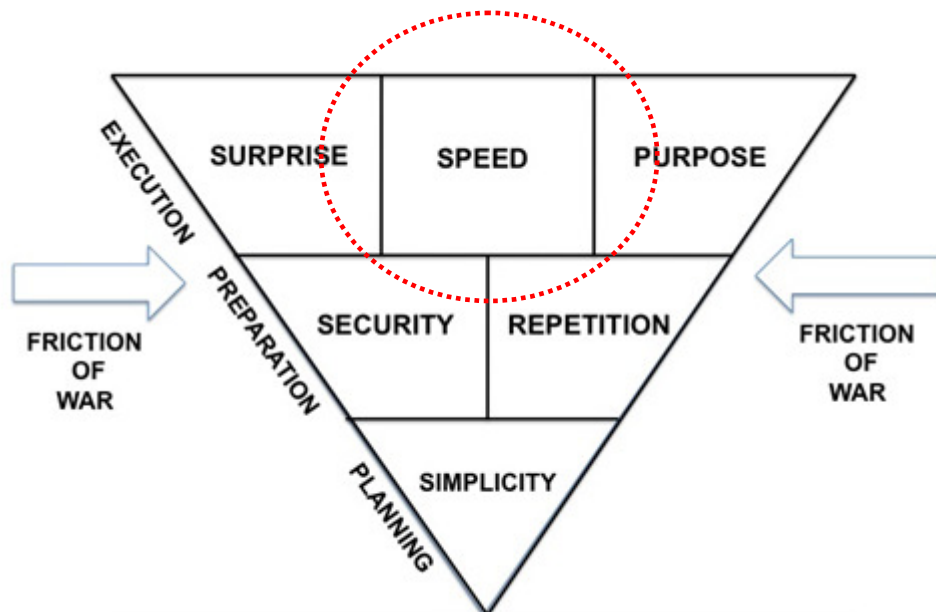
Kuva 8. Ihmisen suuntakoordinaatisto.
(NASA-STD-3001. 1995 5.3.1-1)



Kuva 9. G-voimien akselit suhteessa ihmiseen (Shanahan 2004).

1.5 Esimerkkejä aluksista, joissa tarvitaan suurta nopeutta operatiivisista syistä

Useat viranomaiset, puolustusvoimat, rajavartiosto ja eri pelastustehtäviä harjoittavat tahot voivat hyötyä nopeista aluksista. Trendinä onkin, että uudet alukset ovat usein edeltäjiään nopeampia. Suuremmalla nopeudella saavutetaan parempi operatiivinen kyky useimmissa tehtävissä. Nopeus voi olla myös taktiikkaan kuuluva tekijä.



Kuva 10. Erikoisoperaatioiden malli, jonka yksi elementti on nopeus.
Mukailtu: (McRaven 1993).

2 TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS

2.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Työtä aloitettaessa ajatuksena oli g-voimien (aaltoimpulssien) mittaaminen jostakin alustyypistä ja oman tutkimusaineiston koostaminen analysoitavaksi.

Kirjallisuustutkimusvaiheessa selvisi, että HSC-aluksille on tehty 2000-luvulla useita aiheeseen liittyviä tutkimuksia. Tutkimusten määrä kasvaa 2000-luvun alusta tähän päivään. Tämän perusteella tuntui turhalta alkaa koostamaan omaa mittaustutkimusta, ja omista mittauksista luovuttiin. Kirjallisuustutkimuksessa etsitään ja analysoidaan jo tehtyjen tutkimusten aineistoa.

Tämän lisäksi toteutetaan kyselytutkimus jonkin HSC- alustyyppin (High Speed Craft) operaattoreille. Tutkimuksessa pyritään selvittämään HSC-aluksien operaattoreiden näkemyksiä ja empiirisiä kokemuksia tutkittavasta aihealueesta. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää aaltoimpulssien esiintymistä ja niiden vaikutuksia ihmisen ja koneen välisessä vuorovaikutuksessa.

Kirjallisuustutkimuksen tavoitteena on selvittää aaltoimpulssien vaikutuksia ihmiskehoon sekä pohjustaa teoreettisella tasolla aaltoimpulssien syntymistä merenkäynnissä.

Patenttiselvityksen avulla luodaan katsaus patentoituihin teknologisiin, aihealueeseen liittyviin ratkaisuihin. Patenttiselvityksen lisäksi selvitetään jo markkinoilta löytyviä teknologisia ratkaisuja, jotka liittyvät aihealueeseen.

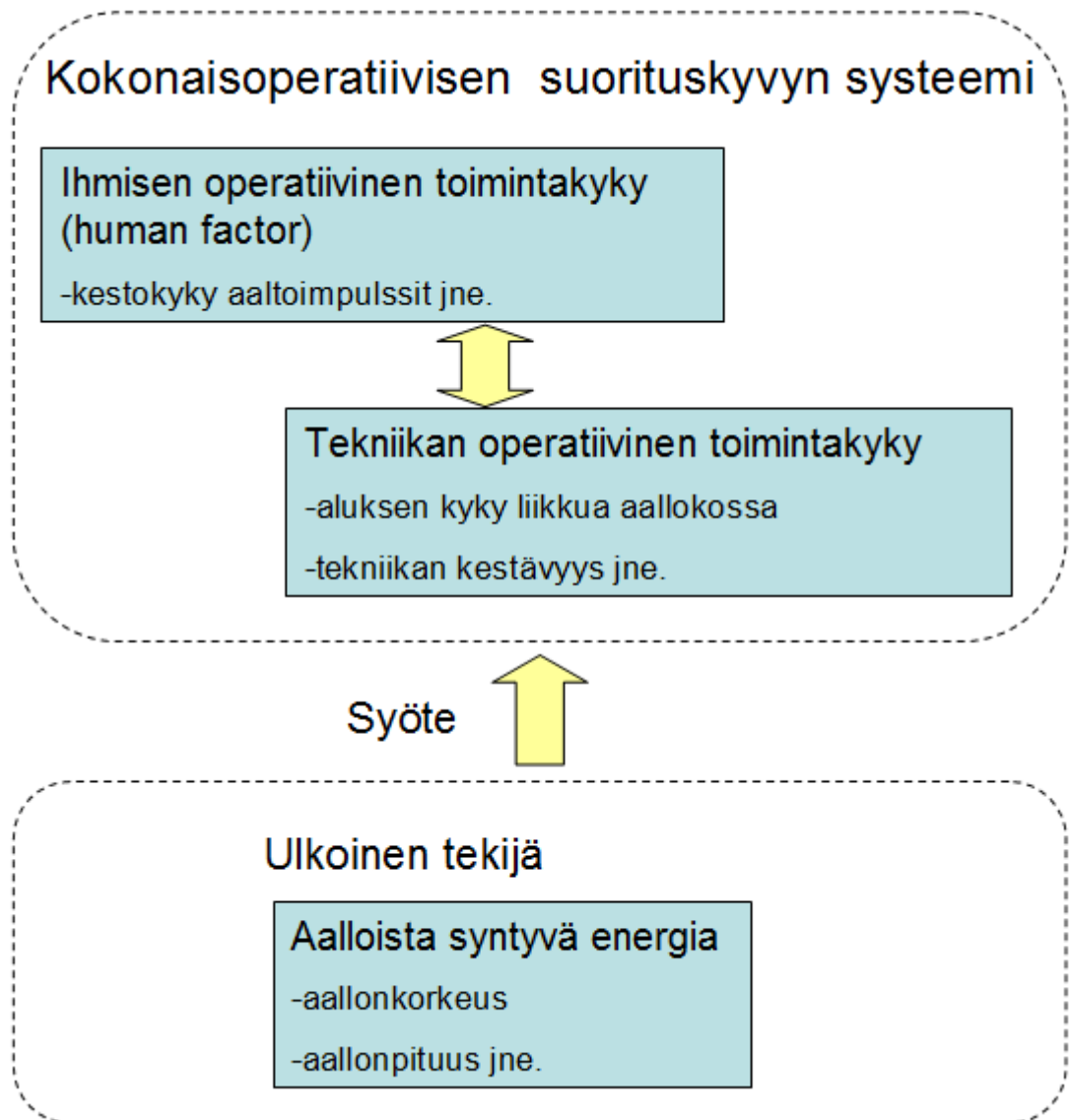
Kokonaisuudessaan tutkimus kattaa itse ongelman ja sen perusteiden teoreettisen selvittämisen, olemassa olevat teknologiset ratkaisut, loppukäyttäjien empiiriset kokemukset tutkimusaiheesta, tarvekartoituksen entistä nopeammille aluksille, sekä ongelmaan johdetun ratkaisun. Tutkimusongelmasta ja sen kokonaiskäsittelystä muodostuu kokonaisvaltainen ja käytännönläheinen paketti, jota voi käyttää esimerkiksi alan teollisuudessa asian arvioimiseen ja kehittämiseen.

2.2 Teoreettinen viitekehys

Teoreettisena viitekehysenä nähdään asian ymmärtäminen fysiikan lakien kannalta. Teknistä ongelmaa lähestytään fysiikan lakien ja luonnonilmiöiden kautta. Kirjallisuuden kautta perehdytään ihmiskehon kestävyteen määritellyn ongelman kannalta ja määritellään raja-arvot tutkittavalle ilmiölle. Koska kyseessä on ihmisen ja koneen vuorovaikutus, asiaa käsitellään myös ihmiskehon kautta.

2.3 Tutkimusasetelma

Tutkimusasetelman muodostaa kokonaisoperatiivisen suorituskyvyn systeemi, johon kuuluu aluksen tekninen- ja ihmisen operatiivinen toimintakyky. Ulkoisesta tekijästä johtuen systeemiin syötetään ulkoisia herätteitä, joilla on vaikutuksensa systeemin kokonaistoimintaan.



Kuva 11. Tutkimusasetelma.

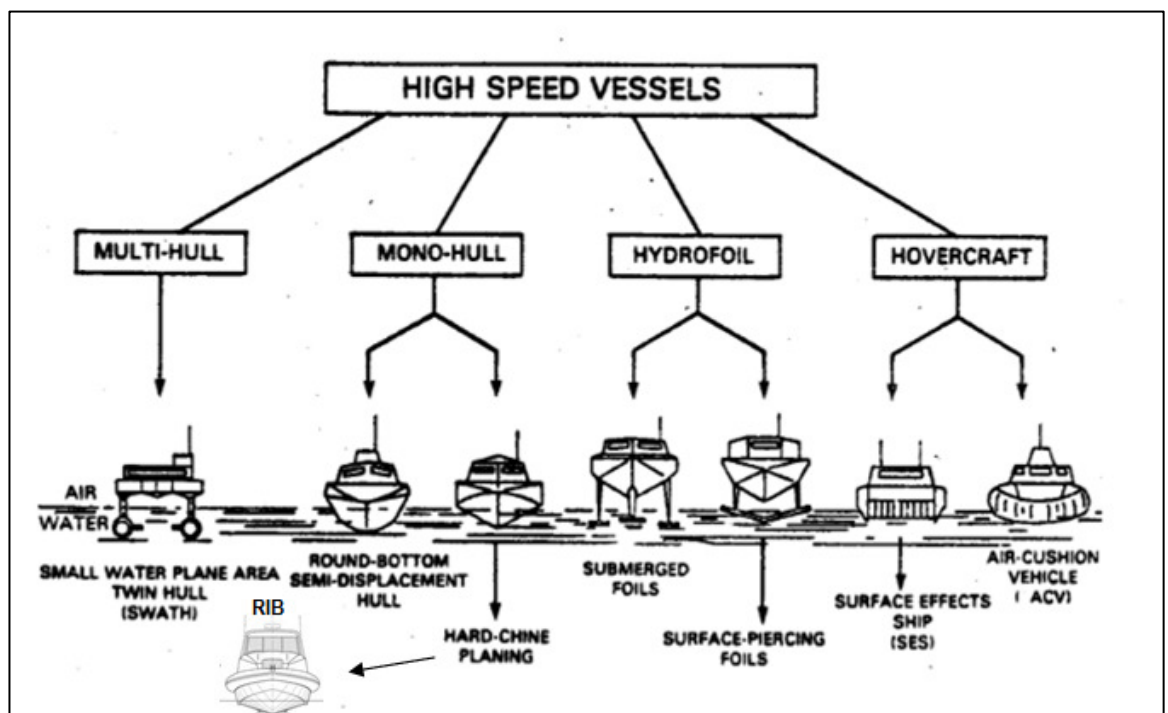
Kaikki tekijät linkittyvät toisiinsa. Esimerkiksi aluksen operatiiviseen toimintakykyyn vaikuttaa sen tekniset ominaisuudet, kuten rungon suorituskyky aallokossa. Lisäksi aluksen kokonaisoperatiiviseen toimintakykyyn vaikuttaa myös aluksen miehistön

kestokyky. Miehistön kestävyys taas vaikuttaa esimerkiksi fyysinen kunto tai aluksen suojaavat tekniset ominaisuudet. Luonnonvoimat, eli tässä tapauksessa aallokko, vaikuttavat aluksen operatiiviseen suorituskykyyn ja välillisesti aluksen liikkeiden kautta myös ihmisen toimintakykyyn. Asiat ovat sidoksissa toisiinsa. Kokonaisoperatiiviseen toimintakykyyn vaikuttaa monia muitakin tekijöitä, mutta kaaviossa on esitetty vain tämän tutkimuksen aihepiiriin liittyvät tekijät.

2.4 Tutkimusaiheen rajaukset

Tutkimuksessa keskitytään aluksiin, jotka ovat maksimissaan 24 metriä pitkiä. Tällöin alukset voidaan lukea huvivenedirektiivin (94/25/EC, 2003/44/EY) ja VTT:n 8.6.2006 (Työvenesäännöt VTT) päivätyn työveneohjeiston puolelle kuuluviksi.

Työveneohjeisto ja huvivenedirektiivi kattavat saman pituusalueen. Lisäksi työveneohjeistossa viitataan moniin huvivenedirektiivin standardeihin, joten tältäkin osin ne limittyvät toisiinsa.



Kuva 12. Nopeakulkuisia alustyypppejä.
Mukailtu: (Savitsky 1978, 584).

Nopeakulkuisia aluksia on monta tyyppiä. Tässä tutkimuksessa keskitytään vain yksirunkoisiin V-pohjaisiin aluksiin ja niiden alaluokkaan kuuluviin RIB-veneisiin.

Kohderyhmänä olevien aluksien nopeus/pituus suhdeluku on $> 2,8$. Suhdeluku SLR (Speed/Lenght ratio) lasketaan kaavalla 1.

$$SLR = \frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} \quad [1]$$

uppouma	$< 1,25$
puoliplaanaava	$1,25 - 2,8$
plaanaava	$> 2,8$

$< 1,25$ kertoimilla alukseen vaikuttava voima on hydrostaattinen. $1,25 - 2,8$ välillä alukseen vaikuttaa sekä hydrostaattisia että hydrodynaamisia voimia. $> 2,8$ kertoimilla alukseen vaikuttava päävoima on hydrodynaaminen. (Savitsky 1985.)

Toinen tapa rajata tutkimukseen kuuluva venetyyppi on Frouden luku. Tutkimus käsittelee veneitä, joiden Frouden luku > 1 , eli virtaus on superkriittinen.

Superkriittisessä virtauksessa alus nousee oman aaltonsa päälle hydrodynaamisten voimien vaikutuksesta. Hydrostaattisen nosteen vaikutus alkaa vähentyä muuttuen lopulta lähes kokonaan hydrodynaamiseksi. (Eliasson 2006.)

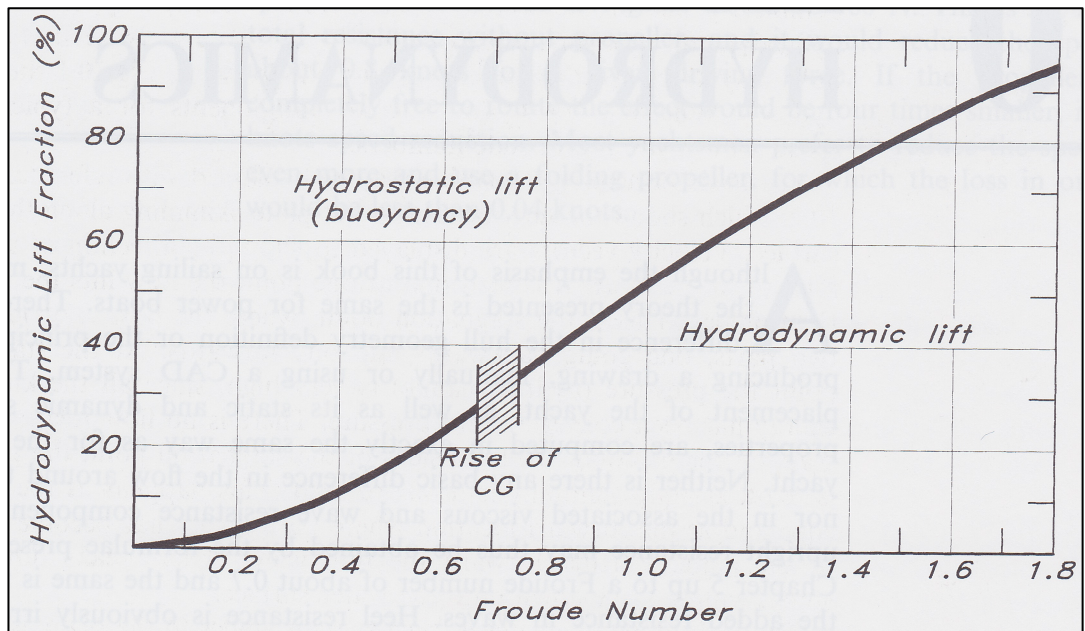
$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g * L_{WL}}} \quad [2]$$

$F_n < 1$ virtaus on alikriittinen

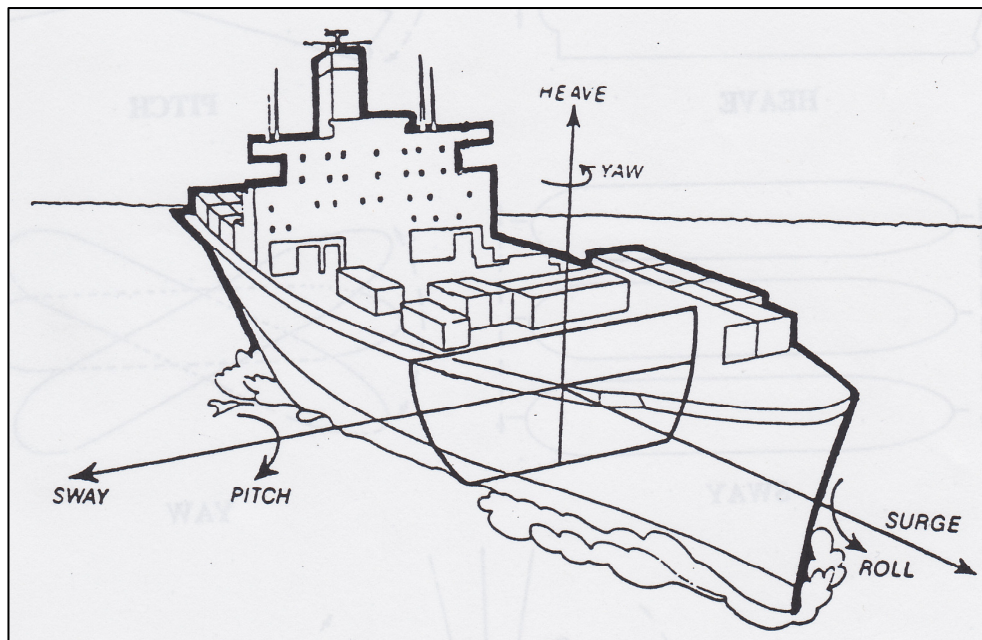
$F_n = 1$ virtaus on kriittinen

$F_n > 1$ virtaus on superkriittinen

Kuvasta 13. näkee, miten hydrostaattinen noste ja hydrodynaaminen noste vaikuttavat erilaisilla Frouden lukujen arvoilla. Alle $F_n < 0,7$ hydrostaattinen noste on pääasiallisesti vaikuttava voima aluksen rungossa. Kun siirrytään $F_n > 1,0$ niin hydrodynaaminen voima alkaa vaikuttamaan yhä selvemmin ollen lähes ainoa vaikuttava voima $F_n > 1,8$ arvoilla.



Kuva 13. Frouden luku (Eliasson 2006).



Kuva 14. Aluksen vapausasteet.

Merenkulun aluksilla on kuusi vapausastetta

Kolme pyörintäakselin ympäri:

(kulmaliikkeet)

heel / roll / keinunta

trim / pitch / huojunta / viippaaminen

leeway / yaw / mutkailu

Kolme lineaarista:

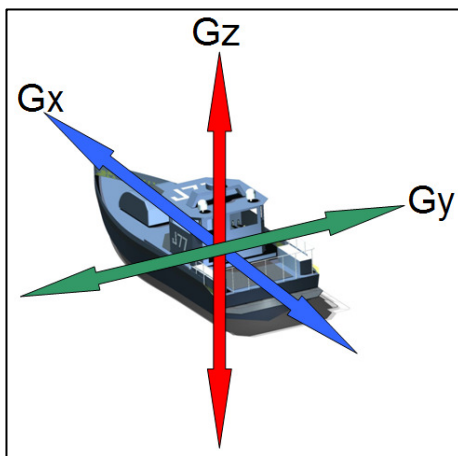
(translaatioliikkeet)

surge/kihtiily

sway/huojunta

heave/kohoilu.

Tutkimuksessa keskitytään aallokon aiheuttamaan impulssimaiseen liikehdintään. Impulssimainen liikehdintä mitataan yleisimmin g-monikertoina X-, Y- ja Z-akseleiden suuntaan.



Kuva 15. Aluksen X-, Z- ja Y-akselit.

Merenkulun nopeisiin aluksiin vaikuttavat myös ohjailuliikkeistä aiheutuvat kiihtyvyydet. Standardi ISO 11592 antaa kaavan [3] tarvittavan kääntösäteen arvioimiseen, jota käytetään maksimi moottoritehojen määrittämisessä. ISO 11592 on kohdennettu erityisesti $L_h < 8$ m veneille. Työvenesäännöistä löytyy kuitenkin sama kaava ja viittaus ISO 11592 standardiin, joten sillä voi arvioida myös aluksia joiden L_h on 8-24 m.

$$r = 6L_h + 2(v_{\max} - 30) \quad [3]$$

Keskeiskiihtyvyys voidaan laskea seuraavalla tavalla.

$$a_r = \frac{v^2}{r} \quad [4]$$

Täten siis L_h 10 m alus jonka v_{\max} on 40 solmua saa käännöskokeessa noin 5 g:n sivuttaiskiihtyvyyden, kun siihen määritetään moottoriteho työvenesääntöjen tai huvivenedirektiivin mukaisesti siten, että se vielä läpäisee käännöskokeen.

Normaalilla hidasvälitteisellä ruorihjauksella erittäin nopeat käännökset ovat vaikeita suorittaa, mutta yleistyvät sähkötoimisesti ohjattavat ohjausjärjestelmät saattavat tuoda haasteita myös nopeiden aluksien ohjailumanöövareiden aiheuttamiin kiihtyvyyksiin. Urheiluveneistä esimerkiksi Formula 1 luokan veneissä esiintyy myös huomattavia sivuttaiskiihtyvyyksiä veneiden tehdessä nopean käännöksen poijulla.

Tutkimuksen pääasiallisena kohteena on aallokon ja aluksen pohjan kohtaamisesta alukselle aiheutuvat kiihtyvyydet, joten ohjailumanöövareiden aiheuttamia kiihtyvyyksiä ei käsitellä enempää.

Miehistön operatiiviseen kuntoon saattaa vaikuttaa myös merisairaudeksi kutsuttu tila, mutta sitä ei käsitellä tässä tutkimuksessa. Se ei myöskään liity impulsseihin ja värähtelyihin, vaan matalataajuiseen noin 0,1 - 0,63 Hz taajuudella esiintyviin suuren amplitudin liikkeisiin. (Karppinen 1994.)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Ongelman määrittelyvaiheessa selvitetään ongelmaan liittyviä tekijöitä ja tarkastellaan niitä teoreettisesti fysiikan avulla. Kirjallisuustutkimusvaiheessa etsitään aineistoa jo suoritetuista kokeista, jotka liittyvät käsiteltävään ongelmaan. Teoreettisena tutkimusongelmana on määritellä impulssien mahdollisesti aiheuttamat traumat kirjallisuustutkimuksen avulla. Kyselytutkimuksen tutkimusstrategiaksi valittiin määrällisen aineiston koostaminen ja analysoiminen. Kyselytutkimus toteutetaan kvantitatiivisen tutkimuksen periaatteita noudattaen, ja tulokset kuvataan numeroilla ja tilastoilla. Deduktiivisen päättelyn logiikalla tarkastellaan saatuja tutkimustuloksia suhteessa aiemmin tehtyihin tutkimuksiin ja teorian tietoon. Koko työ voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen, jotka ovat teoria, empiirisistä kokemuksista saadut määrälliset tulokset, sekä tuloksia hyödyntävä tuotekehityksellisen konseptitasoinen ratkaisu.

3.1 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuustutkimuksessa haettiin tietoa aiheetta tutkivien yliopistojen ja muiden tutkimuslaitosten julkaisuista. Kirjallisuustutkimuksessa haettiin aineistoa esimerkiksi hakusanoilla: wave shock impact, high speed vessel, g-force, human tolerance for g-force ja boat suspension. Koska tutkittava asia on tällä hetkellä varsin kiinnostava ja ajankohtainen, aiheeseen liittyviä artikkeleita etsittiin myös alan teknisistä erikoisaikakauslehdistä. Esimerkkinä mainittakoon Professional Boatbuilder ja Finnboat News. Aiheeseen liittyvää kirjoittelua on satunnaisesti havainnut myös sanomalehdissä, joita ei sinällään käytetty tutkimuksen lähdemateriaalina, mutta ne omalta osaltaan osoittivat tutkimusongelman olemassaoloa ja kertoivat, että alan teollisuus on myös kiinnostunut aiheesta. Aiheeseen liittyen tutkittiin myös huvivenedirektiivin (94/25/EC, 2003/44/EY) ja VTT:n työvenesääntöjen (VTT Työvenesäännöt) käyttämiä standardeja.

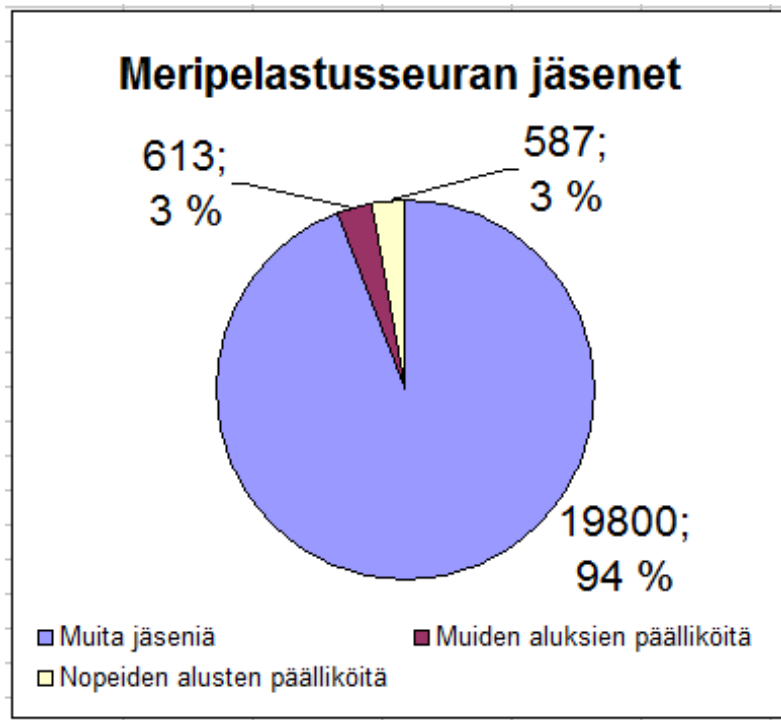
3.2 Kyselytutkimus

3.2.1 Kyselytutkimuksen kohderyhmä

Kyselytutkimuksen aineiston pohjaksi haluttiin henkilöitä, joilla on empiirisiä kokemuksia HSC-aluksilla liikkumisesta. Lopulta tutkimuksen kohderyhmäksi valikoitui Suomen Meripelastusseuran HSC-aluksien päälliköt.

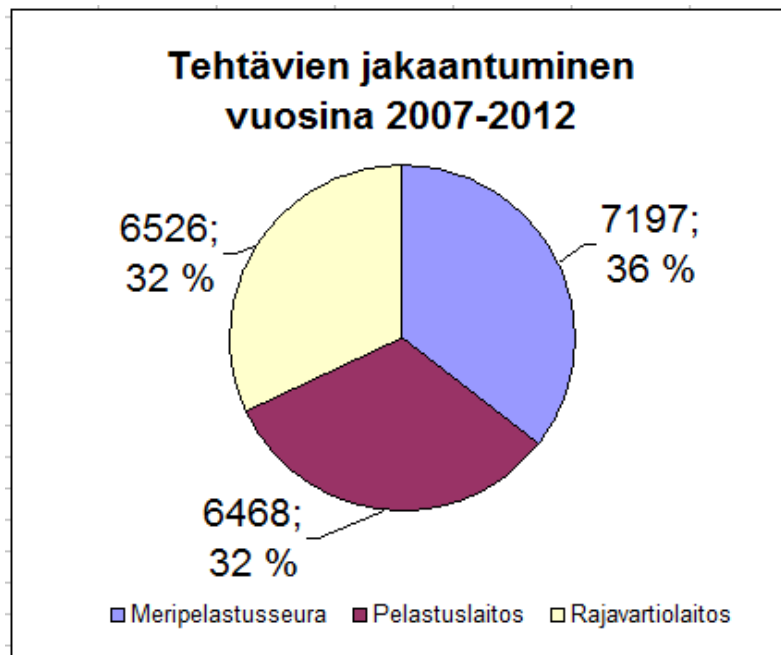
Meripelastusseuran jäsenistö soveltuu hyvin tutkimuksen kohderyhmäksi, sillä heillä on käytössään venekalustoa, joka sopii tehtyjen rajauksien puitteissa hyvin tämän tutkimuksen aihealueeseen. Meripelastajat operoivat nykyaikaisella ja työkäyttöön suunnitellulla kalustolla. Meripelastajat myös todennäköisemmin liikkuvat enemmän vaativissa olosuhteissa kuin keskivertohuviveneilijät. Meripelastusseuran operatiiviseen toimintaan kuuluu esimerkiksi ihmisten ja kaluston pelastamista. Pelastustöissä yksi olennaisista tekijöistä on aika, joka kuluu hälytyksen saamisesta onnettomuuspaikalle siirtymiseen. Siten ajan suhteen mahdollisimman nopeasta siirtymisestä onnettomuuspaikalle on operatiivista hyötyä. Meripelastajille annetaan aluksen ohjailuun ja turvalliseen kuljettamiseen koulutusta. Heillä on siis keskivertohuviveneilijää paremmat edellytykset kuljettaa operoimaansa alusta mahdollisimman turvallisesti.

Kysely toteutetaan meripelastusseuran nopeiden veneiden päälliköille suoritettavana kokonaistutkimuksena siten, että meripelastusseura valitsee jäsenistään ne, jotka toimivat alusten päällikköinä ja joilla on sopiva alustyyppi käytössään. Pois rajautuvat uppoumarunkoisten veneiden päälliköt ja muut seuran jäsenet. Seuran jäsenien kokonaismäärä on noin 21000 jäsentä, joista noin 1200 saa ajaa seuran alusta. Tutkimuksen tarkoitukseen sopivia nopeiden alusten päälliköitä on 587 henkeä. Seuralla on kirjoitushetkellä 152 alusta.



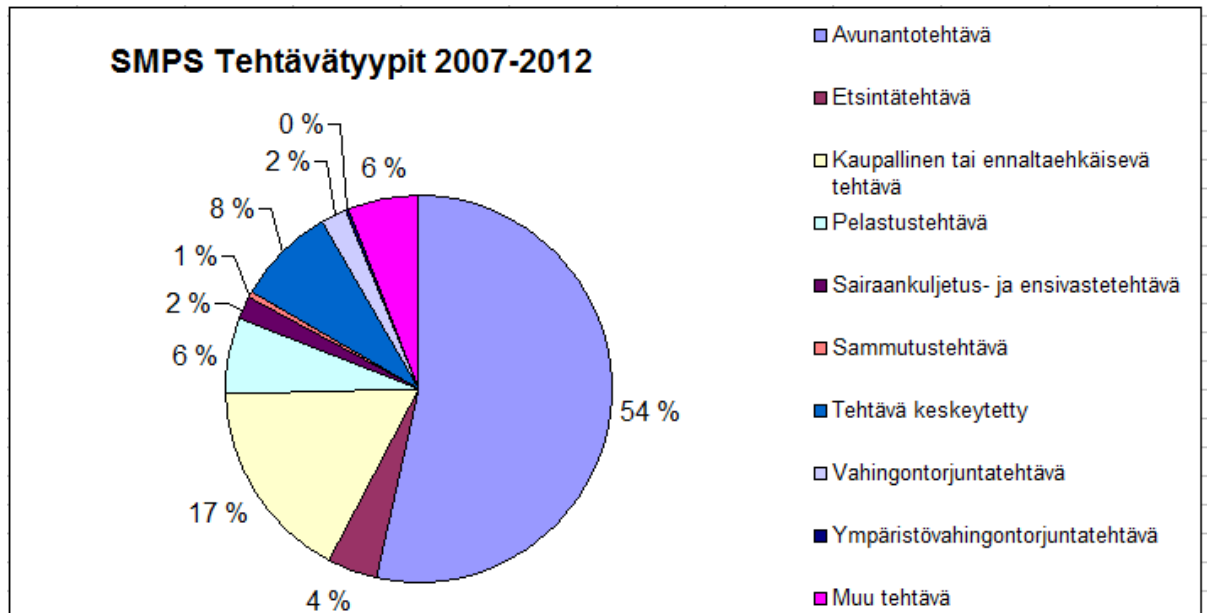
Kuva 16. Perusjoukon koko suhteessa kaikkiin meripelastusseuran jäseniin.

Meripelastusseura toimii Suomen järvi- ja merialueilla. Meripelastusseura toimii yhteistyössä pelastuslaitoksen ja rajavartiolaitoksen kanssa. Kuvassa 17. on esitetty, miten tehtävät jakaantuivat eri organisaatioiden kesken vuosina 2007 - 2012.



Kuva 17. Tehtävien jakaantuminen eri organisaatioiden kesken vuosina 2007 - 2012. Mukailtu: (Venäläinen 2013).

Meripelastusseura suorittaa monentyyppisiä tehtäviä. Suurimman luokan muodostavat avunantotehtävät 54 %. Toiseksi suurin luokka on kaupallinen tai ennaltaehkäisevä tehtävä 17 %. Kolmanneksi suurin luokka on tehtävä keskeytetty 8 %. Seuraavana 6 % osuudella on pelastustehtävät. Muut tehtävätyypit on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Suomen Meripelastusseuran tehtävätyypit vuosina 2007 - 2012. Mukailtu: (Venäläinen 2013).

3.2.2 Kyselylomakkeella kerättävät tiedot

Kyselylomakkeella kysytään 45 kysymystä, jotka liittyvät seuraaviin aihealueisiin:

1. Validiteettia mittaava kysymys 1 kpl
2. Kyselytutkimuksen vastaajien taustakysymykset 3 kpl
3. Merenkulun kokemus ja sen laatu 5 kpl
4. Alustyyppi, jolla useimmiten liikutaan 3 kpl
5. Tarvekartoitus nopeampaan alustyyppiin 2 kpl
6. Empiiriset kokemukset aaltoimpulsseista 3 kpl
7. Mahdollisten aaltoimpulssien esiintymisolosuhteet 2 kpl
8. Mahdolliset aaltoimpulssien vaikutukset 15 kpl
9. Aaltoimpulsseilta suojautuminen 8 kpl
10. Fyysinen kunto 3 kpl

Lopuksi on kaksi vapaan sanan kohtaa, joissa voi kertoa mielipiteensä aluksien aallokkokäyttötymisen parantamiseksi ja yleisesti kommentoida kyselyn sisältöä.

Kyselytutkimus alkaa validiteettia mittaavalla kysymyksellä, jossa on kolme kuvaa aluksista erilaisissa tilanteissa. Tämän jälkeen kyselytutkimuksessa kartoitetaan vastaajien taustaa ja kokemuksia merenkulusta oman organisaationsa parissa. Kokemustaustaa kartoitetaan vielä viimeisessä kysymyksessä mahdollisen huviveneilyharrastuksen osalta. Huviveneilyyn liittyvä kysymys on jätetty sarjassa viimeiseksi, vaikka muut kokemusta mittaavat kysymykset ovat alkupäässä. Tämä järjestys valittiin, jotta vastauksissa ehkäistäisiin sekaannuksia huviveneilyn ja vastaajien kohderyhmän organisaation (Meripelastusseura) välillä. Muu kysely koskee vain kohderyhmän organisaation toimintaa ja vain yksi kysymys mahdollista huviveneilyharrastusta.

Kyselyssä pyritään selvittämään minkälaisella aluskalustolla vastaajat liikkuvat. Kysymyksen kohteena on esimerkiksi alustyyppi, sen pituus ja nopeus.

Kyselytutkimuksella on tarkoitus tutkia merellä liikkuvien henkilöiden empiirisiä kokemuksia ja sitä, millaisia aaltoiskuja he ovat kokeneet. Luonnehdintaa, jolla ilmiötä sanallisesti kuvataan, pohdittiin huolellisesti ja päädyttiin määrittelyyn: kohtalaisen tai kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät ja impulssimaiset epämiellyttävät tuntemukset. Näillä tuntemuksilla tarkoitetaan ihmisen kehoon, tukirankaan ja sisäelimiin kohdistuvia voimaimpulsseja, jotka aiheutuvat aluksen liikemäärän äkillisestä muutoksesta aluksen osuessa aaltoon. Kysymyksellä on tarkoitus kysyä aaltoiskuista johtuvia impulssimaisia tuntemuksia. Aluksen kohtaamat aaltoimpulssit ja siitä aiheutuvat liikemäärän muutokset johtavat myös eri kehon osiin kohdistuviin inertiaivoimiin.

Tutkimuksessa pyritään myös kartoittamaan minkä tyyppisissä olosuhteissa aaltoimpulsseista mahdollisesti aiheutuvia negatiivisia tuntemuksia alkaa vastaajan mukaan esiintyä. Tarkoitus on myös tehdä päätelmiä siitä, millaisia nämä tuntemukset ovat vaikuttavuudeltaan ja millaisia mahdollisia vaikutuksia niillä on vastaajan operatiiviseen työskentelyyn.

Tutkimuksessa pyritään myös selvittämään minkälaisia rakenteellisia ja henkilökohtaisia suojausominaisuuksia meripelastajilla on tällä hetkellä käytössä.

Lisäksi pyritään selvittämään vastaajien fyysistä kuntoa, koska se on yksi vaikuttavista tekijöistä impulssien sietokyvyssä.

Kyselytutkimuksessa kartoitetaan muutamalla kysymyksellä myös erittäin nopeiden alusten tarvetta. Kyselytutkimuksesta saatujen vastausten perusteella voi myös arvioida, kuinka tärkeäksi vastaajat näkevät aaltoimpulssien vaimennuksen tarpeen tällä hetkellä. Tämän pohjalta voi tuottaa myös arvioita siitä, miten tarpeelliseksi vastaajat näkevät kaupallisen innovaation tuottamisen tällä hetkellä.

3.2.3 Tutkimuksen tekninen toteutus

Kyselytutkimus toteutettiin Webropol-nimisellä kyselytutkimussovelluksella. Webropolin sovelluseditorissa voi laatia kyselyn ja editoida näkymän haluamukseen. Kysely jaettiin vastaajille sähköpostitse internet-linkin kautta.

3.3 Patenttihakuselvitys

Patenttihakuselvitys tehtiin Espacenet ja Google Patents- tietokannoista hakemalla tietoa esimerkiksi sanoilla: boat suspension system, boat suspension, wave impact suspension ja boat shock impact. Lisäksi haettiin löydettyjen patenttien viittausten avulla muita läheisesti aihepiiriin liittyviä patenteja.

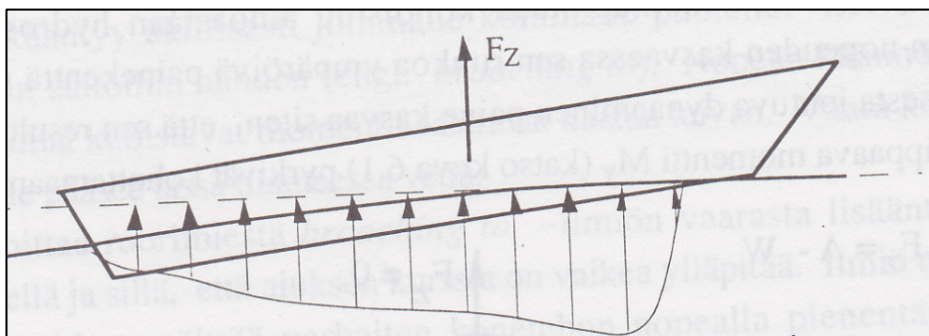
4 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN SISÄLTÖ

4.1 Ulkoiset ja sisäiset tekijät

Ulkoisiksi tekijöiksi määritellään aallokon aiheuttamat herätteet. Sisäisiksi tekijöiksi määritellään aluksen rungon muoto, ylläpidetty nopeus veden suhteen ja operaattorin vaikutus aluksen ohjailuun ja kulkuun. Aallokko käsiteltiin tutkimuksen johdannossa.

4.1.1 Nopeus veden suhteen

Superkriittisessä virtauksessa ja suurella SLR- kertoimella kulkevaan alukseen ei päde enää hydrostaatiikan oletus, jossa neste on levossa ja alukseen kohdistuu vain hydrostaattinen paine. Aluksen kulkiessa suurella nopeudella, sen pohjan alla vallitseva painekenttä muuttuu. Dynaaminen paine, joka syntyy veden virtauksesta, kasvaa ja alkaa vaikuttaa siten, että sen resultanttivoima kohottaa alusta kohti vedenpintaa. Dynaamisella paineella voi olla joko vakavuutta lisäävä tai alentava vaikutus, joka riippuu pohjan muodosta. Pyöreäpalteisen aluksen vakavuus voi huonontua ja teräväpalteisen parantua, mikä johtuu siitä, että teräväpalteisessa aluksessa poikittaissuuntaisen dynaamisen paineen nostovoima jakaantuu tasaisemmin. (Matusiak 2000.)



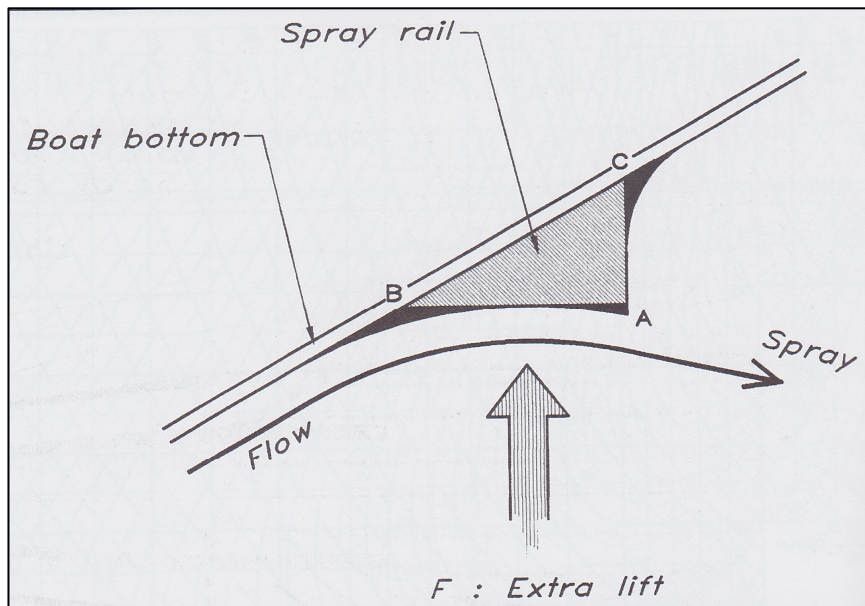
Kuva 19. Hydrodynaamisen paineen muodostama resultanttivoima (Matusiak 2000).

4.1.2 Rungon muodon vaikutus

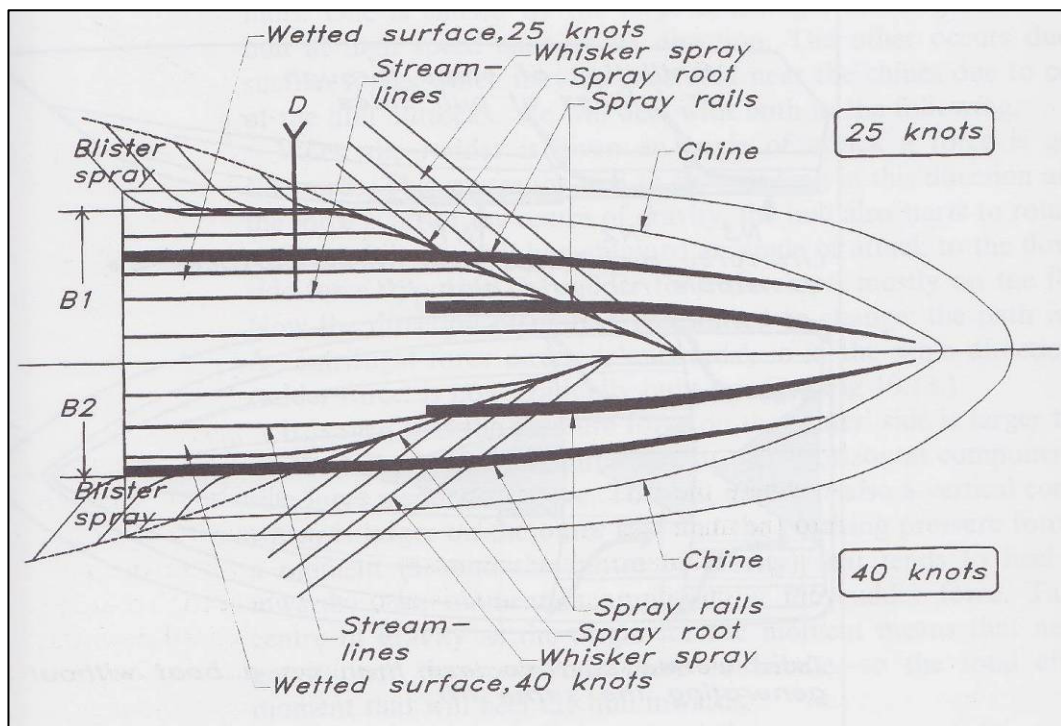
Aluksen runkomuoto vaikuttaa kulun tasaisuuteen ja tätä kautta esiintyviin kiihtyvyyksiin. Rungon suuri β - kulma alentaa kiihtyvyyksiä. Toisaalta suuri β -kulma vähentää hydrodynaamista nostetta, minkä vuoksi märkäpinta-ala kasvaa, josta taas seuraa se, että vastus kasvaa. Vastuksen kasvamisen myötä tarvitaan lisää tehoa. Lisääntyneen tehon tarpeen myötä tarvitaan enemmän polttoainetta ja lisää kantavuutta lisääntyneen painon vuoksi. Tämän vuoksi aluksen β - kulmaa ei voi kasvattaa äärettömästi, koska muuten vastus kasvaa liian suureksi. Pohjakulman kasvattaminen lisää myös roiskeiden poistumista veneen alta veneen pituusakselin poikittaiseen suuntaan. (Eliasson 2006, 187.)

Syvä V-pohja on sopii kovaan merenkäyntiin, mutta se luo huonosti nostetta. Nostetta tarvitaan märkäpinta-alan pienentämiseen ja vastuksen laskemiseen. Ongelma on perinteisesti ratkaista nousulistojen avulla. Nousulistat irrottavat virtauksen pohjasta, kääntävät veden roiske-suuntaa ja tuottavat lisää hydrodynaamista nostetta. Nousulistat eivät saa tuottaa liikaa nostetta aluksen perässä. Mikäli aluksen peräosassa olevat nousulistat tuottavat liian paljon hydrodynaamista lisänostetta, veneen osuessa aaltoon kiihtyvyydet ovat suuria. (Eliasson 2006, 194.)

Kasvattamalla β - kulmaa saadaan aluksesta merenkäyntiominaisuuksiltaan parempi. Vaikka suurempi β - kulma vaatii enemmän työntövoimaa tyynessä vedessä, aaltovastus pienenee β - kulmaa kasvattamalla. Kasvattamalla β - kulmaa 20 asteesta 30 asteeseen vähenee aaltovastus 20 %. Liikkeet aallokossa myös vaimenevat kovassa nopeudessa suurentuneen β - kulman myötä. β - kulmalla on suuri vaikutus kiihtyvyyksiin. β - kulman kasvattaminen 10 asteesta 30 asteeseen puolitti kiihtyvyydet keulassa ja CG-pisteessä. Alentamalla trimmikulmaa kuudesta neljään asteeseen kiihtyvyydet alenivat 33 %. Sama trimmikulman muutos kasvatti vastusta 40 %. (Savitsky 1976, 395.)



Kuva 20. Nousulistat (Eliasson 2006, 194).



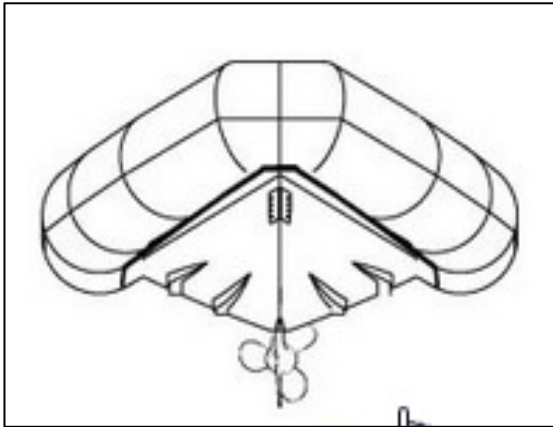
Kuva 21. Roiskeiden poistuminen rungon alta (Eliasson 2006, 195).

Kuvassa 21 näkyy nousulistojen vaikutus hydrodynaamiseen nosteeseen kahdella eri nopeudella. 25 solmun nopeudella roiskeraja kulkee palteen kohdalla. 40 solmun nopeudella hydrodynaaminen noste vaikuttaa siten, että roiskeraja on siirtynyt nousulistojen tasalle. Joskus nousulistat on katkaistu ennen perää, jolloin veneen poikittainen dynaaminen stabiliteetti on parempi suuremman hydrodynaamisen vastepinnan myötä. Nousulistoilla voi siis säädellä aluksen hydrodynaamista nostetta. (Eliasson 2006, 194.)

Jos alus kulkee liian pienellä hydrodynaamisella vastepinnalla, se saattaa muuttua dynaamisesti epätasapainoiseksi. Kuvatunlainen tilanne saattaa esiintyä aluksen suurimmilla nopeuksilla. Tällöin vene alkaa heilahdella roll/heel suunnassa palteelta toisille. Tilannetta kutsutaan pallekävelyksi (chine walking). Dynaaminen epätasapaino saattaa voimistua siten, että se alkaa vaikuttaa myös aluksen pitch/trim suunnassa. Aluksessa voi ilmetä samanaikaisesti pallekävelyn ja laukkauksen yhdistelmää, joka voi olla myös magnitudiltaan suurenevaa. Tilanteesta muodostuu helposti vaarallinen ja sen saa haltuun vain kaasua vähentämällä tai trimmaamalla konetta alaspäin. Tilanne myös tarkoittaa sitä, että rungon turvallisen nopeuden ja ennakoitavan käytöksen rajat on ylitetty. (Isomeri 2011.)

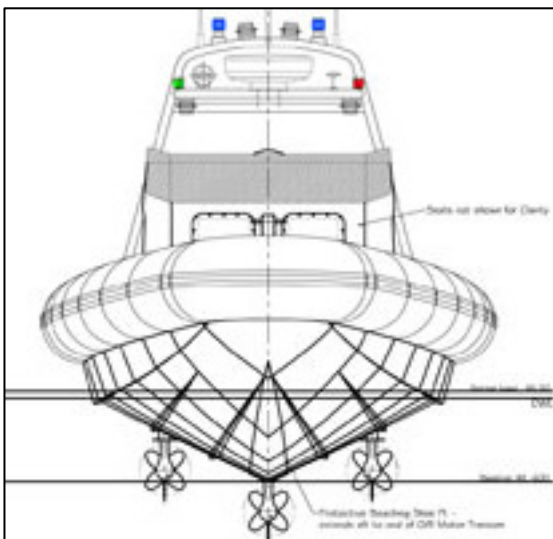
RIB-veneillä on monia hyviä puolia, kuten esimerkiksi hyvä hydrostaattinen alkuvakavuus, kiinteät lepuuttajat kyljissä ja keulan vähäinen sukellustaipumus. Siksi onkin ymmärrettävää, että ne ovat erityisen suosittuja eri viranomaistehtävissä. RIB- veneisiin liittyy kuitenkin eräs mielenkiintoinen seikka pystykiihtyvyyksiin vaikuttavia seikkoja pohdittaessa. RIB- veneissä sivuponttoonit voivat joissain tilanteissa toimia leveiden nousulistojen tavoin. Ne muodostavat leveän lateraalisen osan, jonka seurauksena hydrodynaamiset paineiskut aallokossa ajaessa voivat olla suuria.

Kuva 22. esittää matalarunkoista RIB-venettä, jonka ponttoonit saavat helposti kosketuksen veteen aallokkoajossa. Ponttoonien osuessa veteen aiheutuu voimakkaita hydrodynaamisia paineiskuja.



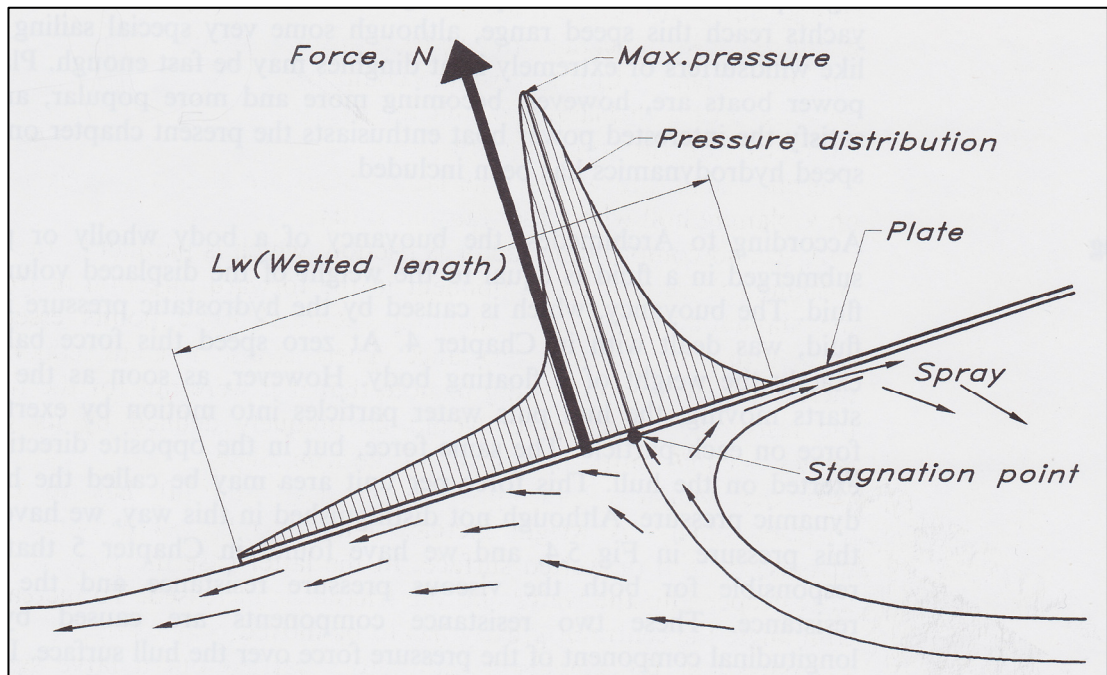
Kuva 22. RIB-vene matalalla rungolla. (ARESA Marine)

Kuvassa 23. on runkomalliltaan korkeampi RIB vene. Tämän veneen ponttoonit eivät osu veteen pienessä aallokossa ajettaessa, mutta suurempiin aaltoihin ajaessa ja poikkeustilanteissa nekin saattavat saada kosketuksen veteen. Hydrostaattinen alkuvakavuus on heikompi kuin matalarunkoisessa mallissa.



Kuva 23. RIB-vene korkealla rungolla. (Devilliers Design)

Jotta saavutetaan korkeita nopeuksia $SLR > 2,8$ on järjestettävä tehokas tapa katkaista ja irrottaa virtaus rungosta, niin perässä kuin myös sivuilla. Tämä saavutetaan esimerkiksi terävillä palteilla ja mahdollisesti roiskelistoilla, jotka auttavat roiskeiden irtoamista rungosta. (Rosén 2004, 17.)



Kuva 24. Hydrodynaamisen nosteen painejakauma ja resultanttivoima liukuvan aluksen rungossa (Eliasson 2006).

Hydrodynaamisen voiman resultantti sijaitsee aluksen CG-pisteen etupuolella. Tästä syystä johtuen aaltoiskut aiheuttavat alukseen CG- pisteen molemmin puolista huojuntaa (pitch). Tämä liike voi olla suurempaa kuin varsinainen kohoilu (heave) CG- pisteessä. Tästä syystä johtuen g- voimien mittaukset kannattaa suorittaa aluksen CG- pisteestä. Kiihtyvyydet ja liikeradat ovat suurempia muissa kohdissa. Tästä johtuen myös aluksen operaattorin paikalla on merkitystä siihen, kuinka suuret kiihtyvyydet operaattoriin kohdistuu.

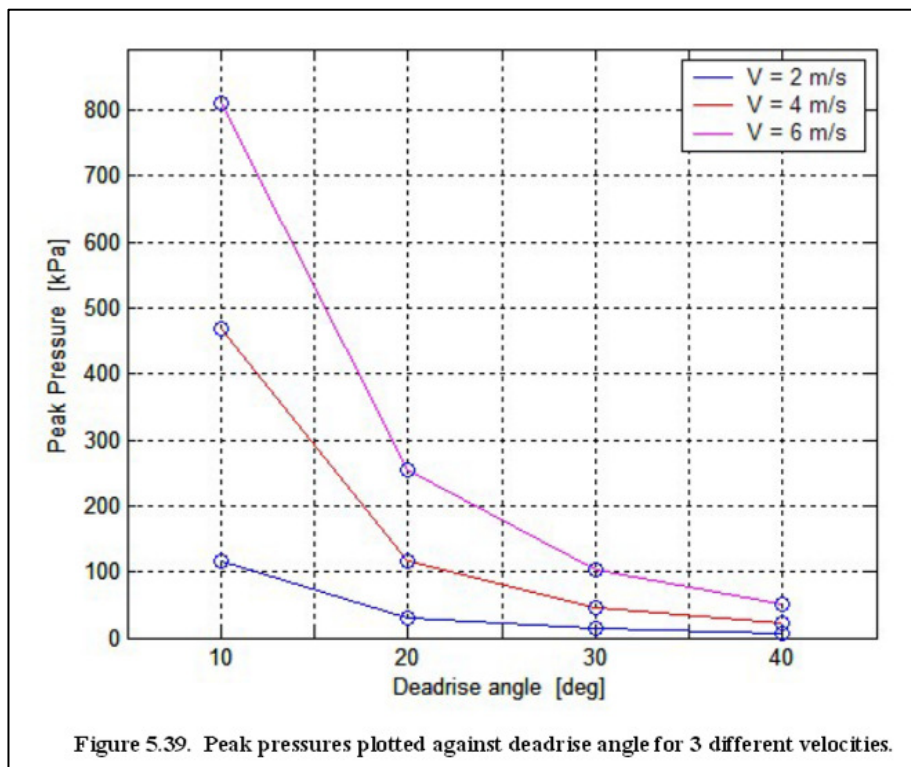
4.1.3 Operaattorin vaikutus

Minkä tahansa aluksen turvallinen kuljettaminen kovassa merenkäynnissä riippuu operaattorin kyvyistä, kokemuksesta ja tilannetietoisuudesta.

Merellä voi operoida hyvinkin hankalissa ja vaativissa olosuhteissa, mutta operaatioiden onnistuminen riippuu paljolti taitavista ja hyvin koulutetuista alusten operaattoreista. Huono harkintakyky yhdessä kovan tuulen ja aallokon kanssa voi johtaa vakaviin seurauksiin. RIB- veneellä voi manöveroida jopa murtuvassa aallokossa, mutta mahdollisuudet vakavaan virheeseen kasvavat operaattorin väsyessä. Jos kovassa merenkäynnissä operoidaan pitkäaikaisesti, operaattorin väsymys voi vaikuttaa aluksen kuljettamiseen. Väsyminen vaikuttaa operaattorin kykyyn kuljettaa alusta turvallisesti. Jokainen kokenut aluksen operaattori tietää, että henkisen ja fyysisen väsymyksen alkaessa vaikuttaa, muuttuu aluksen kulku kovemmaksi. Pitkäaikainen altistuminen kovalle merenkäynnille voi johtaa siihen, että aluksen operaattorin reaktiokyky ja kyky kuljettaa alusta pehmeästi laskee. Monet tekijät vaikuttavat operaattorin suorituskykyyn, kuten esimerkiksi: sää, lämpötila, aallokon suuruus, äänenpaine, lämpötilan ja tuulen yhteisvaikutus sekä jatkuvat aalloista aiheutuvat impulssit. (Rigid Hull Inflatable Operator Training 2000 ,73-80). Operaattorin kyvyillä ja taidoilla kaasun ja ohjauksen käytössä on raportoitu merkittäviä vaikutuksia HSC-alusten liikkeissä. (Townsend 2012.)



Kuva 25. Aallosta hyppäävä alus (Professional Boatbuilder number 149. 2014).



Kuva 26. Paineiskut paneeleissa.(Breder 2005).

Kuva 26 esittää maksimipaineita paneelissa kolmella eri kohtaamisnopeudella. Kuvaajasta voidaan hyvin arvioida, mikä merkitys pohjakulmalla on pohjapaneelin paineisiin ja tätä kautta verrannollisesti aallokon aiheuttamiin kiihtyvyyksiin.

V-pohjan ominaisuuksien optimaalinen hyväksikäyttäminen vaatii sitä, että vene kulkee oikein trimmattuna. Operaattorilla, tuulella ja lähestymiskulmalla on tähän huomattava vaikutus. Kun tarkastellaan kuvaa 26 paineiskut paneeleissa, havaitaan että β - kulma vaikuttaa suoraan paneelissa esiintyviin paineisiin. Siten aluksen kallistus ja aallon kohtaaminen eri aluksen roll ja pitch kulmilla vaikuttavat oleellisesti siihen millaisia kiihtyvyyksiä kohtaamisessa esiintyy. Paneelin kohdatessa veden 6 m/s nopeudella paneeliin kohdistuvaan paineeseen aiheutuu suurimmillaan noin 300 % vaihtelu riippuen siitä, mikä kulma paneelilla on vaihteluvälin ollessa 10-20 astetta. Useissa alustyypeissä 10-20 astetta on melko yleinen β -kulma. Kymmenen asteen trimmi roll/heel suuntaan siis kolminkertaistaa vallitsevan paineen paneelissa, jos alus osuu aaltoon 10 asteen poikkeamalla optimaalisesta trimmitilanteesta. Lisäksi erilaiset kohtauskulmat aallokon kanssa vaikuttavat siihen, miten aluksen runko käyttäytyy kohdatessa aallon. Tuulen vaikutusta voidaan kompensoida aluksen operaattorin toiminnalla tai trimmijärjestelmällä. Tämä vaatii aluksen operaattorilta aktiivista ajamista ja kulkulinjan ja trimmilinjan jatkuvaa säätämistä aallokon suhteen. Tuulen kallistavaa voimaa voi arvioida esimerkiksi Jerzy Matusiakkin kirjassaan Laivan kelluvuus ja vakavuus esittämällä kaavalla 5.

$$F_{w,y} = \frac{1}{2} \rho_a V_w^2 A_L C_y \quad [5]$$

Toinen kaava jolla voi arvioida tuulen vaikutusta aluksen kallistumiseen on esitetty standardissa EN ISO 12217-1 Small Craft - Stability and buoyancy assesment and categorization.

$$M_w = 0,3 A_{LV} (A_{LV} / L_{WL} + T_M) v_w^2 \quad [6]$$

Huviveneiden rakenteita koskevassa standardikokoelmasta löytyy standardi ISO 12215-5 Veneet. Rungon rakenne. Mitoitus. Osa 5: Yksirunkoisten veneiden mitoituspainet, mitoitusjännitykset, mitoituksen määrittely. Standardi kattaa huviveneet pituusluokassa L_H 2,5 - 24m. Standardissa rajoitetaan nopeus m_{LDC} tilassa maksimissaan 50 solmuun.

ISO 12215-5 standardi antaa seuraavat kaavat, joilla voidaan arvioida dynaamisia kiihtyvyyksiä.

$$n_{CG1} = 0,32 \left(\frac{L_{WL}}{10 * B_C} + 0,084 \right) * (50 - \beta_{0,4}) * \frac{V^2 * B_C^2}{m_{LDC}} \quad [7]$$

$$n_{CG2} = \frac{0,5 * V}{m_{LDC}^{0,17}} \quad [8]$$

Standardissa käsketään käyttämään kaavan n_{CG1} arvoa jos se on $\leq 3,0$

Jos n_{CG1} on $> 3,0$ käsketään käyttämään n_{CG2} arvoa.

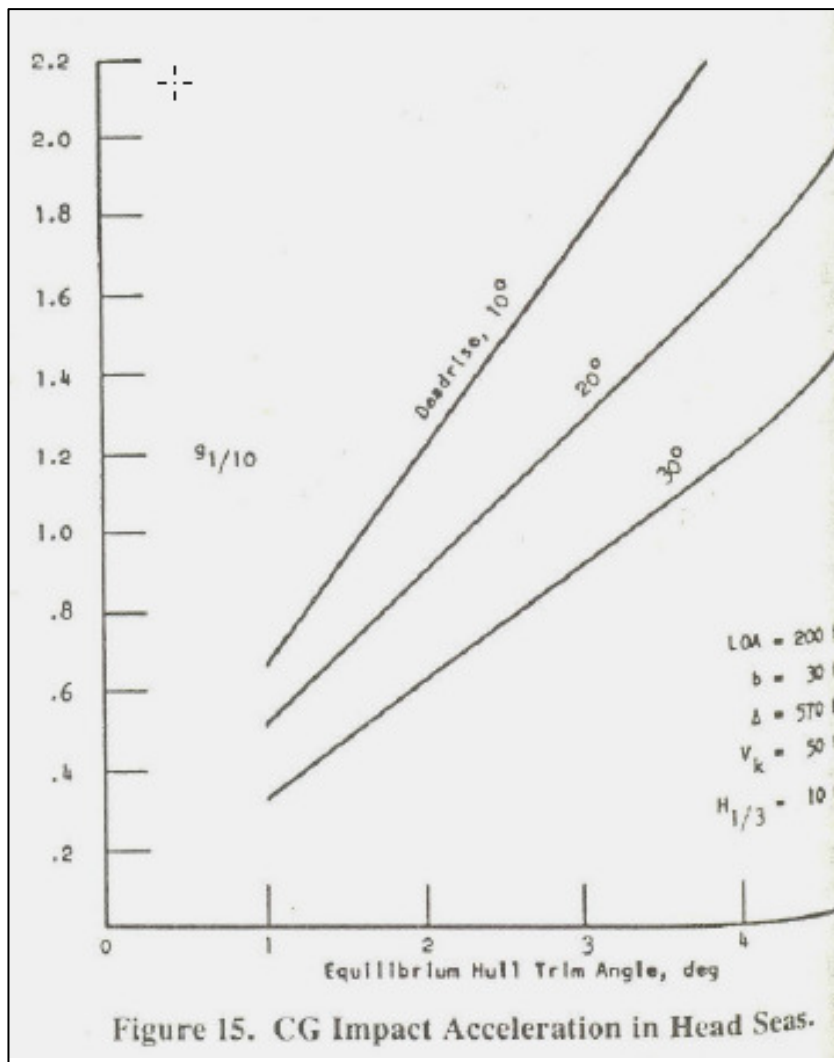
Standardissa sanotaan, että n_{CG} arvoksi on otettava joka tapauksessa > 7 .

Standardissa ilmoitetaan että kaavat on johdettu käytännön kokeiden perusteella.

Laskentakaavan tarkoitus on määrittellä perheveneelle sopiva raja-arvo, jota käytetään standardin laminaattimäärittelyssä. Standardissa huomautetaan että kyseiset arvot on määritetty perheveneille ja "supersporttien" tai kilpaveneiden miehistöjen on hyväksyttävä korkeampia kiihtyvyyksiä. Tällöin on kuitenkin huolehdittava siitä, että miehistöllä on tukea antavat ja jousitetut penkit tai muuta välineistöä, joilla ehkäistään korkeiden g-voimien aiheuttamat traumat. (ISO 12215-5, 2008.)

Savitsky (Savitsky 1985) esittää seuraavan kaavan kiihtyvyyksien arvioimiseen.

$$\bar{n}_{CG} = 0,0104(H_{1/3}/b + 0,084)\tau/4(5/3 - \beta/30)(V_K/\sqrt{L})^2(L/b)/C\Delta \quad [9]$$



Kuva 27. Aaltoimpulssien magnitudin vaihtelu trimmikulman mukaan (Savitsky 1985, 126).

Savitsky (Savitsky 1985) esittää myös kaavion (kuva 27), jossa on trimmikulman suhteen odotettuja kiihtyvyyksiä 50 solmun nopeudella $H_{1/3}$ 3 m korkuisessa aallokossa. Kuva 27 on L_{oa} 60 m aluksesta, joten se on rajauksissa määriteltyjen arvojen ulkopuolella. Kaaviosta kuitenkin näkee selkeästi trimmikulman vaikutuksen, joten se on sisällytetty selvitykseen.

Kuvaajasta 27 voi huomata yhteyden trimmikulman ja kiihtyvyyden suhteen. Trimmikulman muutos 1-4 asteeseen moninkertaistaa aallokosta aiheutuvat kiihtyvyydet.

4.2 *Miehistöön kohdistuvat liikkeet*

Aallokko toimii herätteenä ja johtaa aluksen rungon kautta siinä matkustavaan miehistöön vasteita. Tässä tutkimuksessa ne on jaettu kolmeen osa-alueeseen: värähtely, slamming- ja shokki-iskut.

Aluksessa esiintyy värähtelyjä, jotka ovat lähtöisin eri herätteistä. Herätteenä voi toimia esimerkiksi aluksen akselisto, aallokko tai moottori. Akselisto ja moottori aiheuttavat korkeataajuisempaa värähtelyä; aallokon ja rungon kohtaaminen taas matalataajuisempaa. Aallokko ja sen muoto aiheuttavat herätteen veneen runkoon, kun alus on kulussa. Värähtelyt, slamming- ja shokki-iskut ovat läheisessä suhteessa toisiinsa. Ne esiintyvät vain eri taajuudella, eripituisina ja eri suuruisina. Syntymekanismi niillä on kuitenkin sama: aallokon ja aluksen kohtaamisesta aiheutuva kontakti. Aaltoiskuista aiheutuu liikemäärän muutos, jossa aluksen liikemäärän muutos muuttuu rungon kautta veden roiskeiksi, sekä ihmiskehon ja lastin liikkeiksi.

4.2.1 *Värähtely ja tärinä*

Värähtelyllä voidaan tarkoittaa monenlaisia asioita. Veneiden ja laivojen moottorit, akselistot, pumput jne. voivat aiheuttaa värähtelyjä aluksen runkoon ja sitä kautta johtamalla miehistöön.

Tässä tutkimuksessa käsitellään aallokon aiheuttamaa värähtelyä. Värähtely ja tärinä ovat aaltoliikettä. Kuten muutkin aaltoliikkeet, nekin kuljettavat energiaa. Tärinä voi liikkua jonkin mekaanisen rakenteen läpi. Rakenne voi olla esimerkiksi työkalu tai alus, josta tärinä välittyy ihmiskehoon.

Alus, jolla on riittävä nopeus ja joka etenee sopivassa aallonkorkeudessa, kokee aalloista muodostuvaa aaltovärähtelyä. Taajuus Hz riippuu aluksen ja aallokon kohtaamisnopeudesta. Aaltojen nopeuteen vaikuttaa aallonpituus. Alla olevaa kaavaa

voi käyttää, mikäli veden syvyys h on huomattavasti suurempi kuin aallonpituus λ .
(Inkinen 2003, 27.)

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \quad [10]$$

Jos taas veden syvyys on huomattavasti pienempi kuin aallonpituus, saadaan aallon nopeus kaavalla (Inkinen 2003, 275).

$$v = \sqrt{gh} \quad [11]$$

Siten esimerkiksi alus, joka liikkuu yli 10 metrin syvyisessä vedessä 40 solmun nopeudella kohtisuoraan vasta-aallokkoon H_s 0,15 m, jonka aallonpituus λ on 3 m, liikkuu veden suhteen 22,7 m/s.

Taajuuden Hz määritelmä on

$$Hz = \frac{1}{s} \quad [12]$$

joten taajuuden määritelmän mukaan aallokon aiheuttamaksi rungon aaltovärähtelytaajuudeksi saadaan ~ 8 Hz, kun λ on 3 m.

Tällöin yhden aaltoimpulssin kohtaamisen kestoajaksi tulee $1 \text{ s} / 8 \text{ Hz} = 0,125 \text{ s}$.

Lukemalla kuvaa 28 ja 29 havaitaan, että 8 Hz taajuinen värähtely voi aiheuttaa esimerkiksi epämukavan olon tunnetta ja vatsaoireita. Lisäksi taajuus osuu esimerkiksi pään ja vatsan ominaistaajuuksille. Kuvasta 30. selviää, että ~ 8 Hz taajuudella saattaa olla vaikutuksia myös esimerkiksi puheeseen, lukemiseen ja instrumenttien seuraamiseen.

Symptoms	Frequency
General feeling of discomfort	4-9
Head symptoms	13-20
Lower jaw symptoms	6-8
Influence on speech	13-20
"Lump in the throat"	12-16
Chest pains	5-7
Abdominal pains	4-10
Urge to urinate	10-18
Increased muscle tone	13-20
Influence on breathing movements	4-8
Muscle contractions	4-9

Kuva 28. Eri taajuuksien oireita.(Rasmussen 1982).

Figure 5.5.2.3.1-1 Body-Part Vibrant Resonant Frequency Region (1-G Bias)

Body component	Resonant frequency (Hz)
Whole body, standing erect	6 & 11-12
Whole body, standing relaxed	4-5
Whole body, (transverse)	2
Whole body, (sitting)	5-6
Head	20-30
Head, sitting	2-8
Eye ball	40-60
Eardrum	1000
Head/shoulder, standing	5 & 12
Head/shoulder, seated	4 -5
Shoulder/head, transverse rib	2-3
Main torso	3-5
Shoulder, standing	4-6
Shoulder, seated	4
Limb motion	3-4
Hand	1-3
Hand	30-40
Thorax	3.5
Chest wall	60
Anterior chest	7-11
Spinal column	8
Thoraco-abdominal viscera (semi-supine)	7-8
Abdominal mass	4-8
Abdominal wall	5-8
Abdominal viscera	3-3.5
Pelvic area, semi-supine	8

Kuva 29. Kehonosien resonanssitaajuuksia (NASA 1995. Section 5. 5.2.3.1-1).

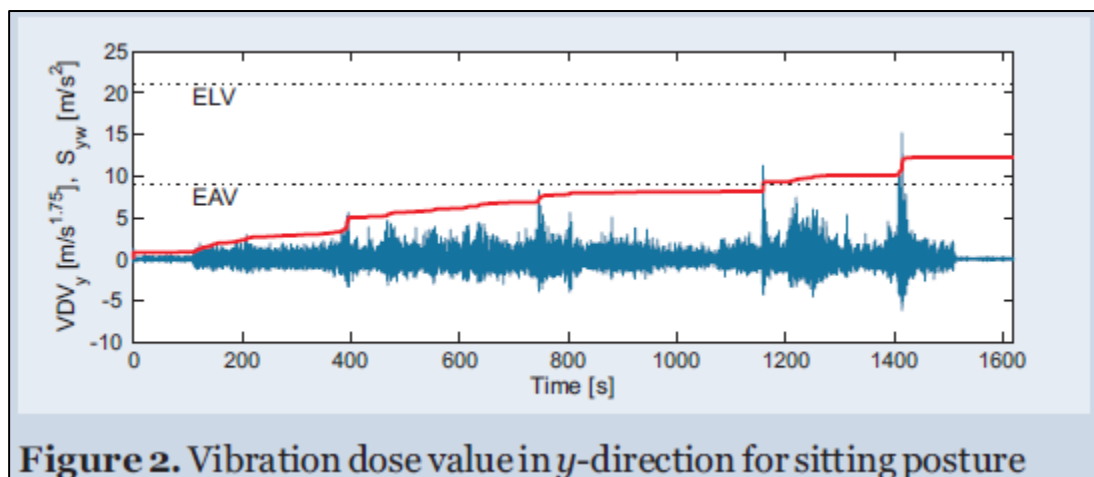
Figure 5.5.2.3.2-1 Sensitive Vibration Frequencies Affecting Human Performance

Activity	Frequency range (Hz)
Equilibrium	30 - 300
Tactile sense	30 - 300
Speech	1 - 20
Head movement	6 - 8
Reading (texts)	1 - 50
Tracking	1 - 30
Reading errors (instruments)	5.6 - 11.2
Manual tracking	3 - 8
Depth perception	25 - 40, 60 - 40
Hand grasping handle	200 - 240
Visual task	9 - 50

Kuva 30. Eri taajuuksien aiheuttamia ongelmia (NASA 1995. Section 5. 5.2.3.2-1).

Ajoneuvoissa jotka liikkuvat maalla, merellä ja ilmassa esiintyy erilaista mekaanista tärinää. Värähtely- ja tärinäarvoille on kehitetty erilaisia laskennallisia arviointitapoja. Tärinää, joka siirtyy esimerkiksi laivoissa tai muissa aluksissa tärisevien pintojen, istuimen tai jalkojen kautta kehoon, kutsutaan koko kehon tärinäksi (WBV). Kehoon kohdistuvan tärinän ominaispiirteisiin kuuluu, että siihen sisältyy usein monia eri taajuuksia, ja tärinä vaikuttaa vaihdellen monessa eri suunnassa. Kehon asennolla on myös huomattava merkitys tärinän vaikutukselle. Koko kehon tärinä aiheuttaa kehon sisällä erilaisia kehon sisäisiä liikkeitä ja voimia. Biologiset vaikutuksen vaihtelevat henkilöstä riippuen. Henkilö saattaa tuntea esimerkiksi epämukavuuden tunnetta, ja tällä voi olla vaikutusta inhimilliseen suorituskäyttöön. Biodynaamisissa ja epidemiologisissa tutkimuksissa on ollut viitteitä siitä, että riski terveyden heikkenemiseen pitkän WBW-tärinäaltistuksen jälkeen lisää riskiä esimerkiksi lannerangan ja sen hermostollisen järjestelmän vaurioon. WBW- tärinä voi vaurioittaa myös esimerkiksi niskan ja hartian seutua, ruuansulatusjärjestelmää, naisen sukuelimiä, ääreisverenkiertoa ja sisäkorvaa. (SFS-Käsikirja 93-14. 2010.)

Veneissä esiintyvää WBV- tärinää on mitattu esimerkiksi Southamptonin yliopiston tekemässä tutkimuksessa Human factors in the design of high speed marine craft. Koe suoritettiin RIB-X Expert XT650 merkkisellä RIB veneellä. Koehenkilönä oli 26-vuotias, 170cm pitkä ja 72kg painoinen mieshenkilö. Koeajoaika oli noin 30 minuuttia ja keskimääräinen aluksen nopeus 25 solmua. Merenkäynti oli Sea State 3 tasolla (aallonkorkeus 0,5 - 1,25 m / tuulenoisuus 5,5 - 7,9 m/s). Kokeessa mitattiin WBV-tärinän lisäksi myös ihmisen biologisia toimintoja, kuten esimerkiksi sykettä. Kuva 31. esittää VDV- arvoa (tärinäannoksen arvo). Kaaviossa on esitetty arvot Y-akselin suhteen. EAV (altistuksen toiminta-arvo) ylittyi 19 minuutin kohdalla (1140 s). (Nikolic.)



Kuva 31. RIB-veneestä mitattu koko kehon tärinä eräässä kokeessa (Nikolic).

Toinen Southamptonin yliopiston tekemä koe, jossa mitattiin tärinäannoksen arvoa (VDV), osoitti että nopealla RIB-veneellä laskennalliset suositellut raja-arvot ylitetään varsin helposti. Kokeessa ajettiin Atlantic 75-merkkisellä RIB-veneellä, jota operoi kokenut RNLI :n operaattori. Koeajoja tehtiin kaksi, jotka olivat pituudeltaan 90 minuuttia ja 70 minuuttia. Merenkäynti oli Sea State 2-3 tasolla (aallonkorkeus 0,1 - 1,25 m / tuulenoisuus 3,4 - 7,9 m/s) ja keskinopeus oli 15-20 solmua. Kokeessa VDV-arvoksi tuli $49,5 \text{ m/s}^{-1,75}$, kun maksimi päivittäinen annos Euroopan Direktiivin 2002/44/EC mukaan on $21 \text{ m/s}^{-1,75}$. (Allen.)

4.2.2 Impulssit

Liikkeessä olevalla kappaleella on liikemäärä \vec{p}

Liikemäärän yhtälö

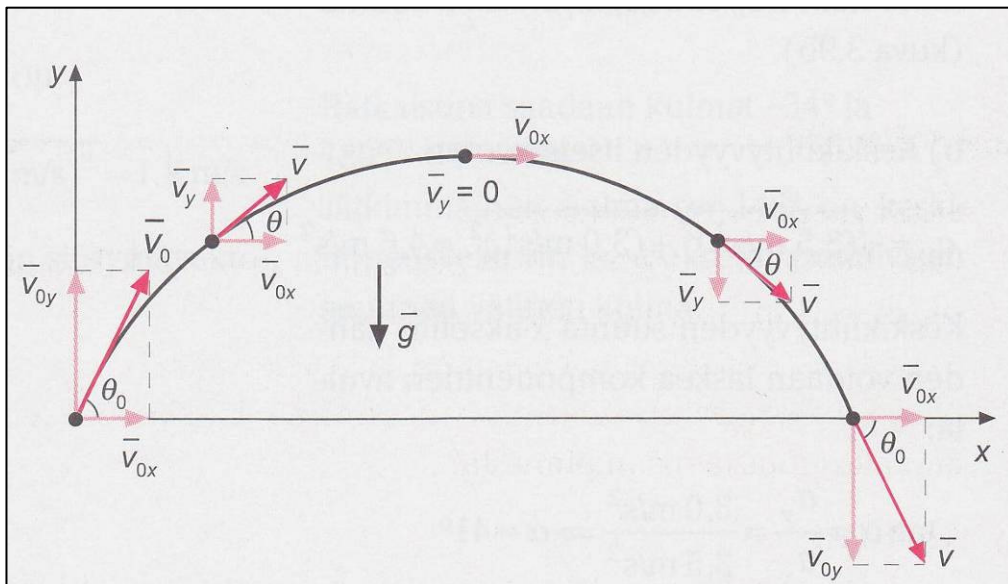
$$\vec{p} = m\vec{v} \quad [13]$$

Systemin kokonaisliikemäärä juuri ennen törmäystä on yhtä suuri kuin heti törmäyksen jälkeen.

Impulssilain

$$\vec{I} = \Delta\vec{p} \quad [14]$$

mukaan kokonaisvoiman impulssi on yhtä suuri kuin kappaleen liikemäärän muutos.



Kuva 32. Paraabelikäyrän komponentit (Inkinen 2003).

Koordinaattiakselien mukaiset liikekomponentit ovat

$$v_{ox} = v_0 \sin \theta_0 \quad [15]$$

$$v_{oy} = v_0 \sin \theta_0 \quad [16]$$

Täten esimerkiksi alus joka liikkuu 40 solmun nopeudella (20,6m/s) ja jonka lähtökulma θ on 15° , laskeutuu veteen vektorin nopeudella V_{oy} 5,3 m/s (10,3 solmua).

Jotta aaltoimpulssista aiheutunut liikemäärän muutos voitaisiin muuttaa muuksi kuin ihmiskehon liikkeiksi, tarvitaan laite, joka muuttaa liikemäärän muutoksesta syntyneen energian toiseen muotoon.

4.2.2.1 Slamming-impulssit

Pienemmissä merenkulun aluksissa esiintyy erityisiä slamming-iskuja. Nämä iskut ovat seurausta pienemmästä inertiaivoimasta. Isossa laivassa vaikuttavat suuremmat inertiaivoimat, jotka vastustavat aaltojen liikemäärästä syntyviä impulsseja. Liikkeet esiintyvät tämän vuoksi eri taajuisina ja erilaisilla amplitudeilla kuin pienaluksissa. Pienaluksissa esiintyvät impulssit voivat olla niin suuria, että ihmisen toiminta häiriintyy. Häiriintyviä toimintoja voivat olla esimerkiksi navigointi, instrumenttien lukeminen ja muu aluksessa toimiminen. Slamming-iskujen terveydelliset vaikutukset voivat liittyä selän alueen vammoihin. (Hentinen 2001.)

Suhteellisen kevyt ja suurilla frouden luvuilla toimiva vene kulkee aallokossa siten, että se kulkee lähes aallonharjoilla aallonpituuden osuessa sopivaksi nopeuden kanssa. Kuvatunlaisia veneitä voivat olla esimerkiksi nopeat RIB-veneet. Aluksen kulkiessa aallokossa se liikehtii oman nopeutensa ja aallokosta johtuvien impulssien taajuudella. Aallokon ollessa sopivan korkuista ja pituista, alus tekee hyppyjä aaltojen harjoilta. Kulmamuuutos θ riippuu aluksen nopeudesta, aluksen CG-pisteen sijainnista, aluksen trimmikulmasta (τ) kohtaamishetkellä, keulan muodosta, runkokulman β suuruudesta, aallon korkeudesta (y), aallon pituudesta (λ), sekä kohtaamiskulmasta aallon kanssa.

Aluksen operaattorilta vaaditaan sopivaa ajonopeutta ja kykyä pitää vene oikeassa trimmilinjassa poikittais- ja pituussuuntaisen akselin suhteen. Aallokon epäsäännöllinen esiintymissuunta ja muoto voivat vaikeuttaa ajamista. Aaltojen iskemistä veneen pohjaan kutsutaan slamming-iskuiksi tai aaltoiskuiksi. Aallokossa nämä iskut ovat jatkuvasti toistuvia, eikä niitä voi välttää, mikäli ylläpidetään nopeutta $F_n > 1$. Kun ajetaan aallokkoa myöden tai vastaisesti, ovat suurimmat iskut kevyissä aluksissa yleensä Gz suuntaisia.



Kuva 33. RIB- vene aallokossa. Peräaalloista näkee kulun epätasaisuuden ja liikemäärien muutoksen vesiroiskeiksi (Norsafe Magnum 850 S - 900hp).



Kuva 34. Pienveneen liikemäärän muutos vesiroiskeiksi noin 30 solmun nopeudessa. (Scand 550, 140hp)

Southamptonin yliopiston tekemässä tutkimuksessa ajettiin testiajoja Atlantic 75 RIB-veneellä. Tutkimuksessa ajettiin 90 ja 70 minuutin pituiset testiajot. Merenkäynnin arvioitiin olevan koeajossa 1 noin Sea State tasolla 3 (aallonkorkeus 0,5 - 1,25 m / tuulennopeus 5,5 - 7,9 m/s). Koeajossa 2 merenkäynnin arvioitiin olevan Sea State 2 tasolla (aallonkorkeus 0,1 - 0,5 m, tuulennopeus 3,4 - 5,4 m/s). Alusta operoi RNLI:n operaattori (Royal National Lifeboat Institution). Mukana oli kaksi matkustajaa. Keskimääräinen nopeus oli 15-20 solmua riippuen lähestymiskulmasta aallokon kanssa. (Allen.)

Acc. Mag.	X-axis (Longitudinal)			Y-axis (Lateral)			Z-axis (Vertical)		
	Trial 1	Trial 2	Total	Trial 1	Trial 2	Total	Trial 1	Trial 2	Total
0-1 g	1001	854	1855	1415	1681	3096	857	1601	2458
1-2 g	28	2	30	208	89	297	810	476	1286
2-3 g	2	0	2	36	9	45	298	84	382
3-4 g	1	0	1	4	0	4	119	18	137
4-5 g	0	0	0	1	0	1	53	1	54
5-6 g	0	0	0	0	0	0	28	1	29
6-7 g	0	0	0	0	0	0	13	0	13
7-8 g	0	0	0	0	0	0	4	0	4
8-9 g	0	0	0	0	0	0	2	0	2
>9g	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1032	856	1888	1664	1779	3443	2184	2181	4365

2. Breakdown of impact magnitudes detected in 3-axes from unweighted accelerations during both trials.

Kuva 35. Testitulokset (Allen).

Taulukosta (kuva 35) voidaan havaita että pääosa X-akselin suuntaisista iskuista oli alle 1g. 1001 kpl (97 %) ja 854 kpl (99 %). Suurimmat iskut olivat 3-4g luokkaa.

Y-akselin suuntaiset impulssit olivat myös pääosin alle 1g luokkaa. Alle 1 g:n iskuja oli koeajolla 1 1415 kpl (85 %) ja 1681 kpl (95 %) koeajolla 2. Yli 1g suuruisia iskuja oli koeajolla 1 249 kpl ja koeajolla 2 98 kpl. Suurimmat impulssit olivat 4-5g suuruisia ja ne esiintyivät koeajolla 1.

Koeajolla 1 mitattiin Z- akselin suunnassa suurin isku, joka oli noin 8,5g. Iskuista 517 kpl (23 %) oli suurempia kuin 2g. Kokonaisuudessaan iskuja oli 2148. Koeajolla 2 Z-

akselin suunnassa mitattiin 2181 impulssia. Näistä 5 % (104kpl) oli suurempia kuin 2g. Suurin mitattu isku oli 5-6g.



Kuva 36. Atlantic 75. (RNLi).

Atlantic 75

L _h	7,38 m
B	2,65 m
D	0,41 m
m	1600 kg
V _{max}	32knot (2x 75 hp)

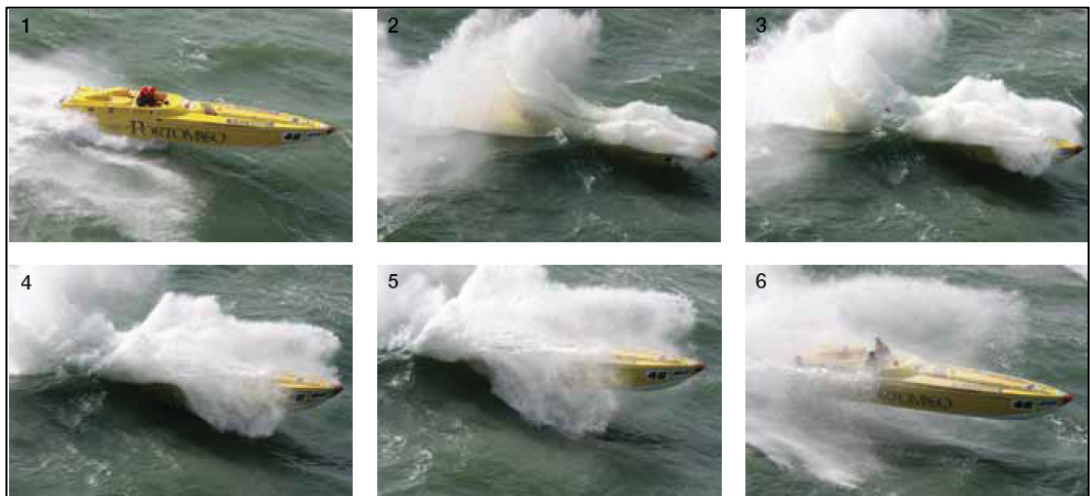


Kuva 37. Alus kohtaa aaltoimpulssin. (Professional Boatbuilder number 149. 2014).

Alus, johon vaikuttavat suuremmat inertiaivoimat ja joka kulkee suurilla frouden luvuilla, kulkee aallokossa siten, että se syrjäyttää suuria vesimassoja keulallaan (kuva 37). Aluksella on suurempi liikemäärä ja inertia vektorin G_x suuntaan. Tästä johtuen alus syrjäyttää suuria vesimassoja liikkessaan aallokossa, eikä pyri nousemaan jokaisen aallon päälle. Tästä aiheutuu kiihtyvyyksiä myös G_x suuntaan, kun aluksen ja aaltojen liike-energiat kohtaavat.

4.2.2.2 Shokki-impulssit

Shokki-impulsseilla tarkoitetaan tässä yhteydessä normaalin aallokkoajamisen aiheuttamia ja iskuja voimakkaampia iskuja, jotka esiintyvät poikkeuksellisissa tilanteissa. Kuvatunlainen tilanne voi olla esimerkiksi hyppy aallonharjalta, joka päättyy vastaantulevan (tai myötäkulkevan) aallon "vastamäkeen". (kuva 38)



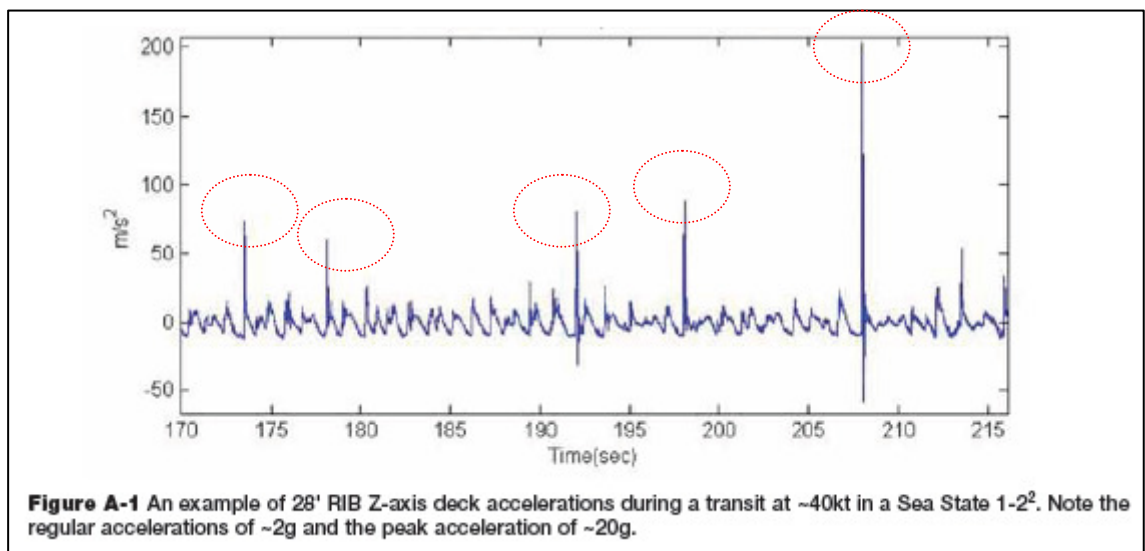
Kuva 38. Alus hyppää aallokossa. (Dobbins 2008).

Toinen tilanne, jossa voi esiintyä normaalista aallokkoajamisesta magnitudiltaan poikkeavia kiihtyvyyksiä, on esimerkiksi ajaminen vastaiseen sivuaallokkoon tai peräaaltoon siten, että nouseva aalto lyö kohtisuoraan pohjan paneeliin. Kuvatussa tilanteessa normaalit aaltoiskut voivat muuttua "shokki-iskuiksi" (kuva 39). Shokki-iskun voi aiheuttaa myös ajovirhe. Tällainen voi syntyä esimerkiksi uutta kurssia ottaessa tai ajettaessa esimerkiksi sivuvastaiseen sopivassa kulmassa. Tällaisessa tilanteessa voi esiintyä G_z - ja G_x -kiihtyvyyksien lisäksi G_y -suuntaisia kiihtyvyyksiä.



Kuva 39. Aalto on lyönyt kohtisuorasti pohjan paneeliin (Dockstavarvet IC 16M Interceptorcraft).

Kuvassa 40. Esitetään aaltoimpulssien magnitudi suhteessa aikaan. Kuvaajan aikajana on 45 s mittainen. Koeajo on suoritettu RIB- veneellä, kun merenkäynti on Sea State 1-2 tasolla (aallonkorkeus 0 - 0,5 m / tuulenoisuus 1,6 - 5,4 m/s). Veneen Z-suuntaiset kiihtyvyydet ovat noin 2 g:tä normaalin ajon aikana, kun magnitudiltaan suurin impulssi on noin 20 g. Nimitän näitä magnitudiltaan suurimpia ja keskimääräisestä poikkeavia arvoja "shokki-impulsseiksi".



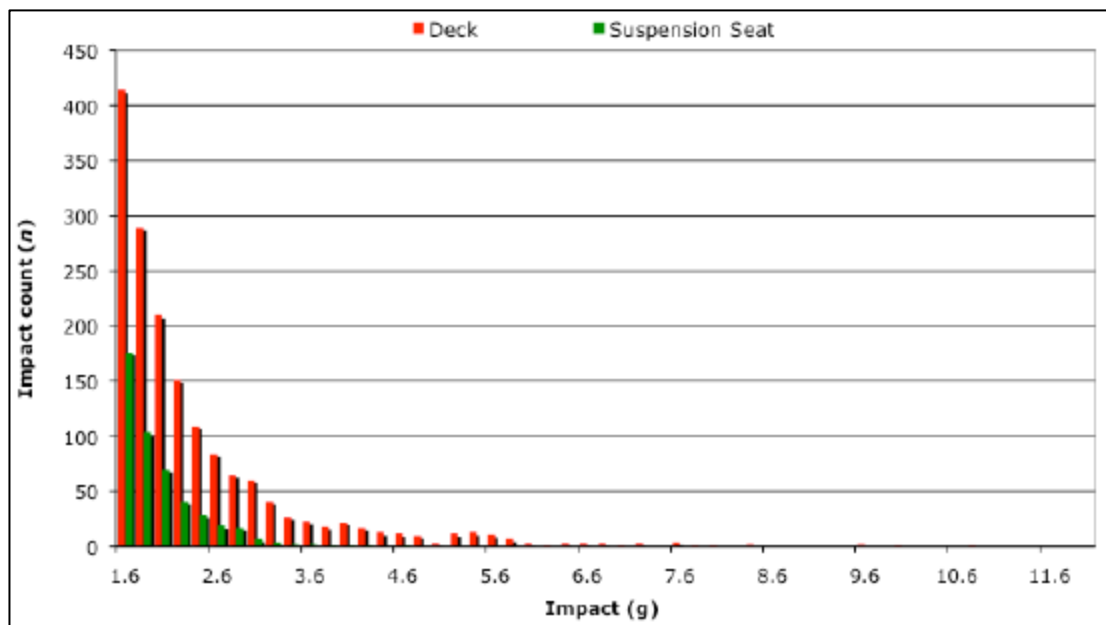
Kuva 40. Mukailtu (Dobbins 2008, 38).

Shokki-impulssit esiintyvät yleensä esimerkiksi aluksen hypätessä tai aallokon osuessa aluksen pohjapaneeliin kohtisuorassa kulmassa. Shokki-impulssit syntyvät poikkeavissa tilanteissa ja ovat siksi suurempia voimiltaan kuin normaalit slammausimpulssit.

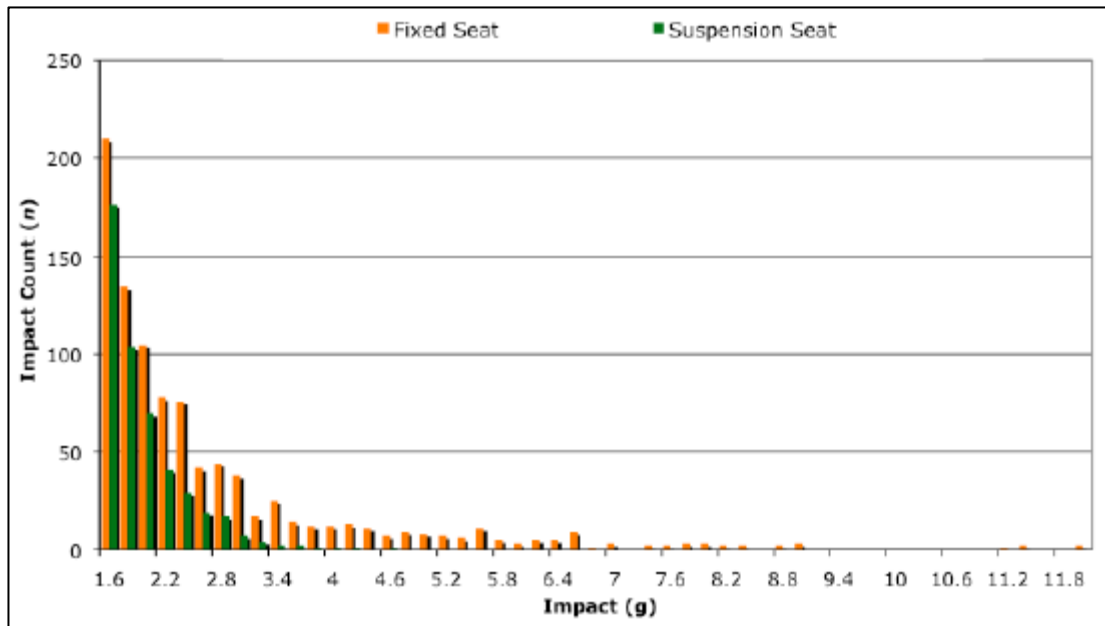
4.2.2.3 Impulssien vaimennus

4.2.2.4 Istuimien vaimennus

Usean eri yliopiston yhteistutkimuksessa (Dobbins 2008) tutkittiin jousitetun istuimen ja kiinteästi asennetun istuimen eroavaisuuksia aaltoimpulssien ja värähtelyjen suhteen. Tutkimus suoritettiin koeajamalla kahta samanlaista armeijan RIB-venettä, joista toisessa veneessä on kiinteät penkit ja toisessa vaimennetut. Testissä veneillä ajettiin rinnakkain Sea State 2-3 luokan (aallonkorkeus 0,1 - 1,25 m / tuulenoisuus 3,4 - 7,9 m/s) merenkäynnissä 40 solmun nopeudella. Kuvaajasta 41. näkee aaltoimpulssien jakauman magnitudin ja lukumäärien suhteen. Kuvaajasta voi havaita, että vaimennetun penkin impulssien taajuus ja magnitudi olivat molemmat pienempiä kuin kannesta mitatut arvot.



Kuva 41. Kannesta ja vaimennetusta penkistä mitatut arvot (Dobbins 2008).



Kuva 42. Kiinteästä ja vaimennetusta istuimesta mitatut arvot (Dobbins 2008).

Kuvassa 42. on esitetty jousitetun penkin ja kiinteän penkin impulssien taajuus ja magnitudi. Kaaviosta havaitsee, että jousitettu penkki alentaa selkeästi impulssin magnitudia ja taajuutta.

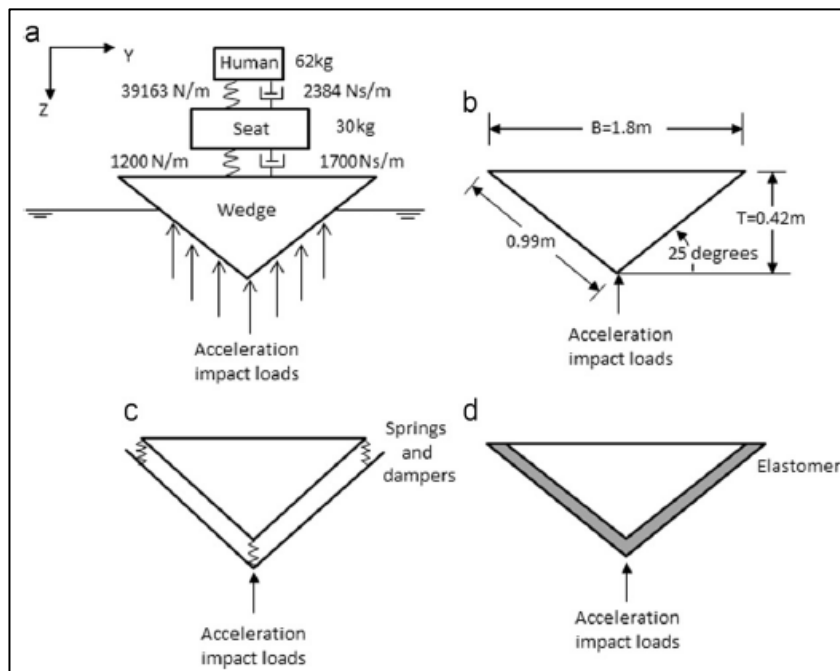
	HSC		% diff
	Fixed-seat	Susp-seat	
Deck	9.4g	10.8g	+ 14.9
Seat	12.0g	4.6g	- 62%
% diff	+ 28%	- 57%	

Kuva 43. Vertailu kiinteästi asennetun ja vaimennetun istuimen ääriarvoista (Dobbins 2008).

Kuvassa 43 on esitetty kiinteästi asennetun ja vaimennetun penkin mitatut voimakkaimmat impulssit. Vaimennettu istuin alensi impulssin magnitudia 62 % suhteessa kiinteästi asennettuun istuimeen, vaikka vaimennetun istuimen veneen kannesta mitattiin 14,9 % suurempi impulssi kuin kiinteästi asennetun veneen kannesta. (Dobbins 2008.)

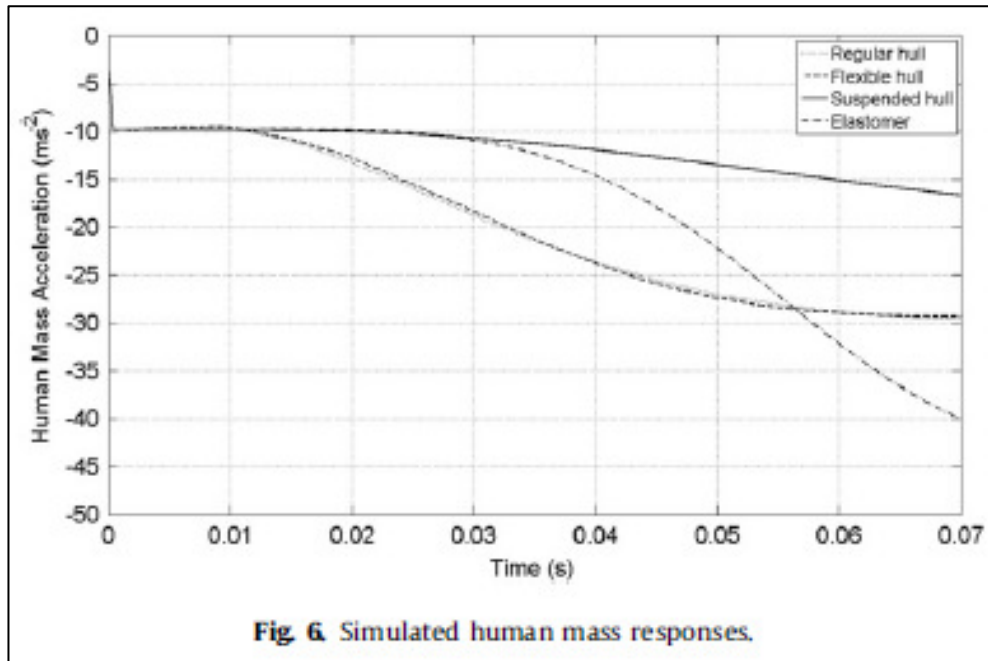
4.2.2.5 Rungon vaimennus

Rungon vaimentamista aaltoimpulssien vaikutuksilta on tutkittu Southamptonin yliopiston teoreettisessa tutkimuksessa (Townsend 2012), jossa mallinnettiin erilaisia vaimennusratkaisuja matemaattisesti.



Kuva 44. Tutkimuksen eri vaihtoehtojen elementtianalyysin ratkaisuvaihtoehdot (Townsend 2012).

Elementtianalyysiin rakennettiin neljä eri vaihtoehtoa. Normaali runko, joustava runko, vaimennettu runko ja elastomeeri runko. Raportissa todetaan että, jousitetulla runkoratkaisulla oli impulssin magnitudia alentava vaikutus. Jousitettu runko myös vaikutti impulssin syntymisen nopeuteen (rate on onset). Raportissa arvioidaan, että kuvatuunlainen järjestelmä voi toimia parantavana ratkaisuna WBV- tärinän ja aaltoimpulssien vaimennuksessa. (Townsend 2012.) Raportin tulokset eri vaimennusmenetelmien suhteen on esitetty kuvassa 45.



Kuva 45. Laskennan tulokset ihmisen vasteina (Townsend 2012).

Kuvaajasta voi havaita, että vaimennetun rungon (suspended hull) kiihtyvyydet ovat ajan arvolla 0,07 s selkeästi pienemmät, kuin vakiorungolla (regular hull), joustavalla rungolla (flexible hull), ja elastomeerillä päällystetyllä rungolla (elastomer).

4.3 Vaikutukset

Aallokosta aiheutuvien herätteiden vaikutukset jaetaan kahteen osa-alueeseen: vaikutuksiin ihmiskehossa ja vaikutuksiin laitteistossa. Tämän tutkimuksen pääpaino on vaikutuksilla ihmiskehossa.

4.3.1 Aaltoimpulssien vaikutukset ihmiseen

USA:n merivoimat on tehnyt HSC-aluksilla kokeita, joissa on kuljetettu sotilaita RIB-veneillä. Kokeet ovat liittyneet suurempaan kokonaisuuteen, jossa on pyritty luomaan standardisoitu työkalu ympäristö- ja fyysisten kuormitustekijöiden arvioimiseen. Kokeissa on havaittu, että sotilaiden siirtokuljetus RIB-veneillä tyynessäkin vedessä alensi sotilaiden juoksukuntoa. Siirtokuljetus veneellä ennen mittausta kesti noin kaksi tuntia. Kokeissa mitattiin energian kulutusta (hapen sisäänottoa mittaamalla) ja pulssia. Koe suoritettiin ajamalla kahdella eri veneellä sama legi.

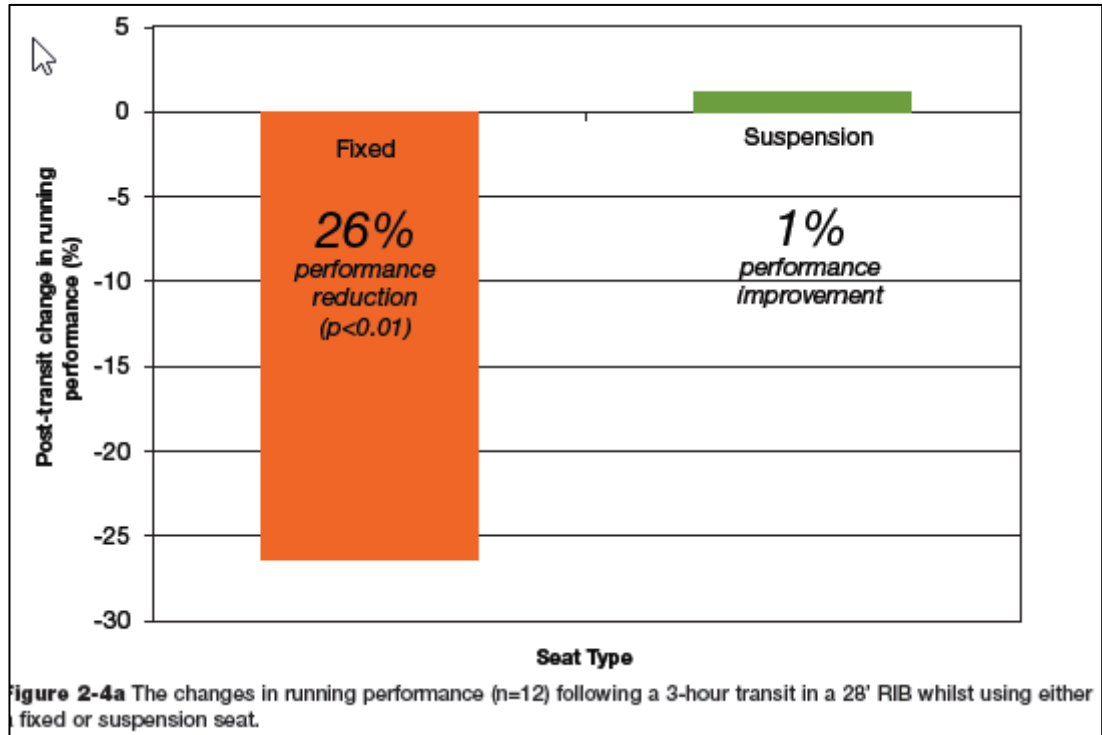


Figure 2-1 An example of the 28' RIBs used in the trials described in Sections 2.3, 2.4 and 2.5.
Image: Crown Copyright

Kuva 46. RIB-veneet joita käytettiin testeissä (Dobbins 2008, 12).

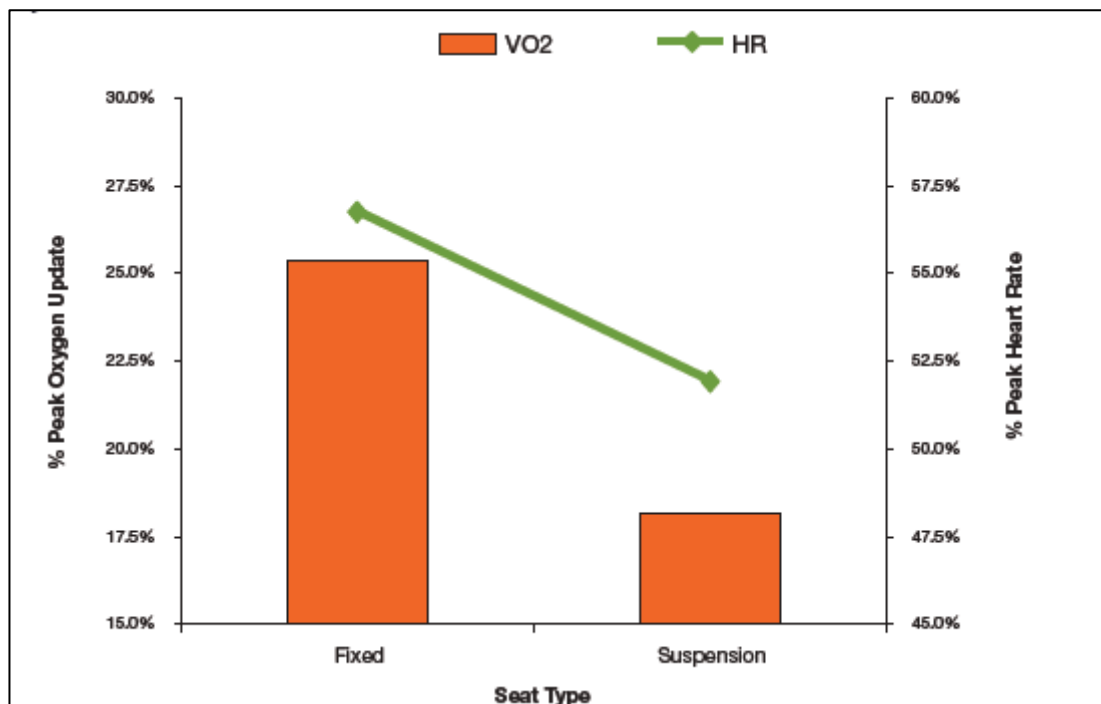
Toisessa veneessä oli kiinteästi asennetut perinteiset istuimet (VT Halmatik, UK) ja toisessa jousitetut istuimet (Ullman Dynamics, Sweden). Kokeissa selvisi että RIB-veneeseen matkustajana oleminen ei vastaa samanlaista aerobista suoritusta kuin esimerkiksi juokseminen. Toisaalta kuitenkin osoitettiin että energian kulutus nousi riittävästi vaikuttaakseen suorituskykyyn pitkän siirtoajon jälkeen. Kokeessa myös osoitettiin, että jousitetut istuimet vähensivät energian kulutusta kovassa

merenkäynnissä (Sea State 4-5) suhteessa kiinteästi asennettuihin istuimiin. (Dobbins 2008, 12.) Tutkimuksessa käytetään termiä Motion Induced Fatigue (MIF), joka suomennetaan tässä liikeväsymykseksi.



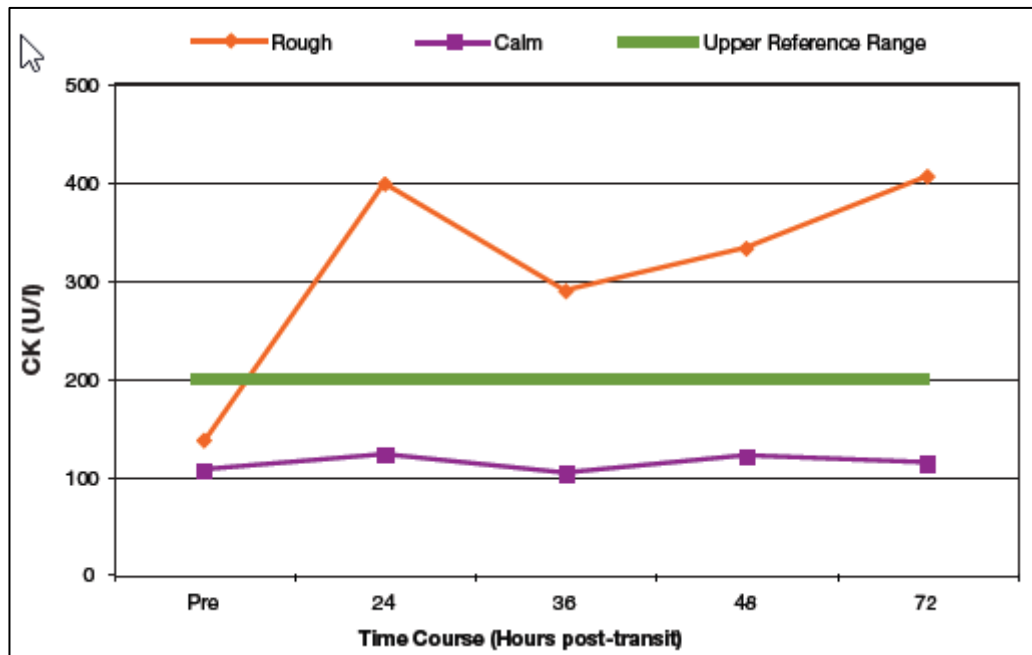
Kuva 47. Muutokset juoksusuorituksessa siirtokuljetuksen jälkeen (Dobbins 2008, 7).

Kuvasta 47. näkee että veneessä, jossa istuimet olivat kiinteät, sotilaiden suorituskyky juoksutestissä aleni 26 %. Jousitetuilla penkeillä matkustaneiden sotilaiden suorituskyky muuttui siten, että se parani 1 %. Raportista ei selvinnyt syytä parantuneeseen suorituskykyyn.



Kuva 48. Hapenkulutus ja pulssi kiinteässä ja jousitetussa istuimessa (Dobbins 2008, 13).

Kuvassa 48 näkyy testattavien sotilaiden hapenkulutus ja sydämen syke jousitetuissa ja jousittamattomissa istumissa. Kiinteästi asennettujen istuimien testihenkilöt kuluttivat noin 25 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta, kun jousitetun veneen testihenkilöt kuluttivat vain noin 18 %. Jousitettujen istuimien veneessä maksimaalinen hapenkulutus oli noin 7 % pienempää. Vastaavasti kiinteästi asennettujen istuimien veneen testihenkilöiden sydämen syke oli noin 57 % maksimista kun taas jousitetun veneen testihenkilöiden syke oli noin 52 % maksimista. Eroa oli noin 5 % jousitetun istuimen hyväksi. (Dobbins 2008.)



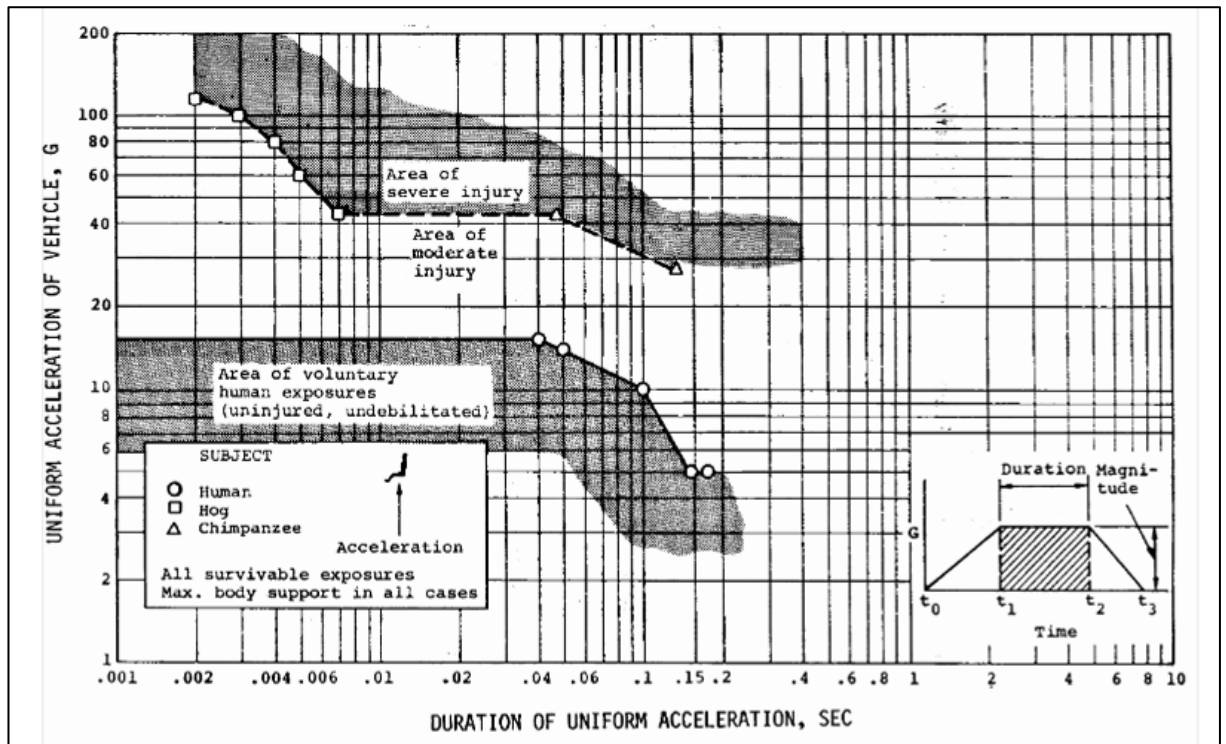
Kuva 49. CK-mittaukset (Dobbins 2008, 14).

Energiankulutustasojä mittaamalla ei voinut tutkia siirtymäkuljetuksen jälkeisiä pidemmän ajanjakson vaikutuksia. Sen vuoksi päädyttiin mittaamaan MIF:n aiheuttamia pieniä lihasvaurioita (micro-muscle damage). Mittaaminen tapahtui mittaamalla biokemikallista CK-markeria (kreatiinikinaasi / creatine kinase). CK mitattiin ennen testejä ja 72 tuntiin asti siirtymäkuljetusten jälkeen. Kohonneilla CK-arvoilla havaittiin myös yhtäläisyyksiä itseraportoitujen kipu ja lihasarkuustilojen kanssa. Kuvassa 49. on CK- testauksen tulokset siirtymäajojen jälkeen. Kaaviosta havaitsee miten kovan merenkäynnin aiheuttamat CK-markerien arvot ovat noin 2-3 kertaiset suhteessa tyynessä ajamiseen. (Dobbins 2008, 13.)

Kreatiinikinaasi on lihassolujen yleinen entsyymi. Normaalisti kreatiinikinaasia esiintyy veressä vähäisiä määriä, jotka voidaan mitata. Miehillä viitearvot ovat luontaisen korkeamman lihassmassan vuoksi korkeammalla tasolla kuin naisilla. Kreatiinitutkimusta käytetään pääasiallisesti lihaksiin liittyvien tautien diagnostiikassa. Lihaksen vaurioituessa kreatiinikinaasia siirtyy vereen tavallista enemmän. Suuremmat arvot tarkoittavat siis suurempaa vauriota. (Duodecim, kreatiinikinaasi.)

4.3.1.1 Eibandin käyrät törmäyskiihtyvyyksille

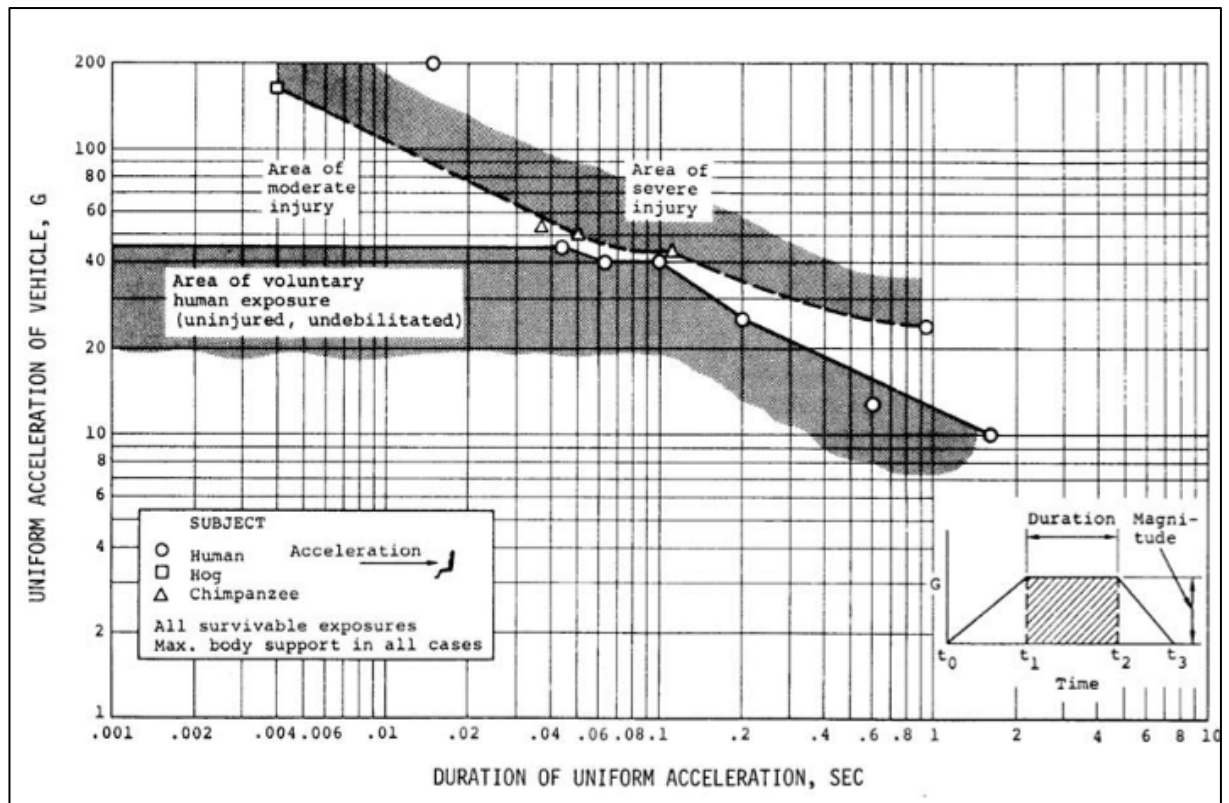
Ihmisten toleranssia törmäyskiihtyvyyksille on tutkittu jo pitkään. Vuonna 1959 Eiband laati niin sanotut Eibandin käyrät, jotka kuvaavat ihmisen toleranssia äkillisille kiihtyvyyksimpulsseille. Käyrät perustuvat Eversti (Colonel) John Stappin suorittamiin kokeisiin, joissa käytettiin vapaaehtoisia ihmisiä. Kokeissa käytettiin myös eläimiä, jotta voitiin selvittää alue, jolla esiintyy vakavia vammautumisia. Eversti (Colonel) John Stapp osallistui kokeisiin myös itse. Kokeissa käytettiin rakettikelkkaa ja muita kiihtyvyyksilaitteita.



Kuva 50. Eibandin käyrä +Gz suuntaiselle kiihtyvyydelle (Shanahan 2004).

Kuvassa 50. näkyy +Gz suuntaisten voimien käyrä. Käyrä kuvaa merenkulkuun sovellettuna pystysuuntaisia aaltoimpulsseja. Käyrästä näkee, että vapaaehtoiset kestivät suunnilleen 18 G voimia ilman loukkaantumista (0,001-0,04.s impulssilla). Impulssin kestolla > 0,1s ihmisen toleranssi alkaa laskea. Impulssin kestolla 0,1 s vapaaehtoisten kestokyky oli 10 g:tä. Kuvaajan keskivaiheilla on keskitason vammojen alue (area of moderate injury). Ylempi käyrä kuvaa eläinkokeilla

(simpanssi ja sika) suoritetuista kokeista, joissa on tapahtunut vakava loukkaantuminen. Vakavien vammojen alue on noin 25-100 g välillä riippuen siitä mikä on impulssin kesto-aika. Arvioin, että merenkulun tilanteisiin sopii parhaiten impulssin kestoltaan 0,1-1 s alue, jolloin kestävyys rajoittuu alueelle <math><10\text{ g}</math>.



Kuva 51. Einbandin käyrä -Gx suuntaiselle kiihtyvyydelle (Shanahan 2004).

Kuvan 51 Einbandin käyrä -Gx suuntaiselle voimalle kuvaa merenkulkuun sovellettuna parhaiten tilannetta, jossa alus törmää aaltoon, minkä seurauksena esiintyy aluksen pitkittäisakselin suuntaista kiihtyvyyttä. Ilman loukkaantumista selvinneiden alue on noin 10–45 g:tä riippuen impulssin kestoajasta. Ylempi käyrä kuvaa eläinkokeilla (simpanssi ja sika) suoritetuista kokeista, joissa on tapahtunut vakava loukkaantuminen. Käyrien väliin jää keskitason loukkaantumisen alue (area of moderate injury). Merenkulussa käyttökelpoisimmaksi alueeksi arvioin impulssin pituuden 0,1 - 1 s, jolloin kestävyys on noin 13 - 40 g:tä.

Merenkulussa tärkeä liikeakseli voimien suhteen on myös Gy- suunta. Shanahan on laatinut taulukon, jossa on esitetty ihmisen maksimaalinen kestävyys myös Gy- suunnassa. Impulssin pituudella 0,1s kestävyys on määritelty Gy- suunnassa 20 g:tä. Kuva 52.

Human Tolerance Limits		
Direction of Accelerative Force	Occupant's Inertial Response	Tolerance Level
Headward (+ Gz)	Eyeballs Down	20-25 G
Tailward (- Gz)	Eyeballs Up	15 G
Lateral Right (+ Gy)	Eyeballs Left	20 G
Lateral Left (- Gy)	Eyeballs Right	20 G
Back to Chest (+Gx)	Eyeballs Out	45 G
Chest to Back (- Gx)	Eyeballs In	45 G

Note: Reference: Crash Survival Design Guide, TR 79-22.
(0.10 Second time duration of crash pulse; full restraint)

Kuva 52. Ihmisen maksimaalinen kestävyys 0,1s törmäysimpulssissa (Shanahan 2004).

4.3.1.2 Onnettomuuksia

Ison Britannian merionnettomuuksia tutkivalla virastolla (Marine Accident Investigation Branch) oli vuonna 2008 tiedossaan 28 onnettomuutta, jotka ovat sattuneet HSC-veneillä aikavälillä 2001- 2008. Näistä 21 onnettomuutta on sattunut vuosina 2005-2008. Kahdessatoista tapauksessa on vammaksi vahvistettu selän murtuma. Onnettomuuksien tyypillinen vamma on alaselän kompressiovamma, joka aiheutuu kovissa impulsseissa selkänikamien etummaisten osien osuessa yhteen aiheuttaen murtuman. (MAIB 2008).

USA:n merivoimat on tehnyt tutkimuksen, jossa on selvitetty erikoisoperaatioiden venemiestöjen (Special Boat Operators) loukkaantumisia. Tutkimukseen osallistui 154 vastaajaa. Tutkimuksen loukkaantumisista 94 % johtui työskentelyn aikana sattuneista tapaturmista. Yleisimmät vammat olivat alaselkä-, polvi- ja olkapäävammat. (Ensign.) Kuvassa 53 on esitetty vammojen jakaumat.

Anatomical Location	No. Reported Injuries
Head	3
Neck and Upper Back	9
Shoulder	21
Elbow	2
Wrist	1
Hand	1
Trunk	2
Low Back	50
Hip/Buttocks	6
Thigh	2
Knee	32
Leg	7
Ankle	10
Foot	3
Total	149

Kuva 53. Vammojen sijainti (Ensign).

4.3.1.3 Kiihtyvyyksiä ilmailussa

Hävittäjälentokoneiden taistelutehtävissä tehtävän pituus voi vaihdella noin 15 minuutista runsaaseen tuntiin. G-voimien kuormitus vaihtelee -1,5Gz ja +8 Gz välillä. Tehtävien korkeimmat maksimitasot ovat noin 8,4 g luokkaa. Yli +5Gz:ssä käytetty aika on noin 100 sekuntia. Lentäjät saattavat altistua lähes kaksi minuuttia yli +5Gz kiihtyvyydelle. Ihmisen keskimääräinen kestävyys ilman tajunnan menetystä on noin +5Gz. Mikäli lentäjällä on oikeaoppinen vastaponnistustekniikka, hän on tottunut g-voimiin tai hänellä on käytössään g-suojausvarustus, riski tajunnanmenetyksestä pienenee. G-LOC tila eli kiihtyvyysoimista johtuva tajunnanmenetys voi kestää useita sekunteja, jonka jälkeen seuraa vielä usein kymmeniä sekunteja kestävä sekavuustila. Koneen ohjaaminen on tänä aikana käytännössä mahdotonta. (Rintala 2006, 48 - 49.)

Eteen ja taaksepäin suuntautuvia kiihtyvyyksiä (Gx) siedetään paremmin kuin lateraalisuuntaisia kiihtyvyyksiä (Gy) ja pystysuuntaisia (Gz) kiihtyvyyksiä. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että verenkierto häiriintyy enemmän Gz- suuntaisissa kiihtyvyyksissä aiheuttaen esimerkiksi näkökyvyn häiriöitä tai tajunnanmenetyksiä. (Rintala 2006, Shanahan 2004.)

Positiivisen Gz- voiman vaikutuksia ovat vihernäkö (grayout), joka aiheutuu veren vähentyneestä virtaamasta silmiin. Tämä vaihe varoittaa seuraavasta vaiheesta, joka on blackout. Tässä vaiheessa näkö häviää kokonaan. Tämä tila aiheutuu, kun hapen kuljetus valolle herkkiin retinaalisoluihin (retinal cell) on vähentynyt. Eräissä g-voimatesteissä on havaittu, että puolella testattavista blackout ja tajuttomuus tulevat samaan aikaan. Siksi blackout vaihetta ei voi luotettavasti pitää ennusmerkkinä siitä, että tajuttomuus on vasta tuloillaan. Viimeinen vaihe on tajuttomuus, joka seuraa siitä, että veren kulkeutuminen päähän on alentunut tietylle tasolle. Sydän ei jaksaa pumpata verta painovoiman monikertoja vastaan. Tajuttomuus kestää keskimäärin 15 sekuntia, jonka jälkeen seuraa vielä 5-15 sekunnin mittainen sekavuustila. Tajunnanmenetyksen seurauksena syntyy siis vähintään 20-30 sekunnin mittainen tilanne, jolloin pilotti ei voi ohjata konetta. (US department of transportation 1984, 5.)

+Gz suuntaisten voimien kestävyys on tutkittu. Tutkimuksessa testattiin tuhat merivoimien jäsentä. Testattavat olivat pilotteja ja muita lennoston jäseniä. Tutkimuksessa g-voimien rate of onset, eli voiman syntymisen nopeus, oli 1g/s. Taulukon keskimääräinen arvo siis kertoo sekä g voiman että tilanteen keston sekunneissa kyseisen vaiheen saavuttamiseen. Testausaineistosta löydettiin seuraavanlaisia tuloksia. (US department of transportation 1984, 8.)

Oire	Keskimääräinen arvo	Keskihajonta	Vaihteluväli
Grayout	4,1G	± 0,7G	2,2 - 7,1G
Blackout	4,7G	± 0,8G	2,7 - 7,8G
Tajuttomuus	5,4G	± 0,9G	3,0 - 8,4G

Kuva 54. Lentäjien g-voimien kestävyys mittaavan tutkimuksen tulokset. Mukailtu: (US department of transportation 1984, 8).

Negatiivisen -Gz voiman vaikutuksesta veri pyrkii kohti päätä ja paluu päästä takaisinpäin häiriintyy. Veri pyrkii pakkautumaan päähän (kongestio). Tästä saattaa aiheutua esimerkiksi progressiivista näön epäterävyyttä, tykyttävää päänsärkyä, näön vihertymistä tai joskus niin sanottua punanäköä. Yhden -Gz aikana ihminen tuntee itsensä painottomaksi. (US department of transportation 1984,4-7.)

Sotilaslentäjillä on määritetty lukuisia työperäisiä fyysisestä kuormituksesta johtuvia lihas- ja tukikudoksen vaurioita ja -repeämiä, nikaman kompressiomurtumia, nikaman okahaarakkeiden murtumia, nikaman liukumia ja nivelpinnan kulumia, säteilyoireita raajoihin sekä nikaman välilevyjen repeämiä ja pullistumia. (Rintala 2006.)

4.3.1.4 G-voimien kestävyys vaikuttavia tekijöitä

- voiman suuruus
- voiman kesto-aika
- voiman kasvu- ja alenemisaika (rate of onset and decline)
- g-voimavektorin suunta
- suojauslaitteiden tyyppi
- liityntä voimia synnyttävään kohteeseen (penkki jne.)
- kehon asento (selän, jalkojen ja pään asento)
- ympäristölliset tekijät kuten lämpö ja valo
- ikä
- emotionaaliset ja motivaatiolliset tekijät kuten kilpailullisuus, pelko, ahdistuneisuus, itseluottamus, luottamus teknisiin laitteisiin, halu ja kyky sietää epämukavuutta ja kipua

- aikaisempi koulutus kiihtyvyyksien sietoon, hengitystekniikat, lihaskontrolli
- fyysinen kunto
- ruokavalio (nestehukka, jne.)
- tupakointi
- alkoholi
- sairaudet
- lääkkeet

(NASA-STD-3001. 1995 5. 3.2.2.1, Naval Aerospace Medical Research Laboratory 1987, 13).

4.3.2 Tärinän ja iskujen vaikutukset laitteistoon

Iskushokkien ja tärinänkeston hallinta on aina ollut tärkeä osa insinöörisuunnittelua avioniikassa, avaruuslaitteissa, autoteollisuudessa, merenkulussa ja asevoimien tekniikassa, joiden sovelluksissa dynaamiset shokit esiintyvät laitteita käytettäessä. Monissa muissa sovelluksissa, kuten kulutuselektronikassa shokkeja esiintyy vain kuljetuksessa tai väärinkäytettäessä laitetta. (Suhir 2012.)

Värinät voivat aiheuttaa häiriöitä elektronisiin järjestelmiin (Steinberg 2000).

Nykyisissä meriliikenteen aluksissa on runsaasti erilaista elektroniikkaa.

Huviveneissäkin on varustuksena runsaasti erilaisia elektronisia laitteita:

karttaplottereita, erilaisia sähköisiä ohjausjärjestelmiä, tutkia, kaikuluotaimia sekä monia muita elektroniikan sovelluksia. Viranomaispuolella järjestelmiä on vielä

enemmän, ja ne ovat monimutkaisempia sekä usein linkittyneet verkkoon toistensa

kanssa. Suurimmat elektroniset järjestelmät löytynevät asevoimien kaluston

navigointi- ja asejärjestelmistä. Kaikki nämä laitteet sisältävät tärinälle alttiita kohteita,

kuten esimerkiksi piirilevyt ja niissä olevat komponentit.

Impulssit ja värinät, jotka kohdistuvat piirilevyyn, aiheuttavat eri komponenteissa ja

niiden liitoksissa jännityksiä. Vikaantumiselle alttiina ovat esimerkiksi itse piirilevy,

komponentit, niiden juotokset ja erilaiset liitokset. Jännitykset syntyvät impulssien

aiheuttamista taivutusmomenteista, jotka johtuvat eri komponenttien inertiaivoimista.

(Robin 2008, Marjamäki 2007.)

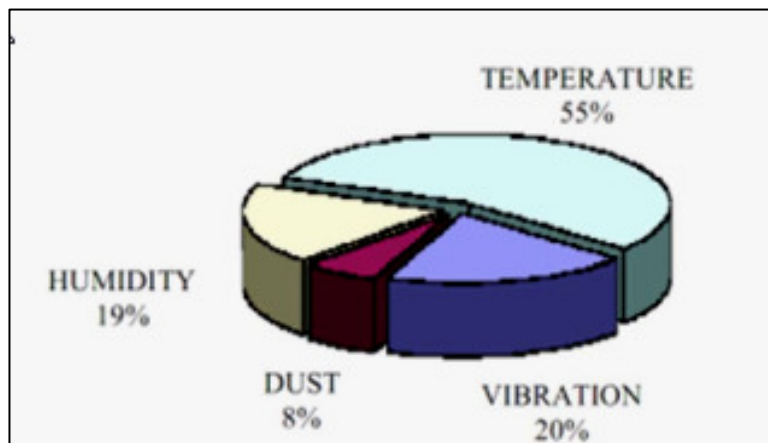
"Norjaan syksyllä toimitettu luotsivene oli käytössä myös loppuvuoden hurjien myrskyjen aikaan, kun tuuli puhalsi 44 metrin sekuntinopeudella ja aallonkorkeus oli 10 metriä. Tavarantoimittajan navigointijärjestelmä ei kestänyt iskuja, vaan meni välillä pois päältä" . (Helsingin Sanomat 6.1.2014.)

Kuvassa 55. on esitetty tyypillisiä värähtelytaajuuksia eri sovelluksissa. Esimerkiksi merenkulun sovelluksissa yleinen taajuus on välillä 1-50 Hz ja magnitudi 1-3g:tä (Steinberg 2000).

Equipment	Frequency range (Hz)	Acceleration level (G)
Ships and Submarines	1-50	1-3
Automobiles, trucks, and tanks	15-40	15-19
Airplanes	3-1000	1-5
Helicopters	3-500	0.5-4
Missiles	5-5000	5-30

Kuva 55. (Steinberg 2000).

Kuvassa 56. on esitetty USA:n Ilmavoimien (U.S Air Force) статистиikkaa elektroniikkalaitteisiin kohdistuvista vioista. 20 % vikaantumisista on peräisin erilaisista värähtelyistä.



Kuva 56. Elektroniikkalaitteiden vikaantumisen syyt (Steinberg 2000).

Kasvavien nopeuksien ja monipuolistuvan elektroniikan vuoksi tulevaisuudessa joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota myös elektroniikan impulssien keston.

5 Miten ongelmaa on yritetty ratkaista tähän mennessä?

5.1 Patenttihakuselvitys

Patenttiselvityksessä tarkastellaan julkisia patenteja. Keksinnöt esitellään kuvalla ja kommentoidaan pääratkaisua muutamalla sanalla. Tarkoituksena on luoda katsaus siihen, miten aaltoimpulssi-ongelmaa on tähän mennessä yritetty ratkaista.

Selvityksestä ei tehty kattavaa, sillä aiheeseen liittyviä patenteja on melko paljon, Mukaan on otettu mahdollisimman erityyppisiä ratkaisuvaihtoehtoja, joita tietokannoista löytyi.

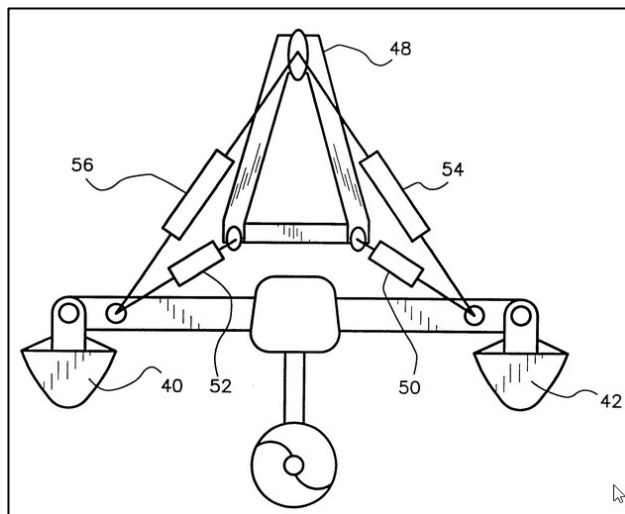
Patenttinumero US 6176190 B1

Suspension system for a speed boat

US 6176190 B1

Julkaisupäivä 23.1.2001

Keksijä John Ozga

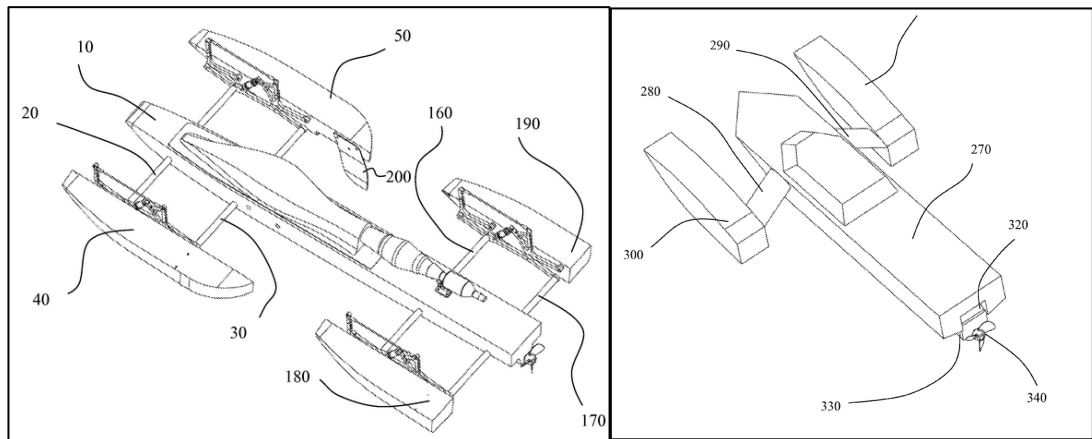


Kuva 57.(Google Patents).

Katamaraanityyppinen ratkaisu, jossa on jousitettu kansiosa / moduuli.

Patentnumero US 20100000454

Boat suspension
 US 20100000454 A1
 Julkaisupäivä 7.1.2010
 Keksijä Joachim L. Grenestedt

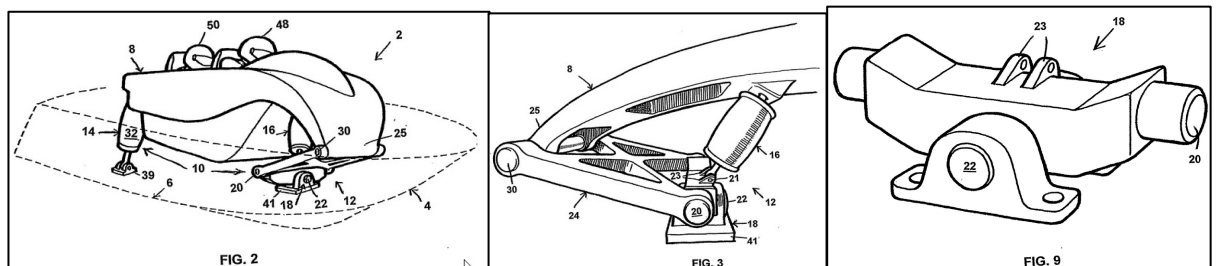


Kuva 58.(Google Patents).

Keksinnössä on yksi päärunko ja jousitettuja apurunkoja.

Patentnumero US 20070261625 A1

Suspension System for a Boat
 US 20070261625 A1
 Julkaisupäivä 15.11.2007
 Keksijä Christopher Hodge



Kuva 59.(Google Patents).

Keksinnössä on erillinen nivelin ja joustimin toteutettu moduuli, joka on kiinnitetty runkoon. Nivelöinnissä on erilaisia tukivarsia erityyppisten liikeratojen toteuttamiseksi.

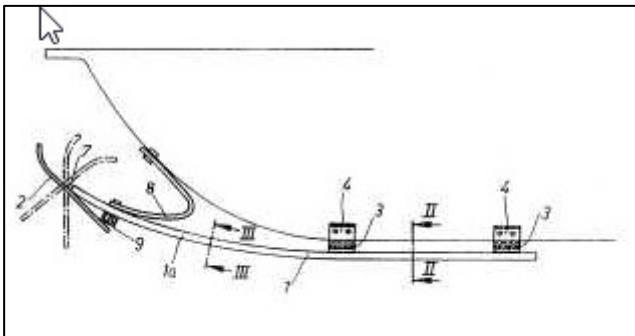
Patenttinumero US 5647296 A

Shock damper for a boat

US 5647296 A

Julkaisupäivämäärä 15.7.1997

Keksijä Pertti Pasanen



Kuva 60.(Google Patents).

Keksinnössä on jousitettu "suksi" veneen rungon etupuolella, joka kulkee suurilla frouden luvuilla veden pinnassa ja toimii joustimena.

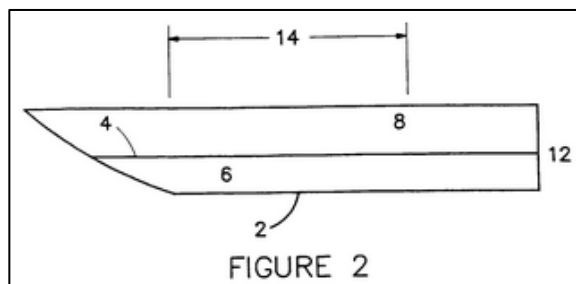
Patenttinumero US6158376

Shock reduction in planing boats

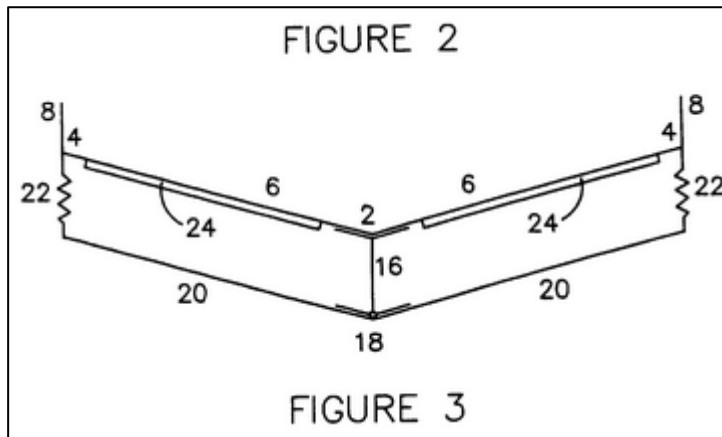
US6158376 A

Julkaisupäivämäärä: 12.12.2000

Keksijä William S. Vorus



Kuva 61.(Google Patents).

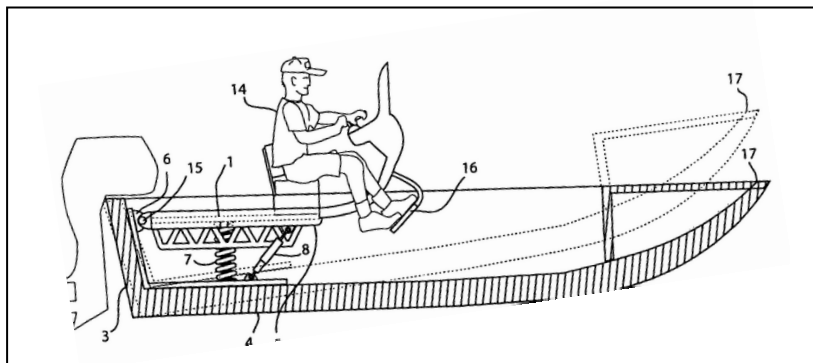


Kuva 62.(Google Patents).

Keksinnössä on jousitettu kaksoispohja.

Patenttinumero US 6786172 B1

Shock absorbing boat
 US 6786172 B1
 Julkaisupäivämäärä 7.9.2004
 Keksijä Leonard Loffler



Kuva 63.(Google Patents).

Keksinnössä on jousitettu nivelvarren päässä oleva ohjausmoduuli.

5.2 Kaupallisten ratkaisujen katsaus

Kaupallisessa katsauksessa esitetään julkiset ja kaupalliset sovellukset, jotka ratkaisevat aaltoimpulssien vaimennuksen. Selvitys ei ole kattava, mutta antaa esimerkkejä olemassa olevista ratkaisuista.

Nauti-Craft 2play

Prototyypin esitelty Australian Mandurah showssa 2014



Kuva 64.(Nauticraft).

Katamaraanityyppinen alus, jonka katamaraanirungot ottavat aaltoimpulssit vastaan. Katamaraanirunkojen yläpuolella sijaitsee jousitettu kansiosa.

Nauticraft 4play prototype



Kuva 65.(Nauticraft).

Aluksessa on yksi päärunko ja neljä apurunkoa, jotka ovat jousitettuja ja kosketuksissa veteen.

Ullman Dynamics



Kuva 66.(Ullman Dynamics).

Ullman Dynamics valmistaa erilaisia jousitettuja penkkejä, joita on saatavilla laaja valikoima.

Shockwawe



Kuva 67.(Shockwawe).

Shockwave valmistaa vaimennettuja ohjausmoduuleja.

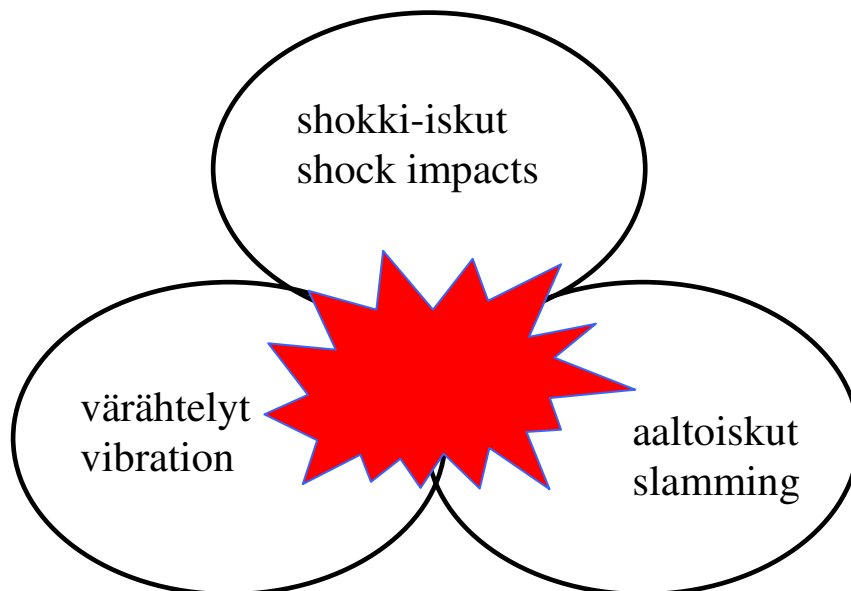
6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Kirjallisuustutkimus

6.1.1.1 Vaikuttavat tekijät

Miehistöön vaikuttavat tekijät jaetaan kolmeen luokkaan:

värähtely, slamming- ja shokki-iskut. Värähtelyjä esiintyy aina aluksen ollessa kulussa, slamming-iskuja esiintyy aallokossa ajettaessa ja shokki-iskuja esiintyy, kun vene osuu aaltoon epäoptimaalisessa asennossa tai tapahtuu jotain muuta poikkeuksellista.

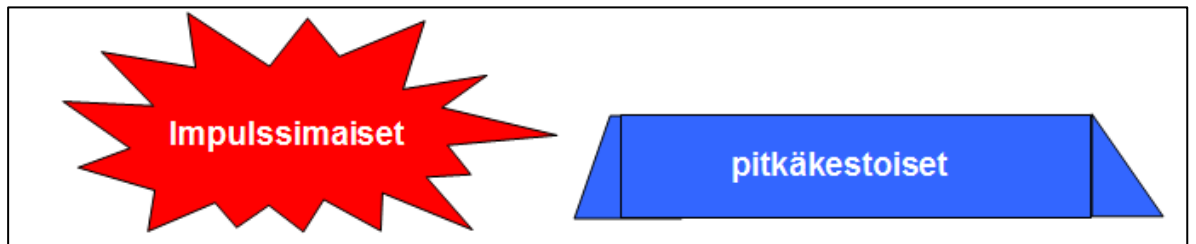


Kuva 68. Erilaiset alukseen kohdistuvat aallokosta johtuvat liikkeit.

G-voimista puhuttaessa on tärkeää määrittää myös vaikuttavan g-voiman suunta ja sen kesto. Näillä suureilla on aivan merkittävä vaikutus siihen, millaiset fysiologiset vaikutukset niillä on ihmiskehoon ja sitä kautta sietokykyyn. On tärkeätä eritellä toisistaan impulssimaiset ja pitkäkestoiset g-voimat. Niitä kuvataan samalla suureella, g-voimalla, mutta ne vaikuttavat ihmiseen eri tavalla. Lisäksi ihmisen toleranssi impulssimaisille ja pitkäkestoisille g-voimille on hyvin erilainen.

Merkittävimmät tekijät g-voimien vaikuttavuuteen ihmiskehossa merenkulun aluksissa ovat g-voiman **magnitudi**, sen **suunta** ihmisen koordinaatistossa sekä **kesto aika**. Lisäksi sen vaikuttavuuteen vaikuttaa suuressa määrin kehon asento ja liityntä alukseen (esim. penkki).

Tässä tutkimuksessa g-voimat jaetaan kahteen luokkaan niiden kestoajan mukaan.



Kuva 69. Lyhyt ja pitkäkestoiset g-voimat.

Merenkulun aluksissa esiintyvät kiihtyvyydet ovat pääsääntöisesti lyhytkestoisia impulssivoimia. Lyhytkestoiset impulssivoimat aiheuttavat erilaisia tärähdyksestä ja iskuista johtuvia ongelmia, joita voivat olla esimerkiksi tunnottomuus, venähdys, mustelmat, aivotärähdykset ja selkävammat. Nämä ovat tyypillisiä HSC-aluksiin liittyviä ongelmia.

Pitkäkestoiset g-voimat taas liittyvät enemmän ilmailuun. Erityisesti hävittäjälentokoneiden pilotit kokevat lentotehtävissään pitkäkestoisia g-voimia. Pitkäkestoisten g-voimien aiheuttamat ongelmat liittyvät yleisimmin esimerkiksi verenkiertoelimistön häiriöihin aiheuttaen näköhäiriöitä ja tajuttomuutta. Pitkäkestoisilla g-voimilla voi olla pidemmällä aikavälillä myös vaikutuksia tukirangan terveyteen (Rintala 2006).

Tutkimusraportteja luettaessa selvisi, että nykyisetkin alukset saattavat kohdata jopa 20 g:n suuruisia aaltoimpulsseja.

Newtonin toisen lain mukaan

$$\sum \bar{F} = m\bar{a} \quad [17]$$

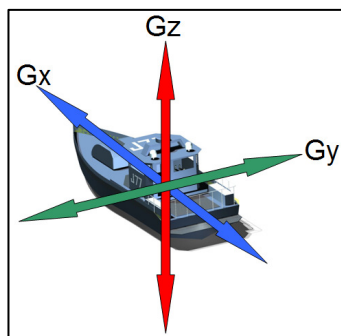
voidaan mitatuista kiihtyvyyksistä laskea miehistönjäseniin vaikuttavat voimat.

Täten jo 5 g kiihtyvyydet aiheuttavat 80 kg painoiseen ihmiseen noin 4 kN voiman, joka tarkoittaa sitä, että operaattori aistii oman kasvaneen painovoimensa istuimen tai kannen tukivoiman kautta. 5 g:n impulssin ollessa voimakkaimmillaan 80 kg painoinen ihminen tuntee itsensä noin 400 kg painoiseksi.

Kohdan 4.2.1 (s. 44 - 45) värähtely ja värinä mukaan arvioidaan, että aaltoimpulssien kestot ovat noin 0,1 - 1 s mittaisia. Impulssin kesto riippuu aluksen nopeudesta sekä ajosuunnasta aallokkoon nähden. Kovalla nopeudella vastaiseen aallokkoon ajaessa impulssin kesto aika on pienempi. Myötääallokossa ja pienellä nopeudella impulssien kestot ovat suurempia. Taulukkoon 2. on koottu ihmisen toleranssille määritetyt raja-arvot, jotka on määritetty kirjallisuustutkimuksen pohjalta. Arvot ovat suuntaa antavia, koska ne ovat riippuvaisia esimerkiksi kohdehenkilön asennosta ja kiinnittymisestä alukseen. Taulukon arvot kuvaavat fully restrained tilannetta, jolloin keho ei pääse liikkumaan impulssin aikana. Arvot on määritetty 0,1 s mittaisella impulssilla. Aluksen operaattorin oletetaan sijoittuvan alukseen niin, että silmät osoittavat keulaan aluksen x- suunnassa.

G _x	40G
G _z	10G
G _y	20G

Taulukko 2. Maksimaaliset g-voimat 0,1s mittaisella impulssilla.



Kuva 70. Koordinaatisto aluksessa.

6.2 Kyselytutkimus

6.2.1 Tutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti

Reliabiliteetti

Tutkimus tehtiin kokonaistutkimuksena Suomen Meripelastusseuran nopeiden veneiden päälliköille. Nopeiden veneiden päälliköt muodostavat perusjoukon. Kysely lähetettiin kaikille henkilöille, jotka työskentelevät aluksen päälliköinä aluksissa, joilla on riittävä nopeus. Saadut vastaukset kuvastavat siten meripelastusseuran nopeiden alusten päällikköinä toimivan joukon kokemuksia. Kyselytutkimuksessa vastaajien kato oli melko suuri, sillä vastausprosentiksi jäi 19 %. Perusjoukon koko oli 587, joten vastauksia saatiin kuitenkin 113 kappaletta. Vastaajien määrä riittää tilastollisten päätelmien tekoon, joskin suurempi vastausprosentti olisi ollut parempi. Vastaajille esitetyistä taustakysymyksistä saatujen tuloksien perusteella voidaan päätellä, että vastaajat edustavat hyvin koko perusjoukkoa. Esimerkiksi ikä ja koulutusrakenne ovat jakautuneet tasaisesti. Reliabiliteettiin pyrittiin vaikuttamaan myös muotoilemalla kysymykset mahdollisimman tarkasti aihetta kuvaaviksi. Tällä pyrittiin vaikuttamaan siihen, että kaikki vastaajat ymmärtäisivät kysymykset samalla tavalla, jotta mitattaisiin samaa asiaa.

Validiteetti

Kyselytutkimuksen ydin kiteytettiin lauseeseen: "kohtalaisen tai kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät ja impulssimaiset epämiellyttävät tunteet". Näillä tunteilla tarkoitetaan ihmisen kehoon, tukirankaan ja sisäelimiin kohdistuvia voimaimpulseja, jotka aiheutuvat aluksen liikemäärän äkillisestä muutoksesta aluksen osuessa aaltoon. Kysymyksellä on tarkoitus kysyä lyhytkestoista ja impulssimaisista g-voimista johtuvia tunteita.

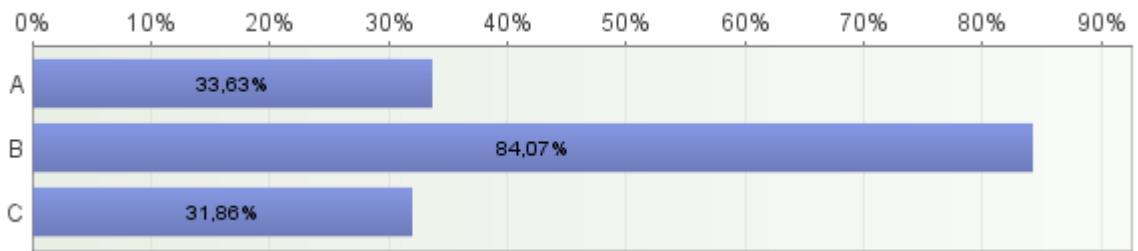
Validiteettia pyrittiin mittaamaan esittämällä kysymyssarjan alussa kuvavalintatehtävä, jossa yksi kuva esitti tutkimuksen ytimen eli aallokon ja kovan tai kohtalaisen nopeuden aiheuttamia kiihtyvyyksiä. Kuvasarjassa oli kolme kuvaa, joista kahdessa oli kaarreajosta aiheutuvia kiihtyvyyksiä ja yhdessä aallokon aiheuttamaa. Kuvasarjasta saaduista vastauksista päätellään sitä, miten hyvin tutkittava aihe onnistuttiin

selittämään vastaajille ja tämän seurauksena sitä, vastaavatko vastaajat siihen mitä yritetään kysyä.



Kuvat 71. Kuvat, joilla selvitettiin miten vastaajat ymmärsivät kysymyksen.

Validiteettia mittaaviin kuvakysymyksiin saatiin 113 vastausta. Nämä olivat jakaantuneet siten, että 84 % oli vastannut kuva B, 34 % kuva A ja 32 % kuva C. Kysymyksessä haettiin vastausta B, joka oli tarkoitettu kuvaamaan tutkittavaa asiaa. Osa vastaajista oli vastannut sen lisäksi myös A ja C vaihtoehtoa. Periaatteessa myös kuvissa A ja C on havaittavissa pientä aallonmuodostusta veden pinnalla, mutta niiden kuvastamat g-voimat johtuvat kuitenkin suuremmassa määrin kaarreajon sivuttaiskihtiävyyksistä. Kysymyksessä annettiin mahdollisuudeksi valita useita vaihtoehtoja, joten se oli hankalampi vastata kuin yhden vaihtoehdon kysymys. Lisäksi yhdessä kuvista esiintyy Formula 1 luokan vene, joka todennäköisesti on myös houkuttellut vastaajia valintaan. Vastaajista 84 % on kuitenkin vastannut kuvan B mukaan, jossa esiintyy suurimmat aallokon aiheuttamat voimat, joten validiteetti voidaan arvioida hyväksi. Lisäksi tutkimuksesta saadut muut vastaukset tukevat hyvin kirjallisuuskatsauksessa löydettyjä tekijöitä, jotka liittyvät aluksien mitattuihin g-voimiin, sekä tutkimuksiin joissa on tutkittu voimaimpulsseista syntyneitä vammoja. Saatujen vastauksien sopiminen ja linkittyminen aikaisempiin tutkimustuloksiin lisää validiteettiolettamaa.



Kuva 72. Validiteettia mittaava kysymys. (n=113)

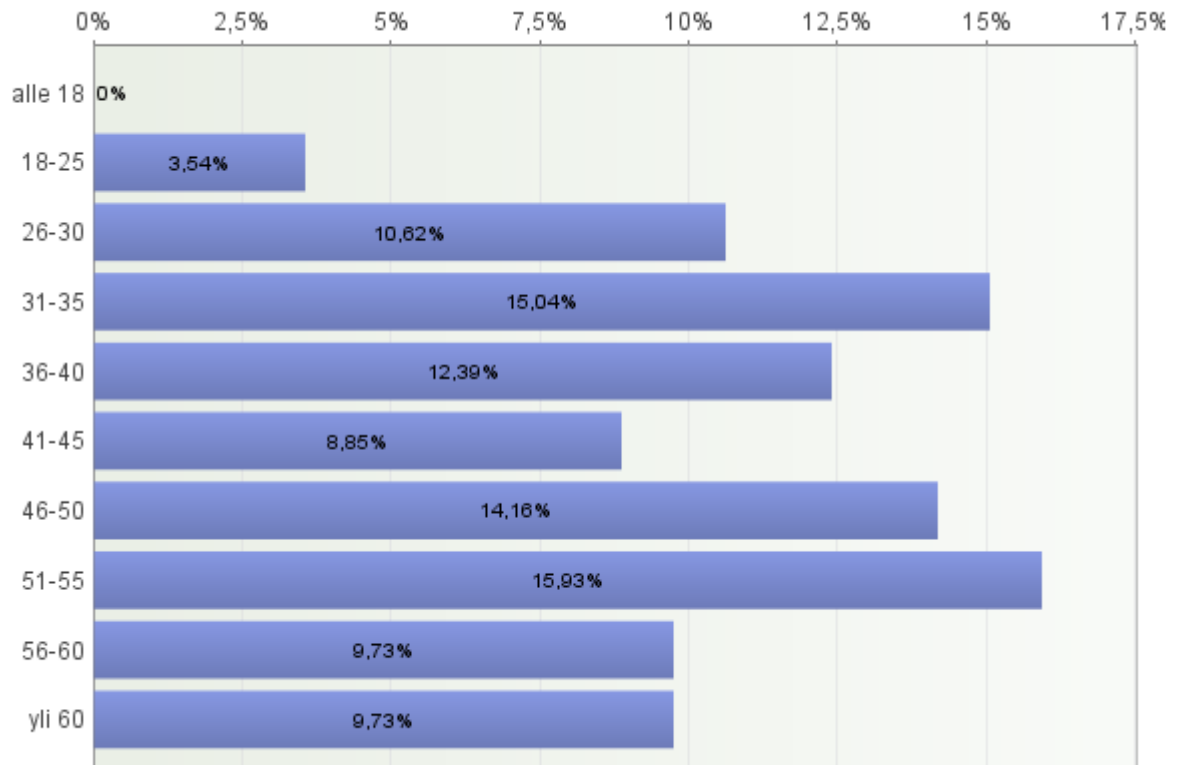
6.2.2 Vastaajien tausta

Meripelastusseuran nopeiden veneiden päälliköt muodostavat perusjoukon.

Kyselytutkimus lähetettiin 587 henkilölle. Vastauksia saatiin 113 kpl. Täten vastausprosentti oli noin 19 %. Osa vastaajista, joille kysely oli lähetetty, olivat aloittaneet vastaamisen, mutta jättäneet sen kesken. Kyselyn avanneiden, mutta lähettämättä jättäneiden prosentuaalinen osuus oli noin 12 %. Siten kokonaan kyselyyn noteeraamatta jättäneiden osuus oli 69 % perusjoukosta.

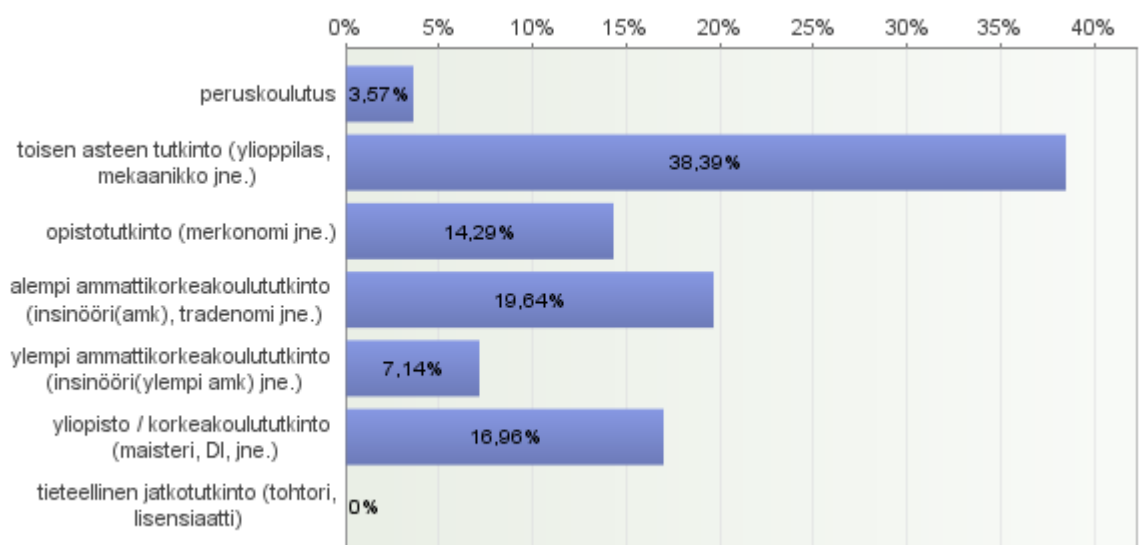
Vastaajista 99,1 % oli miehiä ja 0,9 % naisia.

Vastaajien ikäjakauma oli tasainen välillä 26-60 vuotta. Ainoastaan alle 26-vuotiaita oli huomattavasti vähemmän suhteessa muihin ryhmiin, mikä selittyy sillä, että perusjoukkona olivat aluksien päälliköt. Ikäkysymykseen olivat vastannut kaikki kyselyn palauttaneet eli 113 henkilöä. Ikäjakauma on esitetty kuvassa 73.



Kuva 73. Vastaajien ikäjakauma. (n=113)

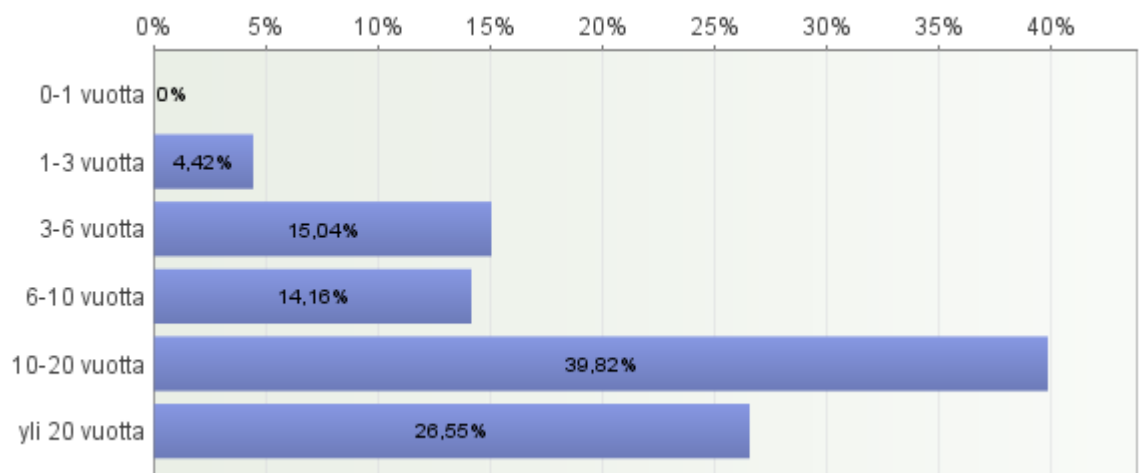
Kyselyyn vastanneilla 38,4 % oli toisen asteen tutkinto. Opistoasteen tutkinnon omaavia oli 14,3 %. Korkea-asteen tutkinto oli 43,74 prosentilla vastaajista. Kysymykseen vastasi 112 henkilöä. Muut koulutusasteet on esitetty kuvassa 74.



Kuva 74. Vastaajien ylin koulutustaso. (n=112)

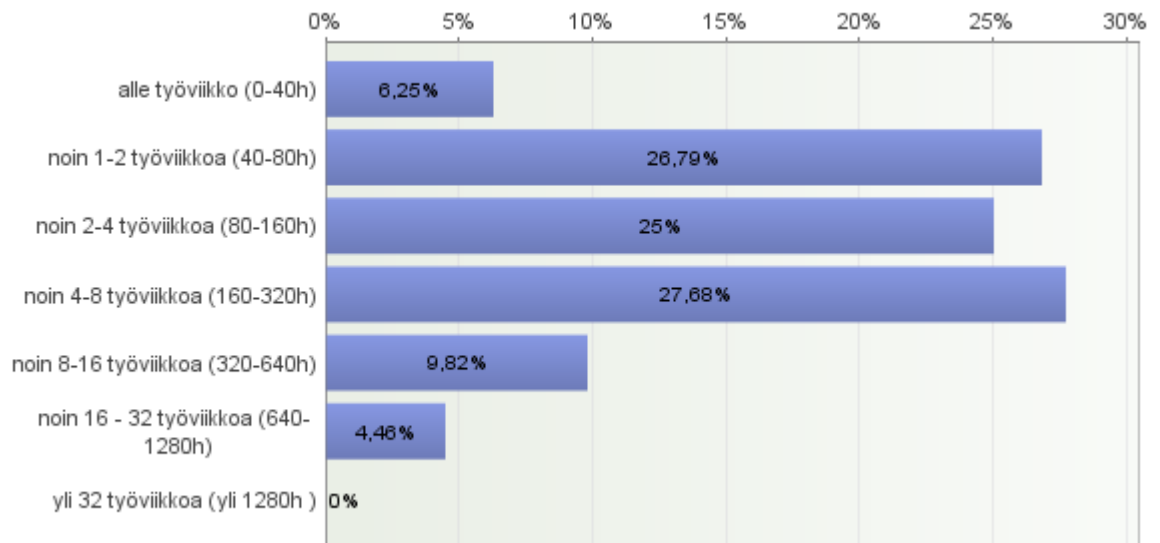
6.2.3 Tulokset

Enemmistä vastaajista (39,8 %) ilmoitti kuuluneensa Meripelastusseuran organisaatioon 10-20 vuotta. Yli 20 vuotta organisaatiossa mukana olleita oli vielä 26,6 %. Täten vastaajista yli 66 % on ollut Meripelastusseuran toiminnassa mukana yli 10 vuotta. Kyselyyn vastanneet ovat siis erittäin pitkän kokemuksen omaavia. Alle 10 vuotta toiminnassa olleita oli 33,62 %. Kysymykseen oli vastannut 113 henkilöä.



Kuva 75. Kauanko olet ajallisesti ollut organisaationne toiminnassa mukana? (n=113)

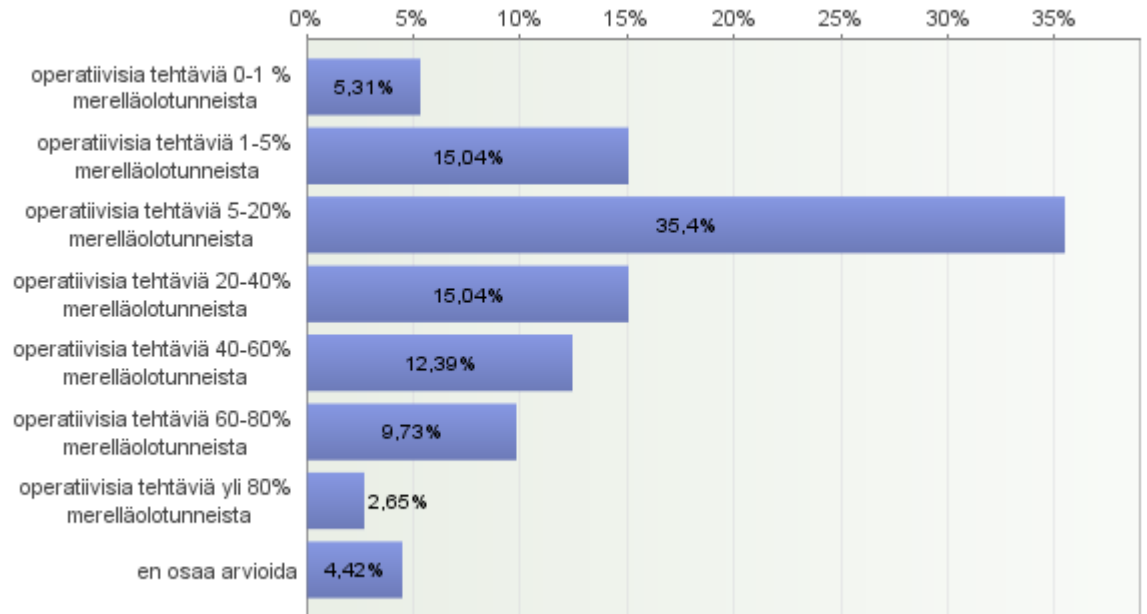
Kyselyssä haluttiin selvittää, kuinka suuren ajan vastaajat viettävät vuosittain merellä (tai sisävesillä). Tällä haluttiin arvioida sitä empiiristä kokemusta, jota vaaditaan kyselyn aihepiirin ymmärtämiseen. Enemmistö vastaajista (27,7 %) viettää vuosittain merellä harjoituksessa tai operatiivisessa tehtävässä 16-320h, aikaa, joka vastaa 4-8 työviikkoa. Vastaajista 9,8 % ilmoitti työskentelevänsä merellä harjoituksessa tai operatiivisessa tehtävässä vuosittain 320-640h. Muut kysymyksen vastausjakaumat näkyvät kuvasta 76. Vastaajat ovat viettäneet huomattavia aikoja meriolosuhteissa ja täten voidaan arvioida, että heillä on hyvää ja relevanttia kokemusta kyselytutkimuksen aihepiiristä. Kysymykseen vastasi 112 henkilöä.



Kuva 76. Mikä on keskimääräinen vuosittainen tuntimäärä, jonka olette viettäneet merellä olevassa aluksessa? (n=112)

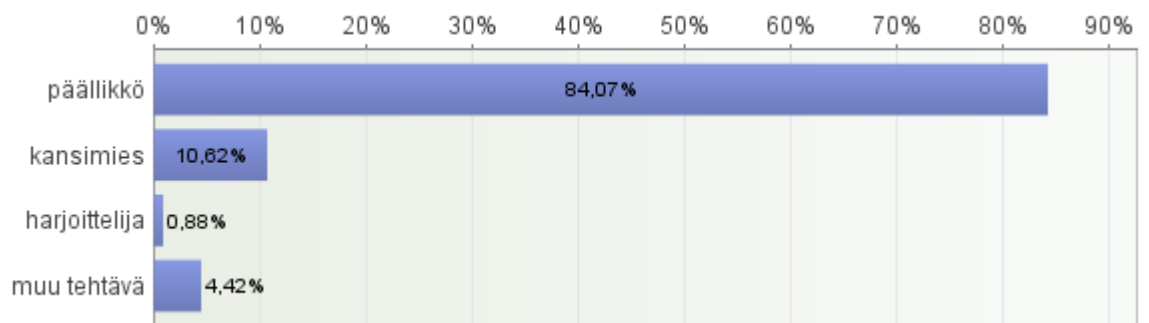
Merellä vietettyä aikaa haluttiin vielä erikseen täsmentää ja jakaa operatiivisten tehtävien ja harjoittelun suhteen. Operatiiviseksi tehtäväksi määriteltiin se aika, jolloin ollaan suorittamassa jotain tiettyä pelastus- tai avunantotehtävää tai partioimassa merellä. Pelkkää satamassa tapahtuvaa valmiudessa oloa tai meriharjoittelu ei laskettu mukaan. Enemmistö vastaajista (35,4 %) ilmoitti operatiivisten tehtävien osuudeksi 5-20 % merellä vietetystä ajasta. Vastaajista 24,8 % ilmoitti työskennelleensä yli 40 % ajasta operatiivisten tehtävien parissa. Vastaajista 15 % oli työskennellyt 20–40 % ajastaan operatiivisissa tehtävissä. Toiseksi vähiten operatiivisissa tehtävissä työskenteleviä eli 1-5 % ajasta oli 15 % vastaajista. Vastaajista 5,3 % ilmoitti että merelläoloajasta vain 0-1 % kuluu operatiivisia tehtäviä suoritettaessa. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.

Kysymyksellä oli tarkoitus hahmottaa merellä liikkumisen intensiteettiä. Partiointia suoritetaan todennäköisesti rauhallisesti ajaen ja ympäristöä tarkkaillen. Operatiivisia tehtäviä suorittamaan mennään todennäköisesti suurinta mahdollista nopeutta käyttäen. Kiireessä ja kovemmalla nopeudella aaltoimpulssien esiintymisen todennäköisyys kasvaa.



Kuva 77. Miten merelläoloaika on jakautunut operatiivisten tehtävien ja harjoittelun suhteen? (n=113)

Vastaajilta kysyttiin pääasiallista tehtävää. Vastaajista 84 % ilmoitti tehtäväkseen aluksen päällikön tehtävät. Muuksi kuin pääasialliseksi päälliköksi ilmoitti kuuluvansa 15,9 % vastaajista. Kyselyn otanta suunniteltiin kohdistettavaksi vain aluksen päälliköihin. Poikkeama voi johtua muuttuneista tehtävänkuvista, vanhoista jakelulistoista tai siitä, että osa vastaajista työskentelee myös muilla aluksilla, esimerkiksi pelastusristeilijällä, muissa tehtävissä kuin aluksen päällikkönä. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.



Kuva 78. Mikä on pääasiallinen tehtävänne aluksessa? (n=113)

Kyselyyn vastanneilta haluttiin selvittää minkä kokoisella alustyypillä he useimmiten liikkuvat. Kysymykseen vastasi 112 henkilöä. Valtaosa eli 45,5 % liikkuu

useimmiten 10-15 metriä pitkällä aluksella. Tällainen alustyyppi on esimerkiksi Pv Emmi jonka L_h on 13,5m, m 14t ja v 30kn.



Kuva 79. Pv Emmi. (Mobimar Oy)
(Meripelastusseuran alusrekisteri)

Vastaajista 33 % ilmoittaa alustyyppikseen 7-10 metrin pituisen aluksen jolla useimmiten liikkuu. Tällaista alustyyppiä vastaa esimerkiksi Pv Apukokko jonka L_h on 7,7m, m 2,8t ja v 35kn.



Kuva 80. Pv Apukokko. (Boomeranger Boats)
(Meripelastusseuran alusrekisteri)

Vastaajista 15 % ilmoittaa pääasialliseksi alustyyppikseen 15-25 metriä pitkän aluksen. Tällainen on esimerkiksi Meripelastusseuran Pv Kotka jonka L_h on 16,8m, m 22,5t ja v 28 kn.



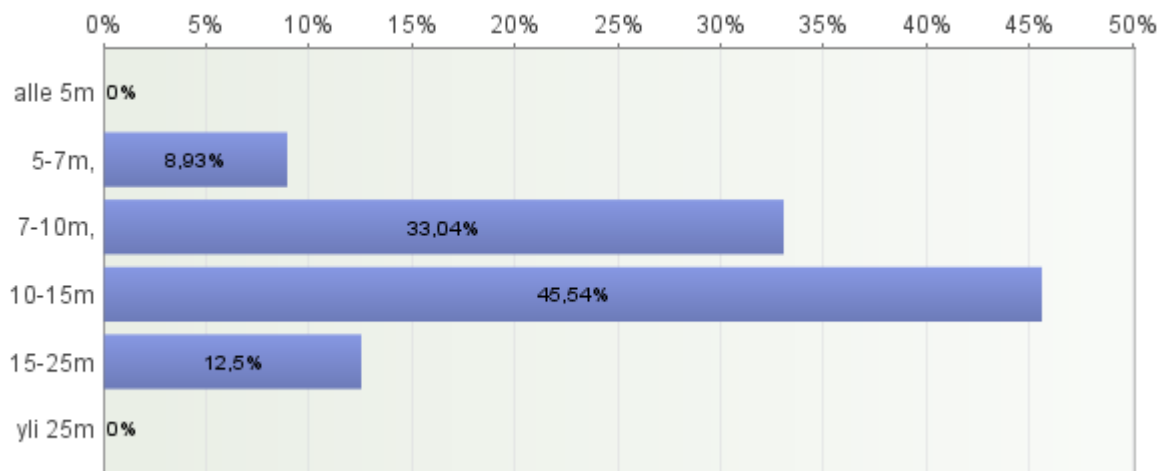
Kuva 81. Pv Kotka. (Marine Alutech) (Meripelastusseuran alusrekisteri)

Vastaajista 8,9 % ilmoittaa käyttämäkseen alusluokakseen 5-7 metrin aluksen. Tällainen alustyyppi on esimerkiksi Pv Sotka jonka L_h on 6,9m, m 1,3 t ja v 30 kn.



Kuva 82. Pv Sotka. (RNLI/Halmatic Ltd.)
(Meripelastusseuran alusrekisteri)

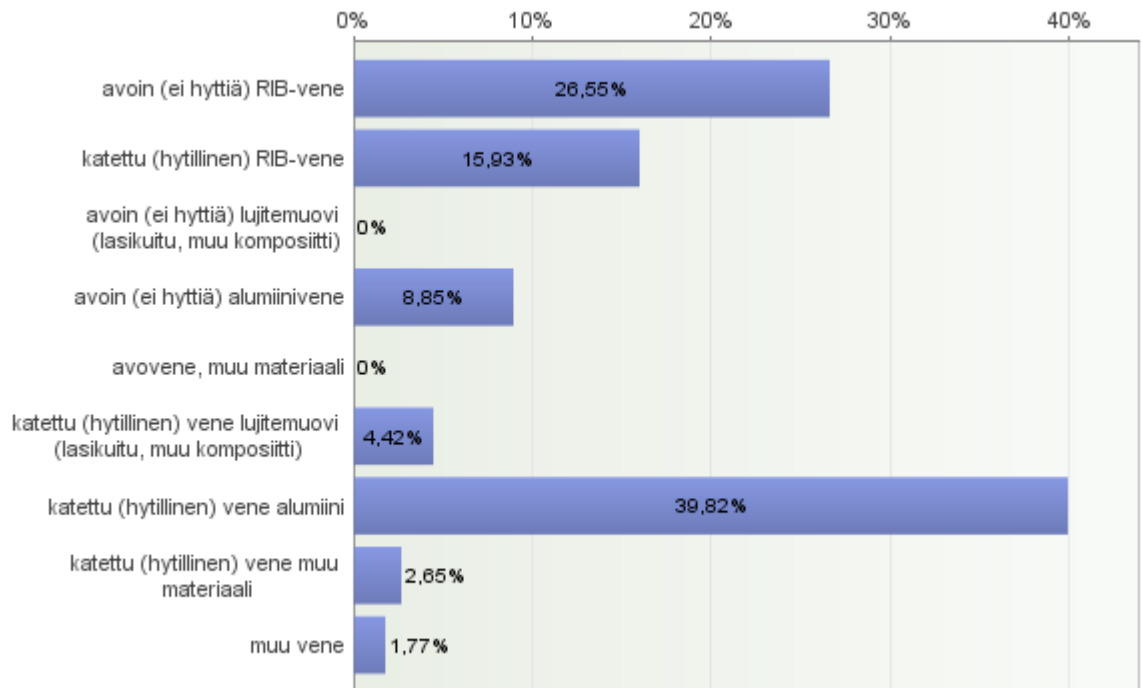
Veneiden pituudet sopivat hyvin tutkimusalueen rajauksissa valittuun aluspituuteen. Suurin ryhmä meripelastusseuran aluksissa on L_h 7-15 metriset alukset, kaikkien osuessa välille L_h 5-25m.



Kuva 83. Aluksen pituus jolla vastaajat useimmiten liikkuvat. (n=112)

Kyselyssä haluttiin selvittää myös minkä tyyppisellä aluksella vastaajat useimmiten liikkuvat. Luokat jaettiin katettuihin ja avoimiin RIB-veneisiin, katettuihin ja avoimiin komposiittiveneisiin sekä katettuihin ja avoimiin alumiiniveneisiin. Lisäksi valittavana oli avoin ja katettu vene muusta materiaalista. Vastaajista valtaosa eli 39,2 % liikkuu pääsääntöisesti katetulla alumiinirakenteisella veneellä. Katettu vene tarkoittaa alusta, jossa on hytti. Toiseksi suurimman ryhmän muodostaa avoimella

Ribe-veneellä liikkuvat henkilöt. Katettujen RIB-veneiden osuus vastaajista oli 26,6 %. Muut tyypit ilmenevät kuvasta 84. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.

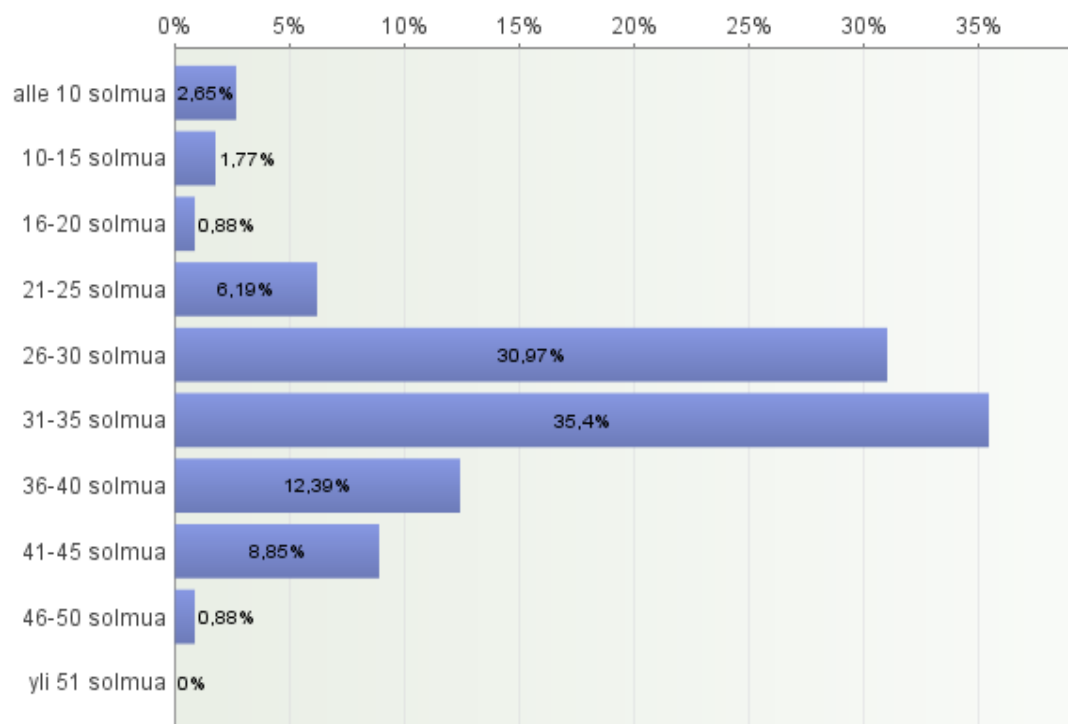


Kuva 84. Alustyyppi jolla vastaajat useimmiten liikkuvat. (n=113)

Kysely pyrittiin rakentamaan siten, että vastaajat vastaisivat kysymyksiin sen alustyyppin mukaan, jolla ovat eniten viettäneet aikaa vesillä. Eli jos on viettänyt eniten tunteja merellä katetulla alumiiniveneellä, niin kysymyksiin vastataan sen alustyyppin pohjalta saatujen kokemusten mukaan. Tästä eteenpäin kysymysten vastaukset pitäisivät annettujen vastausohjeiden mukaan pohjautua valitun alustyyppin mukaisesti.

Vastaajilta haluttiin selvittää suurinta nopeutta, jonka heidän käyttämänsä alustyyppi saavuttaa. Kysymyksellä tarkennetaan vastaajien soveltuvuutta kyselyn rajauksiin ja kartoitetaan sitä, miten suorituskykyisillä aluksilla vastaajat liikkuvat. Vastaajista 94,7 % ilmoitti nopeusalueeksi 21-50 solmua. Suurin yksittäinen ryhmä vastauksista oli 85 %, jotka ilmoittivat aluksen nopeusalueeksi 21-40 solmua. Vastaajista 9,7 % ilmoitti suurimmaksi nopeudeksi 41-50 solmua, joka on Meripelastusseuran alusrekisterin mukaan hieman alusrekisterin ilmoittamien arvojen yläpuolella. Aluksen suurimmaksi nopeudeksi alle 21 solmua ilmoitti 5,3 % vastaajista.

Nopeustyyppi tarkoittaa sitä, että vastaajat työskentelevät todennäköisesti joko puoliliukuvalla tai uppoumarunkoisella aluksella, jolloin Frouden luvun ja SLR-kertoimen mukaan tehdyt rajaukset eivät täyty. Prosentuaalinen osuus on kuitenkin niin pieni, että sillä ei ole merkittävää vaikutusta kyselyn tuloksiin. Virhe saattaa johtua myös vanhoista jakelulistoista tai vahingossa väärin valituista nopeusarvoista. Meripelastusseuran jäsenrekisterin mukaan nopein seuralla oleva alus on nopeudeltaan 35 solmua. Saattaa myös olla, että vastaajat ovat ilmoittaneet jo seuralta poistuneiden alusten nopeuksia, jotka eivät enää näy alusrekisterissä. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.

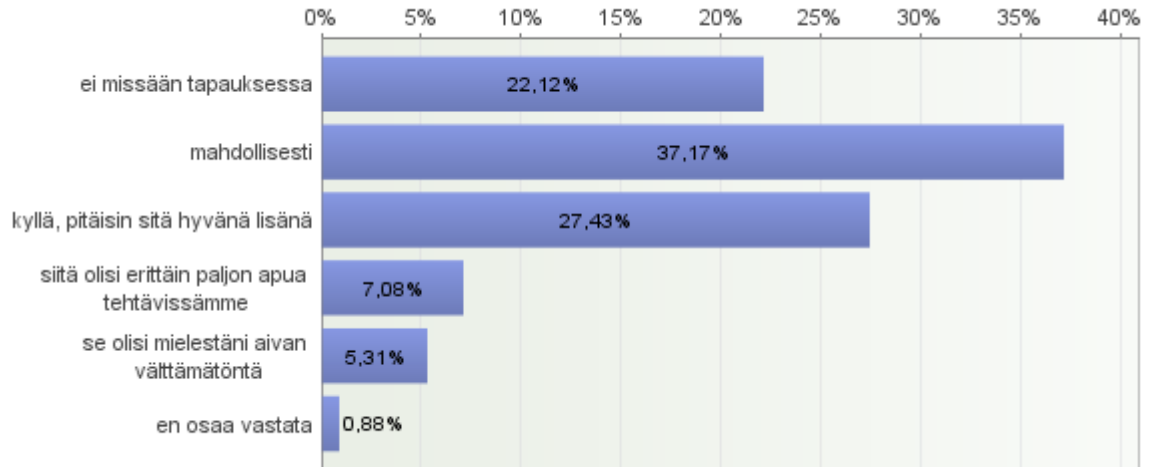


Kuva 85. Alustyypin suurin nopeus. (n=113)

Vastaajilta haluttiin selvittää näkevätkö he tarvetta operatiivisen käytön kannalta

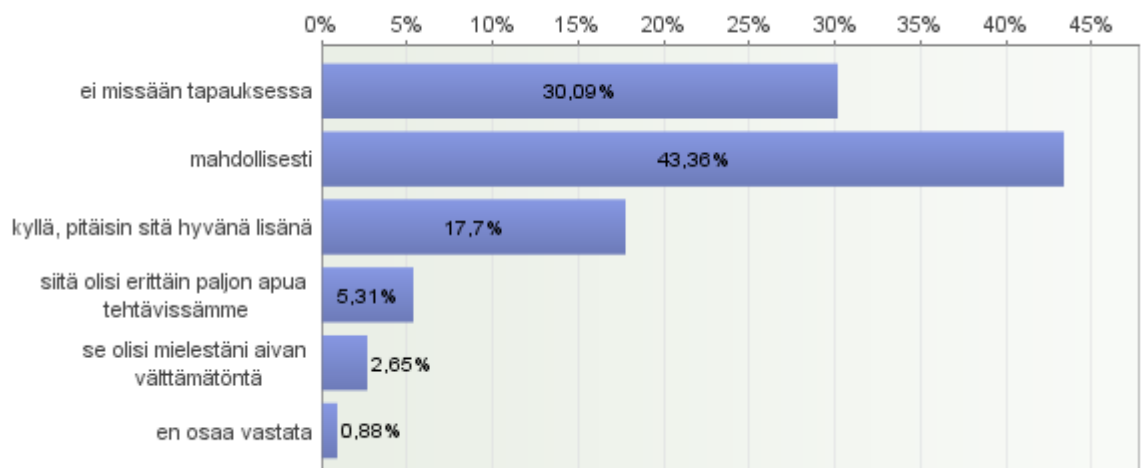
noin 10-20 solmua nykyistä nopeampiin alustyyppihin. Valtaosa vastaajista eli 77 % koki että heillä on jonkinasteista tarvetta nopeampiin alustyyppihin.

Kysymykseen vastanneista 37,1 % ilmoitti, että tarve olisi mahdollinen. Vastaajista 27,4 % ilmoitti, että nopeampi alustyyppi olisi hyvä lisä. Vastausten jakaumassa 7 % ilmoitti, että nopeammasta aluksesta olisi erittäin paljon apua tehtävissä ja 5,3 % oli sitä mieltä että se olisi aivan välttämätöntä. Vastaajista 22,1 % oli sitä mieltä, ettei tarvetta ole missään tapauksessa. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä. Kysymyksen vastausten jakaumat esitetty kuvassa 86.



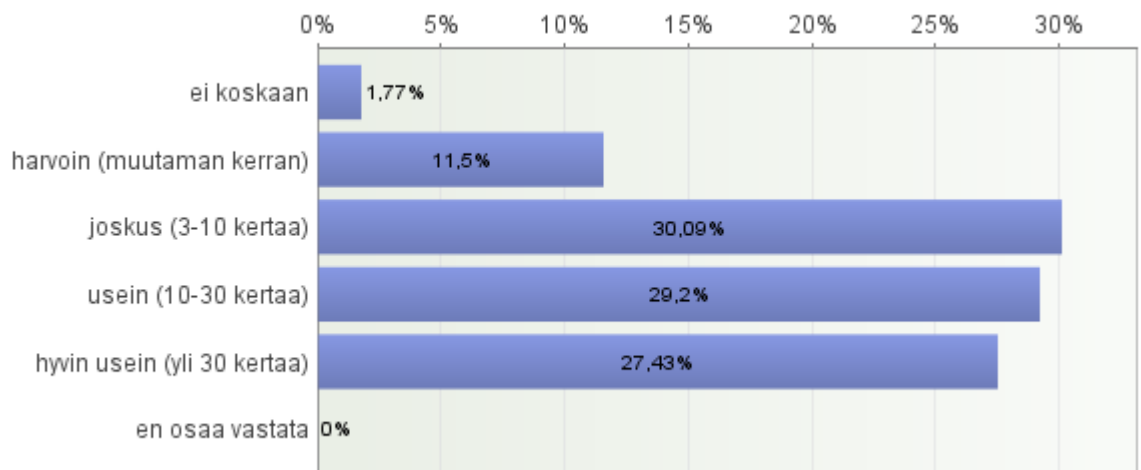
Kuva 86. Olisiko teillä mielestäsi operatiivista tarvetta vielä nopeampaan alukseen, esimerkiksi 10-20 solmua nopeampi kuin nykyinen? (n=113)

Kartoitusta nopeampaan alustyyppiin haluttiin vielä täsmentää kysymällä tarvetta erikseen huippunopealle alukselle, joka kykenisi 50 solmun matkanopeuteen. Tällainen matkanopeus tarkoittaa noin 55-60 solmun huippunopeutta. Valtaosa vastaajista eli 69 % koki tähän jonkinasteista tarvetta. Tarvetta piti mahdollisena 43,4 % ja hyvänä lisänä 17,7 % . Vastaajista 5,31 % arvioi, että huippunopeasta aluksesta olisi erittäin paljon apua tehtävissä ja 2,65 % vastaajista oli sitä mieltä, että se olisi aivan välttämätöntä. Vastaajista 30 % oli sitä mieltä, ettei 50 solmun matkanopeuteen pystyvälle alukselle ole minkäänlaista tarvetta. Vastausten tarkka jakauma on esitetty kuvassa 87. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.



Kuva 87. Olisiko 50 solmun matkanopeuteen pystyvä alustyyppi organisaationne toiminnalle hyödyksi? (n=113)

Tutkimuksessa haluttiin selvittää kuinka usein vastaajat ovat kokeneet aaltoimpulsseja. Kysymyksessä kysyttiin uran aikana esiintyneistä epämiellyttävistä, iskevästä ja impulssimaisista tuntemuksista, jotka aiheutuvat aluksen runkoon osuvista aalloista, kovalla tai kohtalaisella nopeudella ajaessa. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä. Vastaajista 98,2 % oli kokenut jonkinasteisia kysytyjä tuntemuksia. Hyvin usein niitä oli kokenut 27,4 % vastaajista, usein 29,2 % vastaajista, joskus 30 % vastaajista ja harvoin 11,5 % vastaajista. Kysymykseen vastasivat kaikki eli 113 henkilöä. Vastausten jakaumat on esitetty kuvassa 88.



Kuva 88. Oletteko kokeneet aallokosta johtuvia epämiellyttäviä, iskeviä ja impulssimaisia tuntemuksia, jotka aiheutuvat aluksen runkoon osuvista aalloista, kohtalaisella tai kovalla nopeudella ajaessa? (n=113)

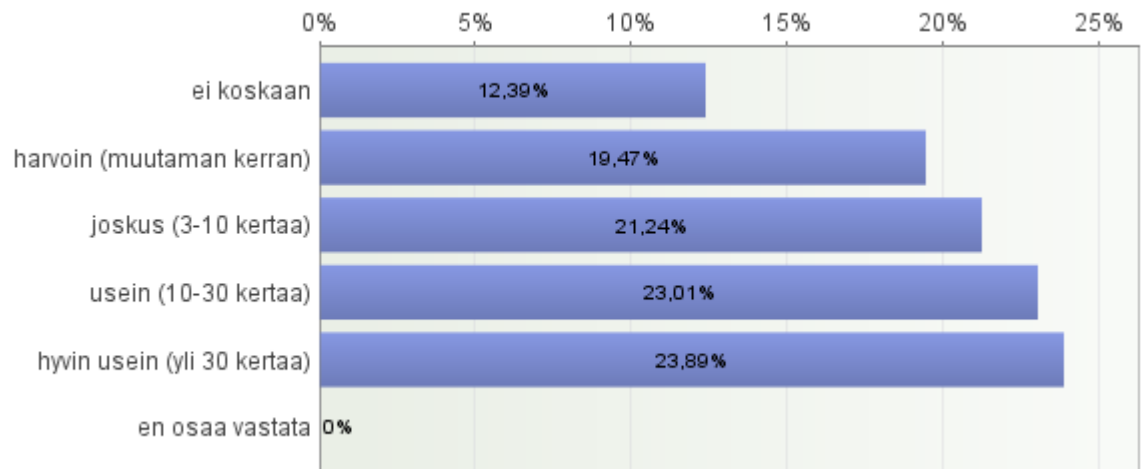
Vastaukseksi hyvin usein (yli 30 kertaa) antanutta ryhmää haluttiin analysoida vielä tarkemmin, joten vastausta vertailtiin ristiin muiden kysymyksien kanssa. Hyvin usein vastanneiden ryhmässä (27,4 %) oli eniten (25,8 %) 31-35 vuotiaita, joista kaikki olivat miehiä. Samaa ikäryhmää oli koko kyselyyn vastanneista 15 %. Ryhmän sisällä koulutusasteeltaan suurin ryhmä olivat korkeakoulututkinnon suorittaneet, joita oli 53,3 %. Koko kyselyn vastaava prosentuaalinen osuus oli 43,7 %. Yli 30 kertaa aaltoimpulssin kokeneiden ryhmästä 51,6 % oli ollut meripelastusseuran organisaatiossa 10-20 vuotta ja 25,8 % yli 20 vuotta. Ryhmästä suurin osuus (35,5 %) vastasi viettäneensä keskimäärin 160-320h merellä olevassa aluksessa. Koko kyselyn vastaava prosentti oli 27,7 %. Operatiivisten tehtävien

suorittamisen suhteen eroa koko kyselyyn vastanneiden kesken ei juurikaan ollut. Ryhmän yleisin alustyyppi (48,4 %) oli 10-15 metrin pituinen alumiinirakenteinen katettu alus (kaikki vastaajat 45,5 %). Tässä ryhmässä 58,1 % (kaikki vastaajat 43,4 %) arvioi, että ovat kokeneet määritelmältään kohtalaisesti epämiellyttävää kipua aiheuttaneita aaltoimpulsseja. Heistä 64,5 % ilmoitti (kaikki vastaajat 28,3 %), että ovat joutuneet alentamaan aluksen kulkunopeutta hyvin usein eli yli 20 kertaa. Ryhmästä 74,2 % arvioi, että merellä liikkumisesta tulee usein tai hyvin usein fyysisesti rasittavampaa. Vastaava osuus kaikkien vastaajien kesken on 34,5 %.

Ryhmästä 67,8 % ilmoitti, että aaltoimpulsit ovat vaikuttaneet henkiseen suorituskyykyyn usein tai hyvin usein. Vastaavat vastaukset koko otannasta antoi 28,3 %. Ryhmästä 71 % ilmoitti tekevänsä harjoitteita aaltoimpulsseja vastaan, kun vastaava prosenttiosuus kaikkien vastanneiden kesken oli 64,6 %. Ryhmä arvioi alusta kuljettavan henkilön vaikutukseksi asteikolla vaikuttaa hyvin paljon aaltoimpulssien voimakkuuteen 61,3 %, kun kaikkien vastaajien vastaava prosentti oli 46 %. Ryhmän suurin osuus (32,3 %) Cooperin testituloksessa oli 2400-2700, kun kaikkien vastaajien suurin ryhmä (29,2 %) oli 2100-2400m. Vapaa-ajallaan hyvin usein merellä liikkujien joukossa (yli 50 kertaa kaudessa) osuus oli 19,4 % kun se kaikilla vastaajilla oli 13,3 %. Ryhmästä 45,2 % ilmoitti, että aaltoimpulsseista on hyvin usein haittaa työskentelylle. Kaikkien vastaajien vastaavaosuus oli 20,4 %. Ryhmästä suurin osuus 41,9 % (kaikki 23,9 %) oli ollut huolissaan terveydestään joskus (3-10 kertaa), kun kaikkien vastaajien suurin ryhmä 34,5 % oli ollut terveydestään huolissaan vain harvoin (muutamana kerran).

Kysymyksistä, joissa käsiteltiin aluksien suojaavia ominaisuuksia, ei löydetty poikkeavuuksia suhteessa kaikkiin vastaajiin.

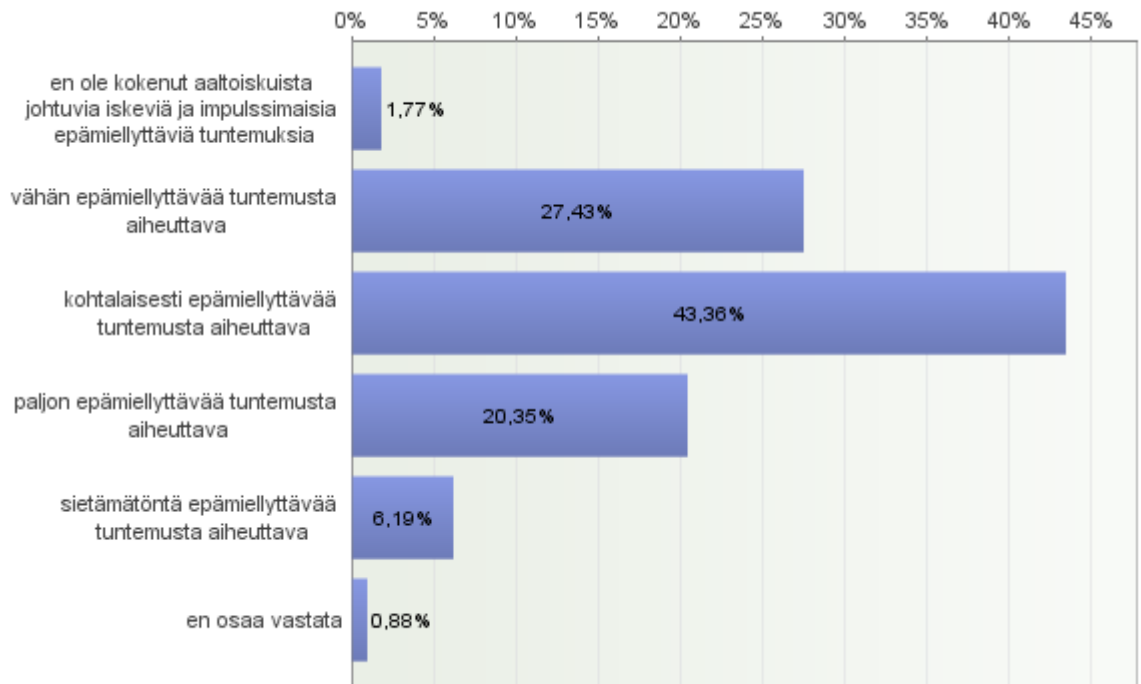
Kysymystä esiintyneistä aallokon aiheuttamista impulsseista haluttiin tarkentaa kysymällä vastaajilta ovatko he ajaneet uransa aikana kovalla tai kohtalaisella nopeudella aaltoon, maininkiin tai muiden alusten muodostamiin aaltoihin siten, että alus on hetkellisesti hypännyt ilmaan. Vastaajista 87,6 % oli ajanut alusta siten, että se oli hetkellisesti hypännyt ilmaan. Vastaajista 23,9 % oli joutunut kuvatuunlaiseen tilanteeseen hyvin usein eli yli 30 kertaa, usein 23 %, joskus 21,2 %, harvoin 19,5 % ja 12,4 % ei ollut koskaan uransa aikana kokenut kysyttävää ilmiötä. Kysymykseen vastasivat kaikki eli 113 vastaajaa. Kuva 88.



Kuva 88. Oletteko ajaneet kohtalaisella tai kovalla nopeudella aaltoon, maininkiin tai muiden alusten muodostamiin aaltoihin siten, että alus on hetkellisesti hypännyt ilmaan? (n=113)

Vastaajilta haluttiin tarkennusta siihen, millainen on uran aikana pahimmillaan ollut aallokon ja kohtalaisen tai suuren nopeuden yhteisvaikutuksesta syntyvä iskevä ja impulssimainen epämiellyttävä tuntemus. Vaikka kiputilat ovatkin varsin subjektiivisia kokemuksia, haluttiin kysymyksellä luoda asteikko ja määrittely syntyneille tuntemuksille, jotta voidaan arvioida ilmiön vaikuttavuutta.

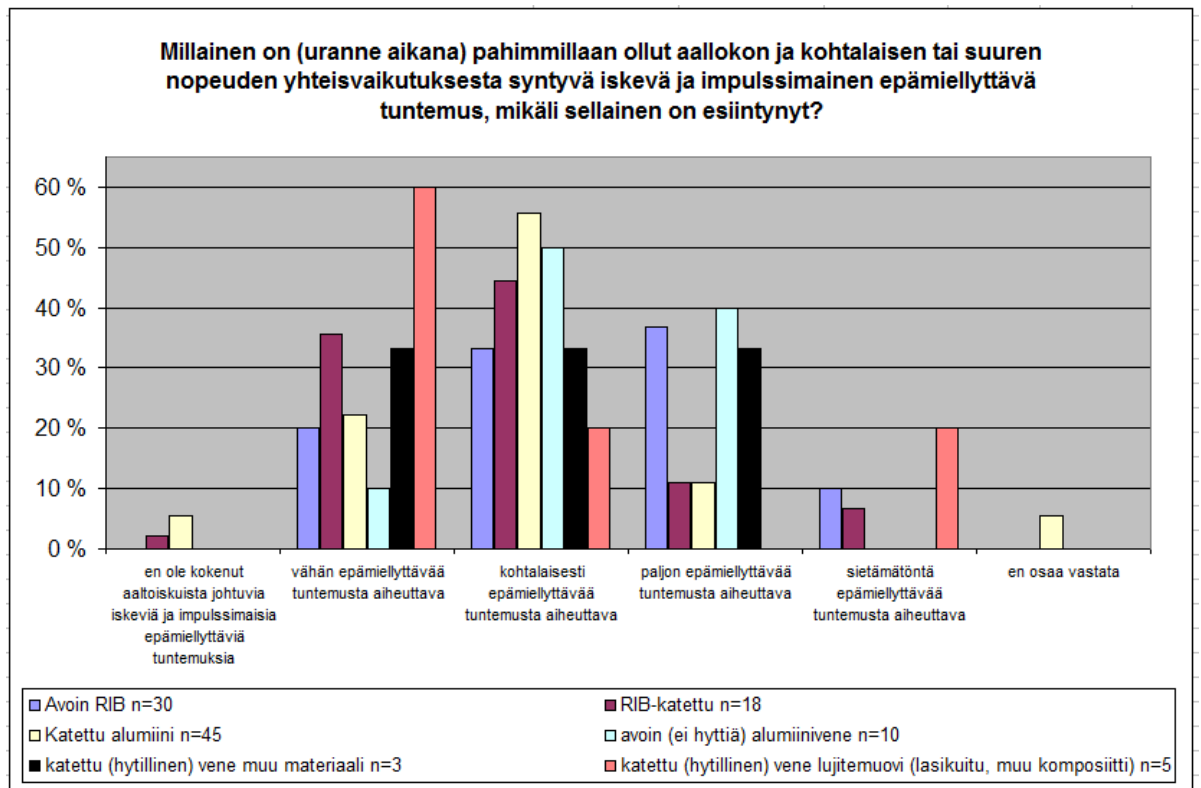
Suurin ryhmä (43,4 %) vastasi kokeneensa kohtalaisesti epämiellyttävää tuntemusta aiheuttaneita iskuja. Toiseksi suurin ryhmä, joka oli suuruudeltaan 27,4 % ilmoitti kokeneensa vähän epämiellyttäviä tuntemuksia aiheuttaneita iskuja. Vastaajista 20,4 % ilmoitti kokeneensa paljon epämiellyttävää tuntemusta aiheuttavia iskuja ja 6,2 % ilmoitti kokeneensa sietämätöntä epämiellyttävää tuntemusta aiheuttaneita iskuja. Vastaajista 1,8 % ilmoitti, ettei ole kokenut lainkaan kysymyksessä tarkoitettuja iskuja. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä eli kaikki vastauksensa palauttaneet.



Kuva 89. Millainen on pahimmillaan ollut aallokon ja kohtalaisen tai suuren nopeuden yhteisvaikutuksesta syntyvä iskevä ja impulssimainen epämiellyttävä tuntemus, mikäli sellainen on esiintynyt? (n=113)

Vastauksia haluttiin analysoida vielä tarkemmin ja selvittää, miten aallokon ja kohtalaisen tai kovan nopeuden yhteisvaikutuksesta syntyneet pahimmat tuntemukset jakaantuivat eri venetyyppien ja pituusluokkien kesken. Kuvassa 90 on esitetty jakaumat. Tuntemusasteikon keskivaihe, kohtalaisesti epämiellyttäviä tuntemuksia aiheuttava, on kerännyt prosentuaalisesti eniten vastauksia. Siinä on edustettuna kaikki alustyyppit. Aineiston ryhmistä katettujen alumiiniveneiden (5,6 %) ja katettujen RIB-veneiden (2,2 %) ilmoitti, ettei ole kokenut lainkaan aaltoimpulsseista johtuvia epämiellyttäviä tuntemuksia. Tämä saattaa johtua siitä, että he ovat liikkuneet suojaisilla vesialueilla, esimerkiksi sisävesillä suuremman kokoluokan veneillä. Asteikon toisessa ääripäässä, jossa oli koettu sietämättömiä epämiellyttäviä tuntemuksia, oli edustettuna kolme ryhmää. Suurin ryhmä on katettu lujitemuovivene (20 %), avoimella RIB-veneillä liikkuneet vastaajat (10 %) ja katettu RIB-vene (6,7 %). On huomattava, että asteikon ääripäät edustavat lukumääräisesti varsin vähäistä vastaajamäärää, joten niitä ei voi pitää kovin merkittävinä tuloksina, etenkin kun mittarina on subjektiivinen kokemus.

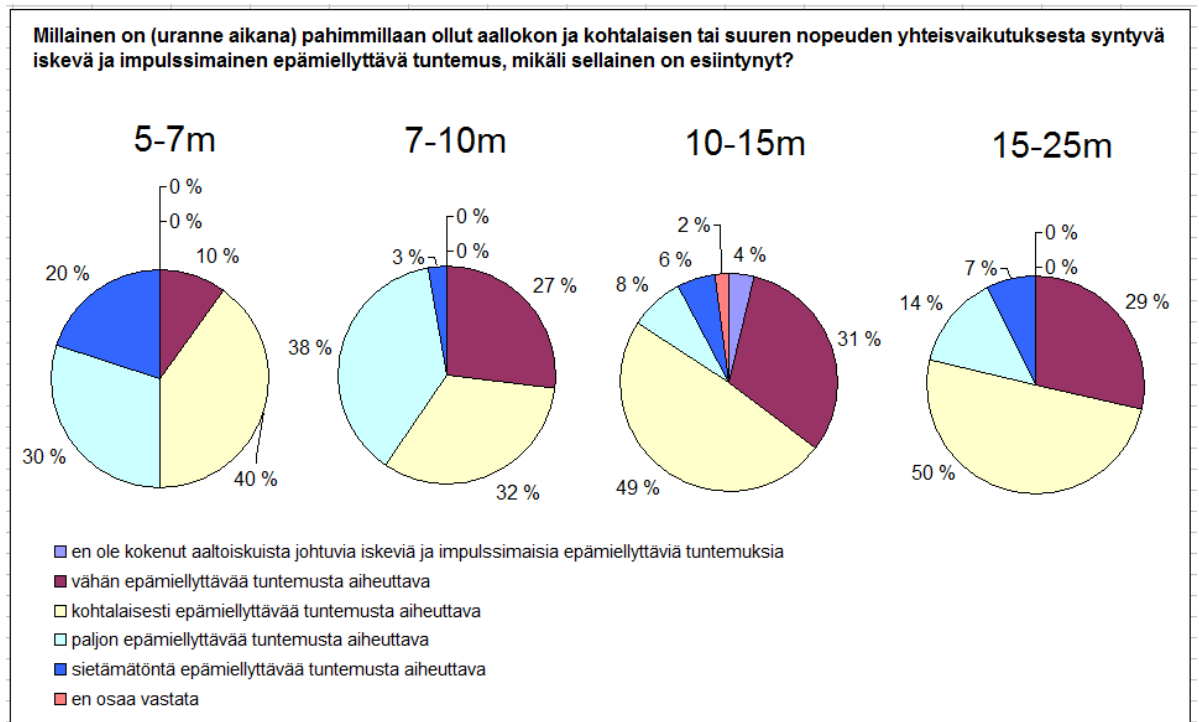
Aineiston merkittävin osuus painottuu vähän, kohtalaisesti ja paljon epämiellyttäviä tuntemuksia aiheuttaneisiin tuntemuksiin.



Kuva 90. Vastauksien jakaantuminen eri alustyyppien kesken. (n=113)

Tuloksia analysoitiin vielä suhteessa aluksien pituusluokkiin. Kuva 91.

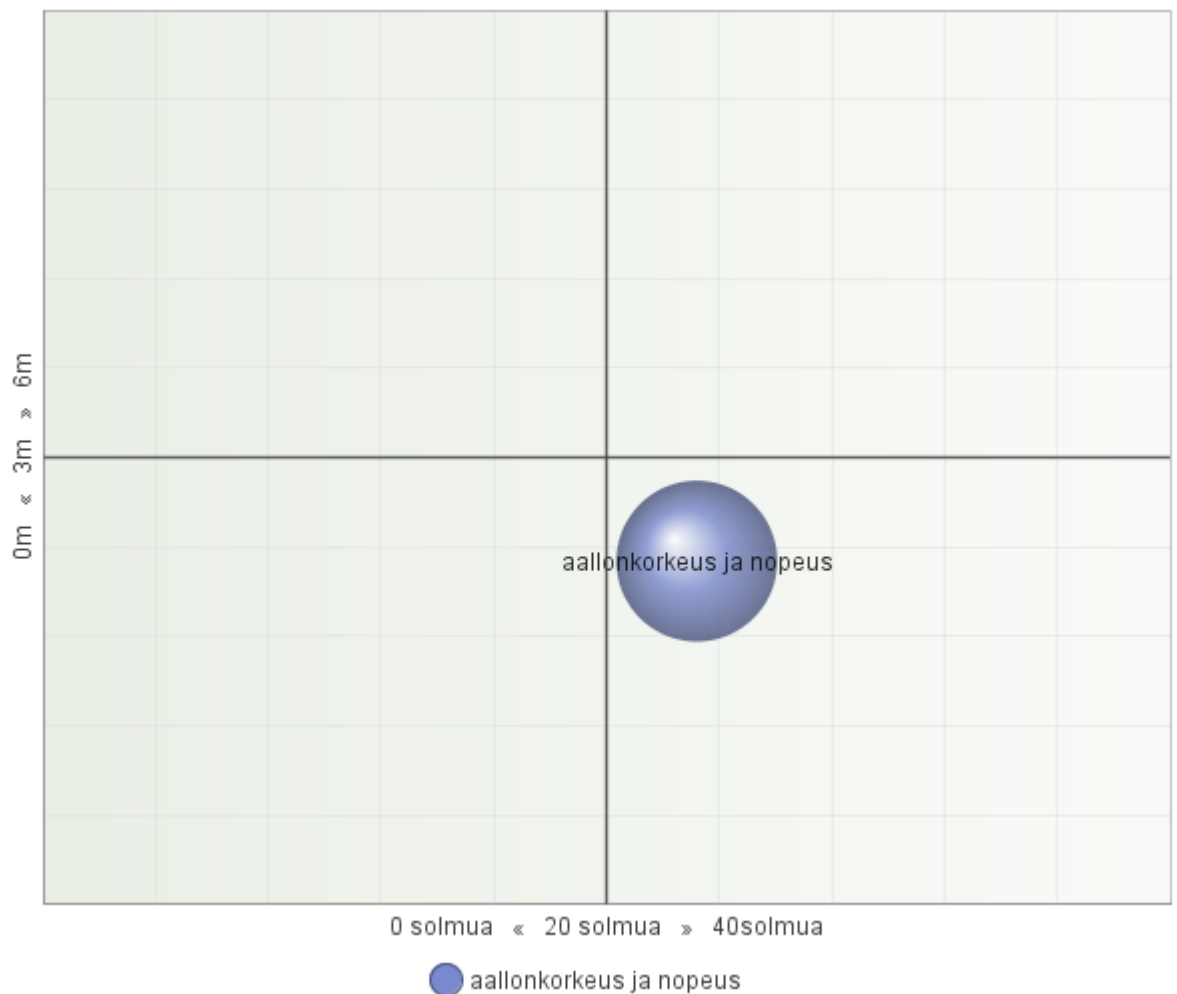
Kaikissa pituusluokissa esiintyvä prosentuaalisesti suurin tuntemus on kohtalaisesti epämiellyttävä tuntemus. Veneen pituusluokan kasvaessa vähän epämiellyttävien- ja kohtalaisesti epämiellyttävien tuntemuksien yhteenlaskettu prosentuaalinen osuus kasvaa eli vastaavasti vaikuttavuudeltaan merkittävämmiksi arvioidut tuntemukset vähenevät. Aluskoolla on yhteys aaltoimpulssien voimakkuuden kokemiseen. Asteikon toisen ääripään eli sietämätöntä epämiellyttävää tuntemusta aiheuttavien tuntemuksien prosentuaalisesti suurin osuus painottuu 5-7m aluksiin. Tämä alusluokka on ketterä, nopea ja kevyt, jolloin mahdollisuudet kokea suuria aaltoimpulsseja on suuri. On kuitenkin huomattava, että meripelastusseuran suurimmassakin alusluokassa, L_h 15-25m aluksissa, 7 % vastaajista ilmoitti kokeneensa sietämätöntä epämiellyttävää tuntemusta aiheuttaneita impulsseja.



Kuva 91. Vastauksien jakaantuminen aluksien pituuden mukaan. (n=113)

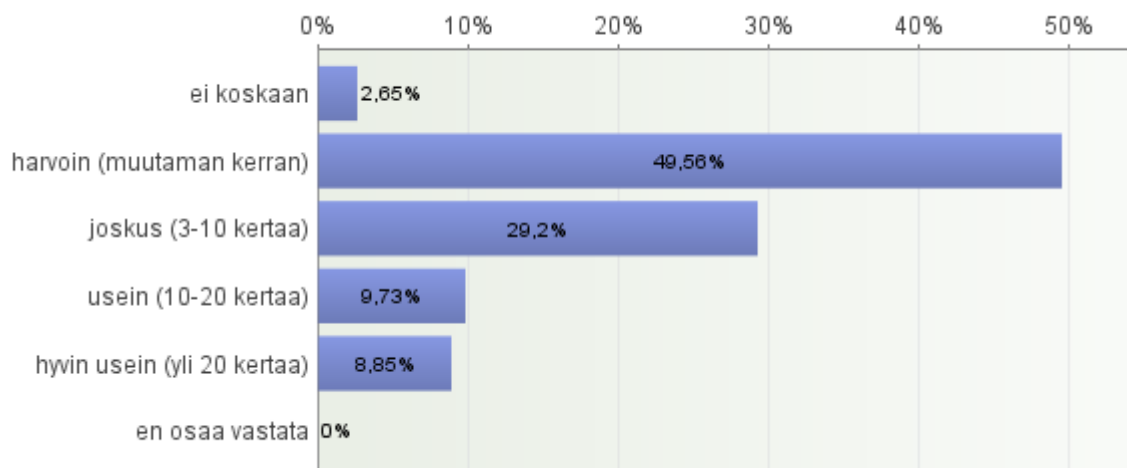
Kyselytutkimuksessa haluttiin selvittää, minkälaisissa olosuhteissa impulseja useimmiten esiintyy. Vastaajilta kysyttiin millaisessa merkitsevässä aallonkorkeudessa ja millä nopeudella impulseja useimmiten on esiintynyt. Kysymys esitettiin koordinaatistossa, jossa x-akselilla oli aluksen nopeus ja y-akselilla merkitsevä aallonkorkeus. Webropolin käyttöliittymä ei näyttänyt ajantasaisia valinnan arvoja kursorissa, liikuteltaessa sitä koordinaatistossa, joten arvoja piti tulkita pelkästään koordinaatiston otsikkoja lukemalla. Koordinaatiston tulkitsemista helpottamaan pyrittiin sijoittamaan origon kohdalle helposti hahmotettava arvo, jonka ympäristöön vastaus on helppo sijoittaa. Koordinaatiston x-akselin origoon asetettiin aluksen nopeudeksi 20 solmua ja y-akselille origoon merkitseväksi aallonkorkeudeksi 3m. Käytetyn sovelluksen ominaisuuksista johtuen tutkimusaineistosta ei pystynyt erottelemaan eri alusluokkien antamia vastauksia. Kaikkien vastaajien ilmoittama keskimääräinen merkitsevä aallonkorkeus oli 2,3m ja keskimääräinen vallitseva nopeus 23 solmua. Kuva 92. Kysymykseen vastasi hieman vähemmän vastaajia (106 henkilöä) kuin muihin kysymyksiin, mikä osoittaa toisaalta sitä, että käyttöliittymän informaatio oli vaikeaselkoista ja toisaalta saattaa

olla, että kysymykseen vastaamiseen vaadittavien tekijöiden tarkka arviointikin on hankalaa.



Kuva 92. Oletko vesillä liikkeessasi kokenut kohtalaisen tai kovan nopeuden ja aallokon aiheuttamia iskeviä ja impulssimaisia epämiellyttäviä tuntemuksia ja jos olet, niin millainen merkitsevä aallonkorkeus ja nopeus tällöin on useimmiten vaikuttanut? (n=106)

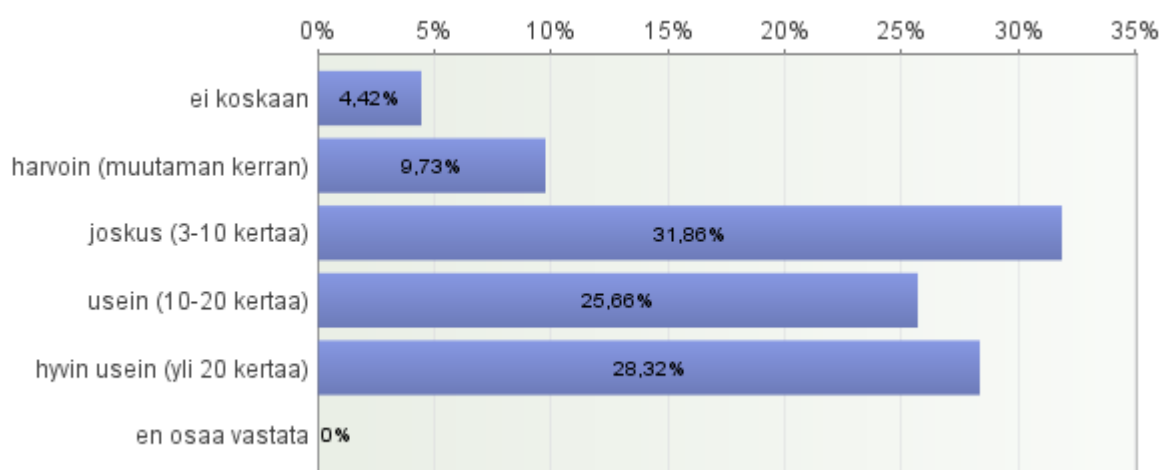
Kyselyssä haluttiin tarkentaa myös sitä, ovatko vastaajat kokeneet muista kuin tuulesta johtuvasta aallokosta syntyviä impulsseja. Tällaisia ovat esimerkiksi muiden veneiden aiheuttama aallokko ja peräaallot. Vastaajista 97,3 % ilmoitti kokeneensa tällaisia tuntemuksia. Vastaajista 49,6 % ilmoitti kokeneensa niitä harvoin, 29,2 % joskus, 9,7 % usein, 8,9 % hyvin usein ja 2,7 % ilmoitti, ettei ole kokenut niitä lainkaan. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä. Vastausten jakauma on esitetty kuvassa 93.



Kuva 93. Oletteko kokeneet aaltoiskuista aiheutuvia iskeviä ja impulssimaisia epämiellyttäviä tuntemuksia, jotka johtuvat muista syistä kuin tuulesta, esimerkiksi muiden veneiden aiheuttama aallokko ja peräaallot? (n=113)

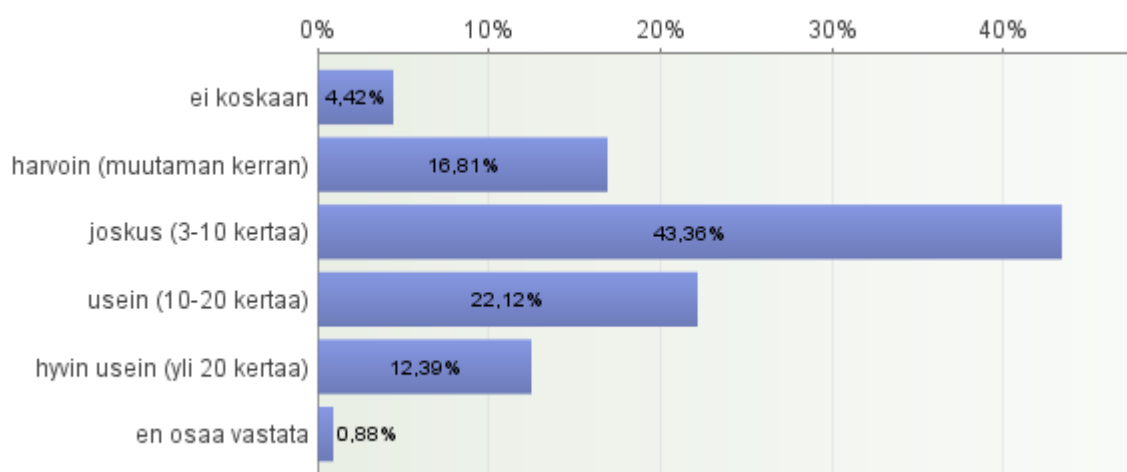
Alusten päälliköiltä haluttiin selvittää, ovatko he uransa aikana kokeneet sellaisia impulsseja, jotka ovat vaikuttaneet siten, että aluksen kulkunopeutta on alennettava. Vastaajista 95,6 % ilmoitti alentaneensa nopeutta. Hyvin usein nopeutta oli alentanut 28,3 % vastaajista, usein 25,7 % vastaajista, joskus 31,9 % vastaajista ja harvoin 9,7 % vastaajista. Vastaajista 4,4 % kertoi, ettei ole koskaan alentanut nopeutta.

Kysymykseen vastasivat kaikki vastaajat eli 113 henkilöä.



Kuva 94. Ovatko kohtalaisen tai kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät ja impulssimaiset epämiellyttävät tuntemukset vaikuttaneet siten, että aluksen kulkunopeutta on alennettava? (n=113)

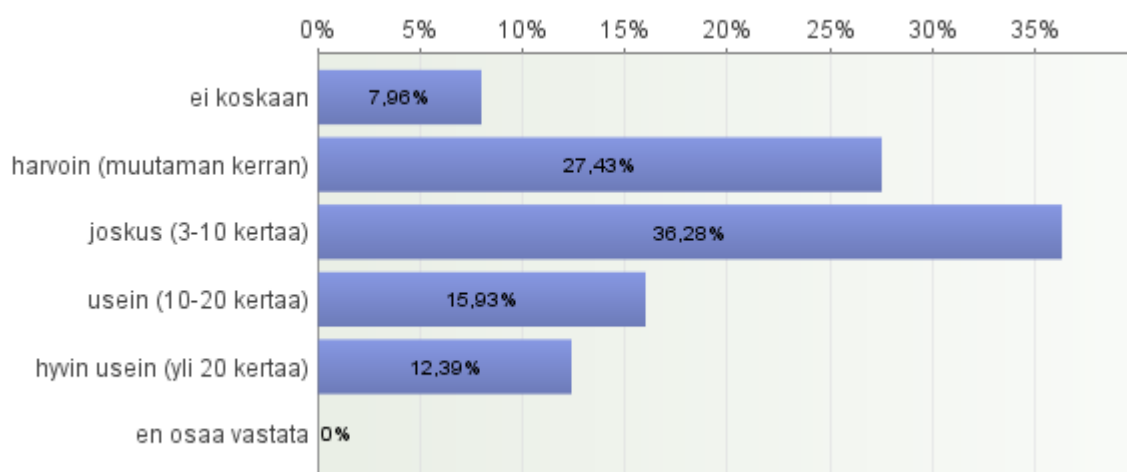
Kyselytutkimuksella oli tarkoitus myös selvittää myös sitä, miten esiintyvät aaltoimpulssit vaikuttavat miehistöön henkisesti ja fyysisesti. Vastaajilta kysyttiin uran aikana esiintyneistä kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamista impulsseista ja sitä, vaikuttavatko ne fyysiseen suorituskyykyyn. Fyysinen rasitus vaikuttaa esimerkiksi väsymisen lisääntymiseen ja tätä kautta huonompaan suoritukseen väsymyksen lisääntyessä. Vastaajista 94,7 % ilmoitti, että impulssit ovat vaikuttaneet fyysiseen suorituskyykyyn tehden suorituksesta rasittavampaa. Suurin vastaajaryhmä oli suuruudeltaan 43,4 %, joka ilmoitti impulssien tehneen joskus suorituksesta fyysisesti rasittavampaa. Toiseksi suurin ryhmä 22,1 % ilmoitti näin tapahtuvan joskus. Muut vastaajaryhmät on esitetty kuvassa 95. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä, jotka palauttivat kyselyn.



Kuva 95. Tuleeko merellä liikkumisesta joskus fyysisesti rasittavampaa, johtuen kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamista iskevästä, impulssimaisista ja epämiellyttävistä tuntemuksista? (n=113)

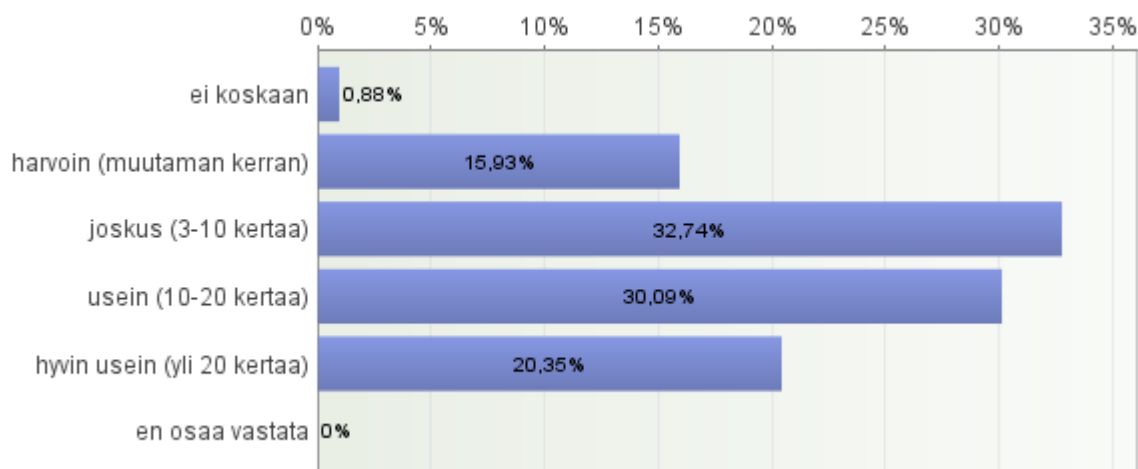
Samalla tavalla haluttiin tarkentaa väsymistä henkisellä puolella. Henkinen väsymys aiheuttaa esimerkiksi keskittymiskyvyn heikkenemistä ja tätä kautta mahdollisia heikkeneviä suorituksia esimerkiksi navigoinnin, ohjailun tai muun toiminnan suhteen. Vastaajilta kysyttiin heidän kokemuksiaan siitä ovatko he uransa aikana kokeneet merellä liikkumisen henkisesti rasittavaksi aaltoimpulsseista johtuen. Vastaajista 92 % ilmoitti kokeneensa henkistä rasittumista johtuen aaltoimpulsseista. Suurin vastaajaryhmä 36,3 % ilmoitti kokeneensa henkistä rasittumista joskus.

Toiseksi suurin vastaajaryhmä 27,4 % ilmoitti kokeneensa henkistä rasittumista harvoin. Vastaajista 8 % ilmoitti, ettei ole koskaan kokenut henkistä rasittumista johtuen aaltoimpulsseista. Kysymykseen vastasivat kaikki kyselyn palauttaneet 113 henkilöä. Tutkittaessa henkisen ja fyysisen rasituksen vastauksien kuvaajia havaitaan, että ne ovat melko lähellä toisiaan. Henkinen rasitus ja fyysinen rasitus esiintyvät samassa suhteessa.



Kuva 96. Tuleeko merellä liikkumisesta joskus henkisesti rasittavampaa, johtuen kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamista iskevästä, impulssimaisista ja epämiellyttävistä tuntemuksista? (n=113)

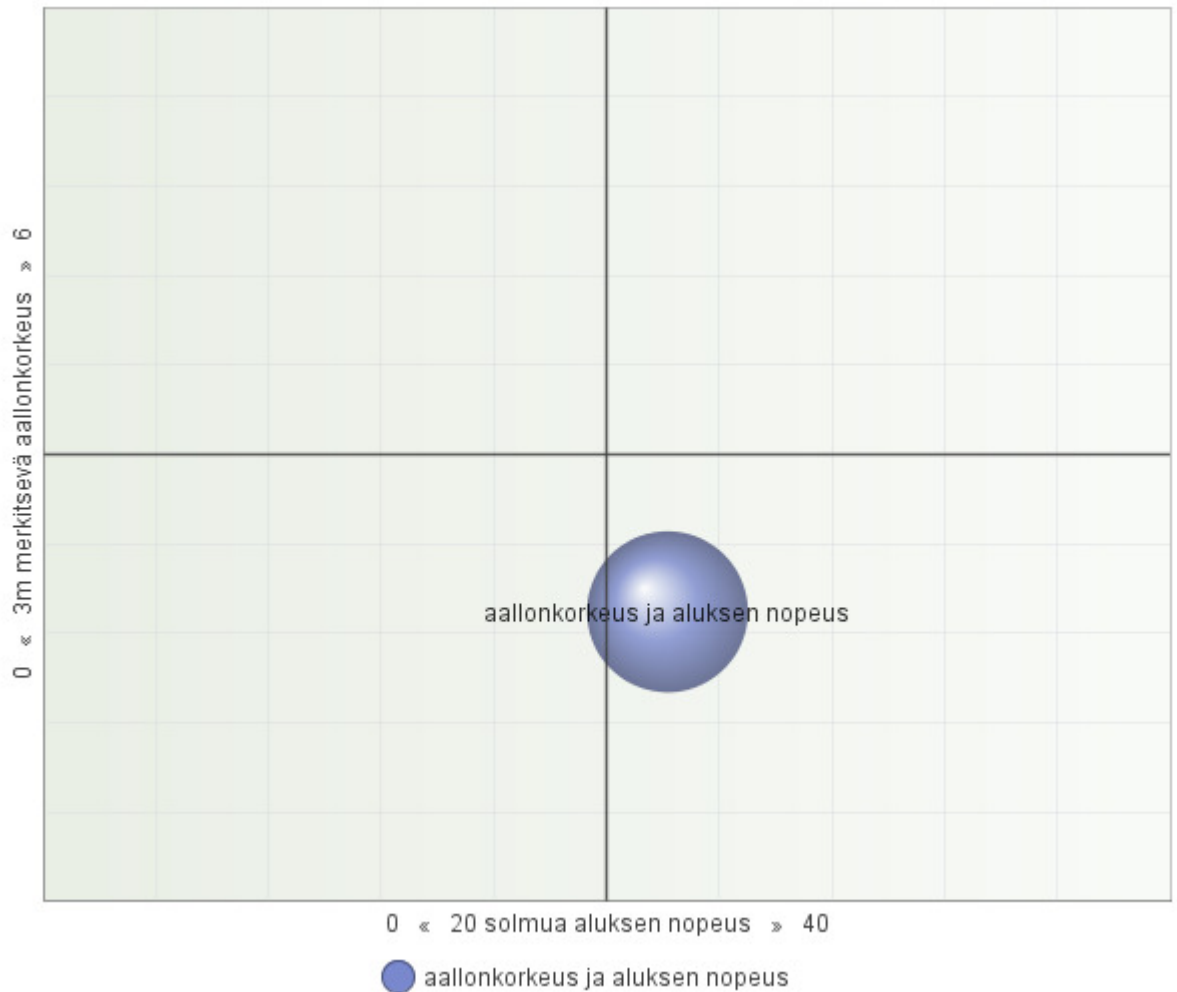
Aaltoimpulssien vaikutuksia haluttiin vielä tarkentaa. Vastaajilta kysyttiin onko uran aikana esiintynyt aaltoimpulssien aiheuttamia työskentelyä haittaavia vaikutuksia, esimerkiksi navigoinnin, ohjailun, instrumenttien lukemisen, radiotyöskentelyn tai muun toiminnan kannalta. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä. 99,1 % ilmoitti, että aaltoimpulsseilla on ollut haittavaikutuksia työskentelyn kannalta. Vastaajista 20,3 % ilmoitti näin tapahtuneen hyvin usein, 30 % usein, 32 % joskus, 15 % harvoin ja 0,88 % ilmoitti, ettei niistä ole ollut koskaan haittaa.



Kuva 97. Haittaavatko kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät, impulssimaiset ja epämiellyttävät voimaimpulssit joskus työskentelyänne aluksen ollessa kulussa? (n=113)

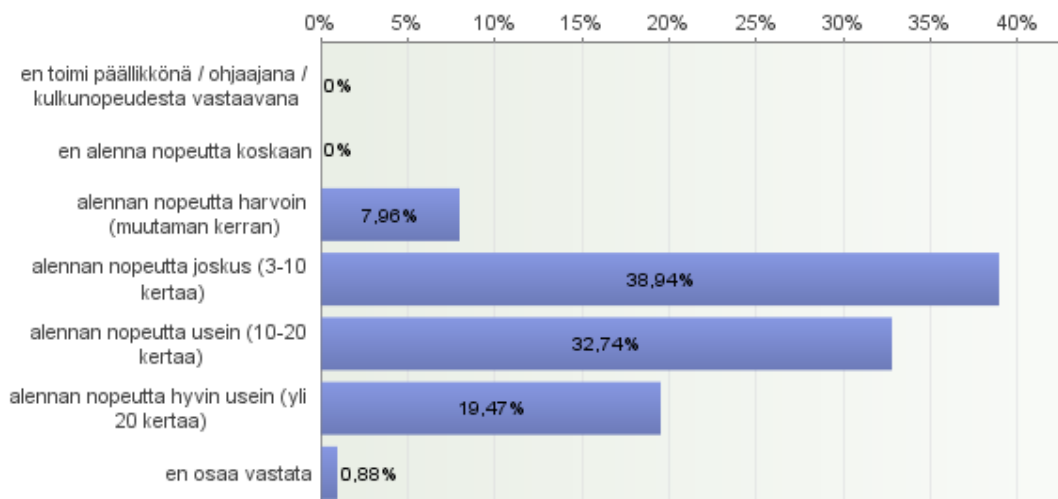
Vastaajilta haluttiin myös selvittää millaisissa olosuhteissa aaltoimpulssit useimmiten alkavat muodostua haitaksi työskentelyn kannalta. Vastaajilta kysyttiin millaisessa merkitsevässä aallonkorkeudessa ja millä nopeudella haittavaikutuksia alkaa useimmiten ilmetä. Kysymys esitettiin koordinaatistossa, jossa x-akselilla oli aluksen nopeus ja y-akselilla merkitsevä aallonkorkeus. Webropolin käyttöliittymä ei näyttänyt ajantasaisia valinnan arvoja kursorissa liikuteltaessa sitä koordinaatistossa, joten arvoja piti tulkita pelkästään koordinaatiston otsikkoja lukemalla.

Koordinaatiston tulkitsemista helpottamaan sijoitettiin origon kohdalle helposti hahmotettava arvo, jonka ympäristöön vastaus on helppo sijoittaa. Koordinaatiston x-akselin origoon asetettiin aluksen nopeudeksi 20 solmua ja y-akselille origoon merkitseväksi aallonkorkeudeksi 3m. Käytetyn sovelluksen ominaisuuksista johtuen tutkimusaineistosta ei pystynyt erottelemaan eri alusluokkien antamia vastauksia. Kaikkien vastaajien ilmoittama keskimääräinen merkitsevä aallonkorkeus oli 1,9m ja keskimääräinen vallitseva nopeus 22 solmua. Kysymykseen vastasi noin 15 % vähemmän vastaajia kuin useimpiin muihin kysymyksiin, joka osoittaa toisaalta sitä, että käyttöliittymä saatettiin kokea vaikeaselkoiseksi ja toisaalta kysymykseen annettavan vastauksen tarkka arviointikin saattoi olla hankalaa. Kysymykseen vastasi 96 henkilöä.



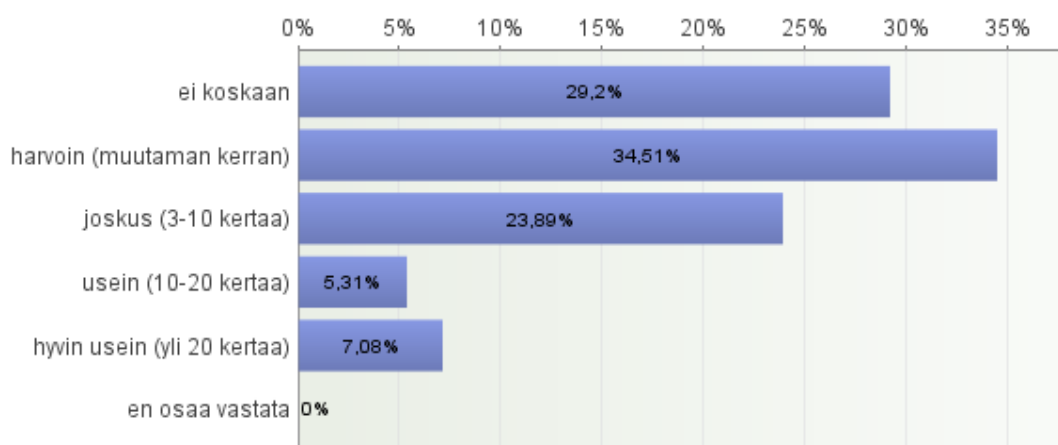
Kuva 98. Alkavatko kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät, impulssimaiset ja epämiellyttävät tuntemukset joskus haittaamaan työskentelyäsi aluksen ollessa kullussa ja jos alkavat, niin millaisissa olosuhteissa tämä useimmiten alkaa esiintymään? (n=96)

Vastaajilta haluttiin myös selvittää ovatko he joutuneet tilanteeseen, jossa aluksen nopeutta on pudotettava koska päällikön tai miehistön toimintakyky alkaa laskea esiintyvien aaltoimpulssien vuoksi. Toimintakyvyn lasku voi tarkoittaa esimerkiksi vaikeutta pysyä paikallaan ja suorittaa tehtäviä, navigointikyvyn heikkenemistä, instrumenttien lukukyvyn heikkenemistä, kipua tai muuta vastaavaa toimintakyvyn alenemaa. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä. Vastaajista 99,1 % ilmoitti alentaneensa nopeutta toimintakyvyn laskun vuoksi. Hyvin usein nopeutta ilmoitti alentaneensa 19,5 %, usein 32,7 %, joskus 39 % ja harvoin 8 %.



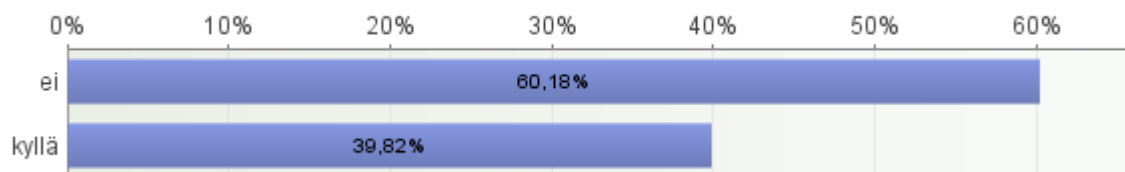
Kuva 99. Jos toimitte aluksen päällikkönä / ohjaajana / kulkunopeudesta vastaavana niin pudotatteko aluksen nopeutta joskus sen vuoksi, että oma tai muun miehistön toiminnallinen kyky alkaa laskemaan kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamien iskevien, impulssimaisten ja epämiellyttävien tunteiden vuoksi? (n=113)

Kyselytutkimuksella haluttiin myös selvittää, miten vakavina terveytensä kannalta vastaajat ovat kokeneet esiintyneet aaltoimpulssit. Vastaajilta kysyttiin ovatko he olleet uransa aikana huolissaan terveydestään esiintyneiden aaltoimpulssien vuoksi. Mahdollisia huolen aiheita voivat olla esimerkiksi selkä, sisäelimet, äkilliset heilahdukset, kipu, pitkäaikaisvaikutukset ja muut vastaavat tekijät. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä. Vastaajista 70,8 % ilmoitti olleensa huolissaan terveydestään esiintyneiden aaltoimpulssien vuoksi. Vastaajista 29,2 % ilmoitti, ettei ole ollut koskaan huolissaan terveydestään.



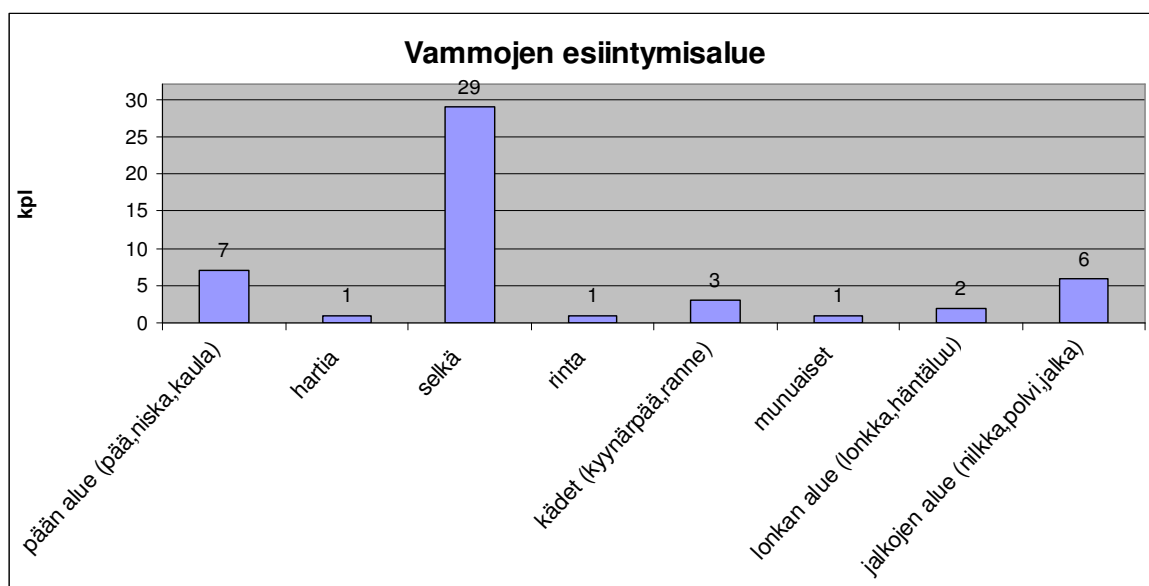
Kuva 100. Oletteko olleet huolissanne terveydestänne, kohdatessanne kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamia iskeviä, impulssimaisia ja epämiellyttäviä tunteita? (n=113)

Vastaajilta kysyttiin onko heille uransa aikana aiheutunut fyysisiä vammoja johtuen aaltoimpulssien vaikutuksista. Fyysisiä vammoja voivat olla esimerkiksi selkäkipu, mustelma, tärähdyksestä johtuva tunnottomuus, äkillisen heilahduksen aiheuttama vamma tai muu vastaava. Vastaajista 39,8 % ilmoitti saaneensa fyysisiä vammoja ja 60,2 % ilmoitti, ettei ole saanut fyysisiä vammoja. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä.



Kuva 101. Onko teille aiheutunut fyysisiä vammoja kohdatessanne kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamia iskeviä, impulssimaisia ja epämiellyttäviä tuntemuksia? (n=113)

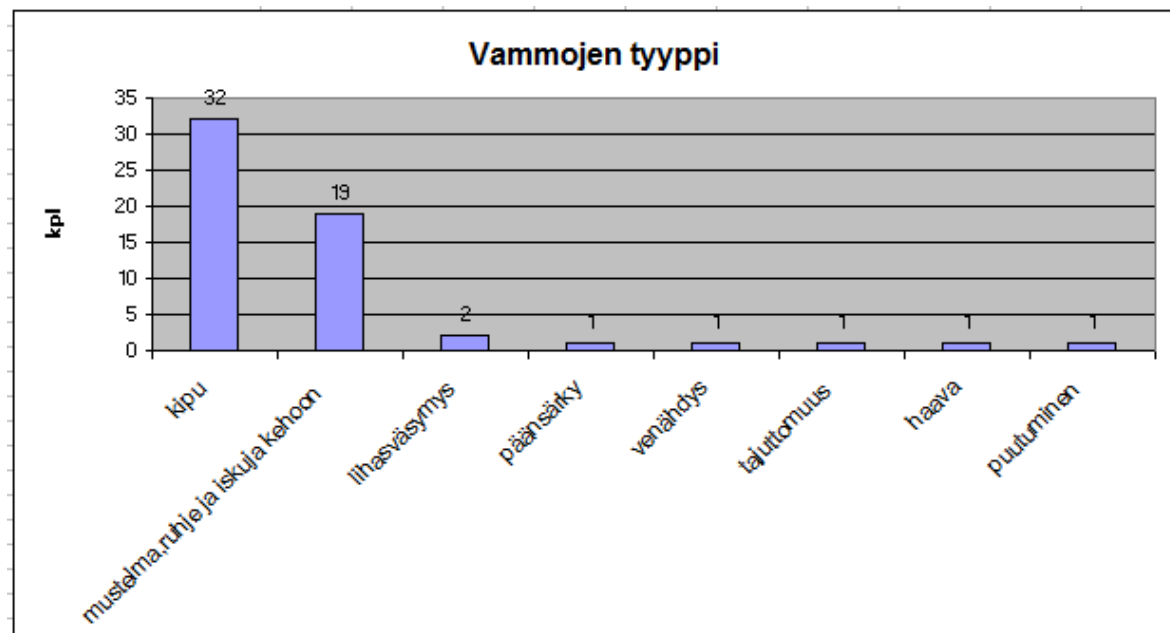
Vastaajia pyydettiin myös kuvailemaan vammojaan tarkemmin. Kyllä vastanneista henkilöistä 89 % kuvaili vammojaan tarkemmin. Kuvauksista eriteltiin vammojen esiintymisalue (kuva 102.) ja vammat luokiteltiin esiintymisalueittain (kuva 102) ilmoitettujen kuvauksien mukaisesti.



Kuva 102. Vammojen esiintymisalueet kyllä vastanneilla. (n=45)

Esiintyneistä vammoista 58 % sijaitsi selän alueella, johon laskettiin ylä- ja alaselän ilmoitetut vammat. Toiseksi suurin (14 %) alue oli pään seutu, johon laskettiin pää,

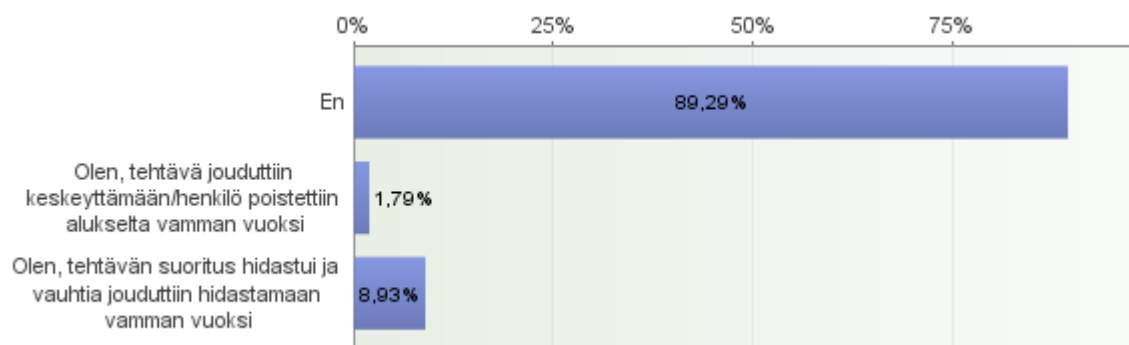
niska ja kaula. Kolmanneksi eniten (12 %) vammoja esiintyi jalkojen alueelle, johon laskettiin kuuluvaksi nilkka, polvi ja muu jalan alue. Muut alueet, joille vastaajat ilmoittivat saaneensa vammoja ovat: hartia, rinta, kädet, munuaiset ja lonkan alue.



Kuva 103. Vammojen tyyppi. (n=45)

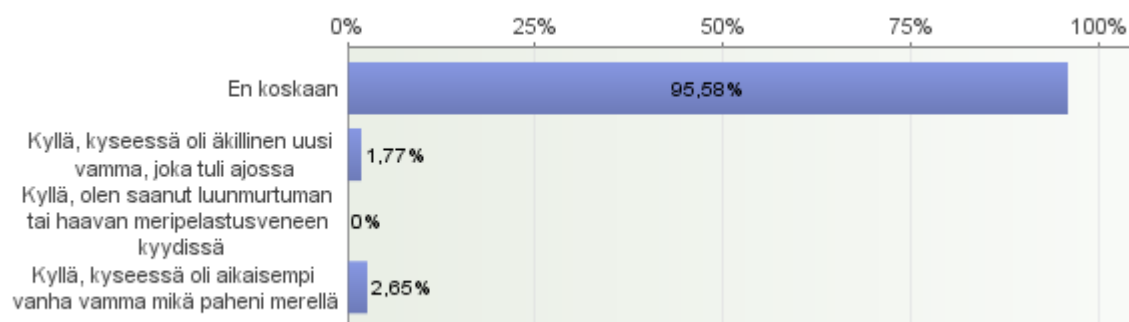
Vastauksista eriteltiin myös vammojen tyyppi (kuva 103). Suurimmat ryhmät olivat erilaiset kiputilat 55 % sekä mustelmat, ruhjeet ja iskut kehoon 33 %. Muita vammatyyppejä olivat lihaskvääntymys, päänsärky, venähdys, tajuttomuus, haava ja puuttuminen.

Vastaajilta tiedusteltiin myös ovatko he olleet tehtävässä tai harjoituksessa jonka suorittaminen on häiriintynyt jonkun aluksen miehistöstä saaman vamman vuoksi. Vastaajista 8,9 % ilmoitti, että tehtävän suoritus oli joskus hidastunut ja vauhtia on jouduttu hidastamaan vamman vuoksi. Vastaajista 1,79 % ilmoitti, että oli ollut tilanteessa jossa tehtävä jouduttiin keskeyttämään ja henkilö poistettiin alukselta vamman vuoksi. Valtaosa vastaajista eli 89 % ilmoitti, ettei ole ollut kuvatuunlaisessa tilanteessa. Kysymykseen vastasi 112 henkilöä.



Kuva 104. Oletko joskus ollut tehtävässä/harjoituksessa, jonka suorittaminen on häiriintynyt sinun tai jonkun muun miehistönjäsenen saaman aaltoimpulssin, suoraan tai välillisesti aiheuttaman vamman vuoksi? (n=112)

Vammojen laajuutta tarkasteltiin vielä kysymällä oliko vastaajilla ollut tarvetta käydä lääkärissä saamiensa vammojen vuoksi. Vastaajista 4,4 % oli saanut vamman, joka oli vaatinut lääkärin hoitoa. Valtaosa eli 95,6 % ei ole joutunut käymään lääkärissä vammojensa vuoksi. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä.



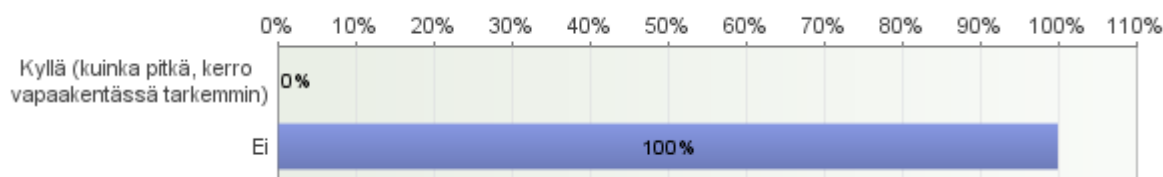
Kuva 105. Oletko joutunut käymään lääkärissä jonkin vamman vuoksi, jonka olet saanut suoraan tai välillisesti kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksesta syntyvän aaltoimpulssin aiheuttamista liikkeistä? (n=113)

Vammojen lääkärinhoidon tarpeen arviointiin saattaa vaikuttaa se, että meripelastajien koulutukseen kuuluu ensiapukoulutusta ja osalla heistä on mahdollisesti siviilipuolen lääkäri tai sairaanhoitajaosaamista. Tämän vuoksi voidaan olettaa, että osa vammoista on hoidettu ja tarkastettu "omien" kesken, ilman ulkopuolisen lääkärin tarvetta. Vastaajia pyydettiin kuvailemaan lääkäriä vaatineita vammojaan. Vastaajista 4 henkilöä kuvasi vammojaan tarkemmin.

Vastaajien kuvauksia vammoistaan, jotka ovat vaatineet lääkärin hoitoa:

- *Polven eturistiside vaurioitui. Hoitaminen kesti noin kolme vuotta. Loppujen lopuksi vakuutusyhtiön lääkäri totesi ettei ole tarvetta operoida polvea. Oma kirurgi oli operaation kannalla. Kuitenkin omakustanteisesti suoritettu toimenpide ei toteutunut. Tänä päivänä polvi on ok.*
- *Kahdesti selkärangan nikama on jäänyt lukkoon niin, että se on vaatinut lääkärikäynnin ja muutaman käynnin fysioterapiassa.*
- *Selkäkipu alaselässä*
- *vain hetkellistä hidastumista/toimintakyvyn lakkaamista, enemmän huolissaan mitä tekee pitkässä juoksussa.....*

Erikseen haluttiin kysyä vielä ovatko vastaajat joutuneet sairauslomalle aaltoimpulssivammojen vuoksi. Vastaajista 100 % ilmoitti, ettei ole joutunut sairauslomalle. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä. Kysymykseen sisällytettiin vielä vapaakohta mahdollisen sairausloman tarkempaan kuvaukseen johon vastasi yksi henkilö.

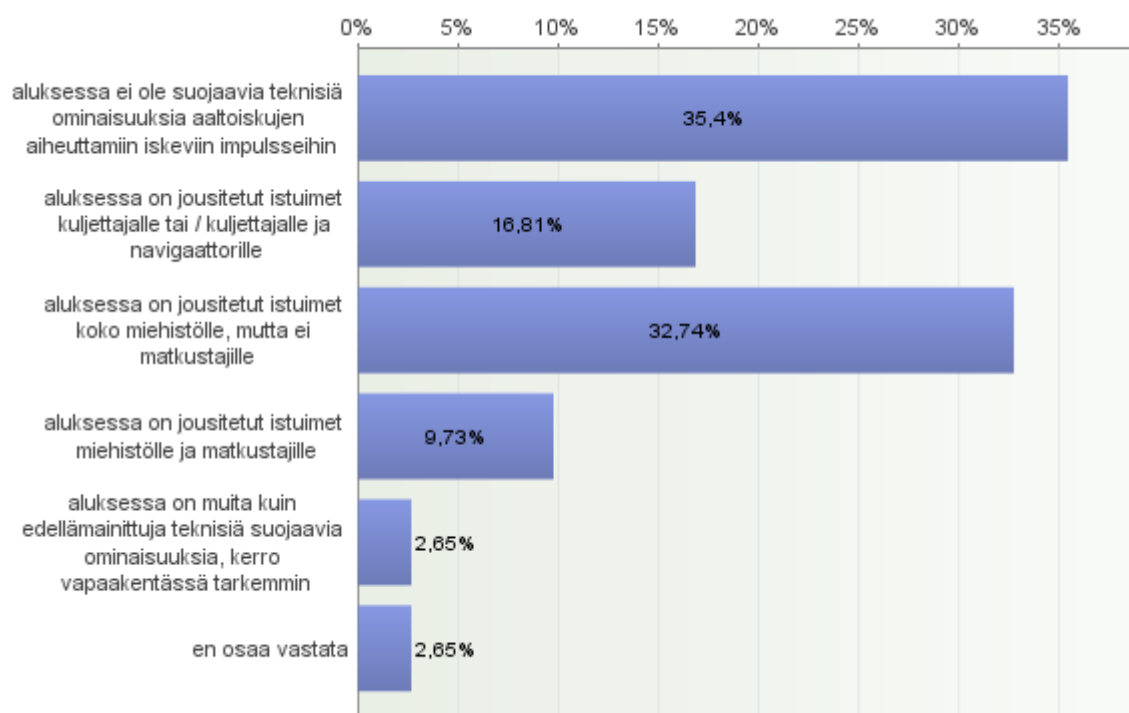


Kuva 106. Oletko joutunut sairauslomalle kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksesta aiheutuneen aaltoimpulssivamman johdosta? Kerro vapaakentässä mahdollisen sairausloman pituus. (n=113)

Vastaajien kuvauksia sairauslomasta:

- *...ei varsinaista sairauslomaa mutta muutamien päivien huilia selän palautumiseen...*

Kyselyssä haluttiin selvittää millaisia aaltoimpulsseilta suojaavia teknisiä ominaisuuksia tai laitteita aluksissa mahdollisesti on. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä. Vastaajista 59,3 % ilmoitti, että aluksessa on jousitettuja istuimia. Lisäksi 2,65 % ilmoitti, että aluksessa on muita suojaavia teknisiä ominaisuuksia kuin jousitettuja istuimia. Vastaajista 35,4 % puolestaan ilmoitti, että aluksessa ei ole suojaavia teknisiä ominaisuuksia aaltoiskujen aiheuttamiin impulsseihin.

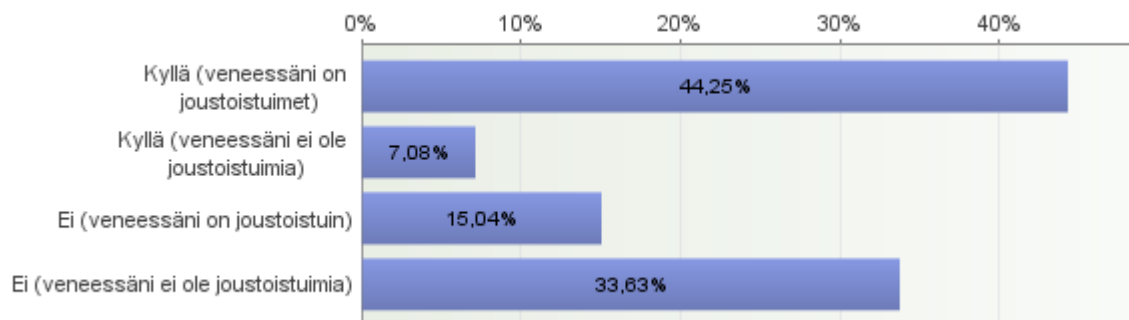


Kuva 107. Onko aluksessa jolla useimmiten liikutte, joitakin teknisiä ominaisuuksia joilla pyritään ehkäisemään kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamia iskeviä, impulssimaisia ja epämiellyttäviä tuntemuksia? (n=113)

Vastaajia pyydettiin kuvailemaan vapaakentässä tarkemmin millaisia muita suojaavia ominaisuuksia aluksissa on. Kyselyyn osallistuneista 12 henkilöä (10,6 %) antoi vastauksensa vapaakenttään. Vastaukset on esitetty liitteissä.

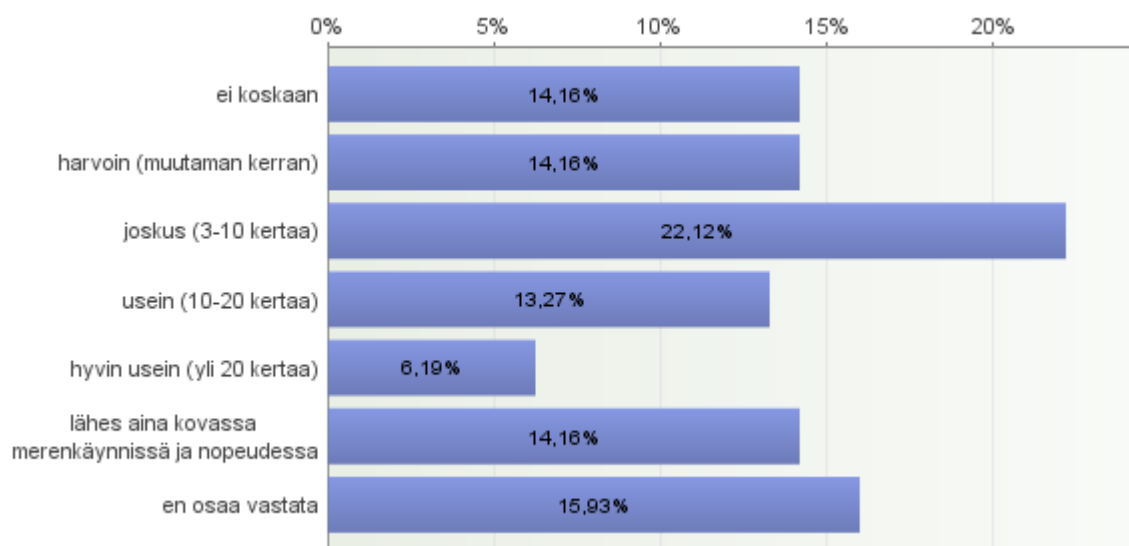
Vastaajilta tiedusteltiin ovatko he olleet tyytyväisiä aluksissa käytettyihin istuimiin kovan tai kohtalaisen nopeuden ja rungon kohtaamisesta syntyvien aaltoimpulssien kannalta. Kysymykseen vastasivat kaikki kyselyn palauttaneet 113 henkilöä.

Valtaosa vastaajista eli 44,3 % ilmoitti, että heidän aluksissaan on joustoistuimet ja että he pitävät niitä laadukkaina ja tarkoitukseensa soveltuvina. Vastaajista 7 % ilmoitti että ovat tyytyväisiä aluksen istuimiin, vaikka ne eivät olekaan jousitettuja. Vastaajista 48,7 % ilmoitti, etteivät he pidä istuimia tarkoitukseensa soveltuvina ja laadukkaina. Vastausten tarkat jakaumat on esitetty kuvassa 108.



Kuva 108. Ovatko veneessänne käytetyt istuimet mielestänne laadukkaita ja tarkoitukseensa soveltuvia? (n=113)

Edelleen haluttiin tarkentaa sitä miten istuimet ovat toimineet vastaajien käyttämissä aluksissa. Vastaajilta kysyttiin ovatko he kokeneet istuimien "pohjaamista" eli istuimen joustovaran loppumista. Vastaajista 69,9 % ilmoitti kokeneensa istuimen joustovaran loppumisen. Vastaajista 14,1 % ilmoitti, ettei ole kokenut joustovaran loppumista ja 15,9 % ilmoitti, ettei osaa vastata kysymykseen. Kysymyksen tarkat vastausjakaumat on esitetty kuvassa 109. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.

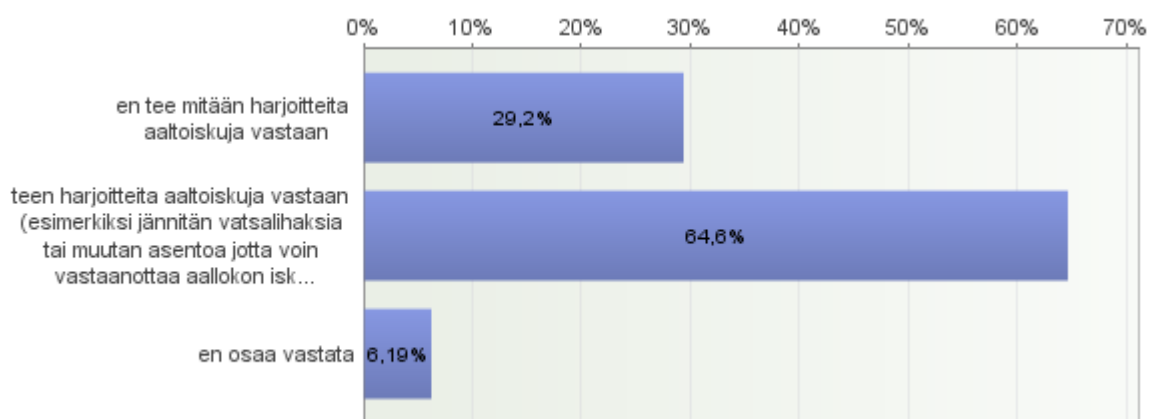


Kuva 109. Oletko joskus kokenut istuimen "pohjaavan" eli sen joustovaran loppuvan merenkäynnissä? (n=113)

Tutkimuksessa haluttiin myös selvittää tekevätkö vastaajat joitakin harjoitteita kestääkseen aaltoiskuja paremmin. Tällaisia harjoitteita voi olla esimerkiksi

vatsalihasten jännittäminen, asennon muuttaminen tai muu vastaava toiminta.

Vastaajista 64,6 % ilmoitti tekevänsä joitakin harjoitteita aaltoiskuja vastaan ja 29,2 % ilmoitti, ettei tee mitään harjoitteita. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä.



Kuva 110. Teettekö joitakin harjoitteita aaltoiskuja vastaan, esimerkiksi vatsalihasten jännittäminen, asennon muuttaminen ym.? (n=113)

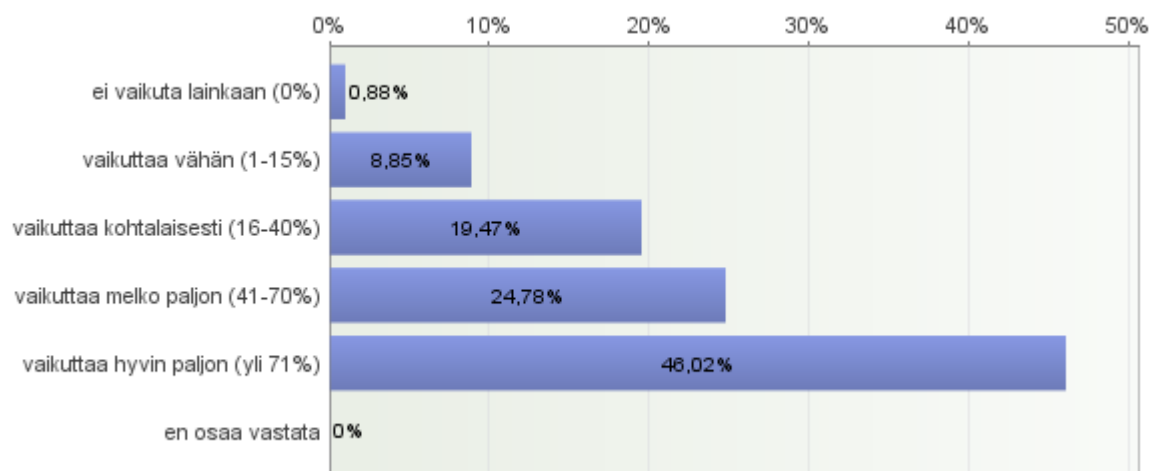
Vastaajilta pyydettiin myös tarkempi kuvaus mahdollisista harjoitteista aaltoiskuja vastaan. Vastaajista 28 henkilöä kertoi tekemistään harjoitteista tarkemmin vapaakentässä.

Vastaajien useimmiten käyttämät harjoitteet tiivistettynä ovat:

- seisten jaloilla keventäminen / joustaminen seisaaltaan ajaessa polvista joustamalla
- seisten ajaessa polvien oikaisun varominen
- asennon muuttaminen
- lihasten jännittäminen
- merenkäynnin lukeminen ja valmistautuminen aaltoimpulsseihin
- kyynärnojiiin ja kahvoihin tukeutuminen
- aallokkoa myötäävät liikkeet
- painon siirto tuolista jaloille, puoliseisova asento

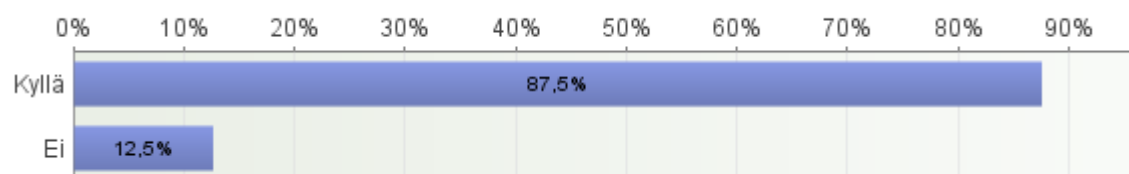
Vastaajilta haluttiin myös selvittää miten he kokevat aluksen ohjailusta vastaavan henkilön vaikuttavan aaltoimpulssien voimakkuuteen esimerkiksi aluksen ohjausliikkeillä, kurssin vaihteluilla ja kaasun käytöllä. Kysymyksessä oletetaan, että koko matkan keskinopeutta ei tuntuvasti lasketa, mutta kaasua voidaan annostella tilanteen mukaisesti. Kysymykseen vastasivat kaikki kyselyn palauttaneet 113

henkilöä. Vastaajista 99,1 % ilmoitti ohjaajan vaikuttavan aaltoimpulssien voimakkuuteen ja 46 % koki sen vaikuttavan hyvin paljon.



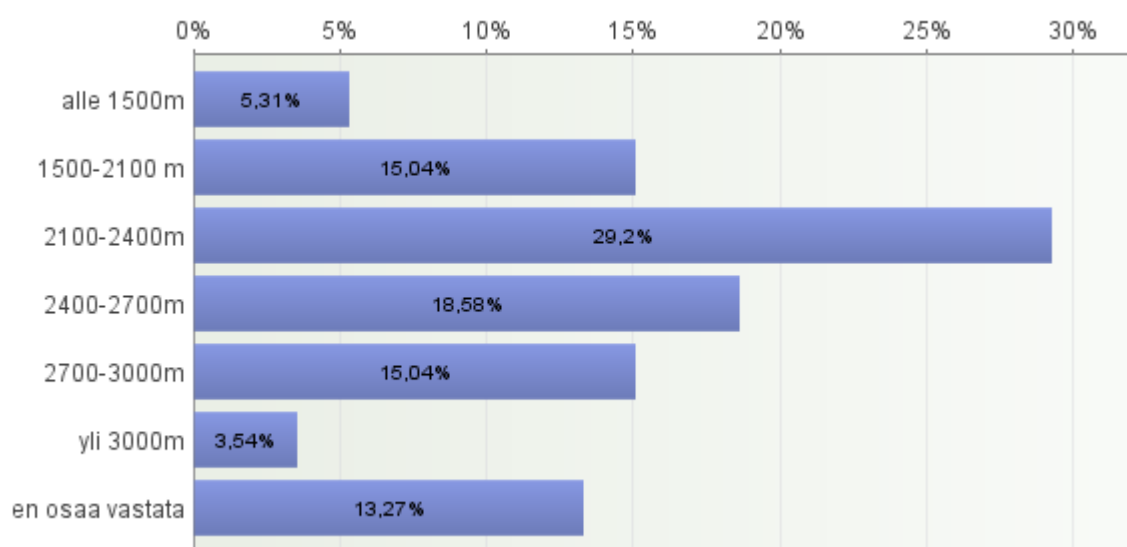
Kuva 111. Vaikuttaako mielestäsi alusta kuljettava henkilö siihen, miten voimakkailta kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät ja epämiellyttävät aaltoimpulssit tuntuvat? (n=113)

Kysymyksissä kysyttiin myös vastaajien näkemystä omista taidoistaan nopean veneen kuljettajana. Kysymykseen vastasi 112 henkilöä. Vastaajista 87,5 % ilmoitti kokevansa oleva taitava nopean veneen kuljettaja ja 12,5 % vastasi, ettei koe olevansa. Kun kysymystä tarkastelee suhteessa edellisen kysymyksen vastauksiin, jossa vastaajilta kysyttiin miten he kokevat aluksen ohjailusta vastaavan henkilön vaikuttavan aaltoimpulssien voimakkuuteen, voidaan havaita, että lähes kaikki (99,1 %) vastaajista tiedostivat ohjailijan vaikutuksen impulssien voimakkuuteen. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että vastaajat ainakin tiedostavat hyvin impulssien voimakkuuteen vaikuttavia tekijöitä ja voivat ajotekniikkaa harjoittelemalla vaikuttaa merkittävässä määrin impulssien voimakkuuteen ja siten olla taitavia kuljettajia.



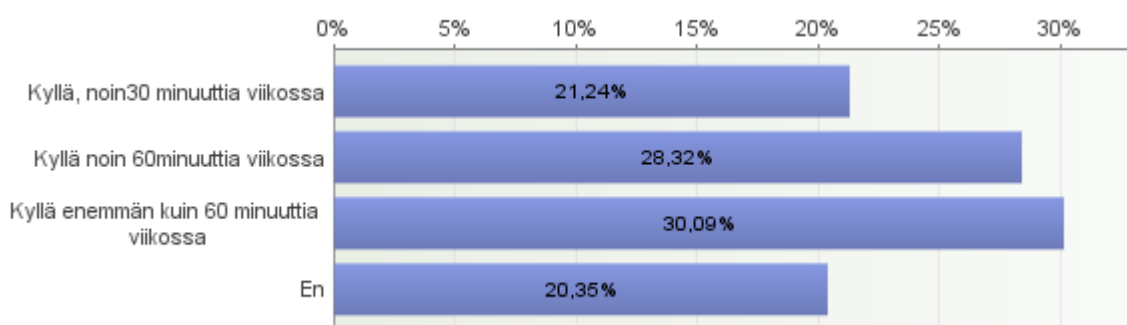
Kuva 112. Pidätkö itseäsi taitavana nopean veneen kuljettajana? (n=112)

Vastaajilta kysyttiin myös fyysiseen kuntoon liittyviä asioita. Fyysisen kunnon arviointi jaettiin kolmeen kysymykseen, jotka ovat Cooperin tulos, aerobisen liikunnan harrastaminen ja lihaskuntoa kehittävän harjoittelun harrastaminen. Cooperin testissä mitataan maksimaalista hapenottoa (VO_{2max}), joka kertoo maksimikestävyydestä. Aerobisen liikunnan harrastaminen kehittää kestävyyttä. Lihaskunnosta on apua kehon hallinnassa aaltoimpulsseja vastaan. Lihakset suojaavat ja tukevat tukirankaa. Vastaajien arviot Cooperin juoksuproovista on esitetty kuvassa 113. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä.



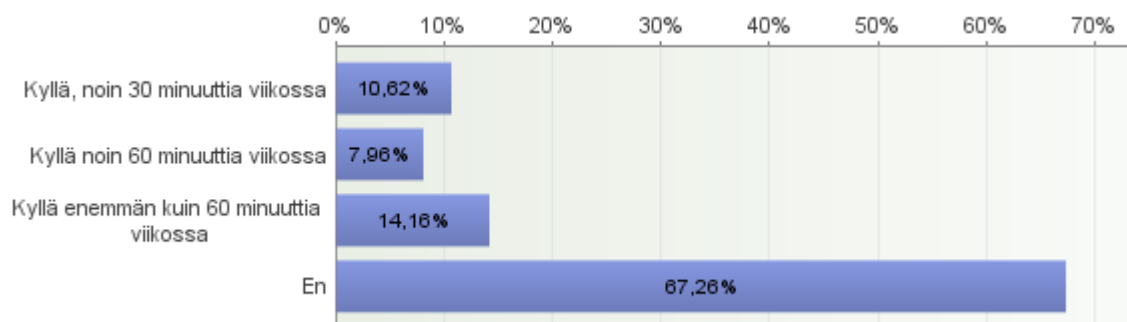
Kuva 113. Mikä on fyysinen kuntonne, arvioikaa Cooperin 12 minuutin juoksuproovista tulosta? (n=113)

Aerobisen liikunnan, eli kuntoa ja hapenottoa parantavan liikunnan harrastamista mittaavat vastausjakaumat kuvassa 114. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.



Kuva 114. Harrastatko aerobista liikuntaa? (n=113)

Kuntosaliharjoittelua eli lihaskuntoa kehittävää harjoittelua koskevan kysymyksen vastaukset on esitetty kuvassa 115. Kysymykseen vastasi 113 henkilöä.

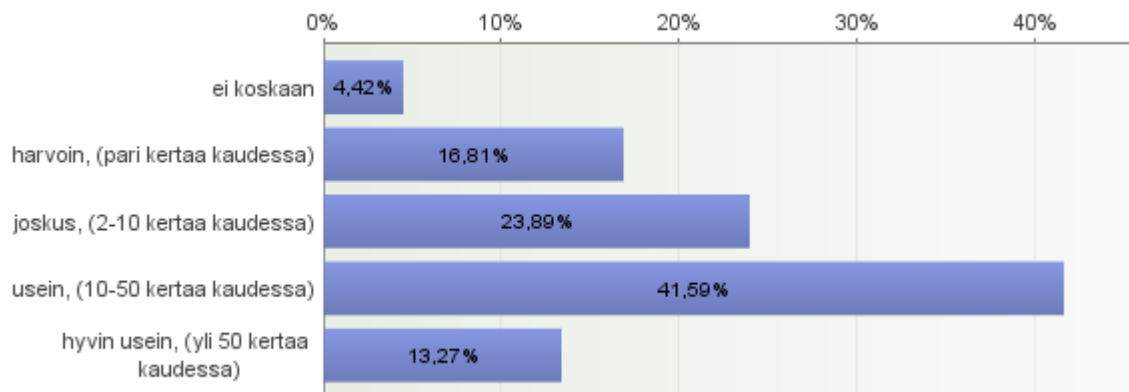


Kuva 115. Harrastatko kuntosaliharjoittelua säännöllisesti, keskimäärin vähintään kerran viikossa? (n=113)

Vastaajista 66,4 % ilmoitti juoksevansa Cooperin testissä yli 2100m. Vastaajista 79,7 % ilmoitti harrastavansa aerobista liikuntaa 30 minuuttia tai enemmän viikon aikana. Lihaskuntoa kehittävää harjoittelua teki 30 minuuttia tai enemmän viikossa 32,7 % vastaajista. Cooperin asteikon vaatimustaso metreissä alenee iän lisääntymisen myötä. Ottaen huomioon vastaajien laajan ikäjakauman erityisesti Cooperin testitulokset kertovat hyvästä kunnosta. Lisäksi hapenottookykyä kehittävää aerobista liikuntaa ilmoitti harrastavansa 79,7 % vastaajista, mikä tukee myös ilmoitettuja Cooperin testituloksia. Lihaskuntoa kehittävää kuntosaliharjoittelua sen sijaan voisi lisätä. Hyvä lihaskunto parantaa aaltoimpulssien sietokykyä. Vain noin kolmasosa vastaajista ilmoitti kehittävänsä lihaskuntoa harjoittelun avulla.

Vastaajien kokemusta merellä liikkumisesta haluttiin kartoittaa myös meripelastusseuran toiminnan ulkopuolelta. Kysymys jätettiin viimeiseksi, etteivät vastaukset sekoittaisi ajatuksia ja vastauksia varsinaisiin kysymyksiin, jotka koskevat toimintaa meripelastusseurassa. Kysymykseen vastasivat kaikki 113 henkilöä. Vastaajista 95,6 % ilmoitti liikkuvansa merellä myös omalla tai ystävänsä veneellä. Vastaajista 41,6 % ilmoitti liikkuvansa merellä usein, eli 10-50 kertaa kaudessa. Merellä hyvin usein eli yli 50 kertaa kaudessa liikkuvia oli vielä 13,3 %. Muut vastausten jakaumat on esitetty kuvassa 116. Kysymys tarkentaa ja täsmentää vastaajien kokemusta merellä liikkumisesta. Sen lisäksi, että vastaajilla on

pitkäaikaista kokemusta meripelastustoiminnasta, he liikkuvat hyvin aktiivisesti merellä myös meripelastustoiminnan ulkopuolella. Vastaajat ovat kokeneita merenkulkijoita.



Kuva 116. Liikutteko merellä myös muuten vapaa ajallanne, esimerkiksi omalla tai ystävänne veneellä? (n=113)

Kyselyyn osallistuneiden henkilöiden näkemyksiä ja tietoa haluttiin koota antamalla heille mahdollisuus vapaisiin mielipiteisiin. Vastaajilta kysyttiin mielipidettä siihen, miten aluksien aallokkokäyttämistä voitaisiin parantaa ja aaltoiskuista aiheutuvia impulsseja vähentää. Vapaan mielipiteen esitti 42 vastaajaa eli 37,1 %. Vastaajien mielipiteet on esitetty liitteissä.

6.3 Patenttihakuselvitys

Patenttihausta ja kaupallisten ratkaisujen katsauksesta selvisi nykyisiä tapoja ratkaista aallokosta syntyviä aaltoimpulsseja. Ne voidaan jakaa muutamiin pääluokkiin:

- jousitettu penkki
- katamaraanityyppinen alus jossa jousitetut rungot 2kpl
- monirunkoratkaisu jossa enemmän kuin 2 veteen kosketuksissa olevaa runkoa
- jousitettu nivelvarren päässä oleva istuin / ohjainpiste
- erillinen ohjainmoduuli joka asennetaan kannen päälle
- joustava sukki veneen pohjassa
- jousitetut paneelit veneen pohjassa / joustava pohja
- erilaisin tukivarsin ja nivelin toteutettu jousitettu kansimoduuli

7 LÄHDEKRITIIKKI

7.1 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuuslähteet koostuvat pääosin eri yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusraporteista. Aihe on suhteellisen tuore, joten varsinaista kirjallisuutta aaltoimpulsseista HSC-aluksissa on vähänlaisesti saatavilla.

Ihmisen kestävyyttä g-voimien ja impulssien altistuksessa on tutkittu paljon. Tutkimuksia on tehty erityisesti eri maiden ilmavoimien tutkimusorganisaatioissa ja erilaisissa törmäysimpulsseja käsittelevissä kokeissa. Ilmailuun liittyviä raportteja on paljon.

Merenkulun HSC-aluksien ja niiden miehistöjen kokemiin aaltoimpulsseihin liittyviä tutkimuksia sen sijaan on alkanut ilmestyä suuremmassa määrin vasta tällä vuosituhanella. Ensimmäinen alan kotimainen julkaisu, jonka löysin, oli VTT:n tutkijan Markku Hentisen tekemä, jossa oli mitattu pystykiihtyvyyksiä tuntemattomaksi jääneen kevyehkön ja nopean veneen kulusta. Raportti oli vuodelta 2001.

Viimeisen 10 vuoden aikana on tehty runsaasti erilaisia mittauksia erityisesti RIB-veneille. Tämä johtunee siitä, että RIB-veneet ovat erityisen suosittuja pelastus- ja sotilasorganisaatioissa. Eri maiden asevoimat ovat kiinnostuneita alusten operaattoreiden ja miehistöjen kehon vasteista korkeassa tärinässä ja aaltoimpulssien vaikutuksessa.

Tutkimusaineisto on kerätty pääosin eri yliopistojen ja tutkimuslaitosten julkaisuista. Pääpaino löydetyistä materiaalista on tuotettu USA:n ja Ison Britannian yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa. Mukana on myös Ruotsin, Kanadan ja Suomen laitoksissa tuotettua materiaalia. Eri maiden armeijat ovat tuottaneet paljon tutkimustietoa liittyen g-voimiin, niiden sietokykyyn ja vaikutuksiin. Lähdeaineiston luotettavuutta voidaan pitää hyvänä. Lisäksi eri tutkimuksia lukemalla havaitsee, että vertailtaessa ne tuottavat hyvin samansuuntaisia ja toisiaan tukevia tuloksia.

7.2 Patenttihakuselvitys

Espacenet patenttietokannassa on kahdenlaisia tietokantoja: kansallisia ja maailmanlaajuisia. Palvelu sisältää patenttietoa yli 90 maasta. (Espacenet.)

Google patents kattaa USPTO (United States Patent and Trademark Office), EPO (European Patent Office) ja WIPO (World Intellectual Property Organization) tietokannat. Google patents-tietokanta kattaa kaikki myönnetyt ja julkaistut patentit, jotka ovat USPTO, EPO ja WIPO kannoissa. USPTO patentit katetaan vuoteen 1790 asti ja EPO ja WIPO 1978 vuoteen asti. (Google.)

Käytetyt tietokannat ovat maailmanlaajuisia ja tunnettuja. Lähteiden luotettavuutta voi pitää hyvänä.

8 TUTKIMUSONGELMAN INNOVAATIO-OSIO

8.1 Ideoiden löytäminen

Soveltavalla tutkimuksella tarkoitetaan esimerkiksi sellaista toimintaa, jossa synnytetään uusia menetelmiä tai keinoja tietyn ongelman ratkaisemiseksi. Ongelmaa ratkaistaessa ratkaisua voi lähestyä joko intuitiivisesti aikaisemman tietämyksen ja kokemuksen turvin tai asiaa systemaattisen loogisesti lähestyen ja analysoiden. Soveltavan tutkimuksen avulla synnytetään usein myös kaupallistettavia innovaatioita.

Innovaatiot voidaan luokitella inkrementaaleihin ja radikaaleihin innovaatioihin. Inkrementaalissa innovaatiossa synnytetään uusi ratkaisu, joka tukee vanhaa liiketoimintakonseptia. Radikaalia innovaatiota voisi kuvailla siten, että radikaali innovaatio on sellainen teknologian epäjatkuvuuskohta, jonka seurauksena vanha toimintamalli muuttuu kilpailukyvyttömäksi. Radikaali innovaatio myös usein tarkoittaa sitä, että innovaation myötä kehitetään kokonaan uudenlainen liiketoimintakonseptimalli. *"Innovaatioissa on entistä enemmän kyse teknologioiden ja inhimillisten komponenttien yhdistämisestä"*. (Harmaakorpi 2012.)

8.2 Erilaisuudet, trendit ja tarpeet

8.2.1 Erilaisuudet

Merellä liikkuminen on erilaista suhteessa maantieliikenteeseen esimerkiksi siinä, että ajoalusta on dynaaminen. Liikkuminen tyynessä vedessä on täysin erilaista kuin myrskyolosuhteissa. Myös luotettavuudelle asetetaan suuria vaatimuksia, sillä siinä missä maantieliikenteen kalusto vikaantuu ja ajoneuvo jää tien laitaan, voidaan alkaa rauhassa pohtimaan tilanteesta selviytymistä ja jatkotoimenpiteitä. Sen sijaan jos merellä liikehtivä alus menettää esimerkiksi propulsiovoimansa, saattaa tilanteesta muodostua vaarallinen. Merenkulussa ajopinnasta eli merestä siirtyy aaltojen mukana liike ja potentiaalienergiaa aluksiin. Maantieliikenteessä ajoväylä on lähes aina jonkin standardin mukainen. Merellä tällaista standardointia ei ole, koska luonto muovaa ajoalustaa.

8.2.2 Trendit

Yleisiin trendeihin kuuluu esimerkiksi ilmastonmuutos. Keskilämpötilan noustessa myös veneilykausi pitenee. Kokemattomien veneilijöiden määrä vesillä voi kasvaa. Myrskyisien tuulien ja ukkospuuskien lisääntyminen voi aiheuttaa vaaratilanteita. (Ilmastonmuutoksen vaikutukset 2009.)

Trendinä on myös moottoriteknologian kehitys ja entistä paremmin paino-optimoidut alukset. Tämä johtaa parannettuun tekniseen kykyyn ylläpitää suuria nopeuksia. Trendinä on myös jatkuvan kehityksen ja parannuksen myötä tarve suorittaa entistä parempia (nopeampia) operaatioita. Trendinä on myös useiden tutkimuslaitosten kiinnostus merenkulun aluksissa, erityisesti HSC-aluksissa esiintyviin värinöihin ja aaltoimpulsseihin (Allen 2008.,Dobbins,2008.,Hentinen 2001.,Townsend, 2012). Tällä saattaa pidemmällä aikavälillä olla lainsäädännöllisiä vaikutuksia esimerkiksi merenkulun ammattiliikenteen värinöiden ja impulssien säätelyyn. Kansainvälisiä onnettomuustutkintaraportteja lukemalla on myös mahdollista löytää alkanut trendi aaltoimpulsseista aiheutuneille vammoille. Näihin tapauksiin liittyy usein HSC-alus, iso äkillinen aalto tai kova merenkäynti sekä aaltoimpulssista aiheutunut selkävamma (MAIB 2008). Trendinä on myös perämoottoreiden koon kasvu. Siinä missä 20-50 hevosvoimainen perämoottori oli yleinen teholuokka 1980-90-luvuilla, nykyisin näkee paljon yli 100 hevosvoiman moottoreita. Valmistaja ovat kehittäneet myös erittäin tehokkaita 350 hevosvoiman perämoottoreita.

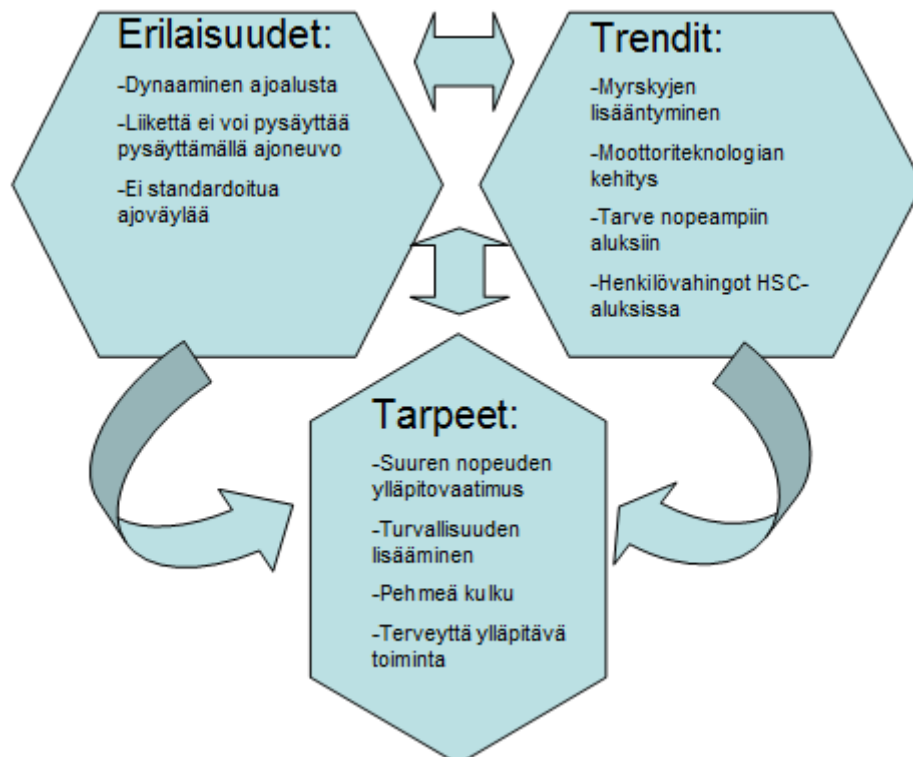
8.2.3 Tarpeet

Viranomaiskäytössä tarpeen muodostaa esimerkiksi suuren nopeuden ylläpitovaatimus (McRaven 1993). Nopeus voi olla kriittinen tekijä avun saamiseksi paikalle mahdollisimman nopeasti. Se voi olla myös taktiikkaan kuuluva tekijä esimerkiksi sotilaskäytössä. Tarpeisiin voi myös katsoa varautumisen mahdollisesti tiukkeneviin työsuojelua koskeviin standardeihin ja lainsäädäntöön, joilla pyritään ennaltaehkäisemään aaltoimpulssien pitkäaikaisvaikutuksia ammattimerenkulun puolella (2002/44/EY).

Meripelastusseuran nopeiden veneiden päälliköille suoritetussa kyselytutkimuksessa 77 % vastaajista arvioi, että heillä olisi jonkinasteista tarvetta nykyistä nopeampaan alustyyppiin. Nykyisten alustyyppien nopeudet ovat noin 35 solmua. Vastaajista 69 %

myös arvioi, että heillä olisi jonkinasteista tarvetta huippunopeaan 50 solmun matkanopeuteen kykenevään alukseen. Vastaajista 98,2 % oli kokenut aaltoimpulssien aiheuttamia epämiellyttäviä tuntemuksia. Alusten päälliköistä 26,5 % ilmoitti kokeneensa paljon tai sietämätöntä tuntemusta aiheuttavaa kipua, joka aiheutui aaltoimpulsseista.

Suomen huvivenealasta tehty tutkimus vuodelta 2010 (Vuorinen 2010, 115–116) kertoo, että pehmeä kulku aallokossa ja turvallisuus ovat saaneet tutkimuksessa vastaajilta korkeita sijoituksia, kun heiltä on kysytty veneen eri ominaisuuksien merkitystä ostotilanteessa. Pehmeä kulku ja turvallisuus voidaan ajatella myös yhdeksi tekijäksi, jos huomioidaan tärinän, slamming-iskujen ja aaltoshokkien mahdolliset pitkäaikaisvaikutukset. Automaailmassa hyvä sijoitus kolaritestissä, siis turvallisuus, on tärkeä myyntiin vaikuttava ominaisuus. Voidaankin ajatella, että siitä voi tulla tärkeä myynnillinen tekijä myös huvivenepuolella.



Kuva 117. Erilaisuudet, trendit ja tarpeet tiivistetysti.

9 ONGELMAN RATKAISU SYSTEMAATTISEN TUOTEKEHITYKSEN MENETELMÄN AVULLA

9.1 vaatimusluettelo

Vaatimusluettelo: Aluksen jousitusjärjestelmä

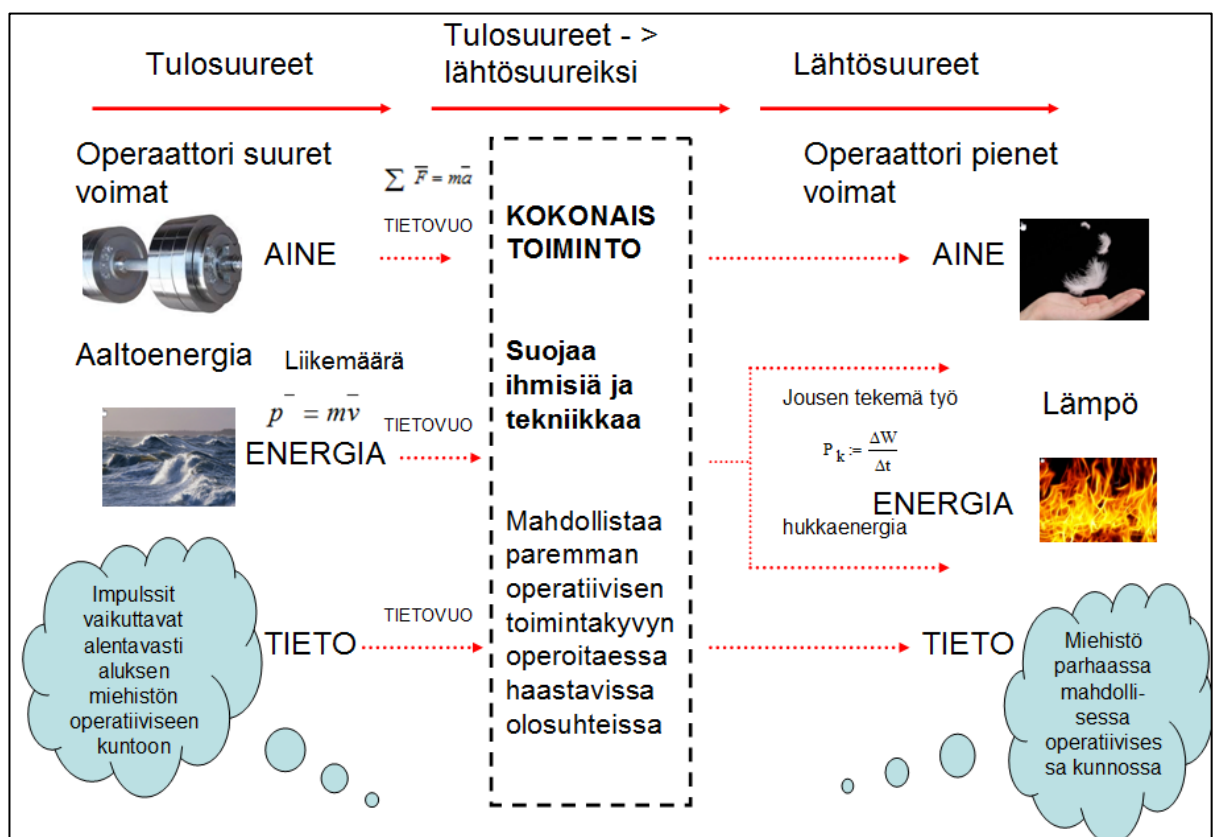
Muutos pvm	KV,VV,T	Vaatus	Tärkeys
		1.Geometria	
	KV	Pitää soveltua olemassa oleviin hyväksihavittuihin alustyyppeihin	x
	T	Yksinkertainen valmistusmenetelmä standardoiduista osista	x
		2. Kinematiikka	
	VV	Järjestetään siten että 1 kohdan vaatimukset täyttyvät.	
		3.Voimat	
	VV	Järjestelmän on vähennettävä aaltoimpulsseista aiheutuvia voimia	x
		4 Energia	
	KV	Käyttöenergiana toimii aaltoiskuista saatava energia	xxx
		5.Aine	
	KV	Perinteiset konepaja ja meriteollisuuden käyttämät raaka-aineet	xx
		6. Turvallisuus	
	KV	Ei saa vaikuttaa suuresti aluksen suorituskykyarvoihin. (CG, aallokko-ominaisuudet, nopeus, kuorma, kantavuus jne.)	x
		7.Valmistus	
	KV	Perinteiset konepaja ja meriteollisuuden käyttämät valmistusmenetelmät	xx
	T	Yksinkertainen rakenne	xx
		8.Tarkastus	
	KV	Järjestelmän toimintakyvyn ja toiminnan oltava helposti testattavissa	xxx
		9.Kuljetus	
		-	
		10.Käyttö	
	VV	Käytön on oltava helppoa ilman erikoisosaamista ja pitkää koulutusta	
		11.Kunnossapito	
	KV	Huolto on oltava helposti järjestettävissä ja toteutettavissa vakiokomponenteilla	
		12.Modulaarisuus	
	T	Rakenteen olisi hyvä olla modulaarinen	xxxx
		13.Kustannukset	
		-	
		14.Toimitusaika	
		-	
KV		Kiinteä vaatimus	
VV		Vähimmäisvaatimus	
T		Toivomus	

Taulukko 3. Vaatimusluettelo.

9.2 Toiminnot

9.2.1.1 Kokonaistoiminto

Kokonaistoimintona on mahdollistaa parempi operatiivinen toimintakyky operoitaessa vaikeissa olosuhteissa. Tämä toiminto toteutetaan pienentämällä operaattoreihin ja mahdolliseen muuhun miehistöön liittyviä aaltoimpulsseista aiheutuvia voimia. Aaltoliikkeen, aluksen ja miehistön liikemäärän muutos muutetaan lämpöenergiaksi. Henkisellä tasolla luodaan myös tieto parhaasta mahdollisesta suojauksesta.

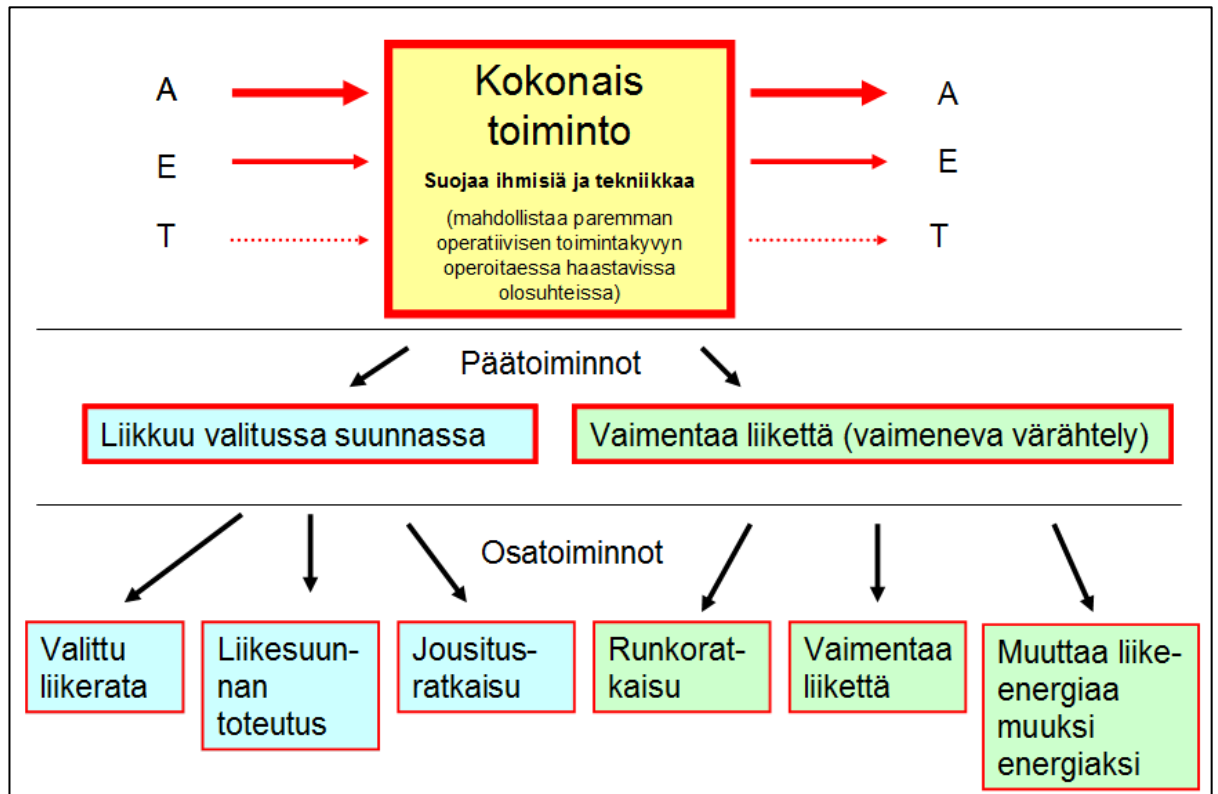


Kuva 118. Järjestelmän kokonaistoiminto.

"Vaimenevassa värähtelyssä siis mekaaninen energia pienenee. Energiaa menetetään esimerkiksi vaimentavan väliaineen lämpöliikkeen energiaksi." (Hemilä 1991, 18).

9.3 Kokonaistoiminnan jako osatoimintoihin

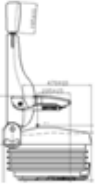





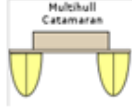
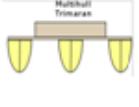
Kokonaistoiminnan jako osatoimintoihin kuvassa on jaettu kokonaistoiminto ensin kahteen päätoimintoon. Päätoiminnot on jaettu vielä kolmeen osatoimintoon. A,E ja T kirjaimet tarkoittavat ainetta, energiaa ja tietoa.



Kuva 119. Kokonaistoiminnan jako osatoimintoihin.

9.4 Periaateyhdistelmät

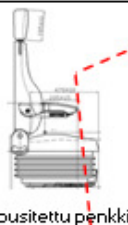


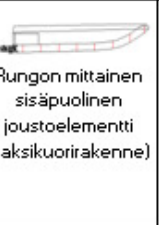
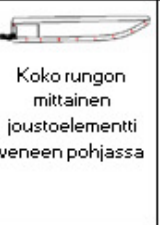
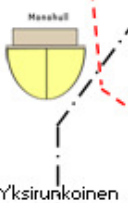
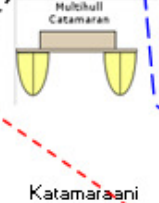
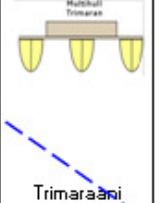
Periaateyhdistelmät kaaviossa on esitetty eri osatoiminnot ja esitetty niille mahdollisia ratkaisuperiaatteita.

		Ratkaisuperiaate					
		1	2	3	4	5	6
Osatoiminta	1	Valittu liikerata					
		x	z	y	xz	xy	xzy
Osatoiminta	2	Liikesuunnan toteutus					
		rullakisko	lineaarijohde	syylinteri -tanko	nivel tukivarsi	-----	-----
Osatoiminta	3	Jousitusratkaisu					
		 Jousitettu penkki	 Rungon sisäpuolinen osittainen joustoelementti	 Ennen perää loppuva joustoelementti veneen keulassa (linkkukeula)	 Rungon mittainen sisäpuolinen joustoelementti (kaksikuorirakenne)	 Koko rungon mittainen joustoelementti veneen pohjassa	-----
Osatoiminta	4	Runkoratkaisu (mono/multihull)					
		 Yksirunkoinen	 Katamaraani	 Trimaraani	-----	-----	-----
Osatoiminta	5	Vaimentaa liikettä (vaimeneva värähtely)					
		kierrejousi	lehtijousi	pneumaattinen	hydraulinen	-----	-----
Osatoiminta	6	Muuttaa liike-energiaa muuksi energiaksi					
		iskunvaimennin	-----	-----	-----	-----	-----

Taulukko 4. Periaateyhdistelmät.

9.5 Ratkaisuvaihtoehdot

Ratkaisuvaihtoehdot kaaviossa on esitetty osatoiminnot ja niiden mahdolliset ratkaisuperiaatteet. Vaihtoehdoista on valittu kolme parasta kombinaatiota ratkaisuvaihtoehdoiksi: ratkaisuvaihtoehto 1, ratkaisuvaihtoehto 2 ja ratkaisuvaihtoehto 3.

Osatoiminta ↓ / Ratkaisuperiaate →		1	2	3	4	5	6
		1	Valittu liikerata	x	z	y	xz
2	Liikesuunnan toteutus	rullakisko	lineaarijohde	sylinteri-tanko	nivelkukivarsi	-----	-----
3	Jousitusratkaisu	 Jousitettu penkki	 Rungon sisäpuolinen osittainen joustoelementti	 Ennen perää loppuva joustoelementti veneen keulassa (linkkukeula)	 Rungon mittainen sisäpuolinen joustoelementti (kaksikuorirakenne)	 Koko rungon mittainen joustoelementti veneen pohjassa	-----
4	Runkoratkaisu (mono/multihull)	 Yksirunkoinen	 Katamarani	 Trimaraani	-----	-----	-----
5	Vaimentaa liikettä (vaimeneva värähtely)	----- kierrejousi	----- lehtijousi	----- pneumaattinen	----- hydraulinen	-----	-----
6	Muuttaa liike-energiaa muuksi energiaksi	----- iskunvaimennin	-----	-----	-----	-----	-----
		----- ratkaisu 1	----- ratkaisu 2	----- ratkaisu 3			

Taulukko 5. Ratkaisuvaihtoehdot.

9.6 Arvostelu

Järjestelmän ominaisuudet arvostellaan asteikolla 0-10. Lukuarvojen sanallinen kuvaus on esitetty taulukossa 6.

Arvo	Merkitys
0	Sopimaton
1	Puutteellinen
2	Vaikea ratkaisu
3	Hyväksyttävä
4	Riittävä
5	Tyydyttävä
6	Hyvä, pieniä puutteita
7	Hyvä ratkaisu
8	Erittäin hyvä ratkaisu
9	Yli tavoitteen
10	Ideaaliratkaisu

Taulukko 6. Arvojen selitys.

Arvostelukriteerit kuvastavat vaatimuslistan vaatimuksia. Arvostelussa eniten pisteitä sai ratkaisu 2 pisteillä 7,93. Toiseksi tuli ratkaisu 1 pisteillä 7,09. Kolmanneksi tuli ratkaisu 3 pisteillä 6,47.

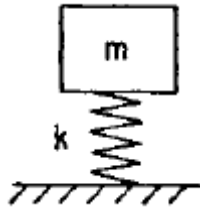
Arvostelukriteerit	Paino kerroin	Ratkaisu 1		Ratkaisu 2		Ratkaisu 3		
		Arvio w_j	Arvo $g \cdot w_j$	Arvio w_j	Arvo $g \cdot w_j$	Arvio w_j	Arvo $g \cdot w_j$	
Impulssisuojaus henkilöille	0,15	9	1,35	9	1,35	9	1,35	
Impulssisuojaus elektronikalle	0,1	0	0	7	0,7	7	0,7	
Soveltuvuus operointiin isossa aallokossa	0,15	8	1,2	8	1,2	3	0,45	
Vaikuttavuus työskentelyyn, manoverointi jne.	0,1	8	0,8	8	0,8	8	0,8	
Soveltuvuus normaaliin runkoon	0,1	10	1	8	0,8	8	0,8	
Korkea mekaaninen varmuus	0,07	7	0,49	8	0,56	7	0,49	
Yksinkertainen rakenne	0,07	5	0,35	8	0,56	5	0,35	
Pieni riski häiriöille	0,07	9	0,63	9	0,63	6	0,42	
Käyttäjistä riippumaton turvallisuus	0,05	8	0,4	8	0,4	7	0,35	
Huollettavuus	0,06	7	0,42	8	0,48	6	0,36	
Modulaarisuus	0,05	9	0,45	9	0,45	8	0,4	
Hinta	0,03	8	0,24	7	0,21	5	0,15	
		$\sum w_j$	$\sum g \cdot w_j$	$\sum w_j$	$\sum g \cdot w_j$	$\sum w_j$	$\sum g \cdot w_j$	
		1	88	7,09	90	7,93	74	6,47

Taulukko 7. Arvostelukriteerit.

9.7 Ratkaisu ja sen kuvaus

Ratkaisusta mallinnettiin mekaniikkasuunnitteluohjelmisto Autodesk Inventorilla karkeahko tilamalli perusajatuksen visualisoimiseksi (Layout-piirustus liitteenä). Tilamallista voi nähdä ratkaisun tilantarpeen ja peruskonstruktioajatuksen tärkeimmillä osilla. Layout-piirustuksessa on esitetty konstruktion perusrakenne ja tärkeimmät osat.

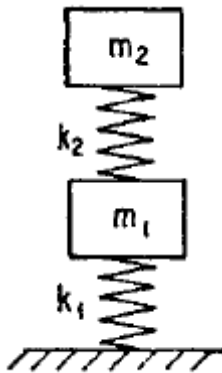
Jousitusjärjestelmää, jossa hyttimoduuli on jousitettu mutta sisällä ei ole jousitettuja istuimia, kuvataan kuvassa. 120.



Kuva 120. Yhden jousen ja massan systeemi.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad [17]$$

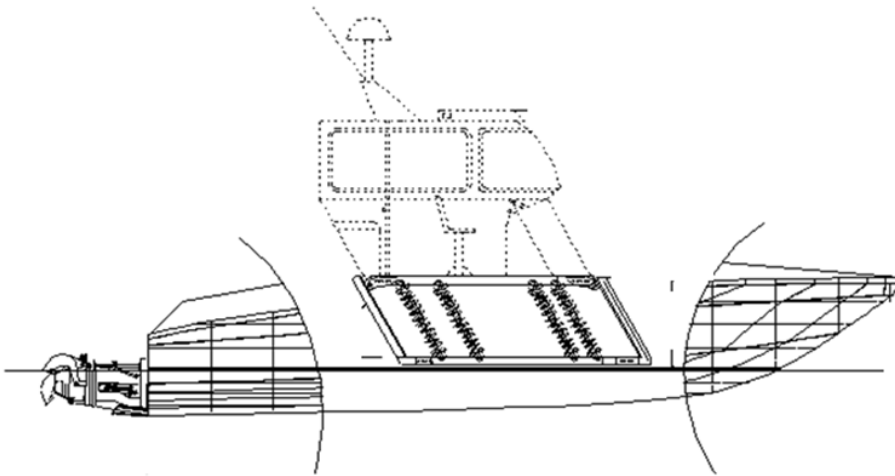
Mikäli jousitettuun hyttimoduuliin halutaan asentaa vielä lisäksi jousitetut istuimet, muuttuu järjestelmä muotoon, joka on esitetty kuvassa 121. Järjestelmä on tällöin kahden massan ja kahden jousen systeemi.



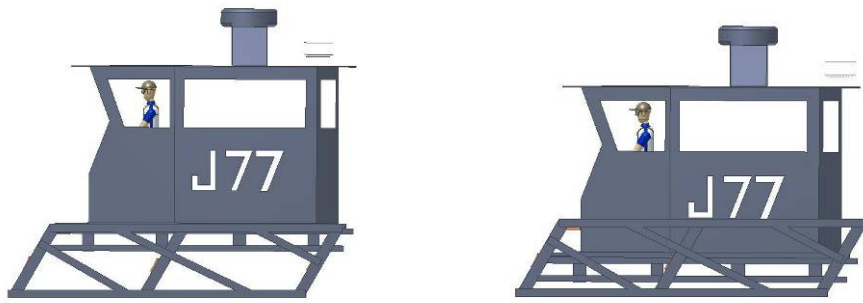
Kuva 121. Kahden jousen ja massan systeemi.

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{2} \left[\frac{k_1}{m_1} + \frac{k_2}{m_2} \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) + \sqrt{\left[\frac{k_1}{m_1} + \frac{k_2}{m_2} \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \right]^2 - \frac{4k_1k_2}{m_1m_2}} \right]} \quad [18]$$

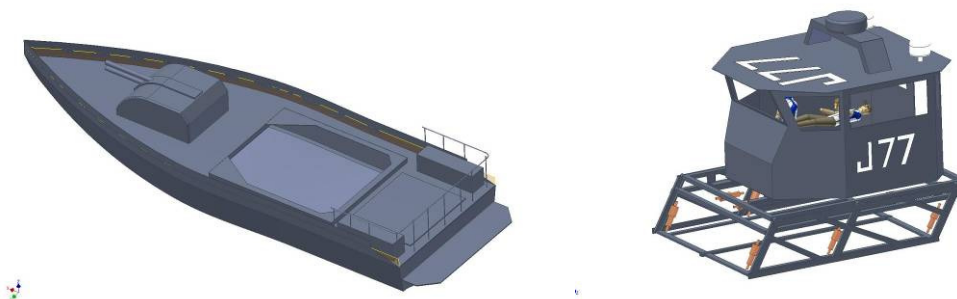
Ratkaisu koostuu kolmesta pääkomponentista, joita ovat rullakiskot/liukukiskot tukirakenteineen, jousitettu ja vaimennettu kelkka, joka liikkuu kiskoissa ja hyttimoduuli. Nämä yhdessä muodostavat suuremman moduulimaisen rakenteen, joka asennetaan aluksen runkoon. Kelkka (ja sen mukana hytti) liikkuvat kiskoilla. Kelkan ja liukukiskojen alapään tukirakenteiden väliin tulee iskunvaimennin ja jousijärjestelmä. Esimerkkirakenteessa on käytetty jousi/iskunvaimennin paketteja.



Kuva 122. Luonnostelma jousitetusta hyttimoduulista, kelkasta ja jousituksesta.



Kuva 123. HSC-aluksen jousitettu hyttimoduuli ylä- ja ala-asennossa.



Kuva 124. Aluksen runko ja jousitus / hyttimoduuli.



Kuva 125. Havainnekuva jousitetusta HSC- aluksesta jossa Patria Nemo tyyppinen asejärjestelmä.

10 POHDINTA

"Because human respond to peaks not averages"

Tohtori Keuning on huomannut, että 85 % alusten nopeuden alentamisesta johtuu siitä, että miehistö yrittää estää kovimpien impulssipiikkien esiintymistä (Keuning 2014).

Suomen Meripelastusseuran HSC-aluksien päälliköistä 95,6 % ilmoitti alentaneensa nopeutta johtuen aaltoimpulssien vaikutuksista. Onkin yllättävää, että jo varsin pienillä aallonkorkeuksilla (<0,5 m) HSC-aluksissa esiintyy varsin voimakkaita aaltoimpulsseja.

Nopeus, aallokko, tekninen- ja ihmiskehon suorituskyky kuuluvat kokonaisoperatiivisen suorituskyvyn systeemiin. Human faktorin vaikutuksesta nopeutta on joskus alennettava. Koska nopeus voi joskus olla kriittinen tekijä, tulee systeemiä vahvistaa siten, että ihmiskertoimen vaikutus systeemin kokonaistoimintaan pienenee. Tämä tarkoittaa parempaa kokonaisoperatiivista toimintakykyä. Tähän tulokseen päästään ihmiskertoimen vaikutuksen minimoimiseen suunnitellun teknologian avulla.

Jos tavoitellaan erityisen suurta nopeutta ilman moottoritehojen jatkuvaa kasvattamista, sen saavuttamiseksi voidaan tehdä kompromisseja runkoratkaisujen suhteen. Aaltoshokkivaimennetulla hyttimoduulilla voidaan tehdä aluksesta nopeuden suhteen suorituskykyisempi, muokkaamalla rungon hydrodynamiikkaa enemmän hydrodynaamista painetta luovaksi. Samalla kuitenkin aaltoshokkien esiintymisen todennäköisyys lisääntyy, mutta jousitetulla hyttimoduulilla voidaan huolehtia, että miehistön operatiivinen suorituskyky säilyy määritellyllä tasolla.

Työtä kirjoitettaessa en löytänyt tutkimusta, jossa olisi esitetty HSC-aluksissa esiintyvien aaltoimpulssien kestoajoja. Olisi mielenkiintoista tietää, millaisia aluksien aaltoimpulssien kestoajat ovat ja miten ne vaihtelevat eri tilanteissa.

Kehitetyssä ratkaisussa on ratkaistu impulssien hallinta kahdessa tärkeimmässä suunnassa. Gx- ja Gz-suunnassa. Hyttimoduulin vaimennukseen voi lisätä myös Gy-

suunnan, mutta silloin joudutaan tekemään ratkaisusta hieman monimutkaisempi ja kaventamaan hyttimoduulia, jotta sille saadaan liikevaraa myös y-suuntaan. Nyt ratkaisu on mahdollisimman yksinkertainen. Kahden liikesuunnan (x, z) vaimennus on toteutettu yhdellä liikeradalla yhdistämällä liikeresultantiksi G_x - ja G_z - suuntien vektorit. Ratkaisussa suojataan miehistön lisäksi myös aluksen elektroniikka. Elektroniikka sijaitsee usein aluksen hallintapisteiden läheisyydessä. Vaimennetussa hyttimoduulissa myös elektroniikka on impulssisuojattu.

Patenttiselvityksessä ja kaupallisten ratkaisujen katsauksessa esille tulleiden katamaraanialusten ja monirunkoalusten alle liitetyt lisärungot, jotka ovat suorassa kosketuksessa veteen, ovat käyttökelpoisia kun halutaan pienentää jousittamatonta massaa. Tällöin aluksen jousittamaton massa pysyy pienempänä ja hydrodynamiikkaan vaikuttavat rungon osat pysyvät paremmin kosketuksissa veteen. Järjestelmä toimii erityisen hyvin pienessä aallokossa kohtuullisella nopeudella.

Kirjoittajan oman arvion mukaan jousitettuihin monirunkoratkaisuihin saattaa suuremmissa nopeuksissa ja kovassa merenkäynnissä liittyä myös ongelmia. Suuren nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksessa alusta kantavat apurungot saattavat leikkautua veteen ja tällä saattaa olla yllättäviä seurauksia aluksen liikesuuntiin. Seurauksena saattaa olla kaatuminen tai muu yllättävä liike. Jos aluksella on tarkoitus ajaa kovalla nopeudella kaikissa mahdollisissa olosuhteissa, yksirunkoiseen alukseen integroitu hydrodynamiikkaan vaikuttamaton ratkaisu vaikuttaa selkeämmältä ratkaisulta. Lähtökohta tälle ajattelumallille on se, että rungon ominaisuuksien tulee varmistaa aluksen operatiivinen toimintakyky kaikissa olosuhteissa ja vaimennettu ohjaamo jatkaa aluksen operatiivista käyttöaluetta vielä senkin jälkeen, kun rungon ominaisuudet hydrodynaamisten paineimpulssien vaimennuksessa on ylitetty. Jousitettu moduuli suojaa operaattoreita ja miehistöä myös virheellisissä ajotilanteissa, kun odottamaton aalto iskee ja alus kohtaa shokki-impulssin.

Kehitettyssä ratkaisussa jousittamaton massa on verrattain suuri. Jotta alus saataisiin pysymään mahdollisimman tiiviisti vedenpinnalla, tulisi jousittamattomat massat pitää mahdollisimman pieninä. Nyt jousittamatonta massaa ovat aluksen koko runko ja moottorit. Tämän ratkaisun etuna on kuitenkin se, että aluksessa pystytään käyttämään V-pohjaista runkoa, joka sopii hyvin kaikenlaisiin, myös myrskyisiin, olosuhteisiin.

Ratkaisu sopii parhaiten käyttöön, jossa pyritään jatkamaan miehistön operatiivista kestävyttä, kun rungon ominaisuudet aaltoimpulssien vaimennuksessa on ylitetty.

Jos ajatellaan esimerkiksi miehistönkuljetusvenettä, voidaan pohtia, onko kustannustehokkaammaksi ratkaisu asentaa erilliset jousitetut istuimet koko miehistölle vai käyttää yhtä jousitettua miehistömoduulia. Asiaa voi tarkastella myös huoltonäkökulmasta: onko kustannustehokkaampaa huoltaa ja tarkastaa x-määrää istuimia vai yksi moduuli. Miehistönkuljetusveneissä voi olla esimerkiksi 20 kappaletta jousitettuja istuimia kuljetettavalle miehistölle.

Kehitys tuntuu etenevän niin, että jousitetut istuimet ovat lyömässä läpimurtoaan HSC-aluksissa ja niistä tulee nopeuksien kasvun myötä lähes vakiovarusteita. Tämän ratkaisun rinnalle sopii hyvin jousitettu hyttimoduuli. Kun ajatellaan, että alusten nopeudet edelleen kasvavat ja vaimennettujen liikkeiden ansiosta aluksilla pystytään pitämään yllä yhä suurempaa nopeutta, voidaan päätellä, että alusten ilmalennoista tulee tämän seurauksena entistä pidempiä. Tästä seuraava päätelmä on, että aluksien keula tulee suunnitella siten, että siinä on tarvittava hydrodynaaminen siipipinta, joka työntää aluksen keulan takaisin vedenpintaan, mikäli vene on vaarassa sukeltaa. Edelleen voidaan ajatella, että tulevaisuudessa on kenties tarpeen kehittää erittäin nopeisiin aluksiin aerodynaaminen vakain, joka huolehtii siitä, että alus palaa vedenpinnalle hallitusti. Jousitetussa hyttimoduulissa saattaa olla hyötynäkökulmia myös häivetekniikan sovelluksiin. Mikäli rungon ja hytin muoto sekä jousitusjärjestelmä muotoillaan ja rakennetaan sopivaksi, voidaan hytti pitää aallokko-olosuhteissa ylä-asennossaan, jolloin jousitusjärjestelmä on käytössä. Merenkäynnin ollessa sopiva ja haluttaessa ajaa huippunopeudella, hytti voidaan ajaa ala-asentoon, jolloin myös ilmanvastus ja tutkaheijasteiden maali pienenee. Aluksella olisi siis kaksi erilaista käyttömoodia, toinen aallokkoajoon jolloin jousitusjärjestelmä on toiminnassa ja toinen ajoon stealth-tilassa huippunopeudella.

Lentäminen ja HSC-aluksella ajaminen ovat luonteiltaan ja olosuhteiltaan varsin erityyppisiä toimintoja. HSC-aluksien miehistöillä ja sotilaslentäjillä on kuitenkin raportoitu osin samantyyppisiä vammoja. Esimerkiksi sotilaslentäjien työperäisiä tuki- ja liikuntaelinoireita käsittelevässä väitöskirjassa (Rintala 2006) kerrotaan, että lentäjillä esiintyy fyysisestä kuormituksesta johtuvia selkänikaman

kompressiomurtumia. Merenkulussa samantyyppisiä vammoja on raportoinut Iso-Britannian merionnettomuuksia tutkiva virasto, jonka raportin mukaan vuosina 2001-2008 sattui HSC-veneillä useita onnettomuuksia, joiden tyypillisin vamma oli alaselän kompressiomurtuma (MAIB 2008). Suomen Meripelastusseuran HSC-aluksien päälliköille tekemässäni tutkimuksessa vastaajien ilmoittamista vammoista 58 % ilmeni selän alueella. Selän alue on erityisen altis vaurioitumaan siihen kohdistuvista voimaimpulsseista. Yhteinen nimittäjä näille vammoille ovat selkään kohdistuvat voimat.

Kyselytutkimuksen kysymyksien laatiminen oli mielenkiintoinen tehtävä. Jälkeenpäin tuloksia tarkasteltaessa tuli mieleen, että joitakin kohtia olisi voinut kysyä myös hieman toisellakin tavalla. Tässäkin taitaa päteä sama sääntö kuin monessa muussakin asiassa: tekemällä oppii.

11 Lähteet

- Allen,DP.,Taunton,DJ.,Allen,R. 2008. A Study of Shock Impacts and Vibration dose Values Onboard High speed marine Craft, University of Southampton. United Kingdom.
- Bales,S. 1982. Designing ships to the natural environment. 19th Annual technical symposium 1982. Association of scientist and engineers of the naval sea systems command. Department of the navy - Washington, D.C. 20360.
- Breder,J. 2005. Experimental testing of slamming pressure on a rigid panel. Master Thesis. KTH. Vetenskap och Konst.
- Dobbins,T.,Myers,S.,Dyson,R.,Gunston,T.,King,S.,Withney,R. 2008. High speed craft motion analysis-Impact count index. University of: Chichester, Southampton, Farnborough ja Alverstoke. United Kingdom.
- Dobbins,T., Rowley, I. & Campbell,L. 2008 High Speed Craft Human Factors Engineering Design Guide. ABCD-TR-08-01 V1.0
- Eliasson, R. & Larsson, L. 2006. Principles of Yacht Design. Second Edition Adlard Coles.
- Ensign,W.,Hodgon,J.,Prusaczyk.,Shapiro,D.,Lipton,M. A Survey of self-reported injuries among special boat operators. Naval health research center. USA.
- Harmaakorpi, V., Oikarinen, T., Kallio, A., Mäkimattila, M., Rinkinen, S., Salminen, J., Uotila, T. 2012. Innopakki. Käytäntölähtöisen innovaatiotoiminnan käsikirja. Lappeenrannan teknillinen yliopisto & Lahti School of Innovation.
- Harris.M. & Piersol,A.2002.Harris' Shock & Vibration Handbook. Fift Edition.
- Hemilä, S. & Utriainen,J. 1991.Värähtelyt ja Aallot. Otatieto ISBN 951-672-126-5
- Hentinen,M.2001.Nopeiden,liukuvien veneiden mukavuuskriteerit ja pystykiihtyvyyksien mittaaminen. Espoo:BVAL36-011117

Inkinen, P & Tuohi, J. 2003. Momentti 2. Insinöörifysiikka. Otavan kirjapaino. ISBN 951-1-165-98-4

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Merenkululaitoksen toimintaan ja ilmastonmuutokseen sopeutumisen edellyttämät toimenpiteet. Merenkululaitoksen sisäisiä julkaisuja 3/2009. Merenkululaitos. Helsinki 2009.

ISO 11592. 2002. Small craft less than 8m length of hull. Determination of maximum propulsion power rating

ISO 12215-5. 2008. Small craft - Hull constructions and scantlings - Part 5: Design pressures for monohulls, design stresses, scantlings determination, First edition.

Karppinen, T., Hellevaara, M., Haapajoki-Hellevaara, T. Guidelines and criteria for the seakeeping performance assesment of fast passenger vessels. VTT VAL9201/94/LAI, Espoo 1994

Keuning, L. 2014. TU Delft, High Speed Boat Operations Forum

MAIB. 2008. Marine Accident Investigation Branch. Report on the investigation of injury to a passenger on board the RIB. United Kingdom.

Marjamäki, P. 2007 Vibration test as a new method for studying the mechanical reliability of solder interconnections under shock loading conditions. Helsinki University of Technology ISBN 978-951-22-8735-2

Matusiak, J. 2000. Laivan kelluvuus ja vakavuus. Otatieto. ISBN 951-672-293-8.

McRaven, W. 1993. The theory of special operations. Naval Postgraduate School, Monterey, California. USA.

NASA MAN-SYSTEMS INTEGRATION STANDARDS, Revision B July 1995.

NASA-STD-3001. 1995. Man-Systems Integration Standards.

Naval Aerospace Medical Research Laboratory 1987, Physical Fitness Program to Enhance Aircrew G-tolerance. US Navy

Nikolic,D. Allen,R. Collier,R. Taunton,D. Hudson,D. Shenoj, R.A. Human factors in the design of high speed marine craft. University of Southampton.

94/25/EC Directive of the European Parliament and of the Council of 16 June 1994 on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to recreational craft. OJ No L 164/15 of 30 June 1994

2002/44/EY. Hyvät toimintatavat direktiivin (altistuminen värinälle työssä) täytäntöönpanemiseksi) 2007. Euroopan komissio. Työllisyyden, sosiaali- ja tasa-arvoasioiden pääosasto. ISBN 978-92-79-07536-0

2003/44/EY, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, annettu 16 päivänä kesäkuuta 2003, huviveneitä koskevien jäsenvaltioiden lakien, asetusten ja hallinnollisten määräysten lähentämisestä annetun direktiivin 94/25/EY muuttamisesta

Rasmussen G. 1982. Human body vibration exposure and its measurement. Bruel & Kjaer Technical Paper No1, Naerum, Denmark

Raateoja, M. 2008. Itämeri 2008- Merentutkimuslaitoksen itämeriseurannan vuosiraportti. ISBN 978-951-53-3144-1

Rigig Hull Inflatable Operator Training. 2000. Student Manual. Canadian Coast Guard.

Rintala,H.2006.Sotilaslentäjän fyysinen suorituskyky sekä työperäiset tuki- ja liikuntaelinoireet, Väitöskirja, Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos, Tampereen yliopistopaino.

Robin,A.,Guglielmo,S.,Aglietti,S.,Richardson,G.2008. Reliability analysis of electronic equipment subjected to shock and vibration - A review. Astronautical Research Group, University of Southampton

Rosén, A. 2004. Loads and Responses for Planing Craft in Waves. Aeronautical and Vehicle Engineering, Division of Naval Systems. ISBN 91-7283-936-8

- Savitsky, D. & Ward, B. and Brown, B. 1976. Marine Technology, Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in smooth and Rough Water
- Savitsky, D., Stevens, M., Balquet, R., Muller-Graf, B. 1978. ITCC Report of Panel of High Speed Marine Vehicles.
- Savitsky, D. 1985. Planing Craft. Naval Engineers Journal.
- SFS-Käsikirja 93-14. 2010. Koneiden turvallisuus. Osa 14. Tärinän hallinta ja mittaus.
- Shanahan Dennis F. 2004. Human Tolerance and Crash Survivability. RTO HFM Lecture Series on "Pathological Aspects and Associated Biodynamics in Aircraft Accident Investigation" NATO. RTO-EN-HFM-113
- Similä, A. & Vuorela, T. 1981 Artturi Similän Sääkirja. ISBN 951-0-09848-5
- Suhir, E. 2012 Dynamic response of electronic systems to shocks and vibrations. Department of Electrical Engineering, University of California
- Steinberg D.S. Vibration analysis for electronic equipment. John Wiley & Sons 2000
- Townsend, N., Coe, P., Wilson, R 2012. High speed marine craft motion mitigation using flexible hull design.
- US department of transportation. 1984. Federal Aviation Administration. A hazard in aerobatics. Effects of G-forces on pilots.
- US Air Force. Joint Service G-tolerance conference report. Pensacola, Florida, Naval Air Station, USA.
- Venäläinen, E. & Sonninen, M. 2013. Suomen meri- ja järvipelastustehtävät. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu. Sovelletun mekaniikan laitos. ISBN 978-952-60-5326-4
- Vuorinen, T., & Kurki, T. 2010. Ui tai uppoa. Toimialatutkimus Suomen venealasta. Vaasan yliopiston julkaisuja. Selvityksiä ja raportteja 161. S.115-116 ISBN 978-952-476-299

Lehdet:

Helsingin Sanomat 6.1.2014.

Isomeri,M. 2011. VTT Konetehon rajat. Finnboat News

Professional Boatbuilder number 149. 2014.

Internetlähteet:

Duodecim, Terveyskirjasto. Kreatiivikinaasi (P-CK). Viitattu 26.11.2014.
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03141

Google Patents

www.google.com/patents. Viitattu 8.1.2015.

Nauticraft monirunkoalukset

<http://www.nauti-craft.com/>.Viitattu 8.1.2015.

Ullman Dyamics penkit

<http://ullmandynamics.com/>.Viitattu 8.1.2015.

Shockwaweseats

<http://shockwaweseats.com/> Viitattu 8.1.2015.

Tuulitilastot.Ilmätieteen laitos.

<http://ilmatieteenlaitos.fi/tuulitilastot>. Viitattu 7.1.2015.

Työvenesäännöt VTT

<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/tyovene/>. Viitattu 8.1.2015.

12 LIITTEET

12.1 Kyselytutkimuksen kysymykset ja ohje

12.1.1 Ohje Meripelastusseuran organisaatiolle

Kyselytutkimus toimitetaan vastaajille sähköpostitse internetlinkin avulla.

Tutkija lähettää linkin kyselyyn tutkittavan organisaation yhdyshenkilölle, joka levittää sen organisaatiossaan eteenpäin valitulle kohderyhmälle. Levityksen voi toteuttaa joko portaittain linjaorganisaatiossa alaspäin, tai yhden kyselytutkimuksen kohteena olevan organisaation jäsenen kautta.

Kokonaismäärä, jolle kyselytutkimus jaetaan, pitäisi saada selville, jotta pystytään erottelemaan vastaajien ja vastaamatta jättäneiden määrät. Tämä toteutetaan siten, että kyselyn jakajat (meripelastusseura) ilmoittavat oman organisaationsa vastuuhenkilölle henkilömäärät, joille kysely on lähetetty. Kyselytutkimuksen kohteena olevan organisaation vastuuhenkilö ilmoittaa kokonaishenkilömäärän tutkijalle.

Vastausprosentti tulee olemaan todennäköisesti suurempi, kun kysely jaetaan täytettäväksi tutkittavan organisaation omista sähköpostiosoitteista. Tällöin vastaajat tietävät sen tulevan oman organisaation kautta ja otaksuttavasti suhtautuvat siihen kiinnostuneemmin kuin jos se olisi tullut tuntemattomasta osoitteesta.

12.1.2 Vastausohje vastaajille

Kyselytutkimus on suunnattu henkilöille, jotka liikkuvat vesillä liukuvarunkoisilla aluksilla. Jos olet liikkunut vesillä sekä uppoumarunkoisilla että liukuvarunkoisilla aluksilla, vastaathan tähän kyselyyn vain liukuvarunkoisista aluksista saamiesi kokemusten pohjalta. Liukuvarunkoisella aluksella tarkoitetaan alusta, joka kulkee yli runkonopeutensa ja nousee niin sanotusti "plaaniin". Jos olet työskennellyt vain uppoumarunkoisilla aluksilla, sinun ei tarvitse vastata tähän kyselyyn.

Kun kysymyslomakkeessa kysytään, millaisella aluksella useimmiten liikut, valitse sen tyyppin liukuvarunkoinen alus, millä olet viettänyt eniten tunteja merellä. Kun

kysymyslomakkeessa tämän jälkeen kysytään esimerkiksi tuntemuksia aallokon suhteen, vastaa niiden tuntemuksien pohjalta, jotka sinulle ovat syntyneet sillä alustyypillä, jolla olet viettänyt eniten aikaa merellä ja jonka valitsit kyselyn alussa alustyypiksi. Tarkoitus on, että vastaat kaikkiin kysymyksiin sen liukuvarunkoisen alustyypin kokemusten pohjalta, jotka määrittelet kyselyn alkuvaiheessa.

Kysymyksiä on 45kpl ja vastaamiseen menee aikaa suunnilleen 5-10 minuuttia.

12.1.3 Kyselytutkimuksen lomakkeen kysymykset

Validiteettia mittaava kysymys

1. Arvioi missä kuvassa tai kuvissa on kyse tämän kyselytutkimuksen tarkoittamista kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksesta aiheutuvista aaltoimpulsseista. Valitse se kuva tai kuvat joissa on mielestäsi kyse aaltoimpulssin aiheuttamista voimista jotka kohdistuvat aluksen rungon kautta miehistöön.

Kyselytutkimuksen vastaajien taustakysymykset

2. Sukupuoli?

mies

nainen

3. Ikä?

alle 18

18-25

26-30

31-35

36-40

41-45

46-50

51-55

56-60

yli 60

4. Ylin koulutustaso?

peruskoulutus

toisen asteen tutkinto (ylioppilas, mekaanikko jne.)

opistotutkinto (merkonomi jne.)

alempi ammattikorkeakoulututkinto (insinööri(amk), tradenomi jne.)

ylempi ammattikorkeakoulututkinto (insinööri(ylempi amk) jne.)

yliopisto / korkeakoulututkinto (maisteri, DI, jne.)

tieteellinen jatkotutkinto (tohtori, lisensiaatti)

Merenkulun kokemus ja sen laatu

5. Kauanko olet ajallisesti ollut organisaationne toiminnassa mukana?

0-1 vuotta

1-3 vuotta

3-6 vuotta

6-10 vuotta

10-20 vuotta

yli 20 vuotta

6. Mikä on keskimääräinen **vuosittainen** tuntimäärä, jonka olette viettäneet merellä olevassa aluksessa?

(harjoitus tai operatiivinen tehtävä, kunhan alus on kulussa, meri tai sisävesi)

alle työviikko (0-40h)

noin 1-2 työviikkoa (40-80h)

noin 2-4 työviikkoa (80-160h)

noin 4-8 työviikkoa (160-320h)

noin 8-16 työviikkoa (320-640h)

noin 16 - 32 työviikkoa (640- 1280h)

yli 32 työviikkoa (yli 1280h)

7. Miten **merelläoloaika** (käsittää myös sisävedet) on jakautunut operatiivisten tehtävien ja harjoittelun suhteen?

(Operatiivinen tehtävä on se aika, jolloin ollaan suorittamassa jotain tiettyä pelastus- tai avunantotehtävää, tai partioimassa merellä; pelkkää satamassa tapahtuvaa valmiudessaoloa tai meriharjoittelua ei lasketa.)

operatiivisia tehtäviä 0-1 % merelläolotunneista

operatiivisia tehtäviä 1-5% merelläolotunneista

operatiivisia tehtäviä 5-20% merelläolotunneista

operatiivisia tehtäviä 20-40% merelläolotunneista

operatiivisia tehtäviä 40-60% merelläolotunneista

operatiivisia tehtäviä 60-80% merelläolotunneista

operatiivisia tehtäviä yli 80% merelläolotunneista

en osaa arvioida

8. Mikä on **pääasiallinen** (tunneissa mitattuna) tehtävänne aluksessa?

päällikkö

kansimies

harjoittelija

muu tehtävä

Alustyyppi, jolla useimmiten liikutaan

9. Minkä kokoinen alus on, jolla **useimmiten** liikutte ?

alle 5m

5-7m,

7-10m,

10-15m

15-25m

yli 25m

10. Minkätyyppinen alus on, jolla **useimmiten** liikutte?

avoin (ei hyttiä) RIB-vene

katettu (hytillinen) RIB-vene

avoin (ei hyttiä) lujitemuovi (lasikuitu, muu komposiitti)
avoin (ei hyttiä) alumiinivene
avovene, muu materiaali
katettu (hytillinen) vene lujitemuovi (lasikuitu, muu komposiitti)
katettu (hytillinen) vene alumiini
katettu (hytillinen) vene muu materiaali
muu vene

Vastaa tästä eteenpäin äsken valitsemasi alustyyppin kokemusten mukaisesti.

11. Mikä on aluksen suurin nopeus? (alus jolla useimmiten liikutte)

alle 10 solmua
10-15 solmua
16-20 solmua
21-25 solmua
26-30 solmua
31-35 solmua
36-40 solmua
41-45 solmua
46-50 solmua
yli 51 solmua

Tarvekartoitus nopeampaan alustyyppiin

12. Olisiko teillä mielestäsi operatiivista tarvetta vielä nopeampaan alukseen, esimerkiksi

10-20 solmua nopeampi kuin nykyinen?

(hyötynä esimerkiksi nopeammin kohteessa)

ei missään tapauksessa

mahdollisesti

kyllä, pitäisin sitä hyvänä lisänä

siitä olisi erittäin paljon apua tehtävissämme

se olisi mielestäni aivan välttämätöntä

en osaa vastata

13. Olisiko 50 solmun matkanopeuteen pystyvä alustyyppi organisaationne toiminnalle hyödyksi ?

(hyötynä esimerkiksi nopeammin kohteessa)

ei missään tapauksessa

mahdollisesti

kyllä, pitäisin sitä hyvänä lisänä

siitä olisi erittäin paljon apua tehtävissämme

se olisi mielestäni aivan välttämätöntä

en osaa vastata

Empiiriset kokemukset aaltoimpulseista

14. Oletteko kokeneet (uranne aikana) aallokosta johtuvia epämiellyttäviä, iskeviä ja impulssimaisia (lyhytkestoisia) tuntemuksia, jotka aiheutuvat aluksen runkoon osuvista aalloista, kohtalaisella tai kovalla nopeudella ajaessa?

ei koskaan

harvoin (muutaman kerran)

joskus (3-10 kertaa)

usein (10-30 kertaa)

hyvin usein (yli 30 kertaa)

en osaa vastata

15. Oletteko ajaneet (uranne aikana) kohtalaisella tai kovalla nopeudella aaltoon, maininkiin tai muiden alusten muodostamiin aaltoihin siten, että alus on hetkellisesti hypännyt ilmaan?

ei koskaan

harvoin (muutaman kerran)

joskus (3-10 kertaa)

usein (10-30 kertaa)

hyvin usein (yli 30 kertaa)

en osaa vastata

16. Millainen on (uranne aikana) **pahimmillaan** ollut aallokon ja kohtalaisen tai suuren nopeuden yhteisvaikutuksesta syntyvä iskevä ja impulssimainen epämiellyttävä tuntemus, mikäli sellainen on esiintynyt?

en ole kokenut aaltoiskuista johtuvia iskeviä ja impulssimaisia epämiellyttäviä tuntemuksia

vähän epämiellyttävää tuntemusta aiheuttava

kohtalaisesti epämiellyttävää tuntemusta aiheuttava

paljon epämiellyttävää tuntemusta aiheuttava

sietämätöntä epämiellyttävää tuntemusta aiheuttava

en osaa vastata

Mahdollisten aaltoimpulssien esiintymisolosuhteet

Kysymyksissä joissa kysytään merkitsevää aallonkorkeutta, tarkoitetaan korkeimman kolmanneksen keskimääräistä aallonkorkeutta. Tällöin yksittäinen aalto voi olla jopa kaksinkertainen merkitsevään aallonkorkeuteen verrattuna.

17. Oletko vesillä liikkeessasi kokenut kohtalaisen tai kovan nopeuden ja aallokon aiheuttamia iskeviä ja impulssimaisia epämiellyttäviä tuntemuksia ja jos olet, niin millainen merkitsevä aallonkorkeus ja nopeus tällöin on useimmiten vaikuttanut?

Pystykoordinaatistossa merkitsevä aallonkorkeus 0-6m

Vaakakoordinaatistossa aluksen nopeus 0-40solmua

18. Oletteko kokeneet (uranne aikana) aaltoiskuista aiheutuvia iskeviä ja impulssimaisia epämiellyttäviä tuntemuksia, jotka johtuvat muista syistä kuin tuulesta, esimerkiksi muiden veneiden aiheuttama aallokko ja peräaallot?

ei koskaan

harvoin (muutaman kerran)

joskus (3-10 kertaa)
usein (10-20 kertaa)
hyvin usein (yli 20 kertaa)
en osaa vastata

Mahdolliset aaltoimpulssien vaikutukset

19. Ovatko kohtalaisen tai kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät ja impulssimaiset epämiellyttävät tuntemukset vaikuttaneet siten, että aluksen kulkunopeutta on alennettava? (uranne aikana)
- ei koskaan
harvoin (muutaman kerran)
joskus (3-10 kertaa)
usein (10-20 kertaa)
hyvin usein (yli 20 kertaa)
en osaa vastata
20. Tuleeko merellä liikkumisesta joskus fyysisesti rasittavampaa, johtuen kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamista iskevästä, impulssimaisista ja epämiellyttävistä tuntemuksista? (uranne aikana)
- (esim. väsymys kasvaa aaltoiskuista johtuen)
- ei koskaan
harvoin (muutaman kerran)
joskus (3-10 kertaa)
usein (10-20 kertaa)
hyvin usein (yli 20 kertaa)
en osaa vastata
21. Tuleeko merellä liikkumisesta joskus henkisesti rasittavampaa, johtuen kovan nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamista iskevästä, impulssimaisista ja epämiellyttävistä tuntemuksista? (uranne aikana)
- (keskittymiskyky vähenee, esimerkiksi navigoinnin, ohjailun tai muun toiminnan suhteen)
- ei koskaan

harvoin (muutaman kerran)
 joskus (3-10 kertaa)
 usein (10-20 kertaa)
 hyvin usein (yli 20 kertaa)
 en osaa vastata

22. Haittaavatko kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät, impulssimaiset ja epämiellyttävät voimaimpulssit joskus työskentelyänne aluksen ollessa kulussa? (uranne aikana)

(aluksen ohjailu, navigointi, instrumenttien lukeminen, radiotyöskentely tai muu toiminta)

ei koskaan
 harvoin (muutaman kerran)
 joskus (3-10 kertaa)
 usein (10-20 kertaa)
 hyvin usein (yli 20 kertaa)
 en osaa vastata

23. Alkavatko kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät, impulssimaiset ja epämiellyttävät tuntemukset joskus haittaamaan työskentelyäsi aluksen ollessa kulussa ja jos alkavat, niin millaisissa olosuhteissa tämä useimmiten alkaa esiintymään?

Pystykoordinaatistossa merkitsevä aallonkorkeus 0-6m

Vaakakoordinaatistossa aluksen nopeus 0-40solmua

24. Jos toimitte aluksen päällikkönä / ohjaajana / kulkunopeudesta vastaavana niin pudotatteko aluksen nopeutta joskus sen vuoksi, että oma tai muun miehistön toiminnallinen kyky alkaa laskemaan kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamien iskevien, impulssimaisten ja epämiellyttävien tuntemuksien vuoksi ?

(navigointikyky, instrumenttien lukukyky, paikallaan pysyminen, kipu jne.)

en toimi päällikkönä / ohjaajana / kulkunopeudesta vastaavana
 en alenna nopeutta koskaan
 alennan nopeutta harvoin (muutaman kerran)
 alennan nopeutta joskus (3-10 kertaa)
 alennan nopeutta usein (10-20 kertaa)
 alennan nopeutta hyvin usein (yli 20 kertaa)
 en osaa vastata

25. (Tämä kysymys kysyttiin, mutta jätettiin tuloksista pois koska kaikki vastaajat aluksen päälliköitä, kysymys oli suunniteltu tutkimukseen jossa muitakin vastaajia kuin päälliköitä)

Jos toimitte aluksen muuna jäsenenä kuin päällikkönä / ohjaajana / kulkunopeudesta vastaavana, niin oletteko joskus toivoneet tai ajatelleet nopeuden alentamista sen vuoksi, että oma tai muun miehistön toiminnallinen kyky alkaa laskea kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamien iskevien, impulssimaisten ja epämiellyttävien tunteuksien vuoksi?
 (navigointikyky, instrumenttien lukukyky, paikallaan pysyminen, kipu jne.)

toimin itse päällikkönä / ohjaajana / kulkunopeudesta vastaavana
 en ole toivonut nopeuden alentamista koskaan
 olen toivonut nopeuden alentamista harvoin (muutaman kerran)
 olen toivonut nopeuden alentamista joskus (3-10 kertaa)
 toivon nopeuden alentamista usein (10-20 kertaa)
 toivon nopeuden alentamista hyvin usein (yli 20 kertaa)
 en osaa vastata

26. Oletteko olleet huolissanne terveydestänne, kohdatessanne kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamia iskeviä, impulssimaisia ja epämiellyttäviä tunteuksia? (uranne aikana)

(esimerkiksi selkä, sisäelimet, kehon äkilliset heilahdukset, kipu jne.)
 ei koskaan
 harvoin (muutaman kerran)
 joskus (3-10 kertaa)

usein (10-20 kertaa)
 hyvin usein (yli 20 kertaa)
 en osaa vastata

27. Onko teille aiheutunut fyysisiä vammoja kohdatessanne kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamia iskeviä, impulssimaisia ja epämiellyttäviä tuntemuksia? (uranne aikana)
 (esimerkiksi selkäkipu, mustelma, tärähdyksestä johtuva tunnottomuus, äkillisen heilahduksen aiheuttama vamma jne.)

ei
 kyllä

Kuvaile fyysistä vammaa vapaakentässä tarkemmin

28. Mikäli vastasit edelliseen kysymykseen kyllä, niin kuvaile fyysistä vammaa vapaakentässä tarkemmin.

29. Oletko joskus ollut tehtävässä/harjoituksessa, jonka suorittaminen on häiriintynyt sinun tai jonkun muun miehistönjäsenen saaman aaltoimpulssin, suoraan tai välillisesti aiheuttaman vamman vuoksi?

En

Olen, tehtävä jouduttiin keskeyttämään/henkilö poistettiin alukselta vamman vuoksi

Olen, tehtävän suoritus hidastui ja vauhtia jouduttiin hidastamaan vamman vuoksi

30. Oletko joutunut käymään lääkärissä jonkin vamman vuoksi, jonka olet saanut suoraan tai välillisesti kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksesta syntyvän aaltoimpulssin aiheuttamista liikkeistä?

En koskaan

Kyllä, kyseessä oli äkillinen uusi vamma, joka tuli ajossa

Kyllä, olen saanut luunmurtuman tai haavan meripelastusveneeseen kyydissä

Kyllä, kyseessä oli aikaisempi vanha vamma mikä paheni merellä

31. Kuvaile vapaakentässä vammaa tarkemmin

32. Oletko joutunut sairauslomalle kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksesta aiheutuneen aaltoimpulssivamman johdosta? Kerro vapaakentässä mahdollisen sairausloman pituus.

33. Vapaakenttä sairausloman pituudelle

Aaltoimpulsseilta suojautuminen

34. Onko aluksessa jolla useimmiten liikutte, joitakin teknisiä ominaisuuksia joilla pyritään ehkäisemään kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamia iskeviä, impulssimaisia ja epämiellyttäviä tuntemuksia?

aluksessa ei ole suojaavia teknisiä ominaisuuksia aaltoiskujen aiheuttamiin iskeviin impulsseihin

aluksessa on jousitetut istuimet kuljettajalle tai / kuljettajalle ja navigaattorille

aluksessa on jousitetut istuimet koko miehistölle, mutta ei matkustajille

aluksessa on jousitetut istuimet miehistölle ja matkustajille

aluksessa on muita kuin edellä mainittuja teknisiä suojaavia ominaisuuksia, kerro vapaakentässä tarkemmin

en osaa vastata

35. Vapaakenttä

36. Ovatko veneessänne käytetyt istuimet mielestänne laadukkaita ja tarkoitukseensa soveltuvia?

(Kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksesta syntyvien aaltoimpulssien kannalta)

Kyllä (veneessäni on joustoistuimet)

Kyllä (veneessäni ei ole joustoistuinta)

Ei (veneessäni on joustoistuin)

Ei (veneessäni ei ole joustoistuinta)

37. Oletko kokenut istuimen ”pohjaavan” eli sen joustovaran loppuvan joskus merenkäynnissä?

ei koskaan

harvoin (muutaman kerran)

joskus (3-10 kertaa)

usein (10-20 kertaa)

hyvin usein (yli 20 kertaa)

lähes aina kovassa merenkäynnissä ja nopeudessa

en osaa vastata

38. Teettekö joitakin harjoitteita aaltoiskuja vastaan, esimerkiksi vatsalihasten jännittäminen, asennon muuttaminen tjms. Kuvaile vapaakentässä tarkemmin.

en tee mitään harjoitteita aaltoiskuja vastaan

teen harjoitteita aaltoiskuja vastaan

(esimerkiksi jännitän vatsalihaksia tai muutan asentoa jotta voin vastaanottaa aallokon iskut paremmin)

en osaa vastata

39. Vapaakenttä tarkempaa kuvausta varten

40. *Kysymyksessä oletetaan, että koko matkan keskinopeutta ei tuntuvasti lasketa, mutta tilanteen mukaan kaasua voidaan käyttää.*

Vaikuttaako mielestäsi alusta kuljettava henkilö (esimerkiksi aluksen ohjailulla, trimmikulman säädöllä, hetkittäisillä ohjauskurssin vaihteluilla ja kaasun tilanteen mukaisella annostelulla) siihen, miten voimakkailta kovan tai kohtalaisen nopeuden ja aallokon yhteisvaikutuksen aiheuttamat iskevät ja epämiellyttävät aaltoimpulsit tuntuvat?

(esimerkiksi jos aluksen aaltoimpulsit ovat ilman mitään toimenpiteitä tasolla 100 ja valitaan kohta; vaikuttaa hyvin paljon (yli 71 %), niin tällöin vastauksessa tarkoitetaan

että aaltoimpulssit vaimenevat pahimmasta tasostaan kuljettajan toimenpiteistä johtuen alle tasoon 29.)

ei vaikuta lainkaan (0 %)

vaikuttaa vähän (1-15 %)

vaikuttaa kohtalaisesti (16–40 %)

vaikuttaa melko paljon (41-70 %)

vaikuttaa hyvin paljon (yli 71 %)

en osaa vastata

41. Pidätkö itseäsi taitavana nopean veneen kuljettajana?

Kyllä

Ei

Fyysinen kunto

42. Mikä on fyysinen kuntonne, arvioikaa Cooperin 12 minuutin juoksutestin tulosta?

alle 1500m

1500-2100 m

2100-2400m

2400-2700m

2700-3000m

yli 3000m

en osaa vastata

43. Harrastatko aerobista liikuntaa?

(kuntoa ja hapenottokykyä parantavaa)

Kyllä, noin 30 minuuttia viikossa

Kyllä noin 60 minuuttia viikossa

Kyllä enemmän kuin 60 minuuttia viikossa

En

44. Harrastatko kuntosaliharjoittelua säännöllisesti, keskimäärin vähintään kerran viikossa?

Kyllä, noin 30 minuuttia viikossa

Kyllä noin 60 minuuttia viikossa

Kyllä enemmän kuin 60 minuuttia viikossa

En

Kokemus merenkulusta / huviveneily

45. Liikutteko merellä myös muuten vapaa ajallanne, esimerkiksi omalla tai ystävänne veneellä?

ei koskaan

harvoin, (pari kertaa kaudessa)

joskus, (2-10 kertaa kaudessa)

usein, (10-50 kertaa kaudessa)

hyvin usein, (yli 50 kertaa kaudessa)

Vapaa sana ja palaute kyselystä

46. Jos sinulla on mielipide miten aluksien aallokkokäyttämistä voitaisiin parantaa ja aaltoiskuista aiheutuvia impulsseja vähentää, voit kertoa vapaakentässä mielipiteesi.

47. Vapaa sana liittyen kyselytutkimukseen. Olivatko kysymykset selkeitä, oliko aihe relevantti jne.

12.2 Vastaajien vapaakenttäkuvauksia

12.2.1 Vastaajien kuvauksia suojaavista teknisistä ominaisuuksista

- Aluksessa on jousitettut istuimet neljälle ja hytti on kumitassujen varassa.
- Toimeni jossa vaurioitin polveni sattui 5 metrin rib-veneellä. Nykyää toimintavälineet ovat kehittyneet ja suurempia sekä toimintaan paremmin soveltuvia.
- Jousitettuja istuimia on toivottu tai satuloiden uudelleenrakennusta harkittu esim. xxx -veneiden mukaiseksi.
- Keskeinen suojaava vaikutus syntyy rungon jyrkästä pohjakulmasta, pituuden ja leveyden suhteesta (>6) sekä veneen massan ja oman painoni suhteesta (>200).
- Runko on muodoltaan kapea ja syvä v-pohja. Aluksessa seisotaan ajon aikana.
- Aluksessa on jossakin määrin pehmustetut satulaistuimet ja niiden selkänojat.
- Ohjaamon joustava kiinnitys runkoon
- yhdistyksessä(XXX) jossa toimin on kaksi nopeaksi luokiteltavaa pelastusalusta joista pienemmässä hyvinkin epätarkoituksenmukaiset istuimet ja isommassa hytillisessä kyllä joustopenkit mutta ominaisuudet alkavat loppumaan kelin myötä nopeasti. Omassa vuokraveneessä, rib/+50kn, käyttöttestissä tämän syksyä innovatiivisella omalla ajatuksella tehty proto joustopenkistä, toimii!
- Rib veneen ponttooni on suojaava ominaisuus.
- Aluksen suuri paino
- Lisäksi turvavyöt kuljettajalle ja navigaattorille. Kattokahvat seisten matkustaville.
- lisäksi aluksessa on hytti kumityynyjen varassa

12.2.2 Vastaajien kuvauksia aaltoiskuja vastaan tehdyistä harjoitteista

- Jaloilla keventäminen, satulapenkki.
- Ajaminen seisaaltaan polvia joustamalla käyttäen jalkoja "iskunvaimentimina"
- Fyysinen kunto pitää olla kohdallaan.
- Jousitettulla penkillä istuessa jaloilla jouston myös ja kelin kovetessa säädän selkänoja pystympään asentoon
- nousen jalkojen varaas seisomaan ja myötäillen siten, polvia joustamalla aallokkoa.
- Pidän kiinni, muutan asentoa, jännitän vartaloa, luen merenkäyntiä, aina katse myös mereen jotta aallot eivät tule yllätyksenä, jouston jaloillani / vartalollani
- jalkoja jännittämällä ottaa iskut pehmeammin vastaan. Tulea kattokahvoista, kyynärnoista
- Asentomuutokset, kropsan jännittäminen, eläminen aallon mukaan, joustaisin polvista enemmän, mikäli satulatuolit antaisivat myöten. Leveinä ja korkeina tekee mahdolliseksi 173cm pitkälle henkilölle.
- Liikun kauden kuluessa useilla erilaisilla aluksilla. Monipuolinen liikunta, ruumiillinen työ. Pyrin ennakoimaan iskut ja minimoimaan vaikutukset. Hyvä fyysinen kunto.
- Seisomasentoa käytän avoveneessä usein. Niin että hieman kyykkyasento antaa

jalkojen ottaa pystysuuntaiset iskut joustoina vastaan. Toimii hyvin mutta on raskasta pidemmällä aikavälillä.

- *Myötäillen alusta joustamalla jaloilla. Varon oikaisemasta polvia. Jännitän keskivartalon lihaksia huonossa kelissä.*
- *nousen jalkojen varaan irti penkistä*
- *Lisäksi käsillä tukea kattokahvoista*
- *Yleensä asennon korjaaminen ja tarvittaessa myötäävä liike*
- *nousen jalkojen varaan*
- *Kevitän jaloilla hieman ja otan iskut polvia joustamalla vastaan.*
- *Vatsa, selkä ja jalkalihasten käyttö. Myös muu vartalo on jännittyneenä esim. Navigointilaitteiden tai ohjailun mahdollistamiseksi*
- *Vatsalihaskjännite tai seisaaltaan ajo polvista joustaen*
- *Jalkalihasten harjoitus ja käyttö on tärkeää (köyhän miehen joustoistuin)*
- *Puoliseisova asento.*
- *Varaudun iskuihin istuessani ottamalla kuormaa jaloille. Seistessä notkistan polvia ja pidän kiinni jostain.*
- *Jännitän vatsalihaksia ja/tai otan osan painosta jaloille*
- *Ajoasento on seisten, tällöin istkut otetaan vastaan jaloilla ja käsillä joustaen ja myötäillen.*
- *Muutan asennon istuma-asennosta puolittaiseen seisomiseen hieman koukistetuin polvin, joka siirtää painoa ja joustoja jaloille.*
- *Asennon muutos, lihasten jännittämistä*
- *Siirrän painoa tuolista jaloille*
- *Jaloille on lautanen joka on kiinteä eikä liiku muun penkin mukana. Siinä saa aalokossa jännitettyä jalkoja.*
- *Joskus iskuja otetaan vastaan jaloilla joustoistuimen lisäksi. Erinäisiä lihaksia ihminen jännittää varmaankin vaistomaisesti, eikä siihen osaa ottaa kantaa tarkemmin.*

12.2.3 Vastaajien mielipiteitä aluksien aallokkokäyttäytymisen parantamiseksi

- *Rungon suunnitteluun kiinnitettävä huomiota. Hyväksi todettuja runkoja tulisi käyttää, eikä aina koittaa suunnitella uutta ja toimimatonta prototyyppiä. Tästä erittäin hyviä esimerkkejä meripelastusseuralla.*
- *Istuimiin tulee myös kiinnittää huomiota*
- *Syvä V-pohja, paljon massaa, aktiivinen kaasunkäyttö ja aluksen ohjaaminen.*
- *Veneen hydrodynaamisilla ominaisuuksilla suuri vaikutus, jyrkkä V-pohja ja kapea vene toimii mielestäni parhaiten. Myös trimmattavuus esim. perämoottoriveneessä vaikuttaa. Veneen massa helpottaa tilannetta. Esim SMPS uudet PV2-luokan aluksen noin 3 tonnin omamassa vaimentaa veneeseen kohdistuvia äkillisiä iskuja.*
- *Kysyä neuvoa maamme johtavilta venesuunnittelijoilta. Ostaa hyväksi koettuja venemalleja mm. xxx. Katsokaa keulan muotoa!!! Ei enää kummallisia pioneeriprojekteja ja hei kokeillaas tätä-juttuja. Meri ja järvi ei muutu. Hyvä keulat on jo keksitty. Ei tarvitse keksiä pyörää uudelleen vaikka rahaa on, vaan kuunnella ja tehdä yhteistyötä joka kantaa.*
- *Jousitetut istuimet avoimessa RIB:ssä olisi hyvät. Samoin selkätukea olisi hyvä*

löytyä jonkin verran (nykyään ei ole matkustajilla ollenkaan). asia auttaisi esim navigoinnissa kun pitää pysyä mahdollisimman paikoillaan.

- *Runkorakenne sekä laadukkaat jousitetut istuimet*
- *Hyvälaatuiset joustoistuimet (työkoneissa käytetyt ovat hyviä), ehdottomasti turvavyöt jotka pitävät henkilön penkissä siten että hänen ei tarvitse keskittyä itse siihen (ts. vähintään nelipistevyöt), koko ohjaamoympäristö rakennettu siten että riittävän lujia tartuntakahvoja (oletus että miehistön jäsen painaa 95kg ja siihen varusteet päälle) on riittävästi ja teräviä kulmia ei yhtään*
- *Rungon muotoilu, rungon rakenne, ohjaamosuunnittelu, vauti, miehistön koulutus ja toiminta aallokossa*
- *Pohjan muoto, aluksen painosuhte*
- *Ainoat ehkä luoviminen, nopeuden laskeminen.*
- *Penkkien ja turvavöiden pitäisi olla erittäin laadukkaita. Työkonepenkit ovat hyviä partiokäytössä, mutta ominaisuudet loppuvat kovassa kelissä.*
- *Aluksen runkorakenne tulisi olla koeteltu ja ehdottoman merikelpoinen. SMPS alusten suunnittelussa menty takapakkia xxx-veneiden käyttöönoton toteutuessa. Heikot ajo-ominaisuudet, keulan vaarallinen leikkaustaipumus, onnettomat satulatuolit, irti tärisevät tai laukeavat rakenteet, voimalinjan hidas reagointi aallokoajossa, herkkä kavitaatiovaikutus. Kyseessä siis xxx valmistama PV2-veneluokka.*
- *Ajokoulutusta enemmän ja ajoa aallokossa. Joustopenkit ovat hyvä apuväline mutta ei poista ongelmaa kokonaan. Aluksen rungon pituuden lisäys, paino ja teho antavat sietokykyä tiettyyn rajaan saakka, mutta se on kallista ja hyötysuhde on huono. Lisäksi kun laskee kuinka pieni osa kaikesta ajosta on todella huonoa keliä.*
- *Hitaammat veneet.*
- *Nopeat alukset tulisi suunnitella niin että niiden itsensä aallonmuodostus olisi mahdollisimman pientä. Tämä tulee ottaa huomioon varsinkin saaristomerellä liikuttaessa.*
- *Hankkimalla laadukkaita istuimia sekä parantaa hytillisissä veneissä rungon ja hytin välistä joustoa. Hytin sijainnilla myös iso vaikutus (hytti edessä/takana).*
- *Ennen kaikkea parantamalla ajokulttuuria. Kova keli ei tunnu vaikuttavan monenkaan kolleegan ajotottumuksiin, ja nopeutta ei pudoteta vaikka perstuntuma kertoo tarpeesta varsin selvästi. Itse vähennän vauhtia hyvin nopeasti, jos tunnen siihen tarvetta.*
- *hyvät joustetut penkit aluksiin*
- *Rungon pituuden ja leveyden suhde >6, rungon pituus yli 16 metriä Suomenlahden oloissa, aluksen massan ja henkilön oman painon suhde >200, rungon pohjaprofiili mahdollisimman jyrkkä erityisesti keulan puolella.*
- *Jyrkkä V-pohja ja hyvät iskunvaimennetut penkit.*
- *Aluksen pituudella on suuri merkitys aallokossa ajamiseen, koska aluksen on oltava pituussuunnassa riittävän vakaa ja aluksen pituuden on sovittava käyttöalueen aallonkorkeuteen ja aallonpituuteen. Nopeuden kasvaessa syvä v-pohja toimii paremmin aallokossa.*
- *Istuimien parantaminen ellei itse aluksen runkoon aleta muutoksia tekemään.*
- *Liukuvan veneen pohjakulman jyrkktts. Ajotapa.*
- *Aluksiin syvempi v-pohja, suurempi runkopituus ja riittävästi konetehoa. Ohjaamon sijoittaminen mahdollisimman taakse. Jousitettu hyttirakenne ja laadukkaimmat mahdolliset jousitetut istuimet.*
- *Aluksen aallokkokäyttämistä voi parantaa pohjan muodolla (oikea V-*

kulma), painopisteellä ja riittävän tehokkaalla vetolaitteella.

Aaltoiskuihin paras keino on oikeanlaisten säädettävien joustoistuimien käyttö, huomioiden erimittaiset/-painoiset kuljettajat. Toki riittävästi mahdollisuuksia ottaa vastaan tai pitää kiinni.

- *aluksen rungon muotoilu vaikuttaa eniten*
- *joustoistuimet jne. helpottavat fyysistä oloa mutta eivät tee navigoinnista tai muiden tehtävien suorittamisesta yhtään helpompia*
- *Partio/pelastusalusten aallokkokäyttäytymistä voi varmasti huomioida helpommin jo tekovaiheessa kuin isompien rahti/matkustaja-alusten.*
- *syvä V-muoto etenkin keulaosassa*
- *kulkusuunta aallokkoon nähden*
- *olennainen on nopeuden sovittaminen olosuhteisiin*
- *joissakin olosuhteissa vesisuihkupropulsio "ottaa ilmaa" ja pakottaa hiljentämään nopeutta*
- *Olisi hyvinkin paljon mielipiteitä ja laaja-alaisesti sekä haluaisin kontaktoitua asiassa niin omasta kuin xxx meripelastusyhdistyksen puolesta jos katsotte että olisi jotain annettavaa ko tutkimukseen muutenkin kuin tämän kyselyn kautta!?*
- *Joustavat istuimet, veneen muotoilu siten, että tapaturman vaara olisi mahdollisimman pieni aaltoon törmäystilanteessa.*
- *Kovat ja terävät kulmat pois sisätiloista.*
- *Aluksen rakenne tulisi suunnitella siten, että aallokosta aiheutuvia iskuja tulisi mahdollisimman vähän, ja että aluksen runko mahdollistaisi operoinnin turvallisesti aluksen suunnitellulla toiminta-alueella. Nykyinen xxx luokka ei mielestäni ole ensinkään helposti käsiteltävä/turvallinen vene kovassa aallokossa. Myös koulutuksessa tulisi painottaa sitä tosiasiaa, että vaikka aluksen koneiston ja ohjaamon kumityyny ovat suunniteltu kovaan räsitykseen ja kestävä jopa aluksen kaatumisen, on silti voimakkaat pohjaiskut erittäin vaarallisia ja haitallisia alukselle.*
- *Ruori ja kaasukahva helposti käytettävissä. Joustopenkit. Aluksen muoto.*
- *Aaltoimpulsseja voidaan vähentää eniten ajonopeutta ja aallon kohtaamiskulmaa muuttamalla. Ns. satulaistuimissa pitäisi olla jousitus. (Olisi aika helppo järjestää saranoimalla istuin etupäästä ja laittamalla kumi/ilmajousi takapäähän. Uskon, että n. 5 cm progressiivinen jousto helpottaisi jalkoihin ja selkään kohdistuvaa räsitystä)*
- *Istuimet voisivat olla jousitetut.*
- *Lisää v-pohjaa. Entisessä työkalussani asteet oli 26, keulassa enemmän ja iskuja ei tullut enää yhtään. Yleisesti voi sanoa, että jos tarvitaan jousipenkkejä, niin vauhtia on liikaa. Jousipenkkien rekyyli on monesti se pahin liike, kun jalat nousee irti lattiasta. Olen ammatiltani luotsiveneenkuljettaja Utössä ja kokemus on osoittanut, että selkeät yksinkertaiset ratkaisut ovat parhaita.*
- *Laadukkaat joustoistuimet. Hyväksi havaittujen runkojen suosiminen aluksissa. Oikea keskinopeus ja hetkellisen nopeuden säätäminen "aallokkoa lukemalla".*
- *Joustavat istuimet, Runkomuoto/rungon hydrodynamiikka aallokossa*
- *Runkojen suunnittelu, hyvät istuimet ja hallinta laitteiden sijoittelu*
- *Rungon suunnittelu (Vrt xxx pv2 / xxx / xxx)*
- *Joustoistuimet.*
- *Istuimien uudelleen suunnittelu.*
- *Ohjailu, jos reitti antaa myöden. Onko pakko ajaa täysin vastaista vai voiko ottaa vastaan aaltoja esim. vähän etuviistosta.*
- *Joustavat penkit*

12.2.4 Vastaajien mielipiteitä kyselytutkimuksesta

- *Mielenkiintoista!*
- *Kysely oli hyvä*
- *Hyvä kysely. Harmitti vain kun aikaikkuna oli puutteellinen. Aiemmat kolhut ja vammat ovat tulleet vuosikymmeniä sitten. Ei juuri tämänpäivän työkaluista.*
- *Otattehan huomioon myös aallokon muodon. Nykyiset veneet on tehty suolaiseen veteen. Perämerellä aallon impedanssi on huomattavasti lyhyempi ja terävämpi. Meno on usein hakkaavaa ja rasittaa miehistöä aika kovasti aihe oli erittäin hyvä näin harrastustamme kohtaan*
- *Aiheellinen kysely*
- *Kysymykset olivat hankalat, jos halusi vastata vain yhden alustyyppin osalta. Liikun useammalla aluksella ja kysymykset ovat selkeästi vene/tyyppikohtaisia.*
- *Jotkin kysymykset piti lukea hitaasti uudelleen, koska ovat niin pitkiä ja monisanaisia (yritetty tavoitella täydellisyyttä), joka tekee kysymyksen vaikeaselkoiseksi ja saattaa hämärtää itse kysymyksen pointtia.*
- *Kyllä/ei vastaukset on vähän pahoja kun asia on harvoin mustavalkista.*
- *kysymykset selkeitä ja kehitettävä asia uusien alusten kohdalla.*
- *Kysymykset muuten ok. paitsi, SMPS toimii aika laajalti myös makeassakin vedessä - kuten minäkin.*
- *Melko selvä peli.*
- *Aihe ehdottoman tärkeä, odotan konkreettisia tuloksia SMPS:n suuntaan.*
- *Kysymykset olivat selkeitä ja mielenkiinnolla odotan tutkimuksen tuloksia.*
- *Kyllä, mutta suuri osa esim. Itselläni perustuu omalla kalustolla ajoihin ja kokemukseen.*
- *Sisävesillä PV3 luokan alus ollut käytössä, joten aaltoiskut erittäin pieniä. Lähinnä vaikeuttaa navigointielektroniikan käyttöä, mutta ei ole fyysisesti haitaksi miehistölle.*
- *Ehkä kyselyn lopputuleman kannalta olisi kannattanut laittaa vaikka rastiruutuun valinta onko vastaajan antamat tiedot sisävesiä vai merialueita koskevia.*
- *Merellä kokemusta vain kahdesta kovemman kelin keikasta jolloin aaltoiskut kyllä olivat rasittavia ja hankaloittivat toimintaa merkittävästi.*
- *Täällä sisävesillä on erittäin harvoin sääoloja, jossa pääsee/joutuu kokeilemaan kaluston/miehistön rajoja. Käytännössä veneet on mitoitettu meriolosuhteisiin, joten todennäköisempää on miehistön rajojen tulevan vastaan ensin.*
- *Sinällään kysely muistutti vaaroista ja riskeistä, jotka tulevat vastaan, kun tehtävän kesto pitenee ja sääolot huononevat. Luonnonvoimia ei pidä halveksua.*
- *Valitettavasti pahimmat vaaratilanteet (tutkimuksen aihepiirissäkin) aiheutuvat yhä useammin kanssaveneläjöiden toimista.*
- *Kysely oli mielestäni toteutettu hyvin.*
- *Aihe on erittäin relevantti. Vähän tuotti vaikeuksia rajata vastauksia yhden alustyyppin mukaisiksi, koska itsellä on aiheesta kokemusta eri paino- ja nopeusluokissa. Enimmät kertarasitukset olen kokenut 20-30 solmun nopeuksissa aluksen törmätessä aaltojen väliin sekä mieleenpainuvin 50-60 solmun nopeudessa aluksen pudotessa korkean hypyn jälkeen kivikovaan veteen*

pintaan. Pahin vamma on tullut 40 tonnin veneellä 40 solmun nopeudessa, koska sisätilajärjestelyt aiheuttivat tajunnan menetyksen. Pitkäaikaisrasituksia on tullut ajaessani 7 metrisellä RIB/MOB-veneellä tuntikausia aallonharjalta seuraavalle hyppimällä.

- *Kyllä.*
- *Asiallinen kysely.*
- *Aihe oli hyvä ja mielenkiintoinen.*
- *Aivan turhia samantyyppisiä, samaa ominaisuutta koskevia kysymyksiä. Asia selviäisi puolta lyhyemmällä kysymyssarjalla yhtä tarkasti!*
- *Erittäin relevantti ja ajankohtainen. Nykyisen uudisaluksemme aallokonsietokyky on olematon, matkanopeudessa ei aallokossa pysty esim. Navigoimaan. Aluksen toiminta-alue on Saaristomeri.*
- *Aihe on erittäin tärkeä, työturvallisuuteen tulee kiinnittää huomiota*
- *Itseasiassa jo suunnitteluvaiheessa tehty työ ei maksa kokonaisinvestoinnissa kuin murto-osan. Jälkeenpäin tehtävät muutokset ovat aina kalliimpia (muutoksia tulee enemmän koko alukseen).*
- *Kysymykset selkeitä ja vaihtoehtoja oli riittävästi niin että löytyi itselle sopivin vastaus.*
- *Sivistyneessä kielenkäytössä (vaikka ei olekaan enää virhe!) pitäisi käyttää muotoa 'alkaa tehdä' eikä 'alkaa tekemään', jota muotoa käytettiin muutamissa kysymyksissä.*
- *Liikun niin erilaisella kalustolla, (laidasta laitaan esim. koko ja nopeus)että vastaukset kyselyyn saattaa kohdaltani olla hieman vaikeita tulkita.*
- *kokemukset varmaan sekä alueellisia (esim. meri/järvi tai suojainen/avoin), että subjektiivisia*
- *joissakin tapauksissa vastaus riippuu veneen varustelusta, esim. kosketusnäyttö on käyttökelvoton jo melko pienessä aallokossa*
- *Hyvinkin relevantti ja meillä meneillään penkkiprojekti Kotkassa niin yhdistyksessä kuin minulla itsellenikin nopeassa rib-veneessä. Itse asiassa olen oman kehitysprojektini puitteissa ollut yhteydessä elykeskuksen xxx joka oli vähän sitä mieltä että olisi hyvä kytkeä juuri teidät asiassa mukaan.Meillä sovittu tapaaminen xxx xxx,ja minuun voi olla suoraankin yhteydessä,parh.terv. xxx*
- *Tärkeä asia, tiedän tapaturmia tapahtuneen esim polviin RIP veneessä. Vastauksissa tapahtumien määrä pitäisi paremmin pystyä suhteuttamaan suoritusten määrään.*
- *Liikun myös työkseni vesillä vastaavankokoisilla/tehoisilla alumiinisilla työaluksilla, ja mielestäni aallokon aiheuttamia haittoja on tutkittu aivan liian vähän, joten tämä kysely oli ainakin itselle erittäin mielenkiintoinen. Jään mielenkiinnolla odottamaan tuloksia!*
- *selkeitä, liikun myös työssäni nopeilla avoveneillä 2päivää viikossa*
- *Kysymyksissä olisi ehkä paremmin voitu erotella eri toiminta-alueita, koska aallonpituus ja aaltojen luonne on hyvin erilaista merellä ja sisävesillä. Esim. Päijänteen aalto ei voi kasvaa yli 2m korkeaksi, koska sen pituus on liian lyhyt. Merellä vastaavat olosuhteen tulevat n. 3-4m merkittäväällä aallonkorkeudella. Tällä hetkellä eniten operoimallani aluksella ei tarvitse paikallisissa oloissa säännöstellä nopeutta, mutta esim. toisella aluksellamme tarvitsee. Siinä mielessä tämä 'vastaa eniten operoimasi aluksen kannalta' -tyyli ei oikein toiminut.*
- *Kysymysten asettelussa vaivasi se, että jos on ollut vuosia nopeiden alusten*

kanssa merellä ja vain harvoin sattuu mitään ikäviä voimailpulsseista johtuvia tuntemuksia, niin kyselyssä kysyttiin tapahtumien määrää koko uran aikana. Tällöin joutui vastaamaan usein vaikka vaihtoehdon tapausten kappalemäärähaarukka on pieni suhteessa uran pituuteen.

- *Selkeitä, mutta hankalahkoja vastata. Erittäin hyvä ja ajankohtainen aihe kun uusien alustemme nopeudet nousevat noin 10 kn.*
- *Kyllä, kyllä*
- *Melko selkeitä. Tietysti aallokko ja olosuhteet erilaisia merellä vs sisävesi.*
- *Yhdistyksessämme 2 liukuvarunkoista alusta, joista hitaammalla olen liikkunut enemmän. Tästä johtuen jotkin kysymykset olisi vpitänyt voida siirtää siihen alukseen jolla tällä kaudella on enemmän ollut aallokossa.*
- *ok*
- *Todella hyvä kysely. :)*
- *Kysymykset liian pitkiä.*
- *Alukset nopeutuvat, varmaan on paikallaan tutkia miten asiat vesillä koetaan.*

12.3 Layout piirustus kehitetystä ratkaisusta

