

Þróun á hugbúnaði sem lágmarkar tíðni á meiðslum sjómanna orsakað af Whole-Body Vibration

Reikningar og líkanagerð út frá ISO 2631-1 og ISO 2631-5

Alexander Vidal Leonard

Jónas Þór Gunnarsson



**HEFRING
MARINE**

Nýsköpunarsjóður Námsmanna

Hefring Marine ehf.

15.september 2023

Efnisyfirlit

Útdráttur.....	4
1. Inngangur.....	5
2. Tilgangur og markmið.....	5
3. Aðferðarfræði.....	6
3.1 Kannanir og viðtöl.....	6
3.2 Mælingar	6
3.3 Gagnaúrvinnsla	8
3.4 ISO 2631-1:1997	10
3.4.1 Yfirfærsluföll og vegin hröðun.....	10
3.4.2 A(8) og VDV	12
3.5 ISO 2631-5:2018	14
3.5.1 Hryggsvörun	14
3.5.2 Áhættu útreikningar (R og Π)	15
3.5.3 Árlegur þrýstiskammtur (S_i)	17
3.5.4 Brotþolsstyrkur (S_u)	18
3.5.5 Þrýstingur frá þyngdarkrafti (S_{stat})	18
4. Niðurstöður og úrvinnsla.....	19
4.1 Niðurstöður könnunar og viðtala	19
4.2 Niðurstöður siglingarferða	24
4.2.1 Þruma IV	25
4.2.2 Þruma II	26
4.2.3 Viking Norsafe 1	28
4.2.4 RNLI.....	29
4.2.5 Pacific Pathfinder	30
4.2.6 Pacific Guardian	31
5. Umræður	32
6. Lokaorð.....	33
Viðauki	37
Viðauki 1 – Svör við könnuninni	37
Viðauki 2 – Svör við viðtalsspurningum	44

Útdráttur

Þó nokkrar greinar fjalla um neikvæð áhrif Whole-Body Vibrations (WBV) á heilsu vinnumanna á landi en lítið er vitað um áhrif WBV á sjómenn. Markmið skýrslunar er að greina hvort hreyfing báta og skipa, þ.e. titringur og högg, hafi neikvæð áhrif á heilsu sjómanna. Til þess að greina vandamálið var útbúin könnun sem var sent til helstu sjómannafélög Íslands og einnig tekið viðtöl. Auk þess var búin til frumgerð af hugbúnaði sem minnkar líkur á meiðslum hjá sjómönnum með því að taka hröðunarmælingar frá báti eða skipi og reikna út frá stöðlunum ISO 2631-1 og ISO 2631-5, frá Alþjóðlega Staðlastofuninni (ISO), hvort ferðin sé örugg.

Um 65% af þeim sem svöruðu könnuninni sögðust hafa fengið einhverskonar meiðsli eða áverka og voru þessir áverkir þá aðallega í mjóbaki, fótum eða hnjám. Út frá uppsöfnuðum gögnum úr ýmsum skipaferðum, benti hugbúnaðurinn til þess að flestar ferðir voru ekki öruggar.

WBV reynist vera sérstaklega meira vandamál á minni og hraðskreiðari skip. Með því að innlima þennan hugbúnað í skip er hægt að stuðla að öruggara vinnumhverfi fyrir sjómenn.

Lyklorð: Whole-Body Vibrations, skip, sjómenn, verkir í mjóbaki, stoðkerfissjúkdómur

1. Inngangur

Til að tryggja öryggi í starfsumhverfi fyrir starfsmenn, þurfa vinnuveitendur að framfylgja reglugerðum og stöðlum. Engu að síður gildir það einnig úti á sjó en þar eru hættur ekki alltaf eins augljósar. Whole-body vibrations (WBV) er fyrirbæri sem er orsakað af titringum og höggum sem berast frá vélum, verkfærum, ökutækjum o.þ.h. að líkama vinnumanns. WBV er þekkt vandamál hjá fólki sem starfar í iðnaði og vitað er að titringar og högg geta haft neikvæð áhrif á heilsufar fólks, þá aðallega á stoðkerfið. Viðfangsefni skýrslunnar er að rannsaka hvort og þá hvernig hreyfing báta og skipa, þ.e. titringur og högg, geti haft neikvæð áhrif á heilsu sjómanna. Verkefnið miðar að því í samræmi við tilskipum Evrópuþings 2004/44/EC ("*The Vibration Directive*") og var sett af stað af vegum Hefring Marine ehf. og styrkt af Nýsköpunarsjóði Námsmanna, þar sem markmið þess er að öðlast skilning á skaðaáhrifum starfsumhverfisins sem umræddur hópur starfa í og hvort WBV sé áhyggjuefni. Þættir eins og t.d. líkamleg heilsa, starfsferill, vinnuhættir sjómanna o.fl. eru rannsakaðir samhliða titringsmælingum til að fá innsæi í vandamálið. Ef WBV reynist vera orsakavaldur af meiðslum og hnignandi heilsufari, er markmiðið að útfæra lausn á formi hugbúnaðar til þess að lágmarka skaðaáhrifin til að stuðla að velferð sjómanna á hraðskreiðum bátum og minni skipum.

2. Tilgangur og markmið

Whole-body vibrations hefur verið rannsakað í mörgum tilraunum og skýrslum á ökutækjum á landi en minna hefur verið rannsakað í aðstæðum á sjó. Hluti af verkefninu var að taka viðtöl og búa til spurningalista sem voru lagðar fyrir einstaklinga sem hafa gengt störfum í landhelgisgæslu, björgunarsveitum, lögreglustörfum, veiðum o.fl. Skv. þeim viðtölum og svörum við spurningum var ljóst að margir glíma við ýmissa stoðkerfisvandamál og sjúkdóma. Nánar er fjallað um viðtölin og spurningalistann seinna í skýrslunni. Vinnuaðstæður á sjó eru erfiðar og augljóst er að margir þættir gætu leitt til stoðkerfiskvilla. Því er aðal markmið verkefnisins er að finna út úr því hvort WBV sé eitt af þessum skaðapáttum og ef svo er, hvernig er hægt að lágmarka það og hvaða aðferð er fýsilegust til að fylgjast með og skammta WBV. Ef niðurstöður sýna að magn WBV er óhóflega mikið í dæmigerðum siglingum, skv. ISO stöðlum sem eru nú þegar til og vinnuveitendum ber að fara eftir, þá er markmiðið að þróa hugbúnað sem fylgist með WBV í rauntíma og mætti álíta hugbúnaðinn sem nýsköpunargildi verkefnisins. Með þeim hugbúnaði væri hægt að fylgjast með ferðum sjómanna og segja til hversu lengi eða hratt þeir geta silgt í aðstæðum hverju sinni án þess að ferðirnar séu skaðlegar fyrir þá. Óhætt er að segja að útkoma verkefnisins er mjög mikilvæg fyrir gríðarlegan fjölda

fólks um allan heim, þar sem mögulega væri hægt að koma í veg fyrir mikinn fjölda af meiðslum, læknisfræðilegum inngrípum, líkamlegum vannlíðan og jafnvel eyðslu á fjármagni.

3. Aðferðarfræði

3.1 Kannanir og viðtöl

Til þess að athuga heilsufar hjá íslenskum sjómönnum var útbúinn spurningalisti og gerð könnun. Haft var samband við fjögur sjómanna félög á Íslandi til þess að ná til meðlima þeirra og óska eftir svörum við spurningum könnunarinnar. Félögin voru: Sjómannasamband Íslands (SSÍ), Sjómannafélag Íslands, Félag vélstjóra og málmæknimanna (VM) og Félag skipstjórnamanna. Ákveðið var að ná til sem flestra sjómanna, sama í hvaða verkastöðum þeir gengdu eða stærð báta og skipa þeir silgdu. Þættir sem spurðir voru út í voru m.a. lengd starfsferils, stærð og gerð skipa/báta, verkastaða, algengasta líkamsstaða, líffræðilegir eiginleikar eins og þyngd, hæð o.s.frv., heilsufar, meiðsli og verkir. Í [viðauka 1](#) er hægt að nálgast spurningarnar og svörin við þeim.

Könnunin á heilsufari íslenskra sjómanna gaf dýrmæta innsýn í vandamálið en þar að auki var ákveðið að taka viðtöl við fyrrverandi bandaríska hermenn frá bandarísku landhelgisgæslunni (US Coast Guard). Í þeim viðtölum var spurt út í sömu þætti og í könnunninni en mun fleiri og nánari spurningar voru settar fram um heilsufar þeirra, bæði í starfi og eftir starfslok. Í [viðauka 2](#) er hægt að sjá lista yfir spurningarnar og svörin við þeim. Nöfn þeirra spurðra eru ekki uppgefin vegna augljósrar ástæðna þannig að þeim eru gefin nöfnin *Veteran 1*, *Veteran 2* o.s.frv. Viðtölin við þessa reynslubolta máluðu mynd af raunveruleikanum og heilsufar þeirra vægast sagt mjög slæmt eftir starfsferilinn og gáfu frásagnir þeirra auga leið að titringar og högg eru hluti af vandamálinu. Úr viðtölunum spruttu upp ýmsar hugmyndir, bæði fyrir hugbúnaðinn og hvernig hægt væri að gera betur fyrir starfsfólk í þessum skaðlegum vinnuaðstæðum.

3.2 Mælingar

Framkvæmd mælinga á skaðaáhrifum titrings á líkamann er stöðluð og lýst í svokölluðum ISO stöðlum sem eru staðlar frá Alþjóðlegu staðlastofnuninni (International Organization for Standardization). Farið var eftir stöðlunum ISO 2631-1:1997 og ISO 2631-5:2018 í mælingum og voru framkvæmdar með hröðunarmælitækjum Hefring Marine's sem eru í flestum skipum viðskiptavina þeirra. (Athugið að hér er bara verið að nota hröðunarmælingar og ekki neinn gögn sem brjóta persónuskilmála viðskiptavins). Þau mælitæki mæla í x-, y- og z-stefnu og

hafa söfnartíðnina 50 Hz. Tvennskonar mælingar voru gerðar fyrir sitthvora aðferðina sem staðlarnir lýsa.



Mynd 3.1: Mælitæki og gagnasöfnunartölva

ISO 2631-1:1997 staðallinn notast við tvo mælikvarða til að mæla titringa og högg. Þeir nefnast A(8) (e. *Daily exposure Value*) og VDV (e. *Vibration Dose Value*). Þessir tveir mælikvarðar hafa tvö mörk eða gildi sem kallast *Action value* og *Limit value*. Þegar A(8) eða VDV fara yfir *Action value* gildið eru þau komin yfir mörk sem gætu verið skaðleg en þegar það er ferð yfir *Limit value* gildið eru þau komin yfir hættumörk er ferðin talin vera skaðleg. Helsti munurinn milli A(8) og VDV er að VDV er mun næmari fyrir höggum heldur en A(8). Því er líklegra að VDV fari fyrr yfir hættumörkin en báðir mælikvarðanir verða notaðir í hugbúnaðinum.

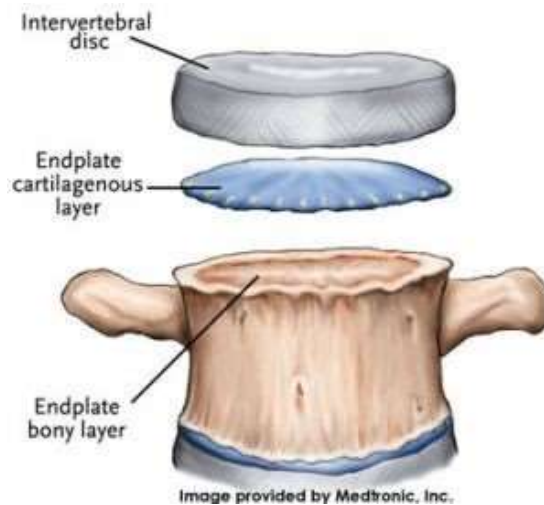


Mynd 3.2: Mælitæki tengt um borð skips



Mynd 3.3: Gagnasöfnunartölva um borð skips

Í staðlinum ISO 2631-5:2018 eru reiknaðar þrýstispennur í hrygg einstaklings og líkurnar á hryggsgaða og út frá þeim niðurstöðum er hægt að segja til um skaðaáhrif ferðarinnar.



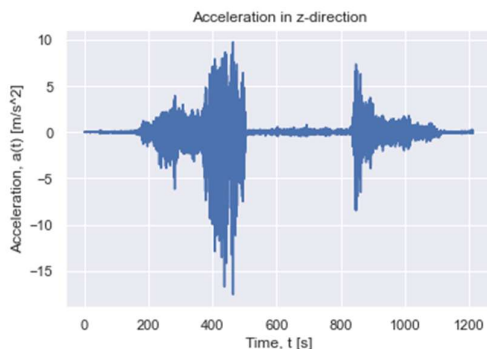
Mynd 3.2: Endaflaga í hrygg

Þegar þrýstispennan er reiknuð er notast við flatarmálið sem er á milli brjóskennda lagið (e. *endplate cartilagenous layer*) og beinkennda lagið (e. *endplate bony layer*) í endaðflögunni sem sést hér að ofan á mynd 3.2. Skv. staðlinum skal það flatarmál látið vera 14 cm^2 fyrir karlmenn og $11,6 \text{ cm}^2$ fyrir konur í útreikningum.

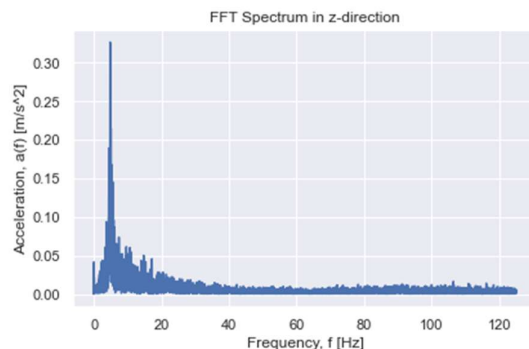
Helsti munurinn á þessum tveimur aðferðum er sá að í staðlinum frá 1997 nýtist A(8) og VDV vel til að dæma staka ferð og ráða úr hvort hún sé skaðleg en 2018 staðallinn horfir á allar ferðir sem eru silgdar á hverju ári fyrir sig. Þetta hefur sýna kostir og galla og spurningin er hvor leiðin sé fýsilegri fyrir verkefnið.

3.3 Gagnaúrvinnsla

Þegar mælingum er lokið eru þær vistaðar sem CSV gagnasafn og það lesið inn í Python forrit sem var útbúið sérstaklega fyrir verkefnið. Mælitækin um borð bátanna mæla hröðun í margfeldi af þyngdarhröðun jarðar en henni er umbreytt í m/s^2 . Hröðunargögnin eru tímaháð en til þess að vinna úr gögnunum er þeim umbreytt yfir í tíðnirúmið með Fourier-greiningu,

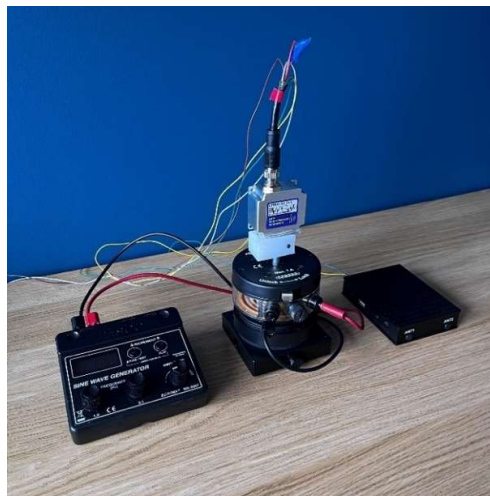


Mynd 3.3: Hröðunargögn úr siglingarferð

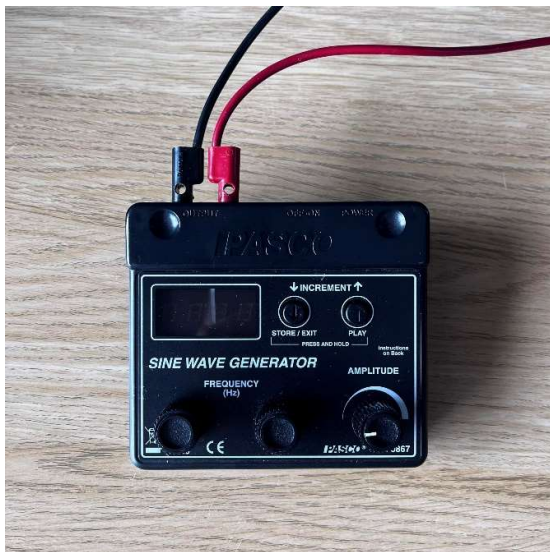


Mynd 3.4: Fourier-greining á siglingarferð

þ.e. Fast Fourier Transform (FFT). Með þessu móti er hægt að skipta sínuslagaða innmerkinu (hröðunargögnunum) niður í margar sínusbylgjur og greina útslög og tíðni hvernar bylgju. Gagnaúrvinnslan er framkvæmd í Python forritinu en til að ganga úr skugga um að það gæfi réttar niðurstöður var það fyrst sannreynt. Búnar voru til bylgjur af ákveðnum tíðnum og útslögum og athugað hvort Fourier-greiningin sýndi toppa sem hafa sömu tíðnir og útslög. Bylgjurnar voru búnar til með tíðnigjafa *Frederiksen Vibration Generator no. 2185.00* og er stjórnaður með *Pasco Sine Wave Generator WA-9867*. Hröðunarneminn *LPMS-IG1 CAN* var festur á tíðnigjafann og gögnin söfnuð á 50 Hz. Myndir 3.5 - 3.7 sýna tækin sem voru notuð og uppsetningu þeirra.



Mynd 3.5: Uppsetning tækja



Mynd 3.6: Pasco Sine Wave Generator WA-9867



Mynd 3.7: Frederiksen Vibration Generator no. 2185.00 og LPMS-IG1 CAN hröðunarnemi

Tíðnigjafinn virkar í raun eins og hátalari sem spilar valdar tíðnir. Gengið var skugga um forritið skilaði réttum niðurstöðum sama hvaða bylgja var spiluð áður en raunveruleg gögn voru notuð.

3.4 ISO 2631-1:1997

3.4.1 Yfirfærsluföll og vegin hröðun

Til þess að reikna $A(8)$ og VDV gildin þarf fyrst að finna vegin hröðunargildin því hröðun á ákveðnum tíðnum hafa meiri áhrif á líkamann heldur en aðrar tíðnir. Til að reikna vegin hröðunargildi eru notuð yfirfærsluföll og þau margfölduð við hröðunargildin. Yfirfærsluföllin sem eru notuð:

Band-limiting (Tveggja póla sía með Butterworth einkenni, $Q_1 = Q_2 = 1/\sqrt{2}$):

Háhleypisía:

$$|H_h(p)| = \left| \frac{1}{1 + \sqrt{2}\omega_1/p + (\omega_1/p)^2} \right| = \sqrt{\frac{f^4}{f^4 + f_1^4}} \quad (1)$$

Þar sem $f_1 = \text{horntíðni (skurðarpunktur einkenna)}$ og $\omega_1 = 2\pi f_1$.

Lághleypisía:

$$|H_l(p)| = \left| \frac{1}{1 + \sqrt{2}p/\omega_2 + (p/\omega_2)^2} \right| = \sqrt{\frac{f_2^4}{f^4 + f_2^4}} \quad (2)$$

Þar sem $f_2 = \text{horntíðni (skurðarpunktur einkenna)}$ og $\omega_2 = 2\pi f_2$.

Acceleration-velocity transition (Hlutfall við hröðun á lægri tíðni er í hlutfalli við hraða á hærri tíðni):

$$|H_t(p)| = \left| \frac{1 + \frac{p}{\omega_3}}{1 + \frac{p}{Q_4\omega_4} + \left(\frac{p}{\omega_4}\right)^2} \right| = \sqrt{\frac{f^2 + f_3^2}{f_3^2}} \cdot \sqrt{\frac{f_4 Q_4^2}{f^2 + Q_4^2 + f^2 f_4^2 (1 - 2Q_4^2) + f_4^4 Q_4^2}} \quad (3)$$

Þar sem:

$$\omega_3 = 2\pi f_3$$

$$\omega_4 = 2\pi f_4$$

Upward step (Halli er um það bil 6 dB á áttund, í hlutfalli við „jerk“):

$$|H_s(p)| = \left| \frac{1 + p/(Q_5\omega_5) + \left(\frac{p}{\omega_5}\right)^2}{1 + p/(Q_6\omega_6) + \left(\frac{p}{\omega_6}\right)^2} \cdot \left(\frac{\omega_5}{\omega_6}\right)^2 \right| = \frac{Q_6}{Q_5} \cdot \sqrt{\frac{f^4 Q_5^2 + f^2 f_5^2 (1 - 2Q_5^2) + f_5^4 Q_5^2}{f^4 Q_6^2 + f^2 f_6^2 (1 - 2Q_6^2) + f_6^4 Q_6^2}} \quad (4)$$

Þar sem:

$$\omega_5 = 2\pi f_5$$

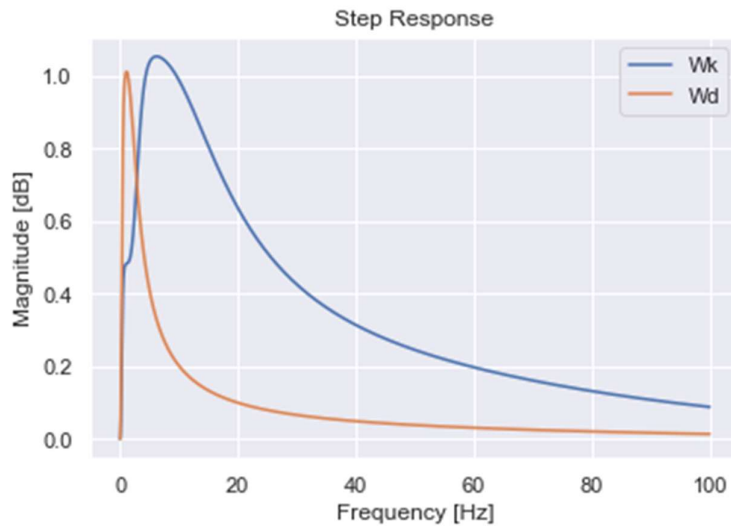
$$\omega_6 = 2\pi f_6$$

Heildar yfirfærslufallið fæst þá með jöfnu 5:

$$H(p) = H_h(p) \cdot H_l(p) \cdot H_t(p) \cdot H_s(p) \quad (5)$$

Athugum að fyrir x og y-ás þá er notað W_k stuðlana og fyrir z-ás er notað W_d stuðlana hér að neðan.

	W_k	W_d
f_1	= 0,4	0,4
f_2	= 100	100
f_3	= 12,5	2,0
f_4	= 12,5	2,0
Q_4	= 0,63	0,63
f_5	= 2,37	∞
Q_5	= 0,91	-
f_6	= 3,37	∞
Q_6	= 0,91	-



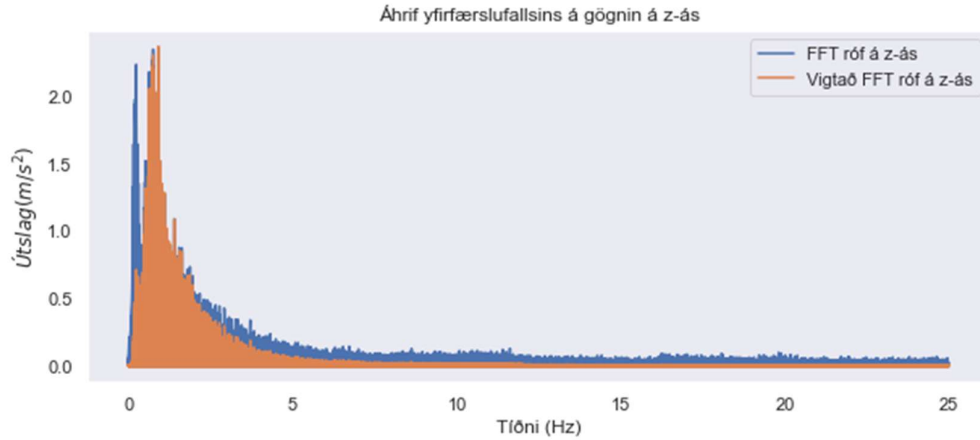
Mynd 3.8: W_k og W_d ferlar fyrir vegin yfirfærsluföll

Til að fá vegin hröðunargildin er þá einfaldlega notað jöfnu 6:

$$a_w(p) = H(p) \cdot a(p) \quad (6)$$

$$A_w = \sum_{p=1}^n a_w(p) \cdot \left(\frac{2}{f_s}\right) \quad (7)$$

Þar sem n er fjöldi hröðunargilda, a eru hröðunargildin, a_w eru vegin hröðunargildi, f_s er söfnunartíðnin og A_w er summa af vegnum ~~hröðunargildunum~~ vegin hröðunargildi.



Mynd 3.9: Dæmi um áhrif yfirfærslufallsins á hröðunargögnin á tíðnirófi með FFT

Til þess að geta reiknað $A(8)$ notum við rms gildið af vegin hröðunargildi.

$$a_{wrms}(p) = \frac{a_w(p)}{\sqrt{2}} \quad (8)$$

$$A_{wrms} = \sum_{p=1}^n \sqrt{(a_{wrms}(p))^2 \cdot \left(\frac{2}{f_s}\right)} \quad (9)$$

Þar sem n er fjöldi hröðunargilda, f_s eru riðin sem mælitækið tekur og A_{wrms} er summa af vegin rms hröðunargildum.

3.4.2 $A(8)$ og VDV

Nú til að reikna $A(8)$ á x,y og z-ás, fæst með eftirfarandi jöfnum hér að neðan:

$$A_x(8) = 1.4 \cdot A_{wmrsx} \cdot \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (10)$$

$$A_y(8) = 1.4 \cdot A_{wmrsy} \cdot \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (11)$$

$$A_z(8) = 1.0 \cdot A_{wmrsz} \cdot \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (12)$$

Þar sem T_{exp} er lengd áreitis sem verkar á vinnumann og T_0 er viðmunartíminn, miðað við 8 klukkustundir. Fyrir hvert millibil sem er mælt er hægt að nota þessa jöfnu til að fá heildar $A(8)$ með jöfnu 13:

$$A(8) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (A_j(8))^2} \quad (13)$$

Þar sem $A_j(8)$ er eitthvað ákveðið mælanlegt $A(8)$ millibil og n er fjöldi mælanlega millibila. Til þess að reikna VDV á x,y og z-ás fæst:

$$VDV_x = 1.4 \cdot A_{wx} \cdot \left(\frac{T_{exp}}{T_m} \right)^{1/4} \quad (14)$$

$$VDV_y = 1.4 \cdot A_{wy} \cdot \left(\frac{T_{exp}}{T_m} \right)^{1/4} \quad (15)$$

$$VDV_z = 1.0 \cdot A_{wz} \cdot \left(\frac{T_{exp}}{T_m} \right)^{1/4} \quad (16)$$

Þar sem T_{exp} er daglegur lengd áreitnis og T_m er lengd mælingar. Athugum að hér er bara notað hæsta VDV gildið af ásunum. Til þess að fá heildar VDV þar sem það er mælt í ákveðnum millibilum fæst með jöfnu 17:

$$VDV = \left(\sum_{j=1}^n (VDV_j)^4 \right)^{1/4} \quad (17)$$

Þar sem VDV_j er eitthvað ákveðið millibil og n er fjöldi mælanlega millibila.

3.5 ISO 2631-5:2018

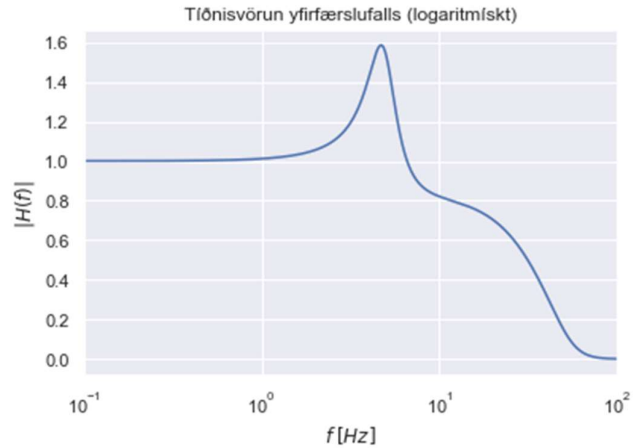
3.5.1 Hryggsvörun

Staðallinn hefur skilgreint svokallað „sæti til mjóbaks“ (*e. seat-to-lumbar*) yfirfærslufall, $\mathcal{H}(\omega)$, sem hefur verið þróað með tilraunum og tölulegum líkanagerðum á sitjandi einstaklingum. Tíðnisvörun yfirfærslufallsins má sjá á myndum 3.8 og 3.9 og jöfnu 18. Það inniheldur eitt tvinntölu núll og sex tvinntölu póla.

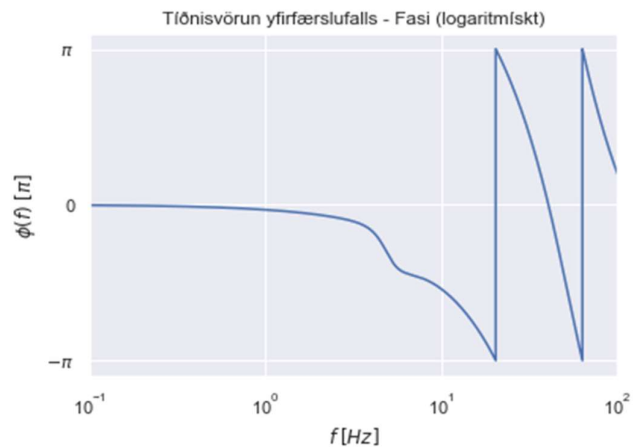
$$\mathcal{H}(\omega) = \frac{1 + 2\zeta_1 \frac{j\omega}{\omega_1} + \left(\frac{j\omega}{\omega_1}\right)^2}{\left[1 + 2\zeta_2 \frac{j\omega}{\omega_2} + \left(\frac{j\omega}{\omega_2}\right)^2\right] \left[1 + 2\zeta_3 \frac{j\omega}{\omega_3} + \left(\frac{j\omega}{\omega_3}\right)^2\right] \left[1 + 2\zeta_4 \frac{j\omega}{\omega_4} + \left(\frac{j\omega}{\omega_4}\right)^2\right] \left[1 + 2\zeta_5 \frac{j\omega}{\omega_5} + \left(\frac{j\omega}{\omega_5}\right)^2\right] \left[1 + 2\zeta_6 \frac{j\omega}{\omega_6} + \left(\frac{j\omega}{\omega_6}\right)^2\right] \left[1 + 2\zeta_7 \frac{j\omega}{\omega_7} + \left(\frac{j\omega}{\omega_7}\right)^2\right]} \quad (18)$$

þar sem

$$\begin{aligned} j &= \sqrt{-1}; \\ \omega_1 &= 34 \text{ rad/s}; \\ \zeta_1 &= 0,35; \\ \omega_2 &= 31 \text{ rad/s}; \\ \zeta_2 &= 0,21; \\ \omega_3 &= 230 \text{ rad/s}; \\ \zeta_3 &= 0,88; \\ \omega_4 &= 260 \text{ rad/s}; \\ \zeta_4 &= 0,80; \\ \omega_5 &= 320 \text{ rad/s}; \\ \zeta_5 &= 0,40; \\ \omega_6 &= 380 \text{ rad/s}; \\ \zeta_6 &= 0,75; \\ \omega_7 &= 420 \text{ rad/s}; \\ \zeta_7 &= 0,65. \end{aligned}$$



Mynd 3.10: Yfirfærslufall (útslag)



Mynd 3.11: Yfirfærslufall (fasi)

Yfirfærslufallinu er beitt á Fourier ummyndaða innmerkið sem gefur hröðunarsvörun hryggsins í tíðnirúminu (jafna 19). Til þess að fá svörunina í tímarúminu er notuð andhverf Fourier umbreyting (jafna 20).

$$A_z(\omega) = \mathcal{H}(\omega) \cdot a_z(\omega) \quad (19)$$

$$A_z(t) = \mathcal{F}^{-1}[A_z(\omega)] \quad (20)$$

3.5.2 Áhættu útreikningar (R og Π)

Hornsteinn staðalsins er að reikna breytu sem nefnist álagsbreyta (*e. stress variable*), R . Hún er notuð til að meta skaðleg heilsufarsleg áhrif tengdum fyrrnefndum hröðunum í z -stefnu. Í staðlinum er álagsbreytan skilgreind með jöfnu (21).

$$R = \left[\sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{S_{d,i} N_i^{\frac{1}{6}}}{S_{u,i} - S_{stat,i}} \right)^6 \right]^{\frac{1}{6}} \quad (21)$$

þar sem

- N er fjöldi daga sem áreiti er til staðar;
- i er nr. árs;
- n er fjöldi ára af áreiti;
- $S_{d,i}$ er daglegur þrýstiskammtur á ári i ;
- $S_{u,i}$ er brotþolsstyrkur hryggjaliða í mjóbaki á ári i ;
- S_{stat} er þrýstingur eða álag frá þyngdarkrafti jarðar sem er háð ári i .

Tafla 3.1: Líkindadreyfing út frá álagsbreytu

	R value (lower 95 %, upper 95 % confidence intervals)		
	Risk of injury		
	10 %	50 %	90 %
Male	0,72 (0,58; 0,89)	1,42 (1,27; 1,57)	2,17 (1,91; 2,48)
Female ^a	0,52 (0,41; 0,67)	0,87 (0,77; 0,98)	1,20 (1,04; 1,38)
^a Values for female subjects are based on a smaller data set.			

Með álagsbreytunni er hægt að reikna líkindadreyfingu á hryggaskaða með jöfnu 22 og því hægt að segja til um hvort umræddar siglingaferðir eru skaðlegar eða ekki.

$$\Pi = 1 - \exp \left[- \left(\frac{R}{\alpha} \right)^{\beta} \right] \quad (22)$$

Í jöfnu 22 tákna α og β fasta sem fara eftir kyni einstaklings (tafla 2) og Π tekur gildi frá 0 til 1, þ.e. 0-100% líkur á hryggskemmdum.

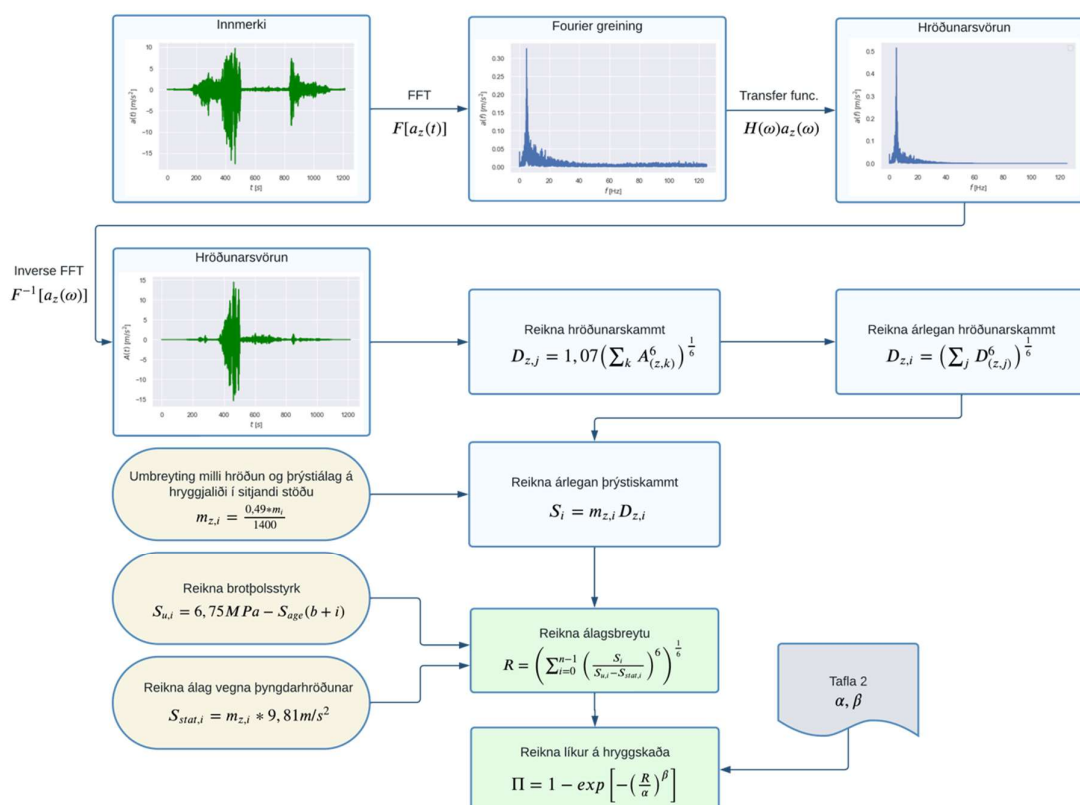
Tafla 3.2: Gildi á α - og β stuðlum

	α	β
Male	1,613 (1,460; 1,809)	2,799 (2,168; 3,511)
Female ^a	0,959 (0,854; 1,093)	3,709 (2,509; 5,207)
^a Values for female subjects are based on a smaller data set.		

Fyrir tilgang skýrslunnar og hugbúnaðinn eru gerðar smá breytingar í þessum útreikningum. Þar sem siglingartími er alltaf mismunandi og WBV-áreiti á starfsmenn á sjó er yfirleitt aldrei eins því sjólag og veðurfar er mjög breytilegt, eru útreikningar gerðir sérstaklega fyrir hverja ferð og allar ferðir teknar saman fyrir hvert ár. Því er jafna (21) umrituð:

$$R = \left[\sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{S_i}{S_{u,i} - S_{stat,i}} \right)^6 \right]^{\frac{1}{6}} \quad (23)$$

Þar sem S_i er þrýstiskammtur fyrir ár i . Þetta er útskýrt nánar í næsta undirkafla. Á mynd 7 má sjá yfirlit á hvernig R og Π eru reiknuð út og næstu kaflar skýrslunnar munu fjalla um hvernig



hver og ein breyta á myndinni er reiknuð út.

3.5.3 Árlegur þrýstiskammtur (S_i)

Þegar búið er að reikna hryggsvörunina $A_z(t)$, eins og var gert grein fyrir í kafla 3.4.1, er hægt að reikna svokallaðan hröðunarskammt (*e. acceleration dose*) á hrygginn, $D_{z,j}$. Það er sá hröðunarskammtur [m/s^2] sem hryggurinn varð fyrir í viðkomandi siglingarferð. Hann er skilgreindur með jöfnu (24):

$$D_{z,j} = 1,07 \left(\sum_k A_{z,k}^6 \right)^{\frac{1}{6}} \quad (24)$$

þar sem $A_{z,k}$ er k -ti toppurinn í hryggsvöruninni $A_z(t)$ (sjá mynd 8). Hér táknar hnévísirinn j , nr. ferðarinnar. Athugum að toppur er skilgreindur sem hámarksgildi af hryggsvöruninni milli tveggja núll punkta (*e. between two consecutive zero crossings*). Jákvæðir toppar eru aðeins taldir með.

Í staðlinum er mælt með að reikna daglegan hröðunarskammt (*e. Daily dose*), D_{zd} . Það er gert með að setja hröðunarskammtinn fyrir hverja ferð í sjötta veldi og margfalda við hlutfall af mælitímum, þ.e.a.s. að kvarða hröðunarskammtin (25):

$$D_{zd} = \left(\sum_j D_{z,j}^6 \frac{t_{d,j}}{t_{m,j}} \right)^{\frac{1}{6}} \quad (25)$$

þar sem $t_{d,j}$ er tímabil daglegs áreitis og $t_{m,j}$ er tímabilið sem $D_{z,j}$ var mælt yfir. Þar sem siglingartíminn og hröðunargögnin eru alltaf mæld og dagsett í hvert skipti á hverri ferð sérstaklega þarf ekki að kvarða hröðunarskammtinn og því verður ekki notast við þessa jöfnu. Frekar er reiknaður árlegur hröðunarskammtur, $D_{z,i}$, þar sem i táknar nr. árs. Það er sá hröðunarskammtur sem hefur safnast upp yfir hvert ár. Hann er reiknaður á svipaðan hátt nema engin margföldun á sér stað. Hröðunarskammtarnir úr hverri ferð j sem tilheyra ári i eru settir í sjötta veldi, lagðir saman og loks tekið 1/6 rótin af þeirri summu (26).

$$D_{z,i} = \left(\sum_j D_{z,j}^6 \right)^{\frac{1}{6}} \quad (26)$$

Vert er að benda á að hver hröðunarskammtur tilheyrir alltaf ákveðnari manneskju, svo nauðsynlegt er að halda til haga hver var að sigla og hvenær.

Þegar það er komið er reiknaður árlegur þrýstiskammtur með jöfnu 27:

$$S_i = m_{z,i} D_{z,i} \quad (27)$$

þar sem m_z gefur umbreytingu milli hröðun og þrýstiálag á hryggjaliði í sitjandi stöðu. Það er reiknað með að taka massa manns fyrir ofan mjaðmabein, deilt með flatarmáli „endplate area“ og hefur eininguna $[MPa / (\frac{m}{s^2})]$. Skv. staðlinum er umræddur massi 49% af heildarmassa líkamans, m_i , og miðað er við 14 cm^2 flatarmáli í karlmönnum (jafna 28).

$$m_{z,i} = \frac{0,49 * m_i}{1400 \text{ m}^2} \quad (28)$$

Fyrir konur miðar staðallinn við 45% af heildarmassa líkamans og flatarmálið $11,6 \text{ cm}^2$ (jafna 29).

$$m_{z,i} = \frac{0,45 * m_i}{11600 \text{ cm}^2} \quad (29)$$

Talan m_i inniheldur einnig massann af aukabúnaði sem er manneskjan klæðist, svo sem þungar hlífur, hjálmar, vinnuvesti með verkfærum o.þ.h.

3.5.4 Brotþolsstyrkur (S_u)

Brotþolsstyrkur mjóbakshryggjaliðanna hjá manneskju á aldrinum $(b + i)$ þar sem b er upphafsaldurinn þegar áreiti byrjar (jafna 30).

$$S_{u,i} = 6,75 \text{ MPa} - S_{age}(b + i) \quad (30)$$

Fyrir n ár af áreiti ($0 \leq i \leq n - 1$) er $S_{age} = 0,052 \text{ MPa}$ fyrir karla og $S_{age} = 0,039 \text{ MPa}$ fyrir konur.

3.5.5 Þrýstingur frá þyngdarkrafti (S_{stat})

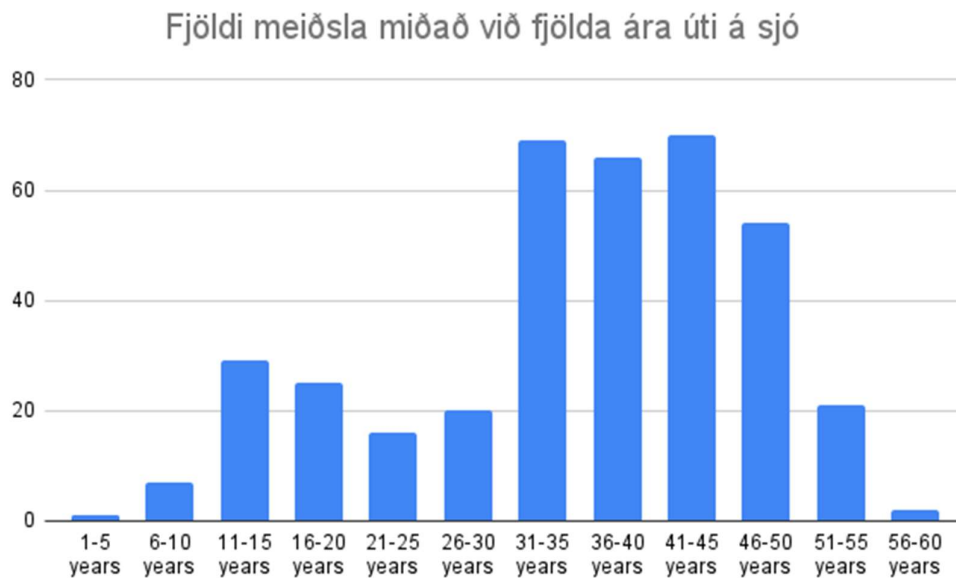
Þrýstingur eða álag frá þyngdarkrafti jarðar og það er háð þyngd líkamans eftir ári i (jafna 31)

$$S_{stat,i} = m_{z,i} * 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (31)$$

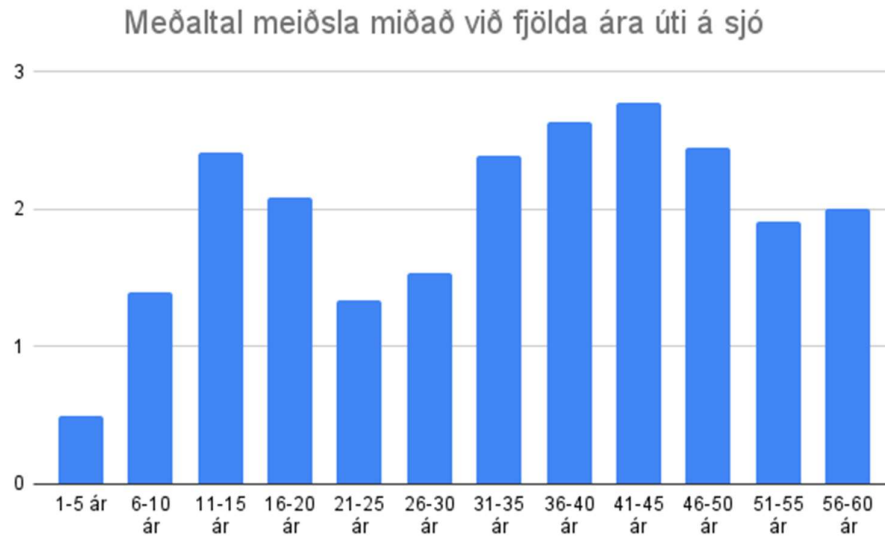
4. Niðurstöður og úrvinnsla

4.1 Niðurstöður könnunar og viðtala

Svör sem fengust við könnuninni voru 166 talsins. Um 70,5% eru enn starfandi, 7,8% hættu störfum fyrir 1-3 árum, 13,9% hættu fyrir 3-10 árum en 7,8% hættu að sigla fyrir meira en 10 árum. Fjöldi daga sem sjómenn sigla á mánuði er mjög mismunandi en þó sigla flestir u.þ.b. 20 daga á mánuði. Það voru um 65,1% sem sigla á stærri skipum/fiskitogurum (>24m), 7% sigla á litlum fiskiskipum/línubátum (15m-24m), 3,5% sigldu á einhverskonar litlum hraðskreiðum skipum eða bátum (<15m) og 24,4% sigldu á öðrum stórum skipum. Þ.e. flutningaskip, varðskip, ferjur, skemmtiferðaskip o.s.frv. Flestir sem svöruðu könnuninni voru stýrimenn (38,6%) eða skipstjórar (38%). Rest voru hásetar, vélfræðingar eða bátsmenn. Langflestir sem svöruðu könnuninni voru karlmenn eða um 98,5% en 1,5% voru konur. 42,9% voru 60 ára eða eldri, 40,6% voru 50-60 ára, 10,5% voru 40-50 ára, 4,5% voru 30-40 ára og loks 1,5% voru 20-30 ára.

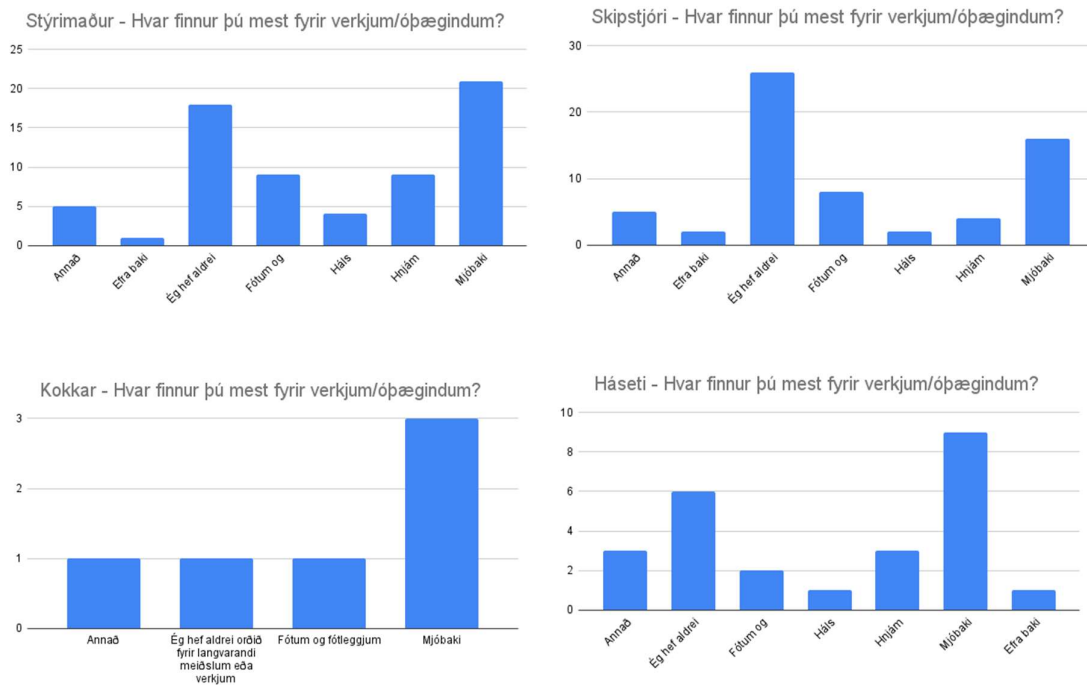


Mynd 4.1: Súlurit af heildarfjölda meiðsla miðað starfsaldur



Mynd 4.2: Súlurit af meðalfjölda meiðsla miðað við starfsaldur

Út frá mynd 4.1 hér að ofan sést að meiðsli og áverkar fara hækkandi með aldri og eru meiðsli tíðust milli 31-45 ára. Mynd 4.2 sýnir meðaltal meiðsla og er þar jafnari dreifing en hæðstu meðaltölin eru í flokkunum 11-15 ára og 41-45 ára.



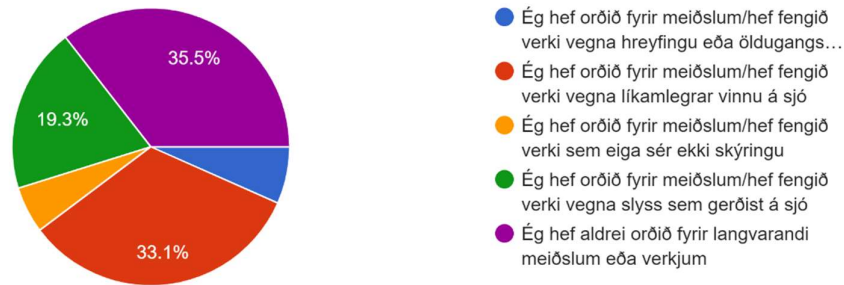
Mynd 4.3: Súlurit af fjölda meiðsla af staðsetningu meiðsla miðað við starf

Út frá súluritunum hér að ofan þá virðast verkir í mjóbaki vera algengastir, svo í fótum og fótleggjum og þar næst í hnjám. Skipstjórar virðast hrjást minnst miðað við hin störfina þar sem

„Ég hef aldrei orðið fyrir langvarandi meiðslum eða verkjum“ er hæst hjá þeim en „mjóbak“ hæst í öllum öðrum störfum. Ekki fengust nægileg gögn til að búa til stöplarit fyrir vélfræðinga.

Þegar eða eftir að þú byjaðir að vinna á sjó, hvað á best við um þig? (Átt er við meiðsli/verki í stoðkerfi líkamans)

166 responses

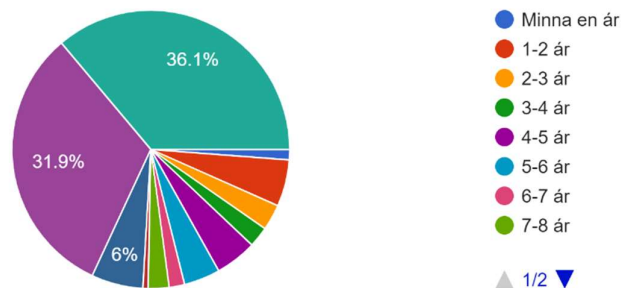


Mynd 4.4: Skífurit af fjölda meiðsla af staðsetnigu meiðsla miðað við starf

Á mynd 4.4 sést að 35,5% hafa aldrei orðið fyrir langvarandi meiðslum eða verkjum, 33,1% hafa orðið fyrir meiðslum/verkjum vegna líkamlegrar vinnu, 19,3% hafa orðið fyrir meiðslum/verkjum vegna slyss á sjó, 7,2% hafa orðið fyrir meiðslum/verkjum vegna hreyfingu báts eða öldugangs og 4,9% hafa orðið fyrir meiðslum/verkjum sem eiga sér ekki augljósa skýringu. Í heildina eru 64,5% hafa orðið fyrir meiðslum/verkjum.

Hversu lengi sigldir þú á sjó þangað til að þú varst fyrir meiðslum eða fannst fyrir verkjum?

166 responses

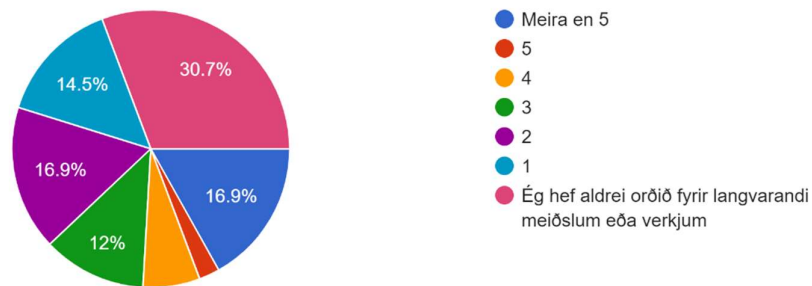


Mynd 4.5: Skífurit af hversu lengi einstaklingur sigldi á sjó þangað til hann varð fyrir meiðslum/verkjum

Á mynd 4.5 sést að 31,9% fengu verki eftir að hafa sigld í meira en 10 ár, um 6% hafa siglt í 9-10 ár þangað til þeir urðu fyrir meiðslum/verkjum, 0,6% sigldu í 8-9 ár %, 2,4% sigldu í 7-8 ár, 1,8% sigldu í 6-7 ár, 4,2% sigldu í 5-4 ár, 4,8% sigldu í 4-5 ár, 2,4% sigldu í 3-4 ár, 3% sigldu í 2-3 ár, 5,4% sigldu í 1-2 ár, 1,2% sigldu í minna í ár þangað til þeir urðu fyrir meiðslum/verkjum og 36,1% hafa aldrei orðið fyrir meiðslum eða verkjum úti á sjó.

Hversu margar áverkanir hafa verið skoðaðar af lækni?

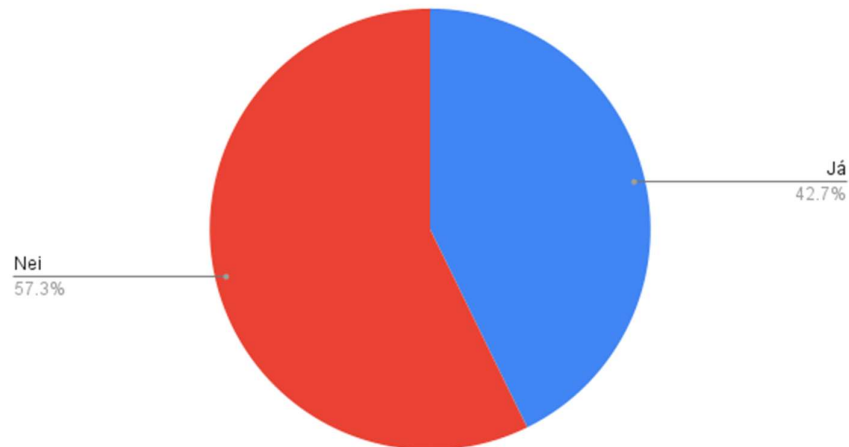
166 responses



Mynd 4.6: Skífurit af fjölda lækniáðstoða vegna áverka/meiðsla

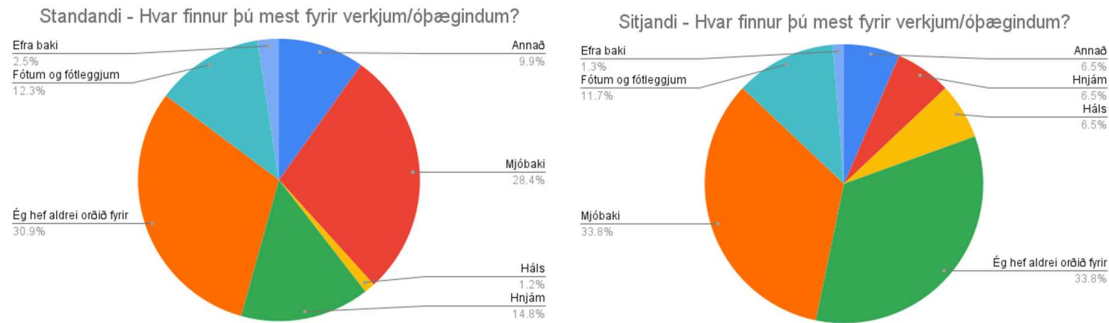
Á mynd 4.6 sést að 30,7% hafa aldrei þurft á lækniáðstoð að halda en 69,3% hafa þurft einhverskonar lækniáðstoð. Þ.e. 14,5% hafa þurft að fara einu sinni til lækni, 16,9% hafa þurft að fara tvisvar, 12% hafa þurft að fara þrisvar, 6,6% hafa þurft að fara fjórum sinnum, 2,4% hafa þurft að fara 5 sinnum og 16,9% hafa þurft að fara oftari en 5 sinnum.

Hefur þú þurft að fara í aðgerð vegna þessa áverkana?



Mynd 4.7: Skífurit af hvort einstaklingur hefur þurft aðgerð vegna áverka/meiðsla

Mynd 4.7 sýnir hvort einstaklingur hefur þurft aðgerð vegna áverka/meiðsla. Um 31,9% hafa þurft að fara í aðgerð meðan 68,1% hafa ekki þurft að fara í aðgerð. Í [viðauka 1](#) er hægt að skoða allar spurningar og svör þáttakenda betur.



Mynd 4.8: Staðsetning meiðsla miðað við líkamstöðu

Mynd 4.8 sýnir að það lítil munur milli verkja þegar einstaklingur er sitjandi eða standandi, þ.e 77 einstaklingar eru meira sitjandi og 82 einstaklingar eru meira standandi, rest segjast sitja og standa að jöfnu. Staðirnir sem virðast vera einhver munur á er í hálsi þar sem 1,2% af þátttakendum sem yfirleitt standa finna þar til í hálsinum en 6.5% þátttakenda sem yfirleitt sitja og hnjám þar sem það eru 14,8% sem standa og 6.5% sem sitja meira.



Mynd 4.9: Meðaltal meiðsla miðað við tegund skipa

Út frá mynd 4.9 sést að meðaltal fjölda meiðsla er frekar óbreytileg þó meðaltal meiðsla í ferjum er hæst með 5.2 meiðsli.

Tekið var viðtöl við 4 fyrrverandi hermenn úr bandarísku landhelgisgæslunni. Allir þeirra, nema *Veteran 4*, hrjást af verkjum í hnjám, mjóbaki og/eða öxlum og eru með langvarandi verki. Þeir sigldu allir á 10 m – 15 m skipum nema *Veteran 4* sigldi þannig skipum í 12 ár þangað til hann fór að sigla stærri skipum. *Veterans 1* og *3* urðu fyrir meiðslum vegna

endurtekinna högg á háum hraða, *Veteran 2* fékk meiðsli vegna líkamlegrar vinnu en *Veteran 4* varð ekki fyrir neinum meiðslum. *Veterans 1 – 3* unnu allir við löggæslu sem fól í sér eftirfarir á miklum hraða en *Veteran 4* vann á varðskipi. *Veterans 1* og *2* hafa þurft á lækniðstoð að halda og hafa þurft að fara í aðgerðir vegna áverka sína og *Veterans 1 – 3* eru með langvarandi verki. Í [viðauka 2](#) er hægt að skoða allar spurningar og svör þátttakenda nánar.

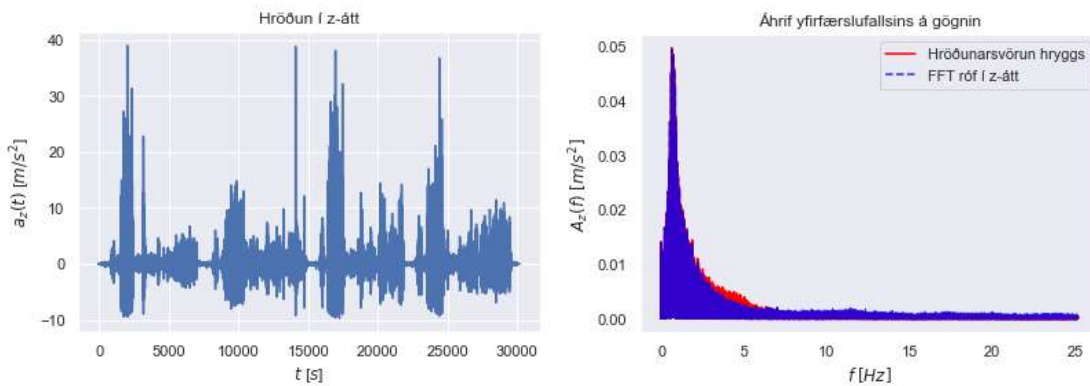
4.2 Niðurstöður siglingarferða

Ákveðið var að taka sex dæmigerðar ferðir úr sex mismunandi bátum. Þruma II og Þruma IV frá Whalesafari, Viking Norsafe 1 frá Viking Norsafe, RNLI, Pacific Pathfinder og Pacific Guardian frá Pacific Pilotage Authority. Þar sem raunveruleg gagnasöfnun fyrir skýrsluna myndi taka mörg ár var gert ráð fyrir 270 vinnudögum í 10 ár ($N = 270$ og $n = 10$) til þess að reikna hryggsgæðann. Þ.e.a.s. hver ferð var silgd einu sinni á dag, 270 sinnum yfir árið, í 10 ár. Gert var ráð fyrir karlkyni og upphafsaldur var hafður 25 ár og þ.a.l. var aldur við starfslok 35 ára. Í töflu 4.1 má sjá samantekt af niðurstöðunum en í næstu undirköflum verður hver ferð skoðuð nánar.

Tafla 4.1: Niðurstöður fyrir mismunandi ferðir

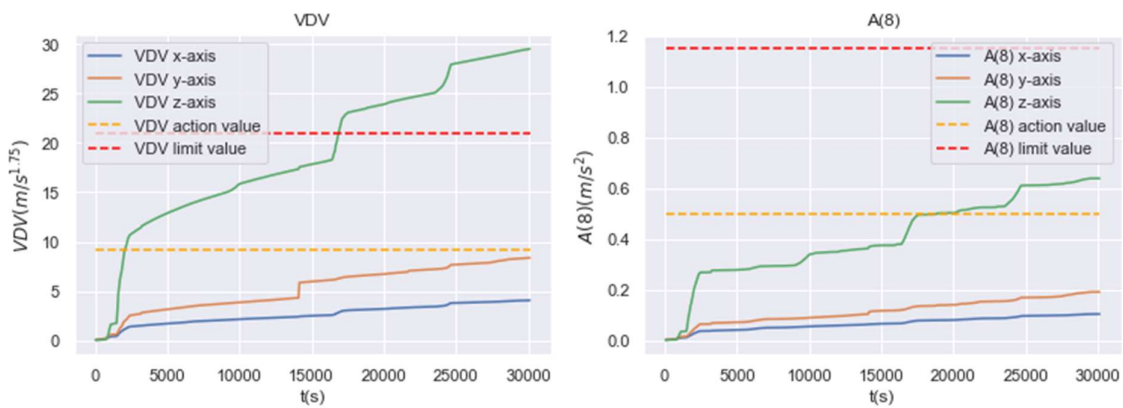
	<i>Siglingartími</i>	$A(8)$	VDV	S_i	R	Π
Þruma IV	8klst og 20min	0.64 m/s^2	$29.53 \text{ m/s}^{1.75}$	3,94 MPa	1,18	33,81%
Þruma II	6klst og 11min	0.99 m/s^2	$41.96 \text{ m/s}^{1.75}$	6,55 MPa	1,95	81,90%
Viking Norsafe 1	4klst og 14min	1.22 m/s^2	$41.92 \text{ m/s}^{1.75}$	5,50 MPa	1,64	64,90%
RNLI	2klst og 12min	0.28 m/s^2	$14.88 \text{ m/s}^{1.75}$	3,00 MPa	0,90	17,51%
Pacific Pathfinder	5klst og 8min	0.09 m/s^2	$4.47 \text{ m/s}^{1.75}$	0,55 MPa	0,16	0,16%
Pacific Guardian	1klst og 52min	0.12 m/s^2	$5.16 \text{ m/s}^{1.75}$	0,39 MPa	0,30	0,89%

4.2.1 Þruma IV



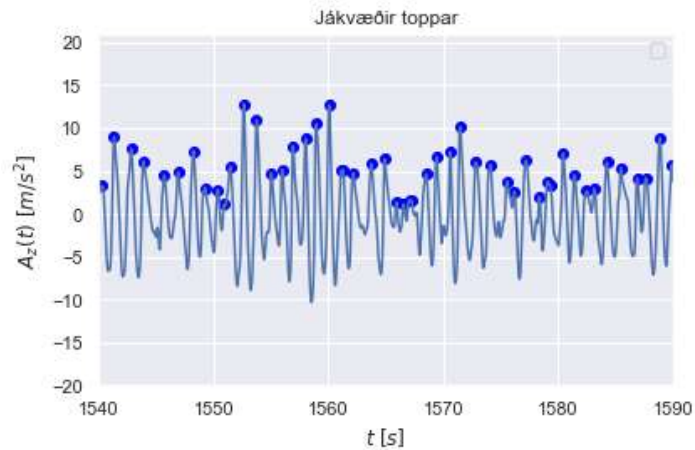
Mynd 4.10: Valin ferð fyrir Þrumu IV. Til vinstri eru hröðunargögnin frá mælitækjum og til hægri er Fourier-greining og hryggsvörugin.

Í ferðinni sem var valin fyrir Þrumu IV er hröðunin u.þ.b. frá -1 g til $2,5$ g og einstaka toppar sem ná allt að 4 g. Fourier-greiningin á mynd 4.10 sýnir að hæðstu útslögin eru á $1 - 3$ Hz. Einnig sést hvernig yfirfærslufallið hækkar útslögin á tíðnum frá $1 - 6$ Hz (rauður). Mynd 4.11 hér að neðan sýnir ferla VDV og $A(8)$ og eru þeir í samræmi við ferðina (sjá mynd 4.10) og mældist $VDV 29.53 \text{ m/s}^{1.75}$ og $A(8) 0.64 \text{ m/s}^2$.



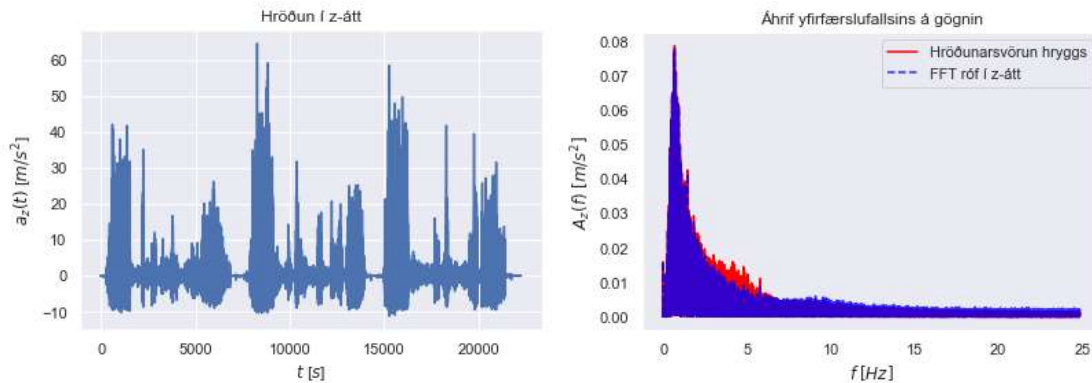
Mynd 4.11: VDV og $A(8)$ ferlar fyrir ferð Þrumu IV.

Mynd 4.12 sýnir toppana $A_{z,k}$ sem umræðir í jöfnu 24. Í ferðinni mældist álagsbreytan frekar lág (1.18) og skv. töflu 1 eru líkurnar á hryggsgaða milli 10 – 50% sem telst vera litlar líkur. Þegar líkurnar voru reiknaðar beint með jöfnu 22 fékkst að líkur á hryggsgaða voru 33.81% sem eru frekar lágar og því má því segja að sú ferð hefur verið tiltölulega örygg miðað við forsendurnar sem gerðar voru ráð fyrir.



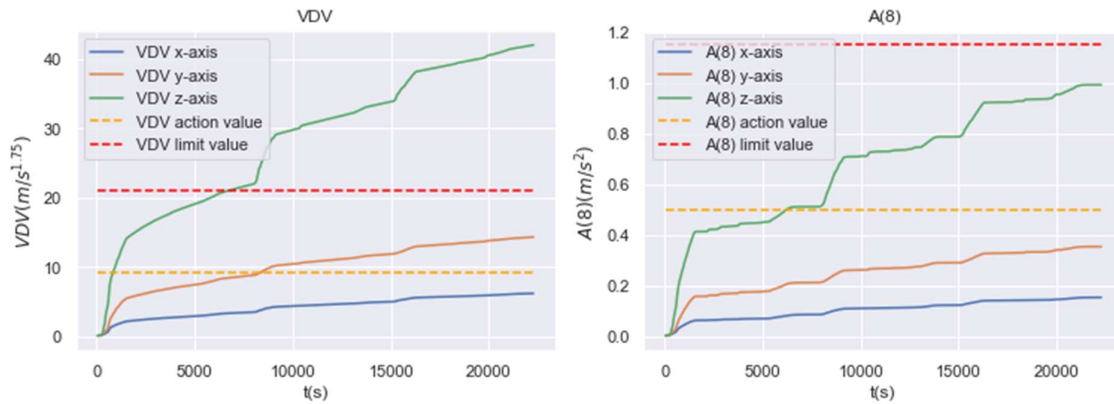
Mynd 4.12: Jákvæðir toppar $A_{z,k}$ í ferð fyrir Þrumu IV.

4.2.2 Þruma II



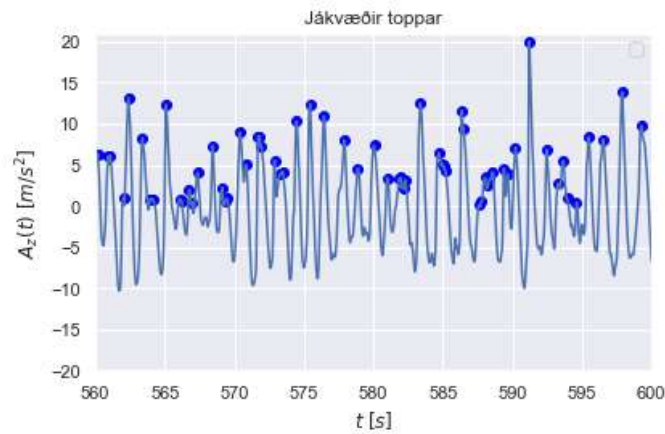
Mynd 4.13: Valin ferð fyrir Þrumu II. Til vinstri eru hröðunargögnin frá mælitækjum og til hægri er Fouriergreining og hryggsvörin.

Í þessari ferð er hröðunin mun hærri, eða u.þ.b. frá -1 g til 4 g og einstaka toppar sem ná allt að 6 g . Fourier-greiningin sýnir að hæðstu útslögin eru á $1 - 4\text{ Hz}$ en útslögin eru í heild sinni hærri. Ef rýnt er sérstaklega vel í gröfin sést að hér ná hærri útslög yfir breiðara tíðnibil í samanburði við ferðina fyrir Þrumu IV. Skv mynd 4.5 hér að neðan sýnir ferla VDV og $A(8)$ og mældist VDV $41.96\text{ m/s}^{1.75}$ og $A(8)$ 0.99 m/s^2 .



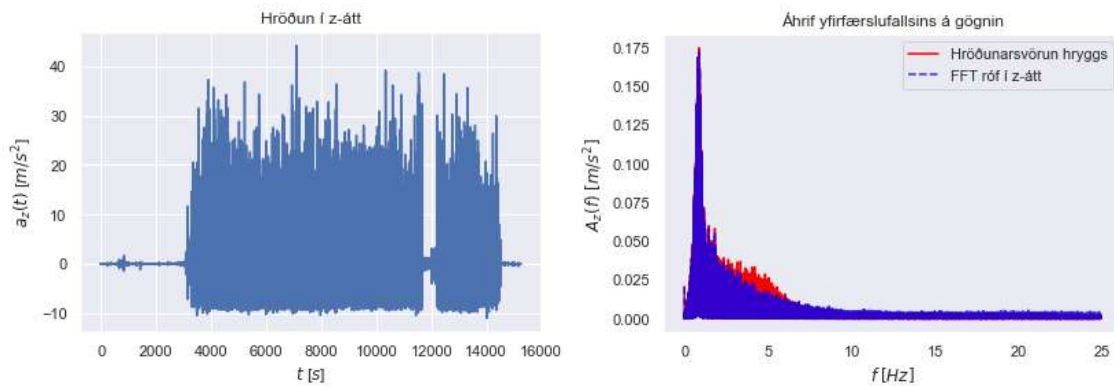
Mynd 4.14: VDV og $A(8)$ ferlar fyrir ferð Þrumu II.

Í ferðinni mældist álagsbreytan frekar há (1,95) og skv. töflu 3.1 eru líkurnar á hryggskaða milli 50 – 90% sem teljast vera miklar líkur. Með jöfnu 22 fékkst að líkur á hryggskaða voru 81.90% sem er mjög hátt og ferðin því vera talin skaðleg og óörugg miðað við forsendur.



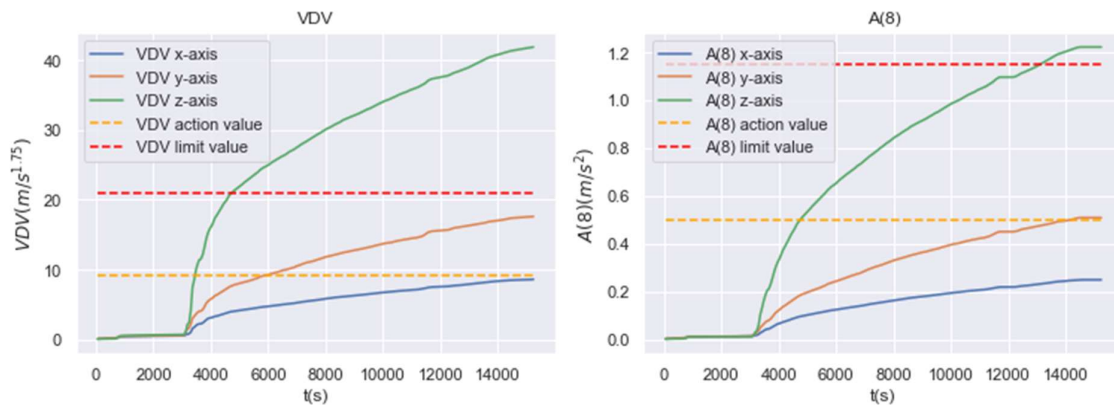
Mynd 4.15: Jákvæðir toppar $A_{z,k}$ í ferð fyrir Þrumu IV.

4.2.3 Viking Norsafe 1



Mynd 4.16: Valin ferð fyrir Viking Norsafe 1. Til vinstri eru hröðunargögnin frá mælitækjum og til hægri er Fourier-greining og hryggsvörðunin.

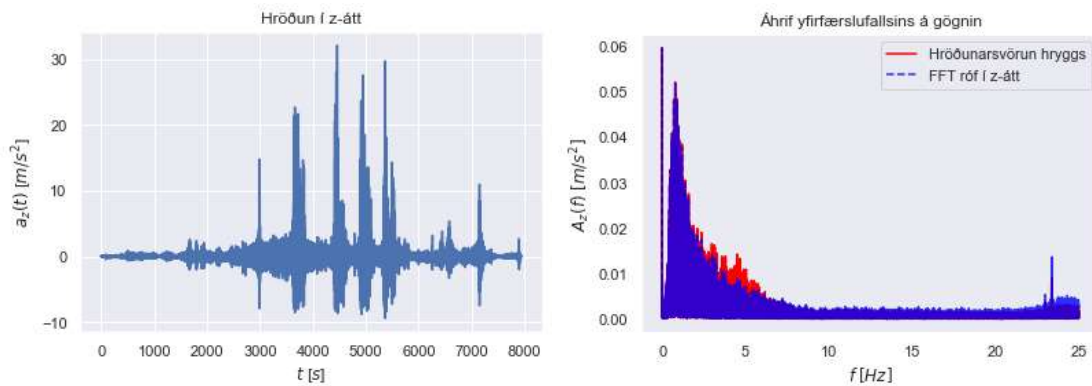
Ferð Viking Norsafe 1 var hörð, eða u.þ.b. frá -1 g til 3 g og margir toppar sem ná oft allt að 4 g. Fourier-greiningin sýnir að útslögin eru í heild sinni mun hærri sbr. fyrri ferðir. Skv mynd 4.8 hér að neðan sýnir ferla VDV og $A(8)$ og mældist VDV $41.92 \text{ m/s}^{1.75}$ og $A(8)$ 1.22 m/s^2 .



Mynd 4.17: VDV og $A(8)$ ferlar fyrir ferð Viking Norsafe 1.

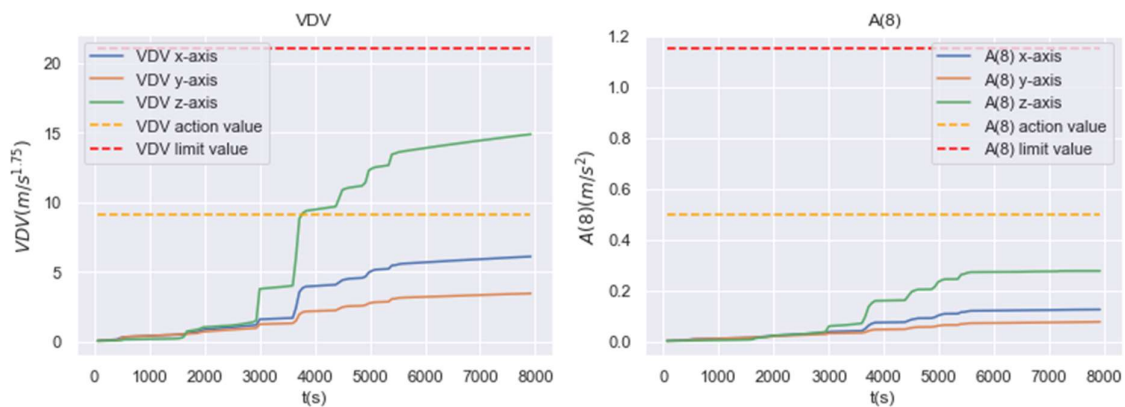
Álagsbreytan mældist frekar há (1,64) og skv. töflu 3.1 eru líkurnar á hryggskaða milli 50 – 90%. Með jöfnu 22 fékkst að líkur á hryggskaða voru 64,9% sem er frekar hátt og ferðin því vera talin skaðleg og óörugg miðað við forsendur.

4.2.4 RNLI



Mynd 4.18: Valin ferð fyrir RNLI. Til vinstri eru hröðunargögnin frá mælitækjum og til hægri er Fourier-greining og hryggsvörnin.

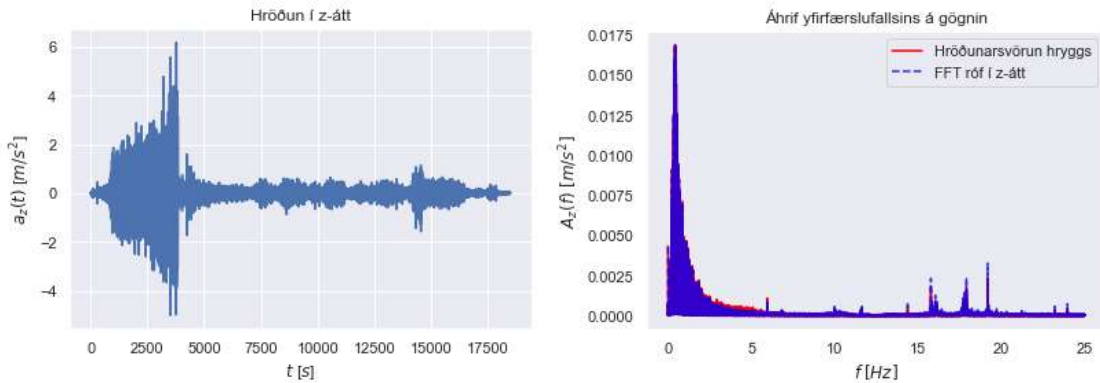
Ferð RNLI var aðeins rólegri þar sem hröðunargildin halda sér -0.2 g til 0.2 g og nokkrir toppar sem ná allt að 2-3 g. Skv mynd 4.10 hér að neðan sýnir ferla VDV og $A(8)$ og mældist VDV $14.88 m/s^{1.75}$ og $A(8)$ $0.28 m/s^2$.



Mynd 4.19: VDV og $A(8)$ ferlar fyrir ferð RNLI.

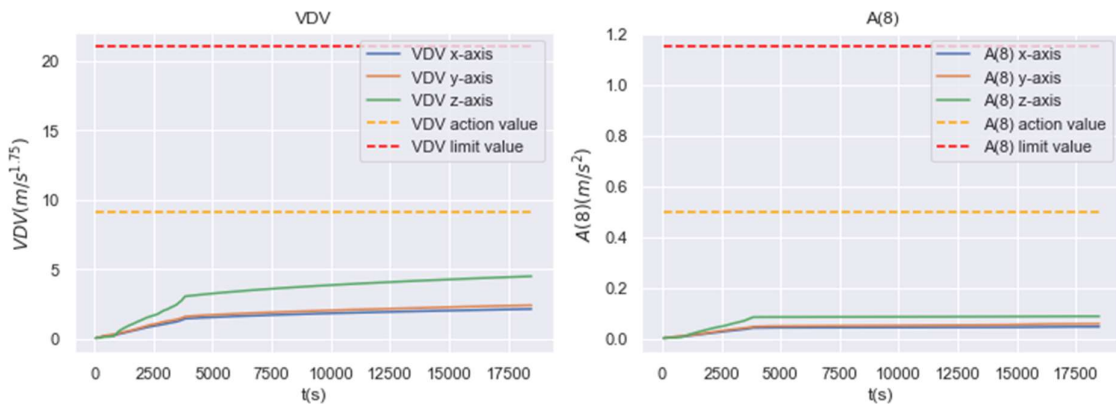
Álagsbreytan mældist lág (0,90) og skv. töflu 3.1 eru líkurnar á hryggaskaða milli 10 – 50%. Með jöfnu 22 fékkst að líkur á hryggaskaða voru 17,51% sem er frekar lágt og ferðin því talin örugg.

4.2.5 Pacific Pathfinder



Mynd 4.20: Valin ferð fyrir Pacific Pathfinder. Til vinstri eru hröðunargögnin frá mælitækjum og til hægri er Fourier-greining og hryggsvörnin.

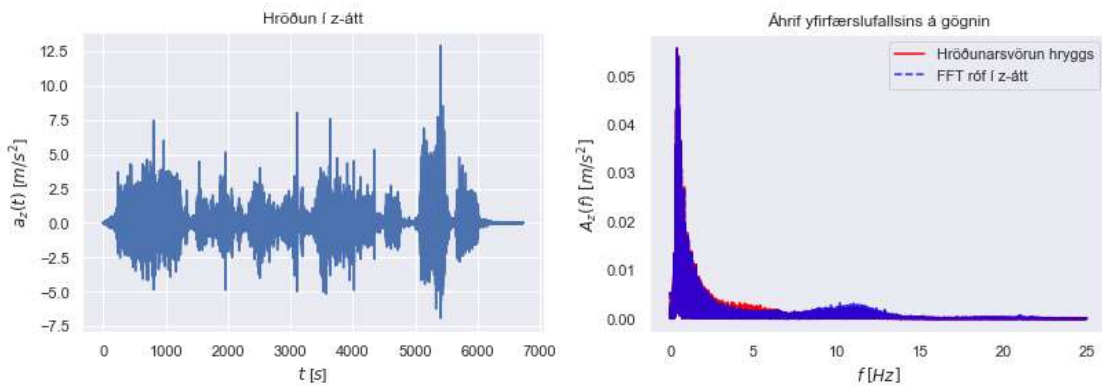
Ferð Pacific Pathfinder's var rólegasta ferðin. Í upphafi ferðarinnar halda hröðunargildin sér í kringum -2 g til 2 g og fáeinir toppar ná allt að 6 g en gildin detta svo niður í -0.2 g til 0.2 g. Í Fourier-greiningunni má sjá nokkra toppa ofar í tíðnisviðinu, eitthvað sem ekki sást í fyrrum ferðum en hins vegar eru þeir allir mjög lágir. Af mynd 4.12 hér að neðan sést að ferlar VDV og $A(8)$ eru í miklu samræmi við ferðina á mynd 4.11 þar sem hvorki VDV né $A(8)$ ná hættumörkum. VDV mældist $4.47 m/s^{1.75}$ og $A(8)$ mældist $0.09 m/s^2$.



Mynd 4.21: VDV og $A(8)$ ferlar fyrir ferð Pacific Pathfinder.

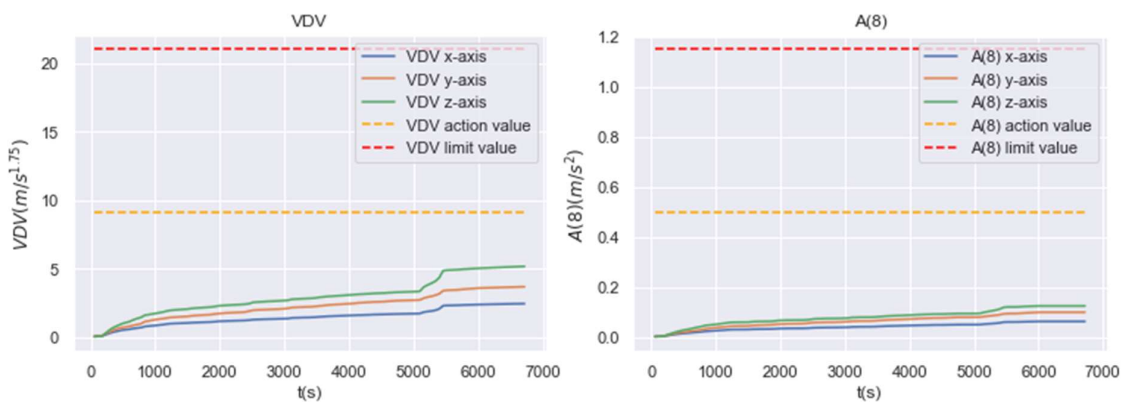
Álagsbreytan mældist sú allra lægsta (0,16) og skv. töflu 3.1 eru líkurnar á hryggaskaða undir 10%. Með jöfnu 22 fékkst að líkur á hryggaskaða voru 0,16% sem er hverfandi lítið og ferðin því talin mjög örugg.

4.2.6 Pacific Guardian



Mynd 4.22: Valin ferð fyrir Pacific Pathfinder. Til vinstri eru hröðunargögnin frá mælitækjum og til hægri er Fouriergreining og hryggsvörin.

Ferð Pacific Guardian's var líka róleg þar sem hröðunargildin halda sér $-2,5$ g til $2,5$ g með einstakir toppar sem ná $7,5$ g og hæsti toppurinn nær $12,5$ g. Skv mynd 4.14 hér að neðan sýnir þar sem VDV né $A(8)$ ná hættumörkum sem tilgreinir að ferðin var líka róleg eins og ferð Pacific Pathfinder's. VDV mældist $5,16 \text{ m/s}^{1.75}$ og $A(8)$ mældist $0,12 \text{ m/s}^2$.



Mynd 4.23: VDV og $A(8)$ ferlar fyrir ferð Pacific Guardian.

Álagsbreytan mældist mjög lág (0,3) og skv. töflu 3.1 eru líkurnar á hryggaskaða undir 10% sem er mjög lágt. Með jöfnu 22 fékkst að líkur á hryggaskaða voru 0,89% og því ferðin talin mjög örugg.

5. Umræður

Út frá könnunum og viðtölum er alveg klárt að flestir sjómenn verða fyrir einhvers konar meiðslum í mjóbaki, fótum, hnjó eða háls. Eins og má sjá á skífuritnu á mynd 4.4 eru um 65% þáttakenda sem urðu fyrir einhverskonar meiðslum. Einnig kom í ljós í niðurstöðum að margir sem svöruðu könnuninni sigldu aðallega á stærri bátum (>24m). Fyrir tilgang verkefnisins hefði verið betra ef fleiri þátttakendur sem sigla á minni og hraðskreiðari bátum (<15m) höfðu svarað könnuninni en það tókst ekki. Hermennirnir voru fyrir verri meiðslum en vinnan þeirra er kröfuharðari og sigla þeir næstum alltaf á háum hraða. *Veteran 4* er þó útlagi þar sem hann varð ekki fyrir neinum meiðslum á 21 ára starfsreynslu sinni en hann var skipstjóri og starfaði aðallega í stærri skipum. Auk þess sat hann alltaf í dempandi sæti meðan hinir hermennirnir sátu á venjulegum hörðum sætum eða voru standandi. Högginn frá öldunum hafa mun minni áhrif á mann um borð í stærri skipum og augljóslega minnkar dempandi sæti högginn ennþá meira.

Út frá VDV og A(8) ferlum er auðséð að VDV fer yfir hættumörk mun hraðar en A(8). Það er vegna þess að VDV er mun næmara fyrir titringum og sérstaklega fyrir höggum. Í ferðum Pacific Guardian og Pacific Pathfinder ná hvorki A(8) né VDV yfir hættumörkin og í ferð RNLI nær VDV aðeins yfir *Action* gildinu en hinar siglingarferðinar ná bæði VDV og A(8) yfir *Limit* gildinu. Líklega er þetta vegna þess að Pacific Guardian og Pacific Pathfinder eru stærri skip eða um 20 metrar á lengd, hröðunarneminn er staðsettur undir sæti skipstjórans og hjá RNLI og Pacific Guardian eru ferðinnar aðeins um 2 klst. Þruma II, Þruma IV, RNLI og Viking Norsafe 1 eru minni bátar, um 10 metrar á lengd og neminn er staðsettur fremst. Það verður meiri hreyfing fremst á skipi en annarstaðar og því er meiri munur á hröðunargildunum.



Mynd 5.1: Þruma IV á ferð og Pacific Pathfinder í höfn.

Niðurstöður VDV og A(8), þ.e. ISO 2631-1:1997, eru í samræmi við niðurstöðurnar út frá ISO 2631-5:2018 staðlinum. Skv. honum voru öruggu ferðirnar einmitt þær sömu og þær

sem A(8) og VDV mældust undir hættumörkum. Eina misræmið sem sést með að rýna í töflu 4.1 er munurinn á Þrumu II og Viking Norsafe 1. A(8) er lægra í Þrumu II ferðinni en álagsbreytan er hærri og þ.a.l. líkur á hryggskaða hærri. Það er líklegast vegna þess að ferðin á Þrumu II var lengri og hefur það meiri áhrif á álgsbreytuna en A(8).

Framsetningin á VDV og A(8) ferlunum er frumgerð af hugbúnaðnum þar sem gögnin voru uppsöfnuð fyrir fram og síðan greint eftir á. Langtíma markmið verkefnisins er að geta tekið inn gögn í rauntíma og hafa niðurstöður til sýnis á skjá sem skipsjóri getur fylgst með í siglingu. Í raun hefur það engin áhrif á niðurstöður að safna gögnum fyrir fram eða í rauntíma en sá eiginleiki er mikilvægur því þá er hægt að láta skipstjórann vita og hæga á sér þegar hann nálgast og fer yfir hættumörk. Fyrir hryggsvörðunina þá er það erfitt að gera mælingar í rauntíma. Það er vegna þess hvernig staðallinn er settur fram að því leiti að hann reiknar uppsafnaðan þrýstiskammt yfir liðið ár eins og var útskýrt í undirkafla 3.5.3. Til þess að meta hverja ferð fyrir sig í rauntíma væri t.d. hægt að forrita aðhvarfsgreiningu sem áætla líkurnar á hryggskaðan í framtíðinni. Hún gæti tekið niðurstöðurnar á fyrstu ferðunum sem einstaklingur siglir á árinu og út frá þeim gert mat á hryggskaða t.d. í lok árs eða jafnvel við starfslok miðað við ákveðnar forsendur. Þessi eiginleiki er einnig hluti af langtíma markmiðum verkefnisins og er eitt af næstu skrefum verkefnisins að ákveða hvernig hann verður framkvæmdur.

6. Lokaorð

Út frá niðurstöðum sést að Whole-body Vibration er vandamál úti á sjó og áhrifin eru meiri á smærri, hraðskreiðari skip og báta þar sem högginn eru mun áhrifameiri. Næstu skref verkefnisins væru að innlima hugbúnaðinn í kerfi Hefring Marine's, finna út úr hvernig best væri að sýna niðurstöður í rauntíma, framkvæma framtíðarspá og aðlaga hugbúnaðinn að þörfum viðskiptavinarins. Með þessum búnaði verður hægt að tryggja öruggara og betra vinnuumhverfi fyrir sjómennina okkar.

Heimildir

- [1] A. Singh, S. Samuel, H. Singh, J. Singh, C. Prakash & Y.K. Dhahi. (2022, Janúar). Whole Body Vibration Exposure among the Tractor Operator during Soil Tillage Operation: An Evaluation using ISO 2631-5 Standard. Research Gate. https://www.researchgate.net/publication/358218160_Whole_Body_Vibration_Exposure_among_the_Tractor_Operator_during_Soil_Tillage_Operation_An_Evaluation_using_ISO_2631-5_Standard
- [2] Anker Jensen & Jørgen Riis Jepsen. (2014, 30. Júní). Vibration on board *and health effects*. Via Medica Journals. https://journals.viamedica.pl/international_maritime_health/article/view/38807
- [3] EU-OSHA. (2019, 15. Nóvember). Work-Related Musculoskeletal Disorders: Prevalence, Costs and Demographics in the EU. European Agency for Safety and Health at Work. <https://osha.europa.eu/en/publications/msds-facts-and-figures-overview-prevalence-costs-and-demographics-msds-europe>
- [4] EU-OSHA. (2022, 07. Febrúar). Prevention of Musculoskeletal Disorders and Psychosocial Risks in the Workplace: EU Strategies and Future Challenges. European Agency for Safety and Health at Work. <https://osha.europa.eu/en/publications/prevention-musculoskeletal-disorders-and-psychosocial-risks-workplace-eu-strategies-and-future-challenges>
- [5] H.-C. Che, W.-C. Chen, Y.-P. Liu, C.-Y. Chen & Y.-T. Pan. (2009, September). Whole-body vibration exposure experienced by motorcycle riders—An evaluation according to ISO 2631-1 and ISO 2631-5 standards. Research Gate. https://www.researchgate.net/publication/222888310_Whole-body_vibration_exposure_experienced_by_motorcycle_riders_-_An_evaluation_according_to_ISO_2631-1_and_ISO_2631-5_standards
- [6] James Dahlhamer, Jacqueline Lucas, Carla Zelaya, Richard Nahin, Sean Mackey, Lynn DeBar, Robert Kerns, Michael Von Korff, Linda Porter & Charles Helmick. (2018, 14. September). Prevalence of Chronic Pain and High-Impact Chronic Pain Among Adults. Centers for Disease Control and Prevention. https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/67/wr/mm6736a2.htm?s_cid=mm6736a2_w
- [7] Jens Wahlström, Lage Burström, P.W. Johnson, Tohr Nilsson & Bengt Järvholm.

- (2018, 31.Mai). *Exposure to whole-body vibration and hospitalization due to lumbar disc herniation*. National Library of Medication. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6060752/>
- [8] Johan Ullman, David Hengst, Ronald Carpenter & Yohan Robinson. (2022, 30. September). Does Military High-speed Boat Slamming Cause Severe Injuries and Disability?. Clinical Orthopaedics and Related Research. https://journals.lww.com/clinorthop/Fulltext/2022/11000/Does_Military_High_speed_Boat_Slamming_Cause.18.aspx
- [9] Lage Burström, Tohr Nilsson & Jens Wahlström. (2014, 12.Ágúst). Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: A systematic review and meta-analysis. Springer Link. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00420-014-0971-4>
- [10] Laura Punnett & David H. Wegman. (2003, 20.nóvember). Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050641103001251?via%3Dihub>
- [11] Professor M.J. Griffin, Dr. H.V.C. Howarth, Mr. P.M. Pitts, Dr. S. Fischer, Mr. U. Kaulbars & Dr. P.M. Donati, Mr. P.F. Bereton. (2008, 28. Nóvember). *Guide to good practice on Whole-Body Vibration*. European Parliament and of the Council on the exposure of workers to the risks arising from physical agents
- [12] Maria L. de la Hoz-Torres, A.J. Aguilar, M.D. Martínez-Aires & D.P. Ruiz. (2021, 4. Apríl). *A methodology for assessment of long-term exposure to whole-body vibrations in vehicle drivers to propose preventive safety measures*. Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437521000499>
- [13] M. Bovenzi, M. Schust & M. Mauro. (2017, 14.Desember). An overview of low back pain and occupational exposures to whole-body vibration and mechanical shocks. La Medicina del Lavora Work, Environment and Health. <https://www.mattioli1885journals.com/index.php/lamedicinadellavoro/article/view/6639>
- [14] M. Liuke, S. Solovieva, A. Lamminen, K. Luoma, P. Leino-Arjas, R. Luukkonen & H. Riihimäki. (2005, 17. Mai). *Disc degeneration of the lumbar spine in relation to overweight*. Nature. <https://www.nature.com/articles/0802974>
- [15] M.-S. Park, T. Fukuda, T.-G. Kim & S. Maeda. (2013, Apríl). Health risk evaluation of whole-body vibration by ISO 2631-5 and ISO 2631-1 for operators of agricultural tractors and recreational vehicles. Research Gate. https://www.researchgate.net/publication/236113468_Health_Risk_Evaluation_of_W

hole-Body Vibration by ISO 2631-5 and ISO 2631-1 for Operators of Agricultural Tractors and Recreational Vehicles

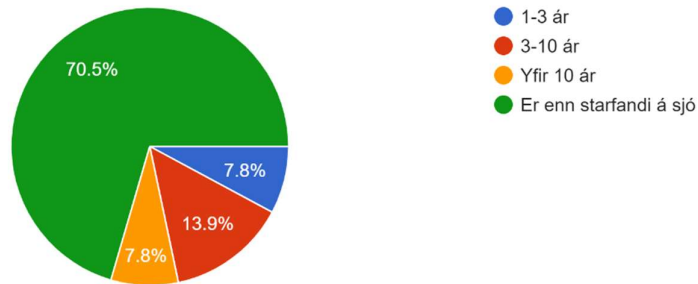
- [16] Nastaran Raffler, Jörg Rissler, Rolf Ellegast, Christian Schikowsky, Thomas Kraus & Elke Ochsmann. (2017, 26. Mai). *Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: A cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements.* Taylor & Francis Online.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00140139.2017.1314554>
- [17] N. Costa, P.M. Arezes & R.B. Melo. (2014, 28. Ágúst). Effects of occupational vibration exposure on cognitive/motor performance. Science Direct.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814114001115>
- [18] Rahman Shiri, Jahr Karppinen, Päivi Leino-Arjas, Svetlana Solovieva & Eira Viikari-Juntura. (2009, 11. December). *The association between obesity and low back pain: A meta-analysis.* Oxford Academic.
<https://academic.oup.com/aje/article/171/2/135/130619?login=false>
- [19] Riccardo Lo Martire, Manudul Pahansen de Alwis, Björn Olov Äng & Karl Garne. (2017, 20. Júlí). Construction of a web-based questionnaire for longitudinal investigation of work exposure, musculoskeletal pain and performance impairments in high-performance marine craft populations. BMJ Journals.
<https://bmjopen.bmj.com/content/7/7/e016006.long>
- [20] Siemens. (2019, 29. Ágúst). Root Mean Square and Overall Level. Siemens.
<https://community.sw.siemens.com/s/article/root-mean-square-rms-and-overall-level>
- [21] Victor Hurpin, Sébastien Peyrefitte, Xavier Ruby & Yann Daniel. (2020, 10. Nóvember). *Musculoskeletal diseases among French military high-speed boat pilots.* Taylor & Francis Online.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19338244.2020.1841720?journalCode=vaeh20>
- [22] Zhao, X.; Schindler, C. (2020, 4. Júní). Evaluation of whole-body vibration exposure experienced by operators of a compact wheel loader according to ISO 2631-1: 1997 and ISO 2631-5: 2004.
https://www.researchgate.net/publication/266857946_Evaluation_of_whole-body_vibration_exposure_experienced_by_operators_of_a_compact_wheel_loader_according_to_ISO_2631-11997_and_ISO_2631-52004

Viðauki

Viðauki 1 – Svör við könnuninni

Hvað er langt síðan þú hættir á sjó?

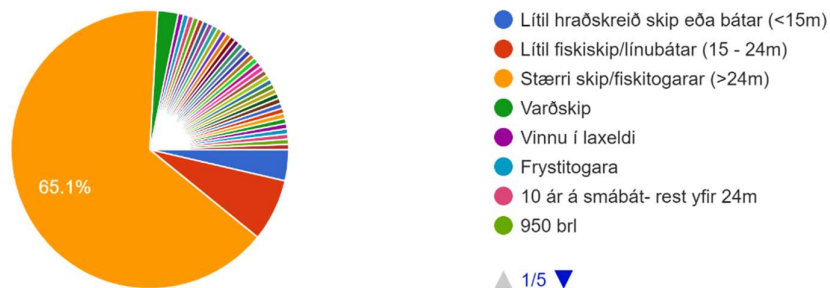
166 responses



Mynd 7.1: Skifurit af svörum úr spurningu 1 úr könnuninni

Hverskonar báta eða skip siglir þú mest á?

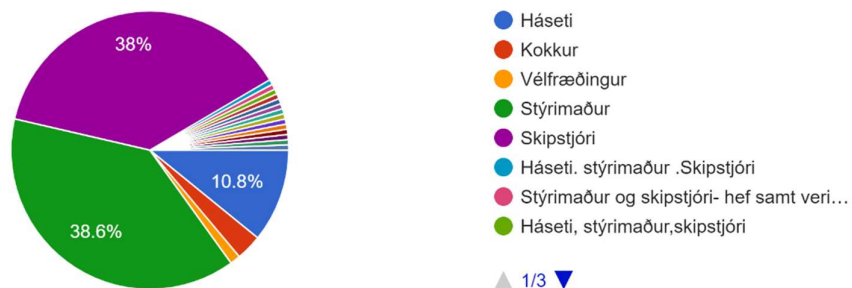
166 responses



Mynd 7.2: Skifurit af svörum úr spurningu 2 úr könnuninni

Hvernig starfi gegnir þú úti á sjó?

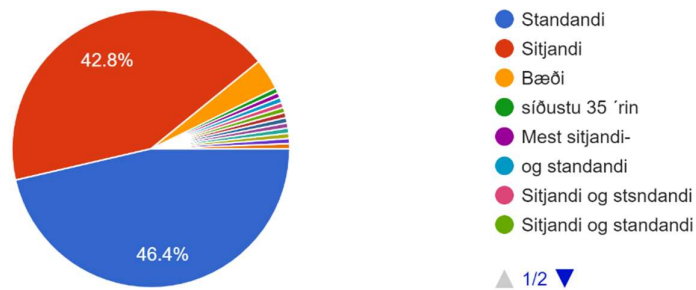
166 responses



Mynd 7.3: Skifurit af svörum úr spurningu 3 úr könnuninni

Hvernig líkamsstöðu ertu oftast í úti á sjó?

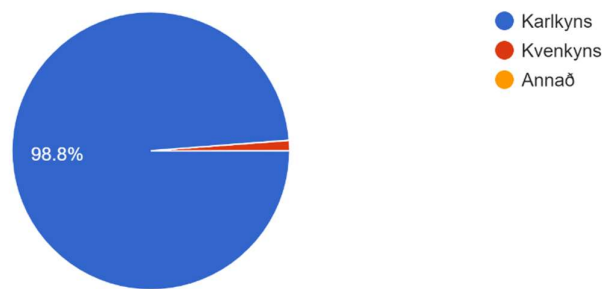
166 responses



Mynd 7.4: Skifurit af svörum úr spurningu 4 úr könnuninni

Hvaða kyn ertu?

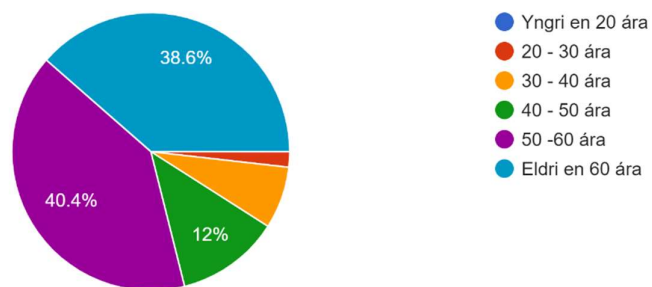
166 responses



Mynd 7.5: Skifurit af svörum úr spurningu 5 úr könnuninni

Hvað ertu gamall/gömul?

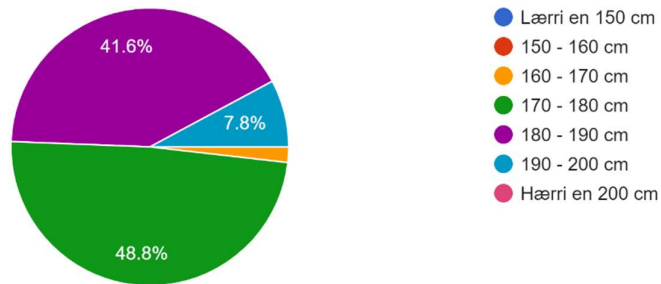
166 responses



Mynd 7.6: Skifurit af svörum úr spurningu 6 úr könnuninni

Hvað ertu hár/há

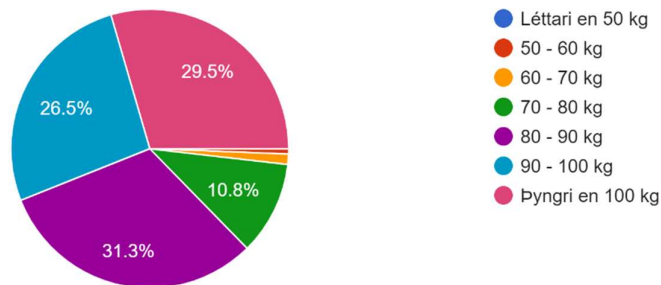
166 responses



Mynd 7.7: Skifurit af svörum úr spurningu 7 úr könnuninni

Hvað ertu þungur/þung?

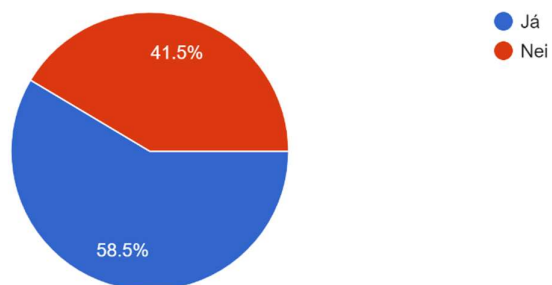
166 responses



Mynd 7.8: Skifurit af svörum úr spurningu 8 úr könnuninni

Stundar þú einhverjar íþróttir eða líkamsrækt?

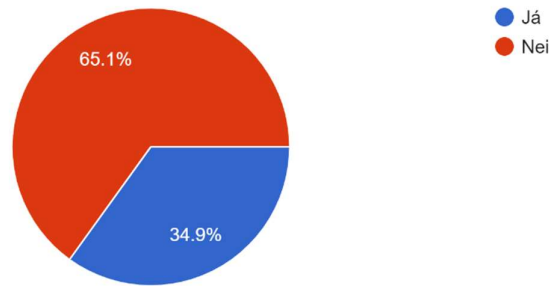
164 responses



Mynd 7.9: Skifurit af svörum úr spurningu 9 úr könnuninni

Hefur þú undirliggjandi sjúkdóma í stoðkerfi líkamans?

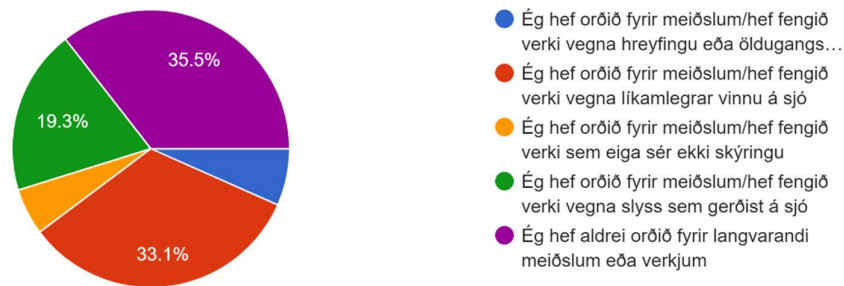
166 responses



Mynd 7.10: Skifurit af svörum úr spurningu 10 úr könnuninni

Þegar eða eftir að þú byjaðir að vinna á sjó, hvað á best við um þig? (Átt er við meiðsl/verki í stoðkerfi líkamans)

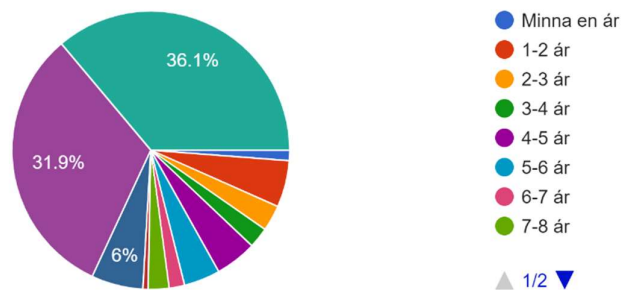
166 responses



Mynd 7.11: Skifurit af svörum úr spurningu 11 úr könnuninni

Hversu lengi sigldir þú á sjó þangað til að þú varst fyrir meiðslum eða fannst fyrir verkjum?

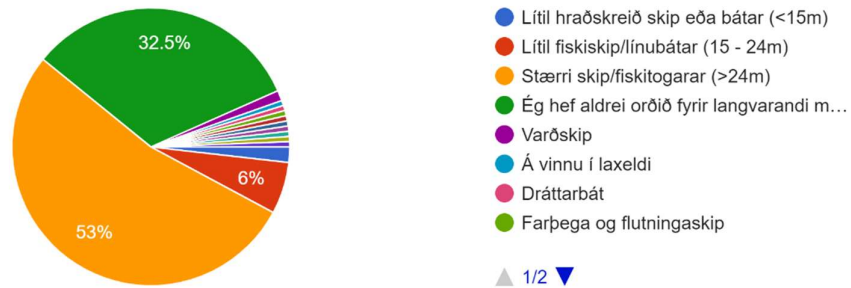
166 responses



Mynd 7.12: Skifurit af svörum úr spurningu 12 úr könnuninni

Hverskonar bát varst þú fyrir meiðslum eða fannst fyrir verkjum?

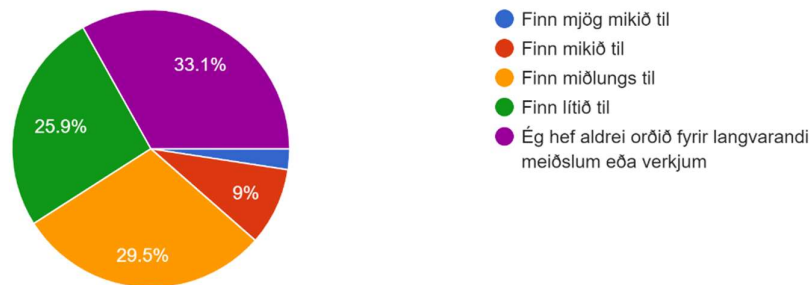
166 responses



Mynd 7.13: Skifurit af svörum úr spurningu 13 úr könnuninni

Hversu mikið finnur þú fyrir verkjunum?

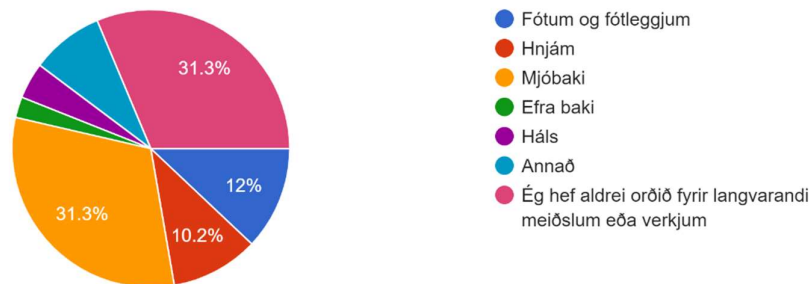
166 responses



Mynd 7.14: Skifurit af svörum úr spurningu 14 úr könnuninni

Hvar finnur þú mest fyrir verkjum/ópægindum?

166 responses



Mynd 7.15: Skifurit af svörum úr spurningu 15 úr könnuninni

Hverskonar meiðsli eða verkir eru hrjá þig?

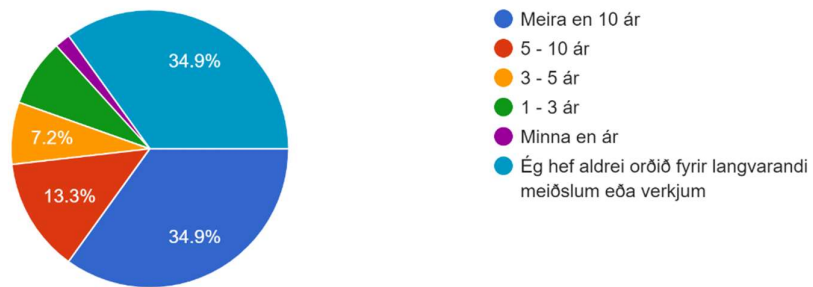
166 responses



Mynd 7.16: Skifurit af svörum úr spurningu 16 úr könnuninni

Hversu lengi ertu búinn að vera með þessi óþægindi?

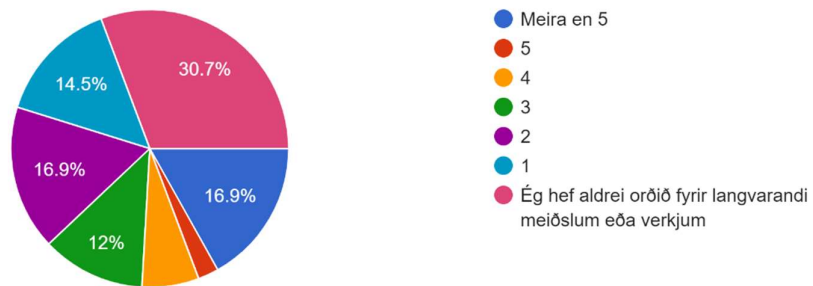
166 responses



Mynd 7.17: Skifurit af svörum úr spurningu 17 úr könnuninni

Hversu margar áverkanir hafa verið skoðaðar af lækni?

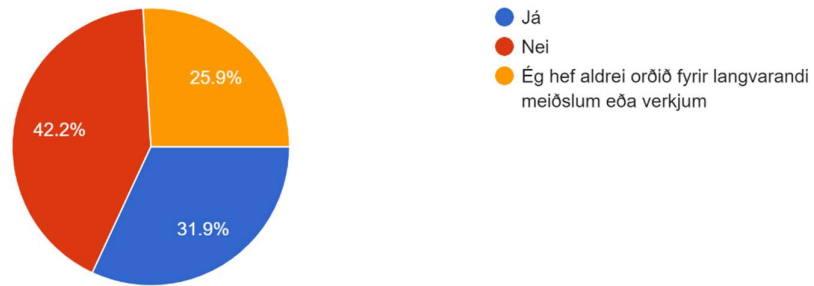
166 responses



Mynd 7.18: Skifurit af svörum úr spurningu 18 úr könnuninni

Hefur þú þurft að fara í aðgerð vegna þessa áverkana?

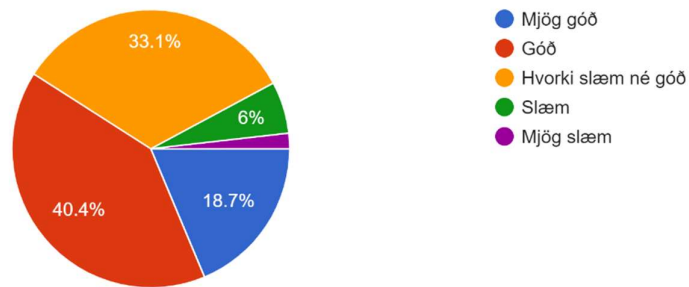
166 responses



Mynd 7.19: Skifurit af svörum úr spurningu 19 úr könnuninni

Hvernig myndir þú meta líkamlega heilsu þína?

166 responses



Mynd 7.20: Skifurit af svörum úr spurningu 20 úr könnuninni

Viðauki 2 – Svör við viðtalsspurningum

1. How old are you?
 - Veteran 1 - 45 years old
 - Veteran 2 - 35 years old
 - Veteran 3 – 26 years old
 - Veteran 4 – 45 years old
2. How tall are you?
 - Veteran 1 – 180 cm
 - Veteran 2 - 183 cm
 - Veteran 3 – 175 cm
 - Veteran 4 – 183 cm
3. What is your weight?
 - Veteran 1 - 103 kg
 - Veteran 2 - 95 kg
 - Veteran 3 – 75 kg
 - Veteran 4 – 100 kg
4. Did you ever sustain any injury/injuries onboard a high-speed boat? How many injuries:
 - Veteran 1 - Too many to count.
 - Veteran 2 - Yes, 4 disk in lower back. Chronic, takes meds, epidural shots to relieve pain
 - Veteran 3 – Knees and lowerback
 - Veteran 4 – No, minor injuries , cuts and bruises from instability cause of sea state
5. How old were you when you started to serve on high speed boats?
 - Veteran 1 - 22-23 years old
 - Veteran 2 - Joined the coast guard in 2008. 13 -19 years sailing skitboat wayfare boats in relative good conditions
 - Veteran 3 – 18 years old
 - Veteran 4 – 25 years old
6. Can you recall at what age you sustained your first significant injury onboard a high-speed boat?
 - Veteran 1 - Tailbone injury at 24 years old
 - Veteran 2 - 24 years old
 - Veteran 3 – Around 21 years old
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
7. How long did you serve onboard high-speed boats?
 - Veteran 1 - 18 years
 - Veteran 2 - 11 years active duty, full program, continuous schedule. Reserve 4 years
 - Veteran 3 – 6 years and 10 months

- Veteran 4 – 21 years
8. In what capacity did you serve on high-speed boats?
- Veteran 1 - Mechanic (first 5 years), Law enforcement
 - Veteran 2 - Boat operator
 - Veteran 3 – Boat crewman, boat engineer and tactical boat crewman
 - Veteran 4 – Boat operator
9. Did you ever deploy on high-speed boats?
- Veteran 1 - Yes
 - Veteran 2 – Yes
 - Veteran 3 – No
 - Veteran 4 - Yes
10. What was your typical work during your deployment?
- Veteran 1 - Mechanic, Search and rescue, high-speed pursuit
 - Veteran 2 - Search and rescue and law officer: high speed pursuits
 - Veteran 3 – Maintenance, search and rescue and escort missions(cruise ships, oil tankers, warships)
 - Veteran 4 – Security, high profile events, safety protection
11. On which boat types did you serve and for how long?
- Veteran 1 - 21ft inflatable, 25ft RHIB and 41 ft UTB (Mostly this one)
 - Veteran 2 - 2008-2012 zodiac RIB 19 ft deployed from a ship; dropped, 2012-2015 safe boat 30 ft long, metal shark 30ft, 49ft boat: slow, airboat (fan boat): very fast – ice rescue – viftur aftan á 60-70 MPH, 2015 – 2019: same safe boat, metal shark, RBM
 - Veteran 3 – 4 ft response boat medium (6 years and 10 months) and 29ft response boat small (6 years and 10 months)
 - Veteran 4 – 25ft, 29ft, and 45ft response boats for 12 years then into bigger ships
12. On which boat type did you sustain an injury and to which part of the body?
- Veteran 1 - All of them, knees, shoulders and tailbone
 - Veteran 2 - In 2013 metalshark 30ft, lower back, TAMB26
 - Veteran 3 – Sustained injury in the back from the 29 ft boat and knees from the 45 ft boat
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries but talks about colleges that have sustained injuries because they didn't have shock absorbant seats
13. Did any of these injuries lead to sick leave or prevent you from participating in training or real-world missions?
- Veteran 1 - Yes (because of the knee injuries)
 - Veteran 2 - Yes, 1 week home and 5-6 desk work
 - Veteran 3 – Not yet
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
14. What was the immediate cause of injury?
- Veteran 1 - High speed chasing, Repeated shocks

- Veteran 2 - Lifting heavy gear onto the dock
 - Veteran 3 – On the 45 ft boat in tactical maneuvers at 20-30 knots, strapped to the bow where the gun is.
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
15. Can you describe the types of injury - fracture, dislocation, disc rupture, strain, tear, fracture, dislocation, concussion, etc.?
- Veteran 1 - Strain and tear in both shoulders, wrists and knees
 - Veteran 2 - Bulging disks in generative disk disease, Cause pain all the way to the feet, numb in the feet
 - Veteran 3 – A lot of strain on the knees and doesn't know exactly for the back
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
16. Did any impact sustained onboard affect or impair your capacity to do your job underway?
- Veteran 1 - Yes, knees mostly.
 - Veteran 2 - Yes, two more time over 6 years, trouble walking
 - Veteran 3 – No
 - Veteran 4 - No
17. How many injuries were examined by a medical professional?
- Veteran 1 - Knees, shoulders, tailbone
 - Veteran 2 – Lower, 20 times
 - Veteran 3 – In the process at getting his knees looked at
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
18. Have you ever had surgery for injuries sustained onboard while on active duty?
- Veteran 1 - No
 - Veteran 2 – No
 - Veteran 3 – No
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
19. Did you have surgery after your military career for a condition related to your high-speed boat operations?
- Veteran 1 - 3 knee surgeries and 1 per shoulder
 - Veteran 2 - Surgery rejected for health risks. Maybe later
 - Veteran 3 – No
 - Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
20. Were you ever knocked unconscious while underway onboard a high-speed boat?
- Veteran 1 - No
 - Veteran 2 – No
 - Veteran 3 – No
 - Veteran 4 – No
21. Do you live with constant or recurring pain?
- Veteran 1 - Yes
 - Veteran 2 - Yes, 10 years
 - Veteran 3 – Yes, knees and back

- Veteran 4 – Hasn't sustained any major injuries
22. Do you live with reduced mobility, and if yes, for how long?
- Veteran 1 – Yes, knees and shoulders
 - Veteran 2 - Yes, 10 years
 - Veteran 3 – Some days
 - Veteran 4 - No
23. Do you use any pain medication for a condition related to an impact-induced injury?
- Veteran 1 – No, just physiotherapy
 - Veteran 2 – Yes
 - Veteran 3 – No
 - Veteran 4 - No
24. Did you ever experience mental capacity impairments because of exposure to an impact?
- Veteran 1 - No
 - Veteran 2 – No
 - Veteran 3 – Couple times after taking a very bad wave at 30+ knots.
(operator error)
 - Veteran 4 - No
25. How do you perceive your general health?
- Veteran 1 – Good – Because of consistent therapy
 - Veteran 2 - Fair, right down to middle
 - Veteran 3 – Overall good
 - Veteran 4 - Good
26. Did you ever choose to stand instead of sitting down to withstand an expected impact?
If so, on what type of craft?
- Veteran 1 – Depends. Wasn't really much of a choice
 - Veteran 2 - Yes, but it was better to sit because of shock absorbent seats but gives up visibility
 - Veteran 3 – Yes, the 29 ft boat
 - Veteran 4 – No clear answer
27. If there is anything that you would like to change in boating operations, what would it be?

Veteran 2

- Getting high quality shock absorbing seats
- Height of the seats should be higher to see better þurfa ekki að standa
- comfort level should be tested
- 3-ft high waves, 30 knots 3 hours

Veteran 3

- Better shockwave seats on the 29 foot boat, the seats should be tested more

Veteran 4

- Tunnel vision, very quick to respond, in San Diego involving another board, they wanted to respond very quick, not thinking about the safety of rescuers first
- 4 point-Harnesses to avoid ejection, high speed turn tactics
- Front seat damping seats 2004/2005
- Back seats not damping