



PANSSARIVAUNUAJO-OPET- TAJAN ASTINLAUDAN SUUN- NITTELU

Toimittaessa MT-LB/V -kalustolla

Matti Hietaranta

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2019

Konetekniikka
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotekehitys

HIETARANTA, MATTI:

Panssarivaunuajo-opettajan astinlaudan suunnittelu,
toimittaessa MT-LB/v -kalustolla

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Marraskuu 2019

Suomen puolustusvoimien yksi tehtävistä on turvata valtion maa- ja vesialueiden koskemattomuus. Tämä saadaan toteutettua palkatusta henkilökunnasta, varusmiehistä ja reserviläisistä koostuvalla organisaatiolla. Varusmiehille annettavaan sotilaskoulutukseen yhtenä osana kuuluu panssarivaunumiehistöjen koulutus. Koulutusta voivat antaa vain siihen erikseen koulutetut henkilöt eli panssarivaunuajo-opettajat. Opinnäytetyön keskiössä on ajo-opettajan työ ja siihen liittyvät riskit. Tässä työssä käsitellään vaunukalustoa, joka on venäläisvalmisteinen miehistönkuljetusvaunu MT-LB/v.

Puolustusvoimat käyttää vuosittain määrärahoja työntekijöidensä suojelemiseksi työn vaaroilta ja haitoilta. Riskikartoituksen perusteella opinnäytetyön tekijä päätti ratkaista yhden edelleen haitallisella tasolla olevan riskin. Ajo-opettajat kärsivät tutkimuksien mukaan iskuista ja tärinäistä johtuvista tuki- ja liikuntaelinvammoista. Vammat aiheuttavat vuosittain useita sairauspoissaoloja. Suunniteltavan apuvälineen eli astinlaudan on tarkoitus poistaa tai ainakin vähentää tärinöiden ja iskujen vaikutusta ajo-opettajiin. Astinlaudan tavoite on lisätä työturvallisuutta ja vähentää haitallisista rasituksista johtuvia sairauspoissaoloja.

Työlainsäädäntö määrittelee raja- ja toiminta-arvot työstä johtuville tärinöille ja iskuille. Vuonna 1986 tehtyjen tärinämittauksien perusteella kyseessä olevassa vaunussa miehistö altistuu terveydelle haitallisille tärinöille ja iskuille. Nykyään maanpuolustustyöhön ei sovelleta työturvallisuuslakia, jossa työnantajalle määritellään velvollisuudet ja toimenpiteet työntekijöiden suojelemiseksi. Opinnäytetyön tekijä haluaa työllään herättää keskustelua työsuojelun tarpeellisuudesta tasavertaisesti kaikissa töissä.

Opinnäytetyön tavoite on astinlaudan suunnittelun ja valmistuksen perustutkimus. Astinlaudalle tilaajan määrittelyt teki Panssariprikaati. Määrittelyjen perusteella hahmoteltiin astinlauta. Varsinaiset tekniset piirustukset ja prototyypin kokoonpano rajattiin pois tästä opinnäytetyöstä. Edellä mainittuja asioita käsitellään opinnäytetyön viimeisessä luvussa, jossa esitellään jatkotutkimukset ja suunnittelun loppuunsaattamiseksi vaadittavat työt. Puolustusvoimien henkilöiden henkilöllisyys on salattu tutkimusluvan mukaisesti.

Asiasanat: tuotekehitys, riskianalyysi, työturvallisuus, puolustusvoimat, panssarivaunuajo-opettaja

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

HIETARANTA MATTI:
Design of Footboard for Tank Instructor,
Tank Model MT-LB/v

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 5 pages
November 2019

One of the main tasks for the Finnish Defense Force is to secure the territory and immunity of the sea, airspace and land areas belonging to Finland. This can be done with organization consisting of hired personnel, conscripts and reservists. As one part of the military training provided to conscripts is training of tank crews. Training can be organized only by specially trained tank instructors. This thesis focuses on the tank instructor's work and the physical risks it involves. The tank referred to in this thesis is the Russian manufactured armored personnel carrier MT-LB/v.

The Defense Force allocates funds annually for protecting employees from work related dangers and harms. Based on risk assessment, one potentially harmful risk was examined in this study. According to research, tank instructors suffer orthopedic injuries caused by hits and vibrations. Injuries result in several personnel sick leave periods yearly. The purpose of the footboard designed in this study is to mitigate or at least minimize the effect of hits and vibrations to tank instructors. The footboard provides better work safety and reduces the number of sick leaves caused by harmful physical stress.

Occupational legislation defines the limits and acceptable values for work related vibration and hits. Based on the vibrations tests done for this type of tank in 1986, the crew is exposed to health threatening hits and vibrations. Today, occupational legislation is not applied to work in the Defence Force when it comes to employers' responsibility and actions in protecting employees. The author of this thesis wishes to promote discussion about the necessity of occupational safety equally in all jobs.

The aim of this thesis was to provide basic research for design and manufacturing of the footboard. The Armoured Brigade presented specifications for the footboard. The actual footboard was then drafted based on these specifications. Technical drawings and prototype assembly were excluded from this work. They are addressed in the last paragraph of this thesis where additional researches and tasks required to complete the design work are presented. The identity of all Finnish Defence Force personnel involved in this thesis is omitted in accordance with the research licence.

Key words: product development, risk analysis, work safety, finnish defence force, tank instructor

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SUUNNITTELUN PERUSTEET	6
	2.1 Panssariprikaati.....	6
	2.1.1 Tilaajan määrittelyt	7
	2.2 Panssariajo-opettajan työ.....	8
	2.2.1 Panssariajo-opettajan työn riskianalyysi.....	12
	2.3 Tärinä ja iskut.....	13
	2.3.1 Työnantajan vastuut ja raja-arvot	15
3	ASTINLAUDAN SUUNNITTELU	18
	3.1 Suunnittelun aloitus.....	18
	3.1.1 Analysointi ja arviointi	19
	3.2 Tilaajan määrittelyihin vastaaminen	19
	3.3 Mallinnus.....	23
	3.4 FEM-analyysi	24
4	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
	4.1 Yleisesti.....	26
	4.2 Ajo-opettajan astinlauta.....	27
	4.3 Jatkotutkimusten ja suunnittelun loppuunsaattamiseksi tarvittavien töiden esittely	28
	LÄHTEET	29
	LIITTEET	31
	Liite 1. Ajo-opettajan työn riskianalyysitaulukko	31
	Liite 2. Ajoviiman vaikutukset.....	33
	Liite 3. Haitallisimmat tärinät	34
	Liite 4. Morfologinen analyysitaulukko	35

1 JOHDANTO

Kelan tilastojen mukaan työperäiset tuki- ja liikuntaelin vammat ja eritasoiset vauriot aiheuttavat vuosittain tuhansia sairauspoissaolopäiviä tai päiviä, jolloin työntekijä ei kykene hoitamaan ensisijaisia tehtäviään tehokkaasti (Oksanen 2018). Puolustusvoimien työtehtävät eivät eroa tässä mielessä perinteisistä siviiliammateista. Varusmieskoulutusta antavien työpisteiden työtehtävät ovat pääsääntöisesti fyysisiä ja altistavat työntekijät erilaisille rasituksille. Pitkät ajat poissa kotoa perheen luota, vastuu alaisten palvelusturvallisuudesta ja vaihtelevat olosuhteet ulkona tehtävissä töissä ovat vain muutamia esimerkkejä ammattisotilaiden työsäännön kokemista rasituksista. Kovassa ja pitkäkestoisessa fyysisessä rasituksessa työntekijän elimistö on vaarassa vammautua hetkellisesti tai jopa pysyvästi. Tämän opinnäytetyön tekijä on toiminut erilaisten panssariajoneuvojen ja vaunujen ajo-opettajana vuodesta 2004. Vaunun kyydissä vietettyjä kilometrejä hänellä on arviolta n. 40 000. Kaikkien yleisimpien varusmieskoulutuksen parissa toimivien työntekijöiden kokemien rasituksien lisäksi ajo-opettaja altistuu eri laatuksille tärinöille ja voimakkaille kiihtyvyyksille.

Opinnäytetyön aihe syntyi ajo-opettajan työn vaikutuksista opinnäytetyön tekijän omaan kehoon sekä havainnoista ja ideoista siitä, kuinka vaikutuksia olisi mahdollista torjua. Tämän opinnäytetyön tavoite on toimia perustutkimusmateriaalina ajo-opettajan apuvälineen prototyypin valmistukselle ja testaamiselle. Työ kerää yhteen keskeisimmät perustelut kyseisen laitteen tarpeellisuudesta ja hahmottelee vaihtoehtoja astinlaudan konstruktiolle sekä määrittelee suunnittelun jatkotoimet. Perusteluina työssä käytetään yleistä työlainsäädäntöä, asetuksia ja ajo-opettajan työn riskikartoitusta. Konstruktiolahmotelmat käsitellään perinteisillä tuotekehityksen suunnittelutyökaluilla, aivoriihestä morfologiseen analyysiin ja painoarvotaulukoinnista 3D mallintamiseen. Astinlaudan suunnittelussa otetaan huomion tilaajan työmäärittelyt.

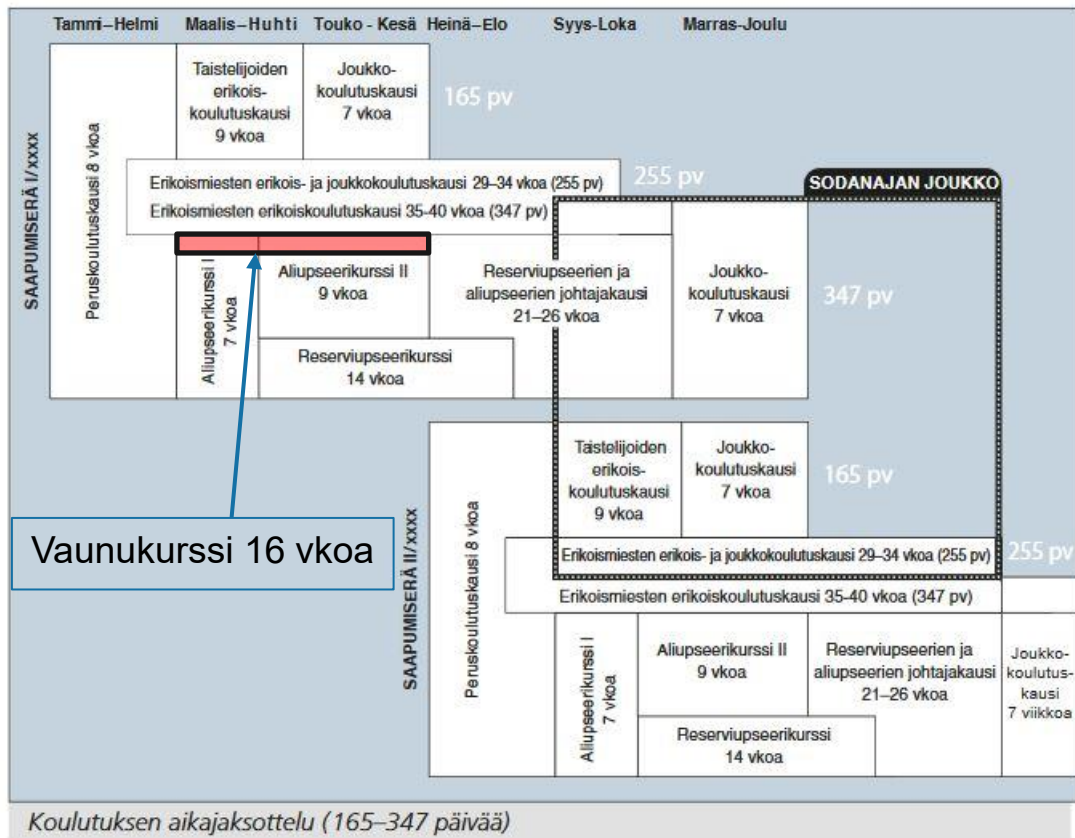
2 SUUNNITTELUN PERUSTEET

Aloitettaessa uuden tuotteen suunnittelu tai vanhan tuotteen kehittäminen tulee suunnittelijalla olla tarkka tieto työn tavoitteista. Epämääräiset ohjeet tai kuvitelmat työn päämäärästä johtavat usein ei toivottuun lopputulokseen tai kohtuuttoman suuriin taloudellisiin kustannuksiin. Suunnittelu- /kehitystyön pohjana tulee taustalla olla aina myös aito tarve. Tässä luvussa käydään läpi kehityskohteena olevan ajo-opettajan astinlaudan suunnittelun tarve ja perusteet.

2.1 Panssariprikaati

Panssariprikaati on yksi Suomen puolustusvoimien maavoimien joukko-osastoista. Prikaati sijaitsee Parolannummella lähellä Hämeenlinnaa. Panssariprikaati kouluttaa varusmiehiä vuosittain n. 2600 ja reserviläisiä n. 3000 sodan ajan joukkoihinsa. Prikaati tuottaa mm. henkilöstöt mekanisoituihin ja moottoroituihin taisteluosastoihin. Mekanisoitujen taisteluosastojen kalustoon kuuluu suuri määrä erilaisia ja erikokoisia panssarivaunuja. (<https://maavoimat.fi/panssariprikaati>)

Vaunumiehistöiksi valikoituneiden varusmiesten palvelusaika on pääsääntöisesti 347 vuorokautta (kuvio 1). Erillistapauksissa esimerkiksi lataajat palvelevat 165 vuorokautta. Aluksi kaikki varusmiehet suorittavat peruskoulutuskauden (P-kausi) harjaantuen sotilaiden perustaidoissa. Näihin kuuluvat mm. yksittäisen taistelijan sekä ryhmätason tiedot ja taidot. 8-viikkoisen P-kauden lopulla tehtävien jatkokoulutusvalintojen perusteella vaunukurssille valikoidaan halukkuuden ja kykyjen perusteella sopivimmat varusmiehet. (<https://varusmies.fi/palveluksessa>) Pelkkä halukkuus ei vaunukurssille pääsyyn riitä, vaan tullakseen valituksi kurssille, tulee varusmiehen täyttää tietyt kriteerit. Esimerkiksi törkeät rikkomukset tieliikennelakia kohtaan tai riittämätön näkökyky ovat karsivia tekijöitä. Telaalustaisen vaunukaluston kurssille valittavan on täytettävä ajokorttilain 18 §:n 1 momentin kohdissa 1 ja 2 tarkoitettua ryhmän 2 kuljettajaa koskeva näkövaatimus. (HK895, s. 15)



KUVIO 1. Varusmiespalveluksen jaksotus (varusmies.fi/varusmiesopas 2018)

2.1.1 Tilaaajan määrittelyt

Ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista opinnäytetyön tekijä ja tilaaajan roolissa toimiva Panssariprikaatissa työskentelevä teknikkokapteeni pitivät 2.11.2018 palaverin, jossa määriteltiin vaatimukset ja tavoitteet suunnittelutyön lopputuloksesta. Määrittelyt luetellaan taulukossa 1. Palaverin yhteydessä käytiin myös tutustumassa muissa vaunutyypeissä (taistelupanssarivaunu Leopard 2 ja rynnäköpanssarivaunut CV90/30 sekä BMP-2) jo käytössä oleviin tärinän- ja iskunvaimennustekniikoihin. Muut vaunutyyppit olivat huomattavasti uudempia kuin kehityskohteena oleva MT-LB/v miehistönkuljetuspanssarivaunu. Uudemmissa vaunutyypeissä, Leopard 2 ja CV90/30, valmistaja on jo ottanut huomioon ajo-neuvon miehistöä rasittavat tärinät ja iskut, jotka aiheutuvat pääsääntöisesti ajamisesta epätasaisella alustalla. Miehistön istuimet on varustettu esim. jousilla, iskunvaimentimilla tai kumisilla eristeillä vähentämään iskuja ja tärinöitä. Huomatavasti vanhemmissa BMP-2 ja MT-LB/v vaunutyypeissä näitä ei ollut.

TAULUKKO 1. Tilaajan määrittelyt (Teknikkokapteeni 2018)

Rakenne metallia (vastaava kestävyys → muut vaihtoehdot)	Tärinä-/iskuvaimennettu (ainakin yleisen koordinaatiston y-suunta)
Säädettävä eri mittaisille ajo-opettajille (yleisen koordinaatiston y-suunnassa 2-3 asentoa)	Kestää max. 120 kg painoisen ajo-opettajan
Irrotettava / helppo asennus (yhden henkilön asennus)	Liukesteinen pinta laudassa (kuviointi, materiaalivalinta ja muoto)
Asennuspaikan luukun käytön mahdollistaminen (melkein kiinni asentoon ja täysin auki)	Laudassa liukesteinen reunus (korotettu reunus estämään jalan lipeämisen kokonaan pois laudalta)
Kulku vaunuun mahdollista	Lauta ritilätyyppinen (lika/vesi pääsee valumaan sen läpi)
Kulku vaunun sisällä mahdollista (ohjaamo-kuljetustila)	Tuettu yleisen koordinaatiston x-, y- ja z-suunnissa
Käy kaikkiin MT-LB/v mallisiin vaunuihin (säätö/toleranssit)	Luukun reunojen pehmuste ja ”istu-in” optiot

2.2 Panssariajo-opettajan työ

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltava vaunukurssi ja ajo-opettajan työ ovat MT-LB/v -kalustolla järjestettävä ja ajajan sekä johtajan erityislupaan tähtäävä koulutusjakso. Erityislupakurssi kestää yhteensä 16 viikkoa (kuvio 1), joka pitää sisälleen myös vaununjohtajiksi koulutettaville panssarialiupseerikurssin. Läpäistyään kurssin varusmiehille myönnetään erityislupa, joka oikeuttaa kyseessä olevan vaunun ajamiseen tai johtamiseen omatoimisesti ilman henkilökunnan tai ajo-opettajan valvontaa. Omatoimisuudella tässä tarkoitetaan sitä, ettei henkilökunnan tarvitse olla vaunun kyydissä sen ollessa liikkeellä vaan riittävä valvonta voidaan suorittaa etänä esimerkiksi maastohenkilöautosta tai jalkaisin maastosta käsin. (Yliluutnantti A 2019)

Panssarivaunumiehistöjen kouluttamiseen tarvitaan erikoiskoulutettuja kouluttajia. Panssariajo-opettajaksi päästäkseen henkilökuntaan kuuluvan tulee ensiksi läpäistä hyväksytysti Maanpuolustuskorkeakoulun käyttäytymislaitoksen laatima

soveltuvuuskoe ja sen jälkeinen ajo-opettajakurssi. Soveltuvuuskokeessa testataan hakijan kykyä toimia vaativassa työtehtävässä. Pääsyvaatimukset itse ajo-opettajakurssille ovat vähintään 12 kk ennen kurssin alkua myönnetty ja voimassa oleva ajaja- ja johtajaoikeus sille panssariajoneuvolle, jolle opettajakoulutus annetaan. Hakijalla tulee olla myös voimassa oleva puolustusvoimien BC-luokan ajokortti. (HK1115, 6–7)

Ajo-opettajakurssin lähiopetus kestää 3 viikkoa sisältäen mm. panssarivaunujen teknistä tietoa, lainsäädäntöjä ja erilaisia määräyksiä sekä ohjeita liittyen vaunujen käyttöön puolustusvoimissa. Lähiopetuksen teorian ohessa kurssilaiset harjaannutetaan tekemään myös käytännön töitä vaunuilla, ajamaan ja johtamaan vaunua sekä opettamaan edellä mainittuja asioita. Kurssin seuraava ja viimeinen vaihe on ns. työharjoittelu, jossa oppilaat pääsevät harjoittelemaan tarvittavia taitoja käytännössä viralliselle vaunukurssille. Oppilaiden mentoreina ja valvojina toimivat vanhemmat ja kokeneemmat ajo-opettajat. Lopuksi oppilaat osoittavat tietonsa kokeilla ja taitonsa käytännön suoritteilla, jotka arvostellaan tarkalla asteikolla. Ajo-opettajatutkinto koostuu seuraavista osa-alueista; ajamis- ja johtamisnäytteistä, ajo-opetus- ja teoriaopetusnäytteistä sekä kirjallisesta kokeesta. (HK1115, liite 3)

Ajo-opettajien vastuulla on erityislupakurssin aikana kouluttaa varusmiehille vaadittavat perustaidot panssarivaunujen ajamisesta ja johtamisesta. Tärkeänä osana koulutusta ovat myös vaunun yleinen käyttö ja käyttäjän suorittamat huollot sekä tarkastukset. Erityislupakurssin opetus tulee sisältää vähintään taulukossa 2 esitetyt tuntimäärät.

TAULUKKO 2. Opetuksen vähimmäismäärät (HK895, liite 2)

	LIIKENTEEN TEORIA	RAKENNE- JA KÄSITTELY- KOULUTUS	TUNTEJA YHTEENSÄ	MAASTOAJO	MAANTIEAJO	PIMEÄAJO	TUNTEJA YHTEENSÄ
	TUNTIA	TUNTIA		TUNTIA	TUNTIA	TUNTIA	
Varusmieskoulutuksessa							
JOHTAJA	15	122	137	3	2	1 ⁽²⁾	6
AJAJA	15	122	137	3	2	1 ⁽²⁾	6
Henkilökunnan perusopetustilaisuus							
JOHTAJA	20	172	192	3	2	1 ⁽²⁾	6
AJAJA	20	172	192	3	2	1 ⁽²⁾	6
Henkilökunnan jatko-opetustilaisuus							
JOHTAJA	5	125	130	3 ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	1 ⁽²⁾	6
AJAJA	5	125	130	3 ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	1 ⁽²⁾	6
(1) Henkilökunnan jatkokoulutuksessa voidaan maasto-, maantie- ja taajama-ajo koulutusta vähentää yhdellä tunnilla.				(2) Pimeäajosta väh 0,5 h normaaliarvoon maantiellä ja väh 0,5 h pimeänäkölaittein maastossa, jos sellaiset ovat psajon:ssa.			

Erityislupakurssin läpivienti suunnitellaan yhteistoiminnassa työpisteen (komppanian/vast.) muun henkilökunnan sekä lukuisten muiden yhteistyötahojen, esimerkiksi varusvaraston, asevaraston, liikuntatiloja hallinnoivien henkilöiden kanssa. Pakollisten tuntimäärien (taulukko 2) lisäksi vaunukurssi pitää sisällään myös yleissotilaallista koulutusta esim. sulkeisjärjestysharjoituksia, liikuntaa ja johtaja- ja kouluttajakoulutusta. Läpiviennin hyväksyy joukko-osaston komentaja. Läpivientisuunnitelman pohjalta lopuksi laaditaan viikoittaiset viikko-ohjelmat, joista kurssilaisille ilmenee jokaisen kurssin aikaisen palveluspäivän ohjelma 5 minuutin tarkkuudella. Läpiviennin ja viikko-ohjelmien mukaisen koulutuksen kurssilaisille antavat henkilökuntaan kuuluvat kouluttajat ja vanhemman saapumiserän apukouluttajat, joilla on jo suoritettuna vastaava erityislupakurssi. Kouluttajat voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan; rakennekouluttajiin ja ajo-opettajiin. Rakennekouluttajat eroavat ajo-opettajista siten, etteivät he saa pitää koulutusta suoraan ajamiseen tai johtamiseen liittyvistä aiheista. Ajo-opettajat voivat pitää koulutusta kaikista kurssin aiheista. (Yliluutnantti A 2019)

Ajo-opettajan normaali työpäivä koostuu oppitunneista, käytännön opetuksesta ja tulevien koulutuksien suunnittelusta ja valmisteluista. Koulutuspäivät kurssin alkuvaiheessa ovat teoriapainotteisia. Oppituntien jälkeen opetetut asiat käydään

vielä konkreettisesti läpi vaunulla kouluttajajohtoisesti. Yleisin päivän jaksotus kurssin alkuvaiheessa on aamupäivä oppitunteja ja iltapäivä käytännön opetusta. Opetetuista asioista pidetään viikoittain kirjalliset ja käytännön kokeet, joilla voidaan tarkkailla kurssilaisten edistymistä kohti erityislupatutkintoa. Näillä niin sanotuilla välikokeilla saadaan myös kurssilaiset motivoitumaan opettelemaan viikon aikana opetettavat asiat paremmin, jottei kaikkea tarvitse opetella tai kerrata sitten juuri ennen laajaa erityislupatutkintoa. Teoria- ja rakennekoulutusvaiheen jälkeen alkaa kurssilla ajokoulutusvaihe. Ennen varsinaisen ajo- ja johtamisope- tuksen alkamista jokainen kurssilainen ajaa alkeisajot. Alkeisajot ajetaan ajo- opettajan johdolla helpossa maastossa kahdessa puolen tunnin jaksossa. Al- keisajoja kutsutaan myös valinta-ajoiksi, sillä niiden tehtävä on taitojen perusope- tuksen lisäksi antaa havaintoja kurssilaisten kyvystä omaksua ajamiseen liittyviä taitoja. Ajaminen MT-LB/v vaunulla on monille hyvin haastavaa. Ohjaaminen teh- dään sauvoilla ja vaihteisto on synkronoimaton. Näiden ominaisuuksien lisäksi on myös lukuisia muitakin asioita, jotka erottavat tällä vaunulla ajamisen henkilö- autolla ajamisesta. Otettaessa huomioon ajo-opetukseen käytettävissä olevat re- surssit ja aika, niin kaikista ei voida kouluttaa ajajia. Alkeisajojen, yleisen kurssi- menestyksen ja halukkuuden perusteella kouluttajat tekevät valinnat kenestä koulutetaan vaununjohtaja ja kenestä ajaja. (Yliluutnantti A 2019)

Alkeisajojen ja valintojen jälkeen alkavat ajajille ja johtajille koulutushaaransa mu- kaiset maasto- ja maantieajot. Aluksi ajo-opettajat harjaannuttavat varusmiehiä yhteistoimintaan, jota he eivät ole tässä vaiheessa vielä kertaakaan tehneet. Al- kaa ajaja ja johtajaparien yhteiskoulutus. Johtajia koulutetaan havainnoimaan ympäröivää maastoa, ajettavaa uraa ja ennakoimaan mahdollisia vaaroja. Ajajille koulutettavat aiheet liittyvät vaunun hallintaan vaihtelevissa maastoissa ja tilan- teissa sekä johtajan käskyjen vaistomaiseen toteuttamiseen. Ajo- ja johtajakou- lutuksen loppuvaiheessa ajoparit suorittavat myös pimeäajot. Maastossa ajetaan käyttäen pimeänäkölaitteita ilman näkyvää valoa, kun taas maantiellä harjoitel- laan normaalien ajovalojen käyttöä ja eri valo-olosuhteissa ajamista sekä johta- mista. Kaikkien näiden edellä mainittujen aiheiden keskiössä on ajo-opettaja, joka matkustaa ajaja- ja johtajaoppilaiden mukana heidän jokaisessa ajossa (kuva 1).



KUVA 1. Ajo-opettaja (kuvassa vasemmalla) maastoajossa

Opetus annetaan käytännössä pelkällä puheella käyttäen vaunun puhelulaitetta, sillä ajo-opettajilla ei ole käytössään konkreettista välinettä tai hallintalaitetta, jolla he voisivat vaikuttaa vaunun liikkeen suuntaan tai nopeuteen. Tämä tekee ajo-opettamisesta erittäin haastavaa. Ajo-opettajan tulee olla koko ajan tilanteen tasalla ja pystyä ennakoimaan kaikki mahdolliset vaarat hyvissä ajoin sekä varoittamaan niistä tarpeen mukaan vuorossa olevaa ajoparia. (Yliluutnantti A 2019)

2.2.1 Panssariajo-opettajan työn riskianalyysi

Töiden riskejä analysoidaan tilanteeseen/työhön sopivalla lomakkeella. Lomakkeet vaihtelevat työnantajien tai toimeksiantajien käytäntöjen mukaan. Tässä opinnäytetyössä käytetty riskianalyysilomake (liite 1) on puolustusvoimien käyttöön suunniteltu. Alkuperäinen lomakepohja on muokattu yhteistyössä opinnäytetyön tekijän ja hänen ajo-opettajakollegojensa (Yliluutnantit A & B & C) kanssa. Ajo-opettajan työn riskit on jaoteltu 4 kategoriaan; rakenne-, ajo-, taistelu- ja huoltokoulutuksiin. Kategorisoinnilla saadaan yksityiskohtaisempi kuva ajo-opettajien

työn riskeistä vaunukurssin eri vaiheissa. Luonnollisesti teoria ja sisätiloissa annettava muu koulutus ovat riskeiltään erilaisia verrattuna ajo- tai taistelukoulutuksiin. Esimerkiksi ajo-opettajat altistuvat ajoviimaan jokaisella ajokerralla. Liitteessä 2 esitellään taulukko, jossa kuvataan ajoviiman vaikutus (HI902, liite 2). Riskianalysointia tehtäessä jäi yksi riskeistä selvästi muita haitallisemmalle tasolle jopa korjaavien toimenpiteiden jälkeen. Keltaisella värillä taulukossa (liite 1) kuvataan merkittävää riskiä. Tämä kyseinen riski tai paremminkin riskit, jotka jäävät riskianalyyssissä koholle ovat ”*Tärinät ja iskut*”. Näihin riskeihin liittyen opinäytetyön tekijä pyrkii kehittämään, joko kokonaan poistavan tai ainakin vähentävän ratkaisun. Panssariprikaati on hankkinut ajo-opettajille suojarusteita vähentämään työstä johtuvia vammoja ja haittoja. Tällä hetkellä käytössä olevat suojarusteet eivät kuitenkaan riitä suojelemaan ajo-opettajia tarpeeksi tärinöiltä ja iskuilta.

2.3 Tärinä ja iskut

Panssarivaunulla ajo epätasaisessa maastossa saa aikaan jatkuvaa tärinää ja erikokoisia iskuja. Huomattavan suuret kiihtyvyydet, eli iskut voivat kasvaa jopa niin suuriksi, että yksikin riittää vammauttamaan vaunun miehistön.

Vaunun nopeus saattaa kasvaa maastossa jopa 40–50 km/h. Nopeus ei itsessään aiheuta kovia iskuja vaunun miehistölle, mutta vasta harjoitteluvaiheessa olevat ajajat ja johtajat eivät osaa ottaa tarpeeksi hyvin huomion maaston muotoja ja mahdollisia esteitä. Huomioimatta jääneet montut ja muut epätasaisuudet sekä esteet aiheuttavat vaunussa kyydissä olijoille huomattavan loukkaantumisvaaran. Taitojen kehittyessä voimakkaiden iskujen määrä vähenee ja niiden voimakkuudet pienenevät. Ennakoiva ajaminen ja johtaminen syntyvät vasta taitojen kartuttua. (Yliluutnantti A 2019)

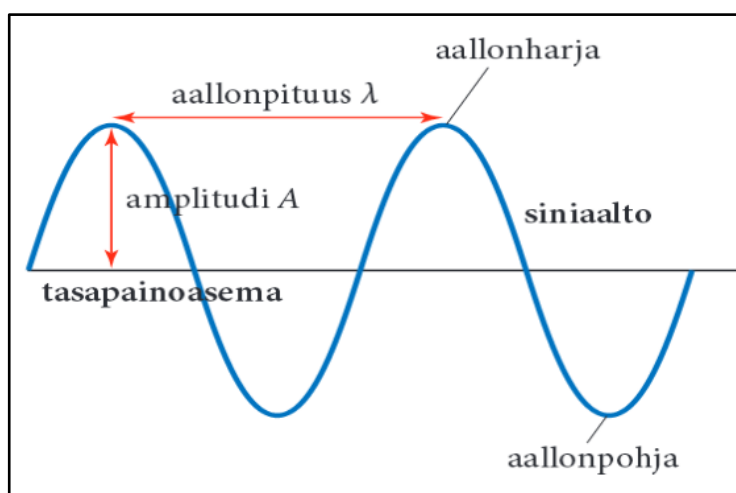
Tärinät aiheutuvat moottorin käynnistä ja ajettavasta maastosta välittyen vaunun runkoa pitkin vaunussa matkustavaan henkilöstöön. Tärinän laatuun ja voimakkuuteen vaikuttavat ajettava maasto ja käytettävä nopeus. (Yliluutnantti A 2019) Tärinää voidaan kuvailla yksinkertaisesti värähtelynä, jonka kappale tai laite itse tuottaa tai välittää. Kappaleen pinnan edestakainen liike aiheuttaa kiihtyvyyden,

jonka vaikutukset ihmiskehoon voivat olla terveydelle haitallisia tai jopa vaarallisia. Tärinää arvioitaessa työsuojeluun liittyen, se jaetaan kahteen kategoriaan. Kehotärinä on tärinää, joka välittyy työalustan tai istuimen kautta koko vartaloon aiheuttaen vaaraa henkilön terveydelle tai turvallisuudelle. Yleisimpiä oireita kehotärinän vaikutuksista ovat erilaiset alaselän ja selkärangan vaivat ja sairaudet. Käsitärinällä tarkoitetaan tärinää, joka välittyy työkoneiden tai -laitteiden käyttäjien käsiin. Käsitärinä aiheuttaa erityisesti ongelmia verenkiertoon, tuki- ja liikuntaelimitykseen ja hermostoon. (<https://www.ttl.fi>)

Tärinän mittayksikkönä pidetään [m/s^2], joka on myös kiihtyvyyden mittayksikkö. Tärinää mitattaessa ja arvioitaessa pelkkä kiihtyvyyssarvo ei kuvaa tarpeeksi yksiselitteisesti tärinän koko vaikutusta ja kaikkia ominaisuuksia. Fysikaalisesti tärinän ominaisuuksia kiihtyvyyden lisäksi ovat taajuus ja amplitudi. Kiihtyvyydellä kuvataan tärinän voimakkuutta. Yleisesti arvioitaessa tärinän vaikutuksia ihmiseen käytetään tärinän kiihtyvyyden RMS-arvoja, eli tehollisarvoja.

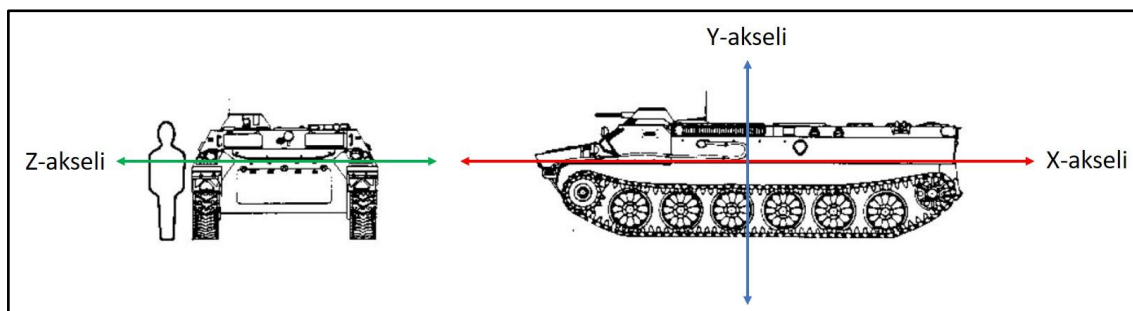
Taajuuden yksikkönä käytetään *hertsiä* [Hz] ja tunnuksena *f*, *frekvenssi*. Taajuus kuvaa tarkasteltavan ilmiön toistumista yhdessä aikayksikössä. Esimerkiksi 1 hertsin taajuudella toistuva ilmiö tapahtuu kerran sekunnissa ja 50 Hz taajuudella toistuva ilmiö tapahtuu 50 kertaa sekunnissa.

Amplitudilla, *A* tarkoitetaan värähtelijän ääriasennon etäisyyttä tasapainoasemasta mitattuna. (kuvio 2) Mittayksikkönä käytetään metriä [m].



KUVIO 2. Aaltoliikkeen ominaisuuksia (<https://peda.net>)

MT-LB/v miehistönkuljetusvaunulle suoritettiin tärinämittaukset Rovajärvellä huhtikuussa 1986. Mittauksien koordinaatisto oli kuvan 2 mukainen.



KUVA 2. Tärinän koordinaatisto (<https://fas.org>)

Tärinämittauksen laitteistona käytettiin 3-suuntaista kiihtyvyyssanturia (B&K 4321), vahvistinta (B&K 2635), tärinäkalibraattoria (B&K 4291) ja nauhuria ((B&K 700B (FM)). Saatujen tuloksien tärinän kiihtyvyyden tehollisarvot (RMS-arvot) analysoitiin laboratoriossa 1/3-oktaaveittain reaaliaika-analysaattorilla (B&K 2131). Koko kehon tärinämittauksissa anturit kiinnitettiin teräslevyihin, jotka oli reunustettu kumilevyllä standardin SAE J 1013 mukaisesti. Istuinmittauksissa anturilevy asetettiin istuimelle ja sen päälle istuttiin mittausten aikana. (Niskanen, J. 1986) Mittauspaikat olivat ajajan istuin, miehistö-/kuljetustila ja johtajan paikka. Mittausmaastoina ajettiin sekä maastossa että maantiellä (asfaltti).

Niskasen lausunnon liitteessä 12 esitellään haitallisimmat tärinät akseleittain ja mittauspaikoittain (liite 3).

2.3.1 Työnantajan vastuut ja raja-arvot

Valtioneuvoston asetuksen 48/2005 mukaan työnantajilla on vastuu suojella työntekijöitään terveydelle haitallisilta tärinäiltä. Vastuulla tässä tarkoitetaan velvollisuutta mitata epäilyttävät tärinät ja jos ne ylittävät sallitut rajat, niin ryhtyä asetuksen määrittelemiin toimenpiteisiin. Käsitärinälle on säädetty kahdeksan tunnin vertailu aikaan suhteutettuna *raja-arvoksi* 5 m/s^2 ja *toiminta-arvoksi* $2,5 \text{ m/s}^2$. Vastaavat arvot kehotärinälle ovat $1,15 \text{ m/s}^2$ ja $0,5 \text{ m/s}^2$.

Asetuksen määrittelemät työnantajan toimenpiteet ylitettäessä toiminta- tai raja-arvot ovat seuraavat:

12 §

Toimenpiteet toiminta-arvon ylittyessä

Jos työntekijän tärinäaltistus ylittää toiminta-arvon, työnantajan on riskin arvioinnin perusteella laadittava ja toimeenpantava tärinätorjuntaohjelma, jonka tavoitteena on vähentää tärinäaltistus ja siihen liittyvät terveydelle ja turvallisuudelle aiheutuvat vaarat ja haitat mahdollisimman alhaiselle tasolle (Asetus 48/2005).

16 §

Toimenpiteet raja-arvon ylittyessä

Jos työntekijän altistuminen tärinälle ylittää 4 §:ssä säädetyn raja-arvon, työnantajan on ryhdyttävä viipymättä toimenpiteisiin altistuksen vähentämiseksi alle raja-arvon.

Työnantajan on selvitettävä raja-arvon ylittymisen syyt ja tehtävä tarpeelliset muutokset suojaus- ja ennaltaehkäisytoimenpiteisiin, jotta ylitys ei toistu (Asetus 48/2005).

Asetuksessa otetaan huomioon myös vaihtelevat, pidemmän aikavälin sekä hetkelliset tärinät seuraavasti:

Kun työntekijän altistuminen käsi- tai kehotärinälle ei yleensä ylitä toiminta-arvoa, mutta vaihtelee huomattavasti työvaiheesta toiseen ja saattaa satunnaisesti ylittää altistuksen raja-arvon, työnantajan ei työn tai toiminnan luonne huomioon ottaen tarvitse ryhtyä 16 §:ssä tarkoitettuihin toimenpiteisiin, mikäli keskimääräinen tärinäaltistus ei 40 tunnin jaksona ylitä altistuksen raja-arvoa ja mikäli kehotärinä ei hetkellisesti ylitä arvoa 7 m/s^2 tai käsitärinä hetkellisesti ylitä arvoa 35 m/s^2 (Asetus 48/2005).

Vertailtaessa näitä raja- ja toiminta-arvoja vuoden 1986 tärinämittauksiin havaitaan vaunumiehistön altistuvan terveydelle haitallisille tärinöille. Haitallisimmat tärinät esitellään liitteessä 2. Valtioneuvoston asetuksen 48/2005 toisen pykälän mukaan sitä sovelletaan vain työturvallisuuslain 738/2002 määrittelemiin töihin. Työturvallisuuslain vuonna 2007 muutettu 6 § ottaa kantaa juuri maanpuolustuksen parissa tehtäviin töihin seuraavasti.

6 § Soveltamisalan rajoitus

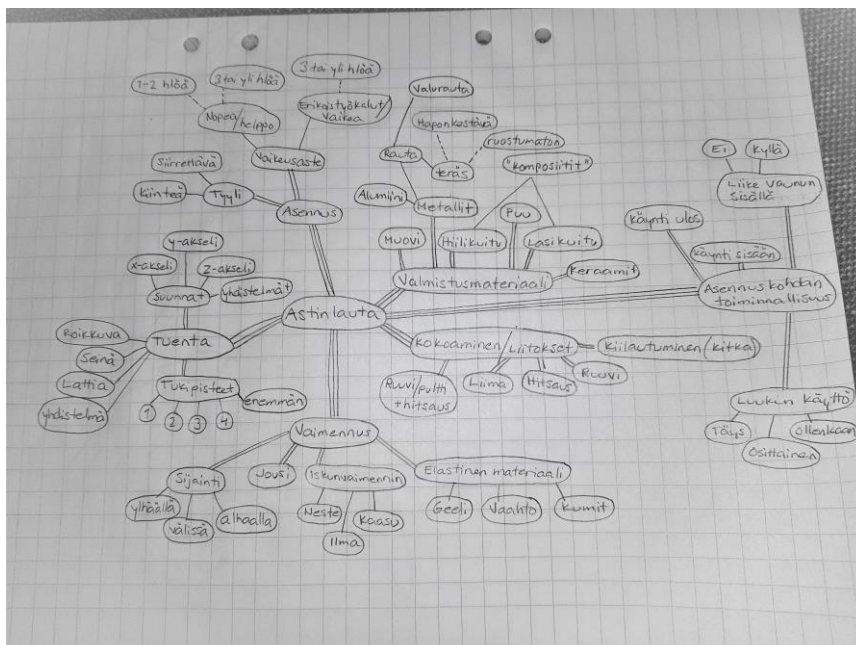
Tätä lakia ei sovelleta puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen palveluksessa olevan henkilön, asevelvollisen tai naisten vapaaehtoista asepalvelusta suorittavan henkilön puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen määräyksestä tai palveluksessa suorittamaan palvelusohjelmaan merkittyyn tai muuhun erikseen määrättyyn koulutussuunnitelmien mukaiseen sellaiseen sotilaalliseen harjoitukseen ja koulutukseen sekä siihen välittömästi liittyvään työhön, jonka pääasiallinen tarkoitus on sotilaallisessa toiminnassa tarvittavien erityisten valmiuksien harjoittaminen (Laki 562/2007).

3 ASTINLAUDAN SUUNNITTELU

Tuotteen suunnittelussa käytetään hyväksi erilaisia työkaluja ja menetelmiä. Näistä ja tilaajan määrittelyistä sekä suunnittelijan näkemyksestä muodostetaan fyysinen kokonaisuus, joka lopulta kehittyy tuotteen prototyypiksi. Tässä luvussa käydään läpi käytettyjä menetelmiä ja vastataan tilaajan määrittelyihin.

3.1 Suunnittelun aloitus

Varsinainen suunnittelutyö aloitettiin aivoriihellä (kuva 3), jossa oli mukana opin- näytetyön tekijä ja hänen ajo-opettajakollegansa (Yliluutnantit A & B & C). Tavoite aivoriihellä oli kerätä ajatuksia ja vaihtoehtoja astinlaudasta sekä olla ottamatta liikaa huomioon tilaajan suunniteltavalle laitteelle antamia määrittelyjä. Aivoriihen pohjalta muodostettiin morfologinen analyysitaulukko suunnittelun myöhäisempiä vaiheita varten. Tilaajan määrittelyt (taulukko 1, s. 9) olivat hyvin kattavat ja seikkaperäiset kaikilta tärkeimmiltä osin. Hyvin tarkasti laaditut tilaajan määrittelyt ohjaavat voimakkaasti tuotteen luovaa suunnittelua haluttuun suuntaan. Tämä saattaa aiheuttaa huonoimmassa tapauksessa sen, ettei tuotetta suunniteltaessa voida valita parasta, kustannustehokkainta tai vain sopivinta vaihtoehtoa tuotteen ominaisuudeksi.



KUVA 3. Astinlaudasta aivoriihi (mindmapping)

3.1.1 Analysointi ja arviointi

Morfologinen analyysi (liite 4) suoritettiin, vaikka tilaajan määrittelyt suunniteltavalle laitteelle olivat seikkaperäiset ja kattavat. Useat analysoitavat kohdat ovat jo tilaajan toimesta määriteltyjä, mutta analyysiä voidaan jatkossa hyödyntää arvioitaessa tuotteen mahdollisia vaihtoehtoisia konstruktioita.

Tuotetta puolustusvoimissa suunniteltaessa työtä ohjaavat tarkat ohjeet, käskyt ja määräykset, näin ollen perinteistä painoarvotaulukkoa ei tarvittu. Tuotteen, tässä tapauksessa astinlaudan, konstruktion valikoituneet ominaisuudet valittiin tilaajan määrittelyiden ja puolustusvoimien ohjeistuksien pohjalta. Valinnanvapaus tilanteissa ominaisuus valittiin suunnittelijan ja hänen kollegojensa kokemuksen pohjalta.

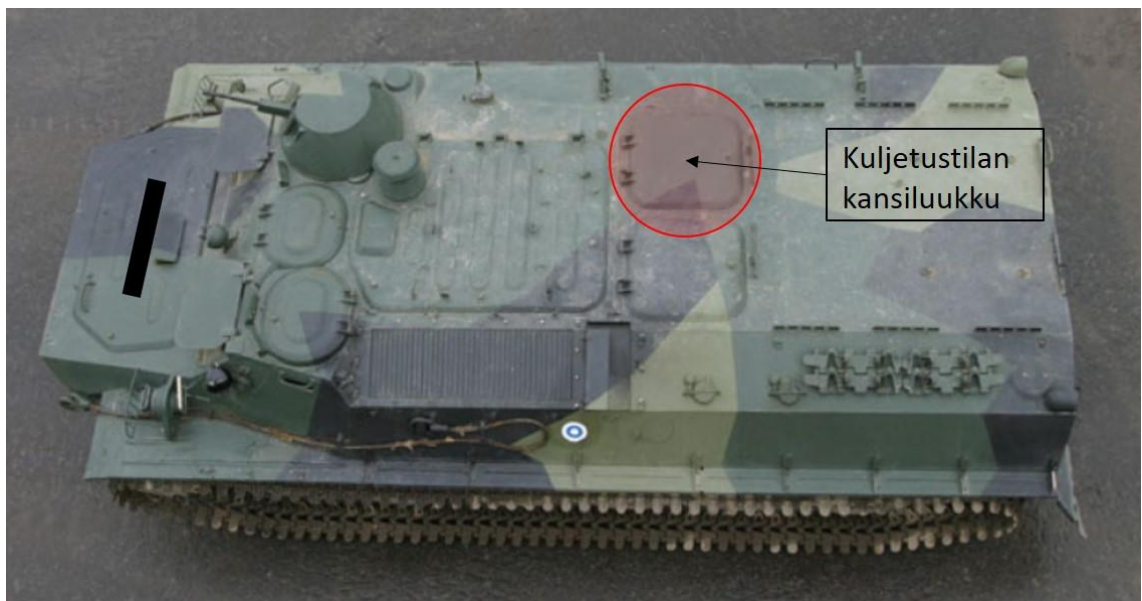
3.2 Tilaajan määrittelyihin vastaaminen

Rakenne voi olla metallia. Tilaajan mukaan myös muut vastaavan kestävyuden omaavat materiaalit kelpaavat. Vaihtoehtoisiksi valikoituisivat teräksen lisäksi muovit tai erilaiset komposiittimateriaalit esimerkiksi muovi-hiilikuituyhdisteet. Uuden aikaisien komposiittirakenteiden ongelmaksi tulisi hinta. Erityinen plussa olisi keveys ja tällöin astinlauta olisi yhden henkilön asennettavissa. Metallinen rakenne olisi taas huomattavasti raskaampi, mutta kestäisi varmuudella paremmin erilaiset normaalista käytöstä johtuvat kolhut ja iskut. Myös mahdolliset korjaukset metalliseen rakenteeseen voitaisiin tehdä paikallisesti perinteisellä vaunuhalilla, sen työkaluilla, -koneilla ja henkilöstön toimesta. Monimutkaisemmista materiaaleista kootun rakenteen korjaamiseen tarvitaan erikoistyökaluja, muotteja, työstökoneita ja lisäkoulutettua henkilökuntaa. Tämän tasoiset korjaukset tulisivat jopa melkein mahdottomiksi suorittaa maasto- eli sotaharjoitusolosuhteissa.

Astinlaudan tulee olla eri mittaisille ajo-opettajille säädettävä, sillä asennuspaikan edessä on suuri kansiluukku. Ratkaisu tähän on 2–3 asentoinen ”valintakohta”, jossa käyttäjä ennen asennusta valitsisi itselleen sopivan asetuksen. Valinta ei

olisi portaaton, tällä saadaan rakennetta kestävämmäksi ja yksinkertaisemmaksi. Uudelleen säätö tulisi olla mahdollista runkoa irrottamatta.

Astinlauta tulee olla siirrettävissä pois vaunusta, näin ollen asennuksen tulisi olla myös mahdollista suorittaa ilman, että vaunuun tehtäisiin muutoksia. Muutokset olisivat mahdollisia pidikkeiden hitsauksia tai reikien poraamista. Tämän tason muutoksien saaminen läpi puolustusvoimissa on todella hankalaa. Liitos toteutettaisiin esimerkiksi puristettavilla ”leuoilla” / ”pihdeillä”. Tukipisteitä voisi olla useampiakin, esimerkiksi ylhäällä kuljetustilan katossa tai kansiluukun reunoissa, alhaalla lattialla tai uudemmissa vaunuissa jo käytössä oleva seinään tuettu rakenne. Valikoitunut tuenta oli roikkuva ns. keinumalli, joka tuettaisiin ylhäältä luukun reunoista kahdella tai useammalla lattatangolla sekä alhaalta vaunussa jo valmiina oleviin rakenteisiin ruuvipuristeisilla ”leuoilla”.



KUVA 4. Astinlaudan suunniteltu asennuspaikka

Asennuspaikan (kuva 4) luukun toiminnallisuus. Päädyttäessä roikkuvaan malliin, niin silloin ei päästä koskaan siihen tilanteeseen, että kuljetustilan luukku saataisiin täysin kiinni astinlaudan ollessa asennettuna. Rajoitukseton luukku saadaan vain silloin, jos vaunun kuljetustilan kattoon saadaan asentaa erilliset tukipisteet. Luukunreunoihin tuettu malli aiheuttaisi haasteita sateisilla keleillä vaunun ollessa seisonnassa/tauolla paikallaan. Myös vaunujen päivittäisen ulkopesun valmisteluihin pitäisi lisätä astinlaudan irrotus, jottei vaunuun sisälle pääsisi suuria

määriä pesuvettä. Tällöin tarvittaisiin peite suojaamaan avonaiseksi jäävää luukua. Luukku on mahdollista saada lähes kiinni, muttei täysin. Luonnollisesti jos asennus olisi todella helppo ja kevyt suorittaa, niin tällöin astinlauta voidaan poistaa päivän päätteeksi ja jättää vaunun sisään sääsuojaan yöksi/pidemmäksi tauoksi. Kuljetustilan luukku tulee saada myös täysin auki, koska tällöin ajo-opettaja ei olisi kokoaikaa vaarassa saada osunaa mahdollisesta liikkuvasta luukusta. Luukku lukittuu normaalisti auki asentoon saranoiden lähellä olevalla salvalla. Luukkua ei tarvitse painonsa takia pystyä salpaamaan ”lähes kiinni” asentoon.

Kulku vaunuun sisälle tulee myös olla mahdollista. Häätötilanteissa ajo-opettajan tulee pystyä suojautumaan vaunun sisälle esimerkiksi onnettomuus- ja kolaritilanteissa. Rakenne tulee olla mahdollisimman avoin etenkin sen alapäästä, jolloin kulku vaunuun mahdollistuu. Samaan kategoriaan menee myös se, että kulku vaunun sisällä tulee olla mahdollista. Hätä- ja onnettomuustilanteissa ainoa reitti ohjaamosta pois tai ohjaamoon kulkee moottoritilan oikealla puolella olevan ns. huoltokäytävän kautta. Jos tämä aukko tukitaan astinlaudalla ja tilanteesta johtuen ohjaamon kansiluukkujen käyttö estyy, niin silloin pelastushenkilöstö ei pääse ohjaamossa olevien uhrien luokse tai siellä oleva henkilöstö ei pääse pelastautumaan omin avuin pois ilman astinlaudan irrotusta.

Astinlaudan asennusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon luukkujen mittojen toleranssit. Astinlauta tulee olla asennettavissa kaikkiin samantyyppisiin vaunuihin (MT-LB/v). Tämä voitaisiin ratkaista saranoidulla rakenteella tai säädettävillä kiinnittimillä (tukipisteet luukunreunassa ylhäällä). Toleranssi on 1-10 mm luukkaa.

Tärinöiden ja iskujen vaimennus tai kokonaan poisto on laitteen tärkeimpiä tavoitteita. Tärinän vaimennusta ei voida tehdä pelkällä jousitetulla alustalla, sillä myös jouset välittävät jonkin verran tärinöitä rakenteensa läpi. Etenkin jokaisella jousella on omat resonointitaajuuksensa, jolloin välittyminen on voimakkaimmillaan. Erilaiset muut iskunvaimennusmateriaalit tulisikin ottaa huomioon vaimennusta suunniteltaessa. Esimerkiksi tietyn tyyppisiä kumivaimentimia käytetään jo laajalti maasto- ja työkoneissa vaimentamaan haitallisia tärinöitä. Kumien lisäksi

myös erilaiset geelit ja vaahtomaiset materiaalit toimivat eristeinä laitteiden ja ihmisten välillä. Suoranaisten iskujen eli suurien kiihtyvyyksien torjuntaan tarvitaan eristävän materiaalin tai komponentin lisäksi myös tilaa. Tilalla tässä tarkoitetaan joustomatkaa, jonka aikana haitallisella tasolla olevien iskujen voima saadaan kulutettua ihmiskehölle turvallisissa rajoissa pois. Astinlaudan asennuskorkeus ja panssarivaunun asennustilan koko huomioon ottaen joustomatka tulee olemaan hyvin lyhyt tai ei ollenkaan.

Astinlaudan kestävyysvaatimukseksi määriteltiin 120 kg, jolla käytännössä tarkoitetaan ajo-opettajan kokonaispainoa. Kokonaispainossa otetaan huomioon kaikki varusteet. Kokonaispainoksi voidaan määritellä varmuudeksi 150 kg. Itse laudan kestävyys saadaan teräksisellä rakenteella helposti kestäväksi ihmisen paino, mutta, kun laudan tulee pystyä vaimentamaan iskuja ja tärinöitä eri painoisille ajo-opettajille, niin tämä tuo suunnittelulle haasteita. Jos esimerkiksi verrataan panssarivaunun iskunvaimennusta normaaliin henkilöautoon, niin huomataan selvästi mikä painon vaikutus on rakenteiden kokoon ja ominaisuuksiin.

Astinlaudan pinta, jolla ajo-opettaja seisoo, tulee olla riittävän liukusteinen. Liukusteisuus on tärkeä käyttöturvallisuuteen liittyvä laitteen ominaisuus. Vaunu saa liikkeessään aikaiseksi erisuuntaisia heilahduksia. Liian pieni kitkainen pinta aiheuttaisi liukastumisvaaraa etenkin liukkaissa olosuhteissa toimittaessa. Esimerkiksi kosteat, mutaiset tai kylmät keliolosuhteet tulee ottaa huomioon pinnan muotoa ja materiaalia valittaessa. Laudan astinpinta tulee olla ritilätyyppinen, jotta lika ja jää pääsevät valumaan sen läpi. Kitkaa saadaan lisättyä valitsemalla tarpeeksi karkeapintainen ritilä. Lisäksi laudan ulkoreunat muotoillaan korotetuiksi, jottei mahdollinen liukastumisliike jatku laudan astinpinnan ulkopuolelle.

Vaunun liikkeessä astinlauta kohdistuu heilahduksia ja iskuja jokaisessa koordinaatiston akselin suunnassa. Tästä johtuen tuenta tulee suunnitella kaikkiin suuntiin jäykäksi, muuten lauta toimisi keinuna tiettyyn suuntaan vaunun heilailtaessa. Keinuva liike aiheuttaisi vain lisävaaraa laudan käyttäjälle ja sen läheisyydessä toimiville henkilöille. Jäykällä rakenteella lauta saadaan helposti tuettua pystysuunnassa, mutta sivuttais- ja liikesuuntaiset tuennat vaativat tarkempaa suunnittelua.

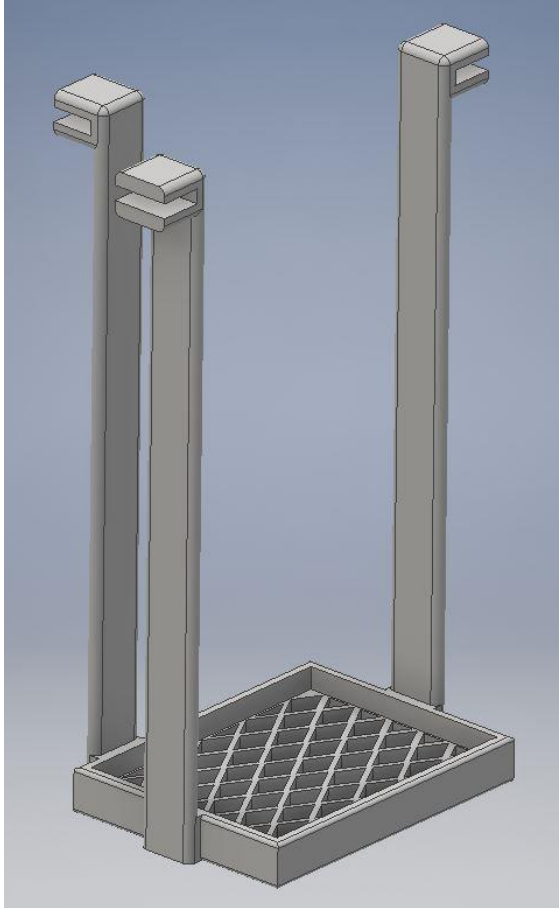
Viimeiseksi tilaajan määrittelyissä mainitaan koko kuljetustilan luukun reunojen pehmustamisesta ja ns. istuinoptiosta. Kuljetustilan reunat ovat terävähköt ja näin ollen niiden pehmustaminen olisi hyvä tavoite. Pehmustamisen sijaan Panssari-prikaati on hankkinut riittävät suojavarusteet juuri kyseiseen ongelmaan. Ratkaisuna käytetään pehmustettuja "alushousuja". Housut ovat hyvä lisä, mutta ne eivät sovellu kaikkiin vaunutyyppeihin ja kaiken pituisille ajo-opettajille. Esimerkiksi MT-LB/v vaunussa pitkä ajo-opettaja ei voi hyödyntää pehmustettuja housuja, sillä luukun reuna osuu jaloissa tai muualla kehossa pehmustamattomalle alueelle.

3.3 Mallinnus

Astinlaudan mallinnuksessa käytetään nykyaikaista 3D mallinnusohjelmaa. Ohjelmassa voidaan määrittää käytettävät materiaalit ja liitosten tyypit sekä malli voidaan suunnitella luonnollisessa mittakaavassa. Nämä edellä mainitut parametrit, kun on lisätty ohjelmaan, niin tuotetta voidaan tarkastella ja analysoida monella eri tavalla.

Mallinnuksessa on otettava huomioon alusta asti mahdolliset muutokset rakenteeseen. Muutoksia voi aiheuttaa esimerkiksi prototyypillä tehtävät testaukset. Huolimattomasti tehty mallinnus saa aikaan sen, että jos rakennetta joudutaan muuttamaan, niin silloin jokainen mitta joudutaan muuttamaan erikseen käsin. Ennen konkreettisia testejä rakennetta voidaan simuloinnin avuin rasittaa eri suuntaisilla, kokoisilla ja tyypisillä voimilla. Nykyaikaisissa mallinnusohjelmissa juuri simuloinnit ovat suuri etu tarkasteltaessa koko suunnitteluprojektin kustannuksia. Enää ei tarvitse rakentaa montaa prototyyppiä ja testata niitä, jonka jälkeen havaitut puutteet korjataan ja jatketaan testaamista.

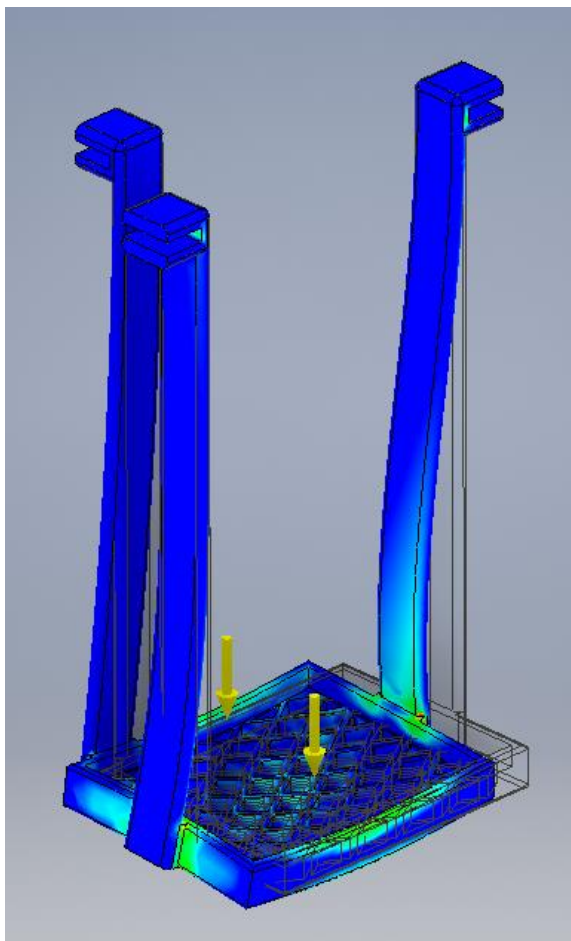
Mallinnusohjelmat mahdollistavat nykyään myös kokoonpanon suunnittelun. Kaikki eri komponentit voidaan sovittaa paikoilleen ja testata niiden yhteensopiavuus. Lopuksi kokoonpanosta saadaan myös tuotettua simuloinnin avulla visuaalinen ohje, kuinka rakenne kootaan. Yhden astinlaudan prototyypin hahmotelma on esitelty kuvassa 5.



KUVA 5. Astinlaudan roikkuvan version hahmotelma

3.4 FEM-analyysi

FEM kirjainyhdistelmä tulee englanninkielisistä sanoista Finite Element Method. Tällä tarkoitetaan elementtimenetelmää, jolla voidaan lujuusopillisesti tarkastella rakenteiden kestävyyttä erilaisissa rasituksissa. (kuva 6) Nykyaikaisessa rakennesuunnittelussa FEM-analyysi on välttämätöntä. Analyysin perusteella voidaan jo suunnittelupöydällä tehdä tarvittavia muutoksia rakenteeseen ilman kalliita ja aikaa vieviä prototyyppien testauksia. Nykyaikaiset elementtimenetelmäanalysointiin kehitetyt ohjelmat kykenevät tuottamaan hyvin todenperäisiä ja paikkansa pitäviä mittaustuloksia. Astinlaudan rakennetta suunniteltaessa aluksi suoritetaan värinä- ja iskumittaukset, joista saadaan selville FEM-analysoinnissa käytettävät voimat.



KUVA 6. Astinlaudan FEM-analyysi

4 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Pohdinnat ja johtopäätökset perustuvat aikaisempiin tuki- ja liikuntaelinvamma tutkimuksiin sekä värinämittauksiin ja työsuojelulakiin. Lisäksi opinnäytetyön tekijän kokemukset ja näkemykset omasta työstään puolustusvoimissa panssarivaunujen parissa ovat osana perusteluita. Hän on toiminut vuodesta 2004 erilaisten vaunutyyppien ajo-opettajana. Hänellä on kokemusta tela-alustaisista raskaista taistelupanssarivaunuista, kevyemmistä rynnäkkö- ja miehistönkuljetus-panssarivaunuista sekä pyöräalustaisista panssariajoneuvoista. Pelkästään ajo-opetus-kilometrejä hänelle on kertynyt jo yli 40 000. Kokonaiskilometrilluvussa ei otettu huomioon satunnaisia, mutta lukuisia matkoja vaunun kyydissä erilaisissa tehtävissä ammunnoissa ja sotaharjoituksissa. Työtehtävät ovat jakaantuneet ympäri vuoden ja olosuhteet ovat vaihdelleet talven pakkasesta kesän uuvuttavaan kuumuuteen sekä kirkkaasta auringonvalosta yön synkkään pimeyteen.

4.1 Yleisesti

Ihmiskehon sietokyvyllä on aina rajansa ja kun sitä koetellaan tai etsitään, on siitä maksettava tietty hinta. Tässä työssä käsiteltiin kehoon vaikuttavia värinöitä. Tutkitusti värinöiden negatiivinen vaikutus ihmiskehoon on kiistaton ja se voi pahimmillaan aiheuttaa loukkaantumisriskin tai jopa työkyvyttömyyden. Vaikutukset voivat olla lyhytaikaisia tai jopa pysyviä. Puolustusvoimat on jo useiden vuosien ajan panostanut voimakkaasti työntekijöidensä työhyvinvointiin sille suotujen resursien rajoissa. Kuitenkin mittavat säästötoimet puolustusmäärärahoissa ovat vaikuttaneet negatiivisesti moneenkin asiaan. Huolestuttavinta osaa näissä säästötoimissa kuvaa henkilöstön vähyys. Eritasoiset työperäiset uupumiset ovat nykypäivää myös puolustusvoimissa. Vähäiset henkilöstöresurssit aiheuttavat työntekijöille suhteettoman suuria työkuormia. Kehon sietokykyä koetellaan siis monelta eri suunnalta. Vaunukurssien kasvavat osallistujamäärät ja vähäiset kouluttajamäärät saavat kiireen muodossa aikaan henkistä raskautta ja stressiä sekä värinässä vietetyn ajan lisääntymistä. Varusmieskoulutusta ohjaavat monet säännöt, lait ja käskyt, joista ei voi joustaa. Työntekijöiden vastuulla on kymmenien,

jopa satojen ihmisten terveys. Koulutettavat asiat kun liittyvät aseisiin, ampumatarvikkeisiin, räjähdysaineisiin ja raskaisiin ajoneuvoihin, niin virheisiin ei ole varaa. Henkilöstöä puolustusvoimilla on huomattava määrä, mutta ehkä virkojen kohdennusta voitaisiin painottaa eri tavalla. Valitettavasti siellä missä johdetaan suuria ihmisjoukkoja käytännön tehtävissä päivittäin, henkilöstöstä on huutava pula, kun taas toimistot eri johtoportaan tasoilla täyttyvät henkilöstöstä uhkaavaa vauhtia.

4.2 Ajo-opettajan astinlauta

Puolustusvoimat on työnantajana hyvin tarkasti lakeja noudattava toimija. Tämä onkin yksi haasteista toivottaessa lisää huomiota ajo-opettajien kokemiin tärinäihin ja iskuihin. Työlainsäädäntö on asettanut tarkat rajat työntekijöihin kohdistuviin tärinäihin ja kuvannut toimenpiteet, jotka tulee toteuttaa, jos nuo rajat ylitetään. Valitettavasti maanpuolustustyöhön liittyvät tärinät ja iskut eivät kuulu tämän lainsäädännön alaisuuteen. Puolustusvoimat työnantajana ei siis ole velvollinen lain edessä huomioimaan tärinöitä ja iskuja, vaikka ne mittaustulosten mukaan ylittäisivät lain sallimat rajat. Miksi työnantaja ”sitoisi omia käsiään” enemmän kuin laki velvoittaa. Kysymykseen tulee työnantajan asenne ja moraali omia työntekijöitensä kohtaan. Vaunujen parissa työskentelevä henkilöstö voi joutua urallaan viettämään jopa tuhansia tunteja biologisen sietokyvyn ja virallisten mittauksien valossa laittomissa olosuhteissa. Tärinän ja iskujen vaikutuksia vähentävä työskentelytaso eli astinlauta on yksi pieni ja samalla edullinen apuväline, jolla saadaan henkilökunta pysymään paremmassa kunnossa paljon pidempään. Kalliimmat tavat ratkaista tämä ongelma olisivat lisätä ajo-opettajia tai hankkia erikseen ajokoulutukseen soveltuva panssarivaunu. Isommalla määrällä ajo-opettajia saataisiin ainakin terveysriskeille altistumisajat mahdollisimman vähäisiksi. Ajokouluttamiseen erikseen suunnitellussa panssarivaunussa olisi mahdollista ottaa helpommin huomioon työ- ja palvelusturvallisuus sekä työergonomia.

4.3 Jatkotutkimusten ja suunnittelun loppuunsaattamiseksi tarvittavien töiden esittely

Viimeisimmät viralliset värinämittaukset ollessa vuodelta 1986 ja sen aikaisilla laitteistoilla tehtynä, tulisi mittaukset suorittaa uudestaan nykyaikaisilla välineillä. Mittauksia tehtäessä tulisi ottaa huomioon yleisin ajo-opettajien vaunussa (MT-LB/v) käyttämä paikka, joka on kuljetustilan kansiluukku (kuva 4). Mittauksien laajuutta tulisi myös laajentaa. Värinöiden lisäksi olisi tärkeää mitata myös hetkelliset maksimi kiihtyvyydet eli kovimmat iskut, joita syntyy jopa päivittäin ajettaessa esimerkiksi epätasaisessa maastossa.

Seuraavaksi hahmotellaan astinlaudan rakenteesta useampi 3D malli, joita analysoidaan FEM-tekniikalla. Saatujen tulosten perusteella valitaan rakennettava prototyyppimalli. Prototyypillä suoritetaan uudet värinä- ja iskumittaukset ja niitä verrataan vaimentamattomiin arvoihin. Astinlaudan toimivuuden saavuttaessa tavoitellun tason, laitteelle suoritetaan laajamittaisempi kenttäkoe. Astinlaudan lopullisesta mallista ja kokoonpanosta tehdään tekniset piirrokset valmistusta ja arkistointia varten.

LÄHTEET

Aaltoliikkeen perusyhtälö. Luettu 22.1.2019

[https://peda.net/jyu/normaalikoulu/oppiaineet/fysiikka/lukion-fysiikka/fy3/fya3-teh/jt/1-tunnin-diat:file/download/be3c22d6dde9fb5215eaa3851b7fb7c0377acad/Aaltoliikkeen%20perusyht%C3%A4l%C3%B6%20\(tunti%20\).pdf](https://peda.net/jyu/normaalikoulu/oppiaineet/fysiikka/lukion-fysiikka/fy3/fya3-teh/jt/1-tunnin-diat:file/download/be3c22d6dde9fb5215eaa3851b7fb7c0377acad/Aaltoliikkeen%20perusyht%C3%A4l%C3%B6%20(tunti%20).pdf)

Hentunen, L. SA-kuva. Luettu 29.9.2019

https://www.inetres.com/gp/military/cv/inf/MT-LB/MT-LBv_00.jpg

MAAVEHENKOS, Panssariajoneuvojen yleisajo-ohje, ohje, Maavoimien esikunta, 8.10.2012, HI902

MT-LB Multipurpose Armoured Vehicle. Luettu 2.2.2019

<https://fas.org/man/dod-101/sys/land/row/mt-lb.htm>.

Niskanen, J. 1986. Panssarivaunujen värinämittaukset ja laukausten melumittaukset Rovajärvellä 4.–5.4.1986. Lausunto 1102. Oulun aluetyöterveyslaitos.

Oksanen, T. 2018. Sairaspoissaolot Suomen suurissa kunnissa 2010-luvulla - ammatit erottelevat. Seminaari materiaali, Työterveyslaitos, 25.10.2018. Luettu 28.9.2019. https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2018/10/Kooste_esitykset_sairauspoissaolot.pdf

Panssariprikaati - Perinteitä, iskuvoimaa ja yhteistyötä! Luettu 20.11.2018.

<https://maavoimat.fi/panssariprikaati>

PVHSMK – PE, Puolustusvoimien liikenne- ja ajo-opettajat, määräys, Pääesikunta, Teknillinen tarkastusosasto, 19.12.2014, HK1115

PVHSMK – PE, Panssariajoneuvojen ajo-oikeudet, määräys, Pääesikunta, Teknillinen tarkastusosasto, 19.12.2014, HK895

Teknikkokapteeni 2018. Haastattelu 2.11.2018. Haastattelija Hietaranta, M. Ei litteroitu.

Työterveyslaitos. Värinä. Luettu 2.2.2019.

<https://www.ttl.fi/tyoymparisto/altisteet/tarina/>

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738

Työturvallisuuslaki 6§ 11.5.2007/562

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta värinästä aiheutuville vaaroilta 27.1.2005/48

Varusmiespalvelus ja -koulutus. Luettu 20.11.2018.

<https://varusmies.fi/palveluksessa>

Yliluutnantti A 2019. Haastattelu 5.3.2019. Haastattelija Hietaranta, M. Ei litteroitu.

Yliluutnantti B & C 2019. Haastattelu 26.9.2019. Haastattelija Hietaranta M. Ei litteroitu.

HENKILÖTURVALLISUUSRISIKIEN ARVIOINTI (toimitaessa MT-LB/v -kalustolla)
Joukko-osasto / työyksikkö: PSPR / PSKRHK | **Kartoitus pvm: 12.7.2019** | **Osaillistajat: YLIL, M Hietaranta**

AJO-OPETTAJAN TYÖN RISKIT	Raiskavainnointi (ompelesta)		TOMENPITEET		Raiskavainnointi (ompelesta)	
	TOO MAK	VAAVA	RESKI	RESKI	TOO MAK	VAAVA
4. Huolto ja tarkastukset	3	3	0	0	1	3
- Mekaaninen: Käsityö välineiden tarkastus (tähtäykset) tai liikkaisuus	3	3	0	0	1	3
- Mekaaninen: Väliet, ruuhket tai likat (esätyöskäytä)	3	3	0	0	2	4
- Kemiallinen: Aistittuun pölyä tai vuotoainetta, jähnyys- tai pesunestelle	3	2	6	6	2	1
- Sähkö: Sähköleikkuri / pölyvarmat (oksaalku), esim. alkutyöt / apurannan anto	3	2	6	6	1	2
- Mekaaninen: Lukestuminen / putosminen (esim. vaunun päältä)	3	3	9	9	2	3
- Terminen: Kuumuus (pölyvarmu, esim. vaunun kuumat nesteet / pakopuikot)	2	3	9	9	1	3
- Henkinen: Uupumus / henkiväsymys / väsymys	3	3	9	9	1	2

ESIMERKKI	TOO MAK	VAAVA	RESKI	RESKI	TOO MAK	VAAVA	RESKI
Sähköjohdot / kyttyä / läpikuluminen -> Yhteys -> Akkujärjestys	2	3	6	6	2	1	2

RISIKIEN ARVIOINTI
 Vuoran todennäköisyys
 Suuruisen väkivahon
 Riskin suuruus


1 = erittäin harvinaisen, 2 = harvinaisen, 3 = mahdollinen, 4 = melko todennäköinen, 5 = todennäköinen
 1 = vähäinen, 2 = melko vähäinen, 3 = haitallinen, 4 = vahava, 5 = erittäin vahava
 1-4 = vähäinen (vähä), 5-8 = korkea (korkea), 9-12 = merkittävä (keskeinen), 13-25 = selkeä (parhaan)

TARVITTAVAT TOMENPITEET
 Sääntöjen riski (25 - 15): Toiminta on lopetettava heti ja toimintatila riskin poistamiseksi tai pienentämiseksi on aloitettava välittömästi.
 Merkittävien riskien (12 - 9): Toiminta on pyrittävä lopettamaan mahdollisimman pian. Riskin pienentämisen on valmistauduttava. Jos kyse on uhanavasta henkilövahingosta, toiminta on lopetettava heti ja riskin todennäköisyys sähkettävä tarkemmin.
 Korkeat riskit (8 - 5): Toiminta voidaan jättää, mutta toimintatilan suuruus riskin pienentämiseksi on aloitettava.
 Vähäinen riski (4 - 1): Toimintatila ei vaaranna mitään, mutta korjattava lähes seurauksella.

Liite 2. Ajoviiman vaikutukset

VIIMAINDEKSI														
Tuuli (m/s)	Ajo- nopeus (km/h)	Ilman lämpötila °C												
		10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Tyyri	0	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
2	7,2	9	-4	-1	-6	-11	-16	-21	-26	-31	-37	-42	-47	-52
4	14,4	5	-1	-7	-13	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-55	-61	-67
6	21,6	3	-4	-10	-17	-24	-30	-37	-43	-50	-56	-63	-69	-76
8	28,8	1	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76	-83
10	36,0	0	-8	-15	-22	-30	-37	-44	-52	-59	-66	-73	-81	-88
12	43,2	-2	-9	-17	-24	-32	-39	-47	-54	-62	-69	-77	-84	-92
14	50,4	-2	-10	-18	-26	-33	-41	-49	-56	-64	-72	-79	-87	-95
16	57,6	-3	-11	-19	-27	-34	-42	-50	-58	-65	-73	-81	-89	-97
18	64,8	-3	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67	-75	-83	-90	-98
20	72,0	-4	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68	-76	-84	-91	-99

A
B
C
Kylmäkuolema



A = kylmä
C = paljaan ihon paleltumisvaara

B = jäätävän kylmä
D = paleltumisvaara tarkoituksenmukaisesti pukeuduttaessa on vähäinen

Liite 3. Haitallisimmat tärinät

LIITE 12

TÄRINÄMITTAUSTULOKSET

Kohde	haitallisin komponentti		sallittu altistus- aika TSH:n muk.	liite nro	
	suunta	kiihtyvyys taajuus			
		m/s ²	Hz		
Vaunu T-72 maastoajo	x	0.47	1.6	25 h	13
	y	0.28	2	4 h	14
	z	0.43	2	8 h	15
MT-LB miehistöt. maasto	x	1.31	2	25 min	28
	y	0.21	5	8	29
	z	0.66	5	2.5 h	30
asfaltti	x	1.74	8	2.5 h	30
	y	1.65	40	24 h	31
	z	2.77	40	2.5 h	31
kuljettajan istuin maasto	x	0.31	2	4 h	22
	y	0.18	2.5	16 h	23
	z	0.59	3.15	4 h	24
asfaltti y	x	1.11	31.5	24 h	25
	y	0.53	31.5	24 h	26
	z	0.18	8	8 h	27
vaunun johtaja maasto	x	0.10	2.5	24 h	16
	y	0.11	2.5	24 h	17
	z	1.74	40	4 h	18
asfaltti	x	0.25	12.5	24 h	19
	y	0.19	8	24 h	20
	z	1.37	31.5	4 h	21

Liite 4. Morfologinen analyysitaulukko

Morfologinen analyysitaulukko "Astinlauta"							
VALMISTUS	Muovit	Lasikuitu	Hiikkuitu	Teras	Keraamit	Alumiini	Puu
VAIMENNUS							
Sijainti	Ylhäällä	Välissä / keskellä	Alhaalla				
Tekniikka	Jousi	Iskunvaimennin	Elastiset materiaalit	Magneetti	Yhdistelmät (2 tapaa)	Yhdistelmät (3 tai useampi tapaa)	
Suunta	X-akseli	Y-akseli	Z-akseli	Yhdistelmät (2 suuntaa)	Yhdistelmät (kaikki suunnat)		
Taso / tyylit	Poistava	Vähentävä	Muuttava				
TUENTA / KIINNITYS							
Tyylit	Roikkuva	Sivulta (seinä)	Alta (lattia)	Yhdistelmät (2 tyylit)	Yhdistelmät (kaikki)		
Tukkipistojen määrä	1	2	3	4	Enemmän		
ASENNUS							
Vaikeusaste	Helppo	Vaativa	Erittäin vaativa				
Tarvittava henkilöstön määrä	1	2	3 tai yli				
Tyylit	Kiinteä	Siirrettävä					
Asemuskohdan toiminnallisuus	Täysi	Osoittain rajoittunut	Hyvin rajoittunut				
Säädettävyyttä	Kiinteä	Portaallinen	Portaaton				
Paikka	Kuljetustilan vasen kansiluukku	Kuljetustilan oikea kansiluukku	Kansiluukkujen päälle				
KOKOONPANO							
Liitokset	Klitka	Ruuvit/pultit	Lima	Hitsaus	Yhdistelmät (2 tapaa)	Yhdistelmät (3 tai useampi tapaa)	
HUOLTO							
Tarve	Huoltovapaa	Vähäinen/vuotuinen	Kuukausittainen	Viikottainen	Päivittäinen		