

Mika Lisakkala

298 RSRAKH 06 JÄRJESTELMÄN 122mm RAKETTIKASETIN
SUOJUKSEN KEHITTÄMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2012

298 RSRAKH 06 JÄRJESTELMÄN 122 mm RAKETTIKASETIN SUOJAUKSEN KEHITTÄMINEN

lisakkala, Mika

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Maaliskuu 2012

Ohjaaja: Juuso, Jarmo

Sivumäärä: 35

Liitteitä:1

Asiasanat: 298 RSRAKH 06, 122 mm, laukaisukaapeli

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheena oli pyrkiä löytämään ratkaisu 298 RSRAKH 06 järjestelmän 122mm harjoitusrakettikasetin kaapeloinnin riittävälle suojauskelle, sekä esittää ratkaisumalli suojausten vaatimusten toteuttamiselle. Pyrkimyksenä oli suunnitella suojausratkaisu, joka olisi toteutettavissa ilman lisämuutoksia koko 122mm rakettikasettisarjaan. Toteutettu suojaus ei saa vaarantaa käyttöturvallisuutta eikä laskea käytettävyyttä ja huollettavuutta. Kaapeloinnin lisäsuojaus toteutettiin suojakilvellä, joka suunniteltiin asennettavaksi rakettikasetin takaosaan välittömästi rakettien laukaisuputkien perään etupuolelle. Rakenne suunniteltiin kiinnitettäväksi pulttiliitoksin sivuista ja alaosasta rakettikasetin takaosan tunneliin.

122 MM TRAINING ROCKET POD CABLING PROTECT SYSTEM FOR 298 RSRAKH 06 ROCKET LAUNCHER

lisakkala, Mika

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical Engineering

February 2012

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 35

Appendices:1

Keywords: 298 RSRAKH 06, 122 mm, launching cable

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to create for 298 RSRAKH 06 system an improved construction to protect the ignite cables of 122 mm training rocket pods and to introduce how to solve the demands of construction. The aim of this solution was to plan a protection which could be assembled to basic 122 mm training rocketed pod without any changes to pod. The solution which will be assembled to rocket pods is not allowed to cause any risks for safety. Neither is it not allowed to reduce usability and maintainability.

The protection of the cables was made with a blast shield. This blast shield was planned to be assembled to the back side of the rocket pod, right next to launching tubes rear ends. The attachment of the construction was designed to attach the shield to the side and bottom plates of the rocket pods tunnel.

SISÄLLYS

1	JÄRJESTELMÄN ESITTELY JA KÄYTTÖTARKOITUS	5
1.1	Heittimen esittely	5
1.2	Harjoitusrakettikasetti\ RSRAXH 122mm.....	5
1.3	Käyttökunnontarkastus.....	7
1.4	Laukaisukaapeleiden kunnonseuranta	8
2	SUUNNITTELUN PERUSTEITA.....	10
2.1	Ammunta	10
2.2	122 mm Harjoitusjärjestelmän ongelman tunnistaminen.....	12
2.3	Ongelman vaikutus järjestelmän käytettävyyteen.....	14
2.4	Ongelman vaikuttavuus käyttöturvallisuuteen	14
3	LISÄSUOJAUKSELLE ASETETUT VAATIMUKSET.....	19
4	TYÖN KULKU	19
4.1	Ratkaisuvaihtoehdot	19
4.2	Toteutettava ratkaisu ja perustelu	21
5	TOTEUTUS	24
5.1	Ratkaisuvaihtoehtojen esittely työn tilaajalle	24
5.2	Suojausratkaisun suunnittelu	25
5.3	Suojakilven asentaminen rakettikasettiin	26
5.4	Suojakilven lujuuslaskennallinen tarkastelu.....	27
6	VAATIMUSTEN TÄYTTYMINEN	30
7	LOPPUTULOKSET	32
7.1	Arvio työn onnistumisesta.....	32
7.2	Esitys jatkotoimenpiteistä.....	32
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	

1 JÄRJESTELMÄN ESITTELY JA KÄYTTÖTARKOITUS

1.1 Heittimen esittely

298 RSRAKH 06 on yhdysvalloissa suunniteltu ja valmistettu raskas raketinheitinjärjestelmä (kuva 1). Heittimen M993-tyyppinen alusta perustuu M2 Bradley rynnäköpanssarivaunuun. Vaunun alustalle on asennettu M269 raketinheitinlavetti. 298 RSRAKH 06 on tela-alustainen ja sen pakokaasuahdettu Cummins V8 dieselmoottori kehittää 500 hv. Vaunun suurin rakenteellinen ajonopeus on 64 km/h ja sen paino ilman raketteja on n. 20 tonnia. Järjestelmän perus ampumatarvikkeet on pakattu kuuden tai yhden raketin\ ohjuksen kertakäyttöisiin alumiinirunkoisiin kasetteihin. Itsenäinen tulitoiminta on mahdollista oman paikantamislaitteiston ansiosta.

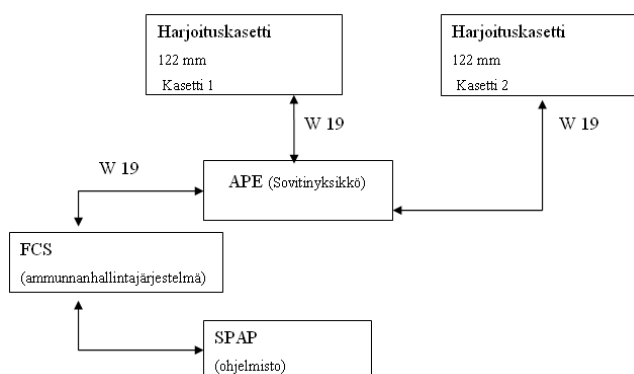


Kuva 1. Ampuva 298 RSRAKH 06

1.2 Harjoitusrakettikasetti\ RSRAKH 122mm

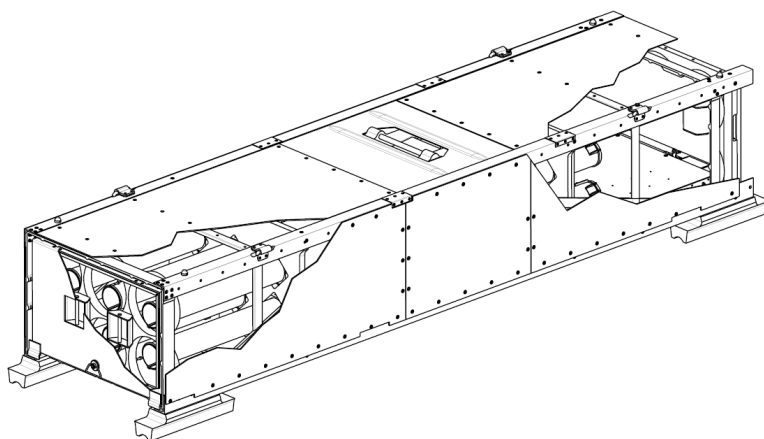
298 RSRAKH 06 järjestelmän kansallisiin tarpeisiin on hankittu myös 122 mm uudelleen ladattava harjoitusrakettikasettijärjestelmä, jonka on valmistanut saksalainen Diehl BGT Defence asetehdas. 122 mm harjoitusjärjestelmä sisältää kaksi rakettikasettia (yhdessä kasetissa on kuusi 122 mm lau-

kaisuputkea), elektroniikan sovitinyksikön (APE) ja ammuntaan tarvittavan ohjelmiston (SPAP), joka sisältää mm laskenta-algoritmit (kuva 2).



Kuva 2. Lohkokaavio 122 mm harjoitusjärjestelmästä

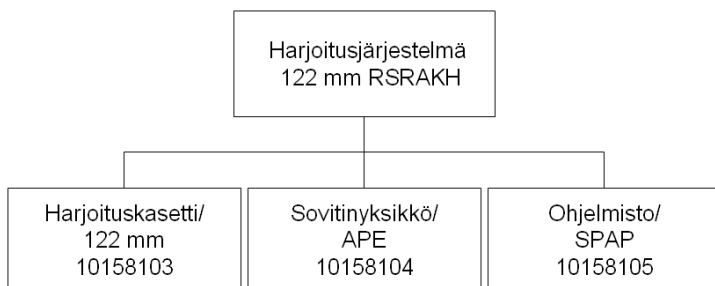
122 mm rakettkasetti on MLRS "RP/C" (Rocket Pod Container) pohjalta rakennettu alumiinirunkoinen kasetti, joka sisältää 6 kpl 122 mm laukaisuputkea (kuva 3). Rakettkasetti toimii raketinheittimeen asennettuna kuljetus- ja ampuma-alustana. Järjestelmään sisältyy myös sovitinyksikkö\ rsrakh 122 mm elektroninen (APE), jonka tarkoitus on sovittaa 122 mm raketin toimintaan liittyvät ohjaukset raskaan raketinheittimen 298 RSRACH 06 omaan ammunnanhallintajärjestelmään (kuva 4).



Kuva 3. 122 mm harjoitusrakettkasetti

Raskaan raketinheittimen 298 RSRACH 06 122 mm harjoitusjärjestelmään kuuluu kiinteästi kaksi erillistä rakettkasettia. Yhteensä rakettkasettiin voidaan maksimissaan asettaa kuusi raketia KTA 4408. Rakettkasetissa olevat lau-

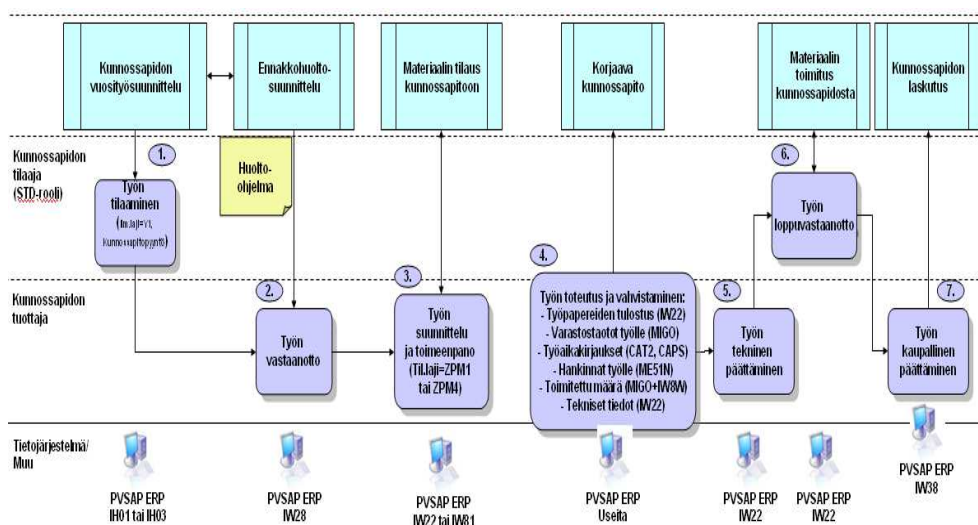
kaisuputket (6 kpl) ovat samoja putkia, joita käytetään asejärjestelmällä 122 RakH 89. Samoin ampumatarvike KTA 4408 ja sen ampumataulukko ovat samoja. 122 mm harjoitusjärjestelmällä ammutaan ampumatarviketta KTA 4408 suurella jarrurenkaalla KTA 4401.



Kuva 4. Harjoitusjärjestelmän tekninen rakenne

1.3 Käyttökunnontarkastus

Käyttökunnontarkastus luokitellaan ehkäisevään kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito sisältää kunnossapidon kohteen huolto-ohjelman mukaiset määräaikaishuollot ja - tarkastukset sekä kalibroinnit. Ehkäisevään kunnossapitoon käytetään SAP järjestelmän kunnossapitoilmoituslajia Y1= Kunnossapitopyyntö ja kunnossapitotilauslajia ZPM1= Ehkäisevä kunnossapito (yksittäinen kohde) tai ZPM4= Kunnostaminen (useita samaa nimikettä olevia kohteita). Ehkäisevässä kunnossapidossa havaitut viat käsitellään korjaavan kunnossapidon prosessin (kuva 5) mukaisesti.



Kuva 5. Lohkokaavio käyttökunnan tarkastuksesta tietojärjestelmässä (SAP)

Työ alkaa asiakkaan eli kunnossapidon tilaajan tekemästä kunnossapitopyynnöstä. Tämän jälkeen kunnossapidon suorittaja eli Niinisalon korjaamon aseosasto suorittaa työn vastaanoton. Seuraavaksi työn suorittaja suunnittelee ja toimeenpanee työn (tässä käytetään SAP:n tilauslajia ZPM1 tai ZPM4). Seuraavaksi kunnossapidon tuottaja toteuttaa ja vahvistaa työn. Tämä vaihe sisältää työpapereiden tulostuksen (SAP transaktio IW22) ja varastosta otot työlle (SAP transaktio MIGO). Lisäksi kirjataan työajat (SAP transaktio CAT2, CAPS) ja hankinnat työlle (SAP transaktio ME51N), toimitettu määrä (SAP transaktio MIGO+IW8W) ja tekniset tiedot (SAP transaktio IW22). Seuraavana vaiheena kunnossapidon tuottaja suorittaa työn teknisen päättämisen, minkä jälkeen kunnossapidon tilaaja tai materiaalia varastoiva yksikkö suorittaa työn loppuvastaanoton. Lopuksi kunnossapidon tuottaja suorittaa työn kaupallisen päättämisen. Koko prosessi saa suorituskohdan ohjauksen vuosityösuunnitelmasta.

1.4 Laukaisukaapeleiden kunnonseuranta

Laukaisukaapeli ja siihen kiinteästi liitetty laukaisukosketin sekä W70 liitin laukaisukaapeleineen muodostavat 122mm harjoitusrakettikasetin laukaisuvirtapiirin. Näitä laukaisuvirtapiirejä 122mm harjoitusrakettikasetissa on kuusi kappaletta, jokaiselle raketin laukaisuputkelle omansa. Laukaisuvirtapiirien ainoa luotettava käyttökuntoisuuden määrittelymenetelmä on eristysvastusmittaus. Laukaisuvirtapiirin W70 liitin kaapeleineen on suojattu hyvin raketikasetin rakenteen sisään, eikä niissä ole havaittu ongelmia lukuun ottamatta yhtä yksittäistä valmistusvirhettä. Varsinaiset ongelmat ovat keskittyneet raketikasetin takaosan muodostaman tunnelin sisäpuolella oleviin laukaisukaapeleihin ja laukaisukoskettimiin. Laukaisukoskettimien eristemateriaalin soveltumattomuus käyttötarkoitukseensa tiedostettiin jo aiemmin, eikä eristeongelman ratkaisu kuulu tämän työn piiriin. Eristeongelmaan on puolustusvoimien toimeksiannosta etsimässä ratkaisua ylemmän tason kunnossapitoa hoitava liikeyritys.

Laukaisukaapeleiden käyttökuntoa seurataan käyttökunnontarkastuksin jotka tehdään aikaisintaan 14 vuorokautta ennen kovapanosammuntoja. Mittausmenetelmiä on käytössä kaksi, joista ensimmäinen suoritetaan valmistajan toimittaman mittausapuvälineen avulla. Tässä menetelmässä mittausapuväline kytketään 122mm harjoitusrakettikasetin takapäähän alapuolella sijaitsevaan liittimeen W70. Mittausapuvälineen kannessa on mittauspisteet kasetin eri kaapeleiden ja tunnistimien kunnon, sekä toiminnan määrittämistä varten.

Varsinainen mittaus suoritetaan Fluke 289 tarkkuusyleismittarilla ja Fluke 1520 eristysvastusmittarilla. Mittausjännitteenä eristysvastusmittauksessa käytetään 500v. Tällä menetelmällä mitattaessa täytyy huomioida mittausapuvälineen aiheuttamat ylimenovastukset, eivätkä saadut arvot eivät ole suoraan verrattavissa valmistajan antamiin ohjearvoihin.

Toisena menetelmänä käyttökuntoisuuden määrittämiseen käytetään 122mm harjoitusrakettikasettijärjestelmän valmistajan toimittamaa automaattista Löhner- merkkistä räätälöityä testauslaitetta. Tällä laitteella voidaan ajaa läpi halutut mittaukset laukaisuputkikohtaisesti tai koko kasetti kerralla. Mittaukset suoritetaan sekä lataamattomalle kasetille, että ladatulle kasetille raketin tunnistimen toiminnan varmistamiseksi.

Ladatun kasetin mittauksessa käytetään myös halkaisijaltaan 122mm teräsholkkeja, joilla simuloidaan rakettia (kuva 6). Holkki työnnetään putken peräpäästä putken sisään, jolloin se painaa raketin tunnistimen alas. Samalla holkillla voidaan myös todeta laukaisukoskettimen oikea säätö. Holkissa on kaksi paksunnosta, joista ensimmäinen ei saa ottaa laukaisukoskettimen laukaisunastaan kiinni, kun taas toisen paksunnoksen on otettava siihen kiinni.



Kuva 6. Rakettia simuloiva holkki paikoillaan

2 SUUNNITTELUN PERUSTEITA

2.1 Ammunta

Harjoituksissa, joissa suoritetaan kovapanosammuntoja, joudutaan lataamaan n.50- 200 rakettia rakettikasetteihin. Yleensä käytössä on ollut 6-8 rakettikasettia, jolloin latausmäärät kasettia kohden ovat olleet n. 25- 30 rakettia. Laukausmääriä kasettien välillä on pyritty tasaamaan, mutta ampumateknisistä syistä johtuen se ei ole aina ollut mahdollista. Toisinaan myös harjoituksen alussa vaurioitunut rakettikasetti on lisännyt jäljelle jääneiden rakettikasettien laukausmääriä. Näistä syistä johtuen täytyy raketin lataaminen rakettikasettiin sujua ilman lisävaikeuksia, usein hyvinkin lyhyellä työajalla. Sama vaatimus koskee myös ladatun raketin poistoa rakettikasetista.

Kovapanosammunnoissa on ampuville joukoille annettu aikaväli, jonka aikana suunniteltu rakettimäärä täytyy ampua. Aina tämä ei onnistu esim. sääolosuhteiden tai teknisten syiden takia. Tällaisten tapausten jälkeen täytyy ladatut raketit poistaa rakettikaseteista. Rakettien poisto ja valmistelu takaisin kuljetuskuntoon täytyy sujua nopeasti, koska usein ammuntojen jälkeen täy-

tyy yleensä lähteä siirtymään toiseen kohteeseen. Rakettien lataus ja poisto rakettikasetista täytyy onnistua niillä työvälineillä, joilla se alkuperäisessäkin kokoonpanossa suoritetaan.

Toteutettu suojausratkaisu ei saa vaikeuttaa rakettikasetin huolloissa käytettyjen välineiden käyttöä. Laukaisuputkien puhdistus ja öljyäminen suoritetaan rakettikasetin etupuolelta. Toisinaan puhdistusharja pääsee liian pitkälle putken takapäässä. Suojausratkaisu ei saa olla sellainen, että putken takapäätä ulos tullut harja ja puhdistusliinat voisivat tarttua kaapeloinnin suojaukseen ja aiheuttaa mahdollisesti vaurioita. Suojausratkaisu ei myöskään saa oleellisesti vaikeuttaa laukaisuputken takapään puhdistus- ja huoltotyötä. Yksittäisten laukaisukaapeleiden vaihto tulee myös onnistua suojausratkaisua poistamatta.

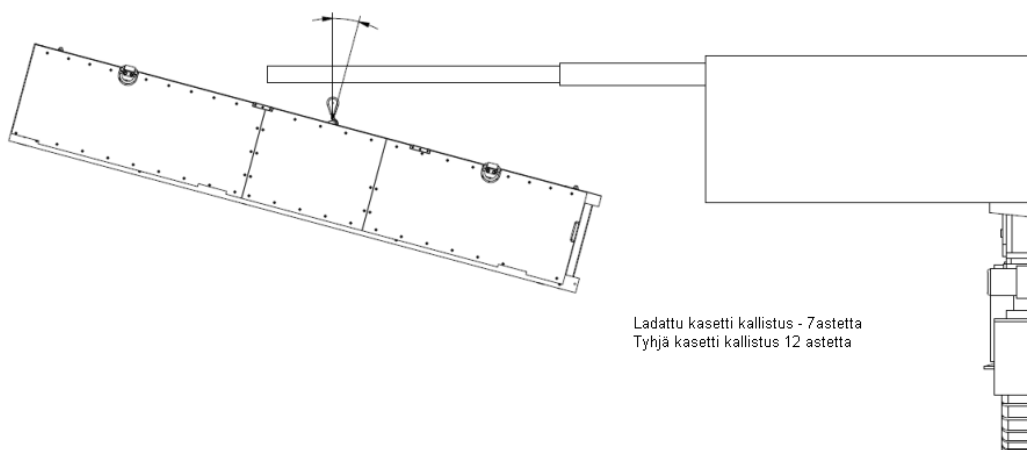
Kaapeloinnin lisäsuojaus tulee olla helposti ja nopeasti poistettavissa laajempien huoltotöiden niin vaatiessa. Tällaisia töitä ovat esim. raketin tunnistimen uusimiset, joskin ne vaativat myös koko laukaisuputken irrottamisen. Rakettikasetti on suurelta osin koottu ruuviliitoksien, jotka vaativat määrääjain kireyden tarkastamisen. Tämänkaltaisten tarkastusten yhteydessä lisäsuojauksen poistamisesta vaatimuksesta ei ole haittaa, koska työ tehdään laajemman huollon yhteydessä ja edellyttää muutenkin rakenteiden purkamista.

Kaapeloinnin lisäsuojauksen toteutukselta edellytetään sellaista rakennetta, mikä on mahdollista toteuttaa alkuperäistä rakennetta muuttamatta. Tämä tarkoittaa lisäsuojauksen kiinnitysratkaisun osalta sitä, että alkuperäiseen rakenteeseen sallitaan vain tarvittavien pulttien reikien ja kierteiden koneistaminen. Lisäsuojaus ei myöskään saa aiheuttaa alkuperäisen rakenteen kriittisten pisteiden heikentymistä.

Rakettikasetin painopisteen tulisi säilyä mahdollisimman lähellä alkuperäistä. Painopiste on jo nykyisellään hieman ongelmallinen, koska kasetin painopiste ei säily samana lataamattomana ja ladattuna (kuva 7). Myös osin ladattu kasetti käyttäytyy epästabiiilisti. Painopisteen vaihtelu aiheuttaa ongelmia rakettikasetin lataamisessa raketinheittimeen ja myös kasetin poistossa rake-

tinheittimestä. Varsinkin heikoissa valaistusolosuhteissa on havaittu ongelmia, jotka ovat johtaneet rakettikasettien vaurioitumisiin.

Painon lisääminen rakettikasetin takapäähän helpottaisi ladatun kasetin latausta raketinheittimeen ja vähentäisi riskiä rakettikasetin vaurioitumiseen raketinheittimen latauksen yhteydessä. Heittimen latauksen yhteydessä rakettikasetit yleensä vaurioituvatkin, kun taas kasetin poistossa raketinheittimestä vaurioita ei ainakaan teoriassa pitäisi tapahtua.



Kuva 7. Rakettikasetin painopisteen muutos

2.2 122 mm Harjoitusjärjestelmän ongelman tunnistaminen

Ongelmaksi tunnistettiin laukaisukaapeleiden mekaaninen vaurioituminen ja kaapeleiden eristysvastuksen raja-arvojen alittuminen. Käytännössä tämä ilmenee tarkastusten yhteydessä suurena hylkäysprosenttina. Suuren vauriomäärän vuoksi tarkastustoiminta muuttuukin kunnossapidoksi hidastaen koko prosessia.

Muutokset eristysvastuksessa johtuvat kaapelien suojavaippojen vaurioitumisesta. Kaapelien suojavaippoihin iskeytyneet ja kiinni tarttuneet raketin palojätteet sekä muut amunnassa muodostuvat epäpuhtaudet muodostavat galvaanisen yhteyden johtimien ja kasetin rungon välille.

Kaapeleiden mekaaniset vauriot olivat pääsääntöisesti raketin bakeliitista valmistetun takakannen ja raketin sisällä olevan johtimien aiheuttamia. Vauriot olivat joko pinnallisia iskeytymiä tai syvempiä viiltoja ulottuen läpi kaapelin eristekerroksien. Näiden vaurioiden kautta kosteus yhdessä raketin palojäämien ja epäpuhtauksien kanssa pääsivät muodostamaan johtavan pinnan varsinaisen laukaisuvirtapiirin ja ulkovaipan suojamaadoituksen välille. Useissa tapauksissa myös kaapelin oman häiriösuojauksen säikeitä oli tunkeutunut varsinaiseen laukaisujohtimeen saakka eristemateriaalin läpi tunkeutuen (kuva 8). Raketin sisäisen sytytyspanoksen laukaisujohtimen aiheuttamia vaurioita oli vähiten ja ne olivat yksittäisiä johtimen säikeitä. Pääsääntöisesti nämä vauriot olivat pysähtyneet uloimpaan eristekerrokseen. Merkittävimmäksi vaurioiden aiheuttajaksi todettiin laukaisutapahtumassa suurella nopeudella liikkuvat partikkelit.



Kuva 8. Syvälle ulottuva kaapelivaurio

Oman ryhmänsä kaapelivaurioissa muodostivat raketin tunnistimen kaapelivauriot. Raketin tunnistin sijaitsee laukaisuputken peräpäässä putken alapinnassa ja ilmaisee onko putki ladattu tai raketti laukaistu. Tunnistimelle tuleva kaapeli haaroittuu samasta liittimestä, jolta varsinainen laukaisujohdin tulee laukaisukoskettimelle. Tämä kaapeli on suojattu teflonspiraalisuojalla koko pituudeltaan. Vauriot näissä kaapeleissa olivat joko teflonspiraalin mekaani-

sia vaurioita tai läpi koko kaapelin eristeiden ulottuvia viiltoja. Tunnistinkaapelien vauriot aiheuttivat vastaavan eristysvastuksen muutoksen kuin laukaisukaapeleissa.

Pienimpänä ryhmänä kaapelivaurioissa olivat laukaisukaapelin BNC-tyyppisten liittimien irtoaminen puristusliitoksestaan. Kaapeliin kohdistuva painevaikutus on vaurion todennäköisin aiheuttaja yhdessä kaapelin kokoonpanossa tapahtuneen asennusvirheen kanssa. Suojauksen tulee vähentää myös tätä kaapeleihin kohdistuvaa painevaikutusta.

2.3 Ongelman vaikutus järjestelmän käytettävyyteen

122 mm harjoitusjärjestelmälle on tehty kolme koko järjestelmää koskevaa koeammuntaa vuosina 2007, 2008 ja 2009. Lisäksi on tehty kaapeloinnin modifiointia koskeva koeammunta vuonna 2011. Käyttökokemuksia on kertynyt usean vuoden ajalta ja niiden tuloksena järjestelmän käytettävyyden todettiin laskeneen jo vuonna 2009 ja keväällä 2011 järjestelmä oli tilassa, jossa käytettävissä olevat laukaisukaapelit olivat loppuneet. Tämä tilanne pakotti käynnistämään kaapelin rakenteen ja kaapeloinnin suojauksen kehitystyön.

2.4 Ongelman vaikuttavuus käyttöturvallisuuteen

Suoritettaessa kovapanosammuntoja 122 harjoitusrakettikasettijärjestelmällä on ammunnoissa aina mukana myös itse asejärjestelmän käyttöturvallisuuden liittyviä riskejä. 122 mm harjoitusrakettikasettijärjestelmä on oma erillinen asejärjestelmä, joka on kehitetty 289 RSRAXH 06 järjestelmän lisäosaksi. Harjoitusjärjestelmän suunnittelun perusteena on ollut mahdollisimman yhtenäinen käyttäytyminen alkuperäisen asejärjestelmän kanssa. Harjoitusjärjestelmässä käytettävän ampumatarvikkeen erilaisista lähtökohdista johtuen kaikkia käyttöturvallisuuden vaikuttavia tekijöitä ei ole voitu huomioida harjoitusjärjestelmän lisäohjelmistossa (APE/SPAP), eikä varsinaisen heitti-

men rakenteessa. Tästä johtuen harjoitusjärjestelmän käytön edellytyksenä on erillinen täydentävä tarkastusmenettely.

Yleisesti pahimpana tilanteena pidetään kahden tai useamman raketin samanaikaista laukeamista. Tilanteessa, jossa kaksi tai useampia raketti poistuu aseesta lähes samanaikaisesti, joutuvat muut raketit edellä menevän raketin suihkuvirtauksen vaikutuksen alaiseksi. Suihkuvirtaus vaikuttaa varmuudella raketin lentorataan ja iskemäpisteeseen maalialueella. Eri variaatioita on edes turha lähteä etsimään, koska kuvatus kaltaista tilannetta ei saa tapahtua. Maalialueen rajat ovat tarkoin määritelty ja usein ammunnoissa toimitaan alueella, jonka reuna-alueilla on kohteita, joissa seuraukset voisivat olla vakavia. Unohtaa ei sovi myöskään tulenjohtopaikkoja, joista on suora näköyhteys maalialueelle. Vaikka tulenjohtopaikoilla on mahdollisuus suojautua sirpalevaikutukselta, ei se käytännössä auta mitään, jos ensimmäinen harhautunut raketti osuu riittävän lähelle.

Muita riskejä ovat jarrurenkaiden irtoaminen viereisten putkien raketeista yksittäisten rakettien laukaisun yhteydessä. Tällaisissa tapauksissa raketti lentää varmuudella maalialueen rajojen etupuolelle ja saattaa pahimmillaan vaikuttaa etupuolella ampuvissa joukoissa tai muissa kohteissa, joita ei vaara-alueiden määrittelyssä ole voitu huomioida. Myös irronnut, mutta putkeen jäänyt jarrurengas voi kiilautua raketin ja putken väliin ja pahimmillaan estää raketin laukaisun putkesta. Seurauksia tällaisen tapahtumasarjan toteutumisesta ei ole tiedossa. Myös liian suurelle tai pienelle pitovoimalle säädetty raketin saksipidätin vaikuttaa ampumaetäisyyteen tai pahimmillaan myös ampumasuuntaan. Tämänkaltaisessa laukaisutapahtumassa raketti pääsee poistumaan putkesta välittömästi syttymisensä jälkeen ilman, että riittävä työntövoima olisi päässyt kehittymään kiinnipitovaiheen puuttuessa tai kiinnipidon riittämättömyyden johdosta. Raketti, joka poistuu putkesta liian hitaalla nopeudella, ei saa lentoratavaiheen alussa tarvittavaa kiertovakautusta. Liian hitaalla nopeudella poistuva raketti saattaa myös pudota maahan putkien etupuolelle ja lähteä mielivaltaiseen suuntaan putkesta poistumisensa jälkeen.

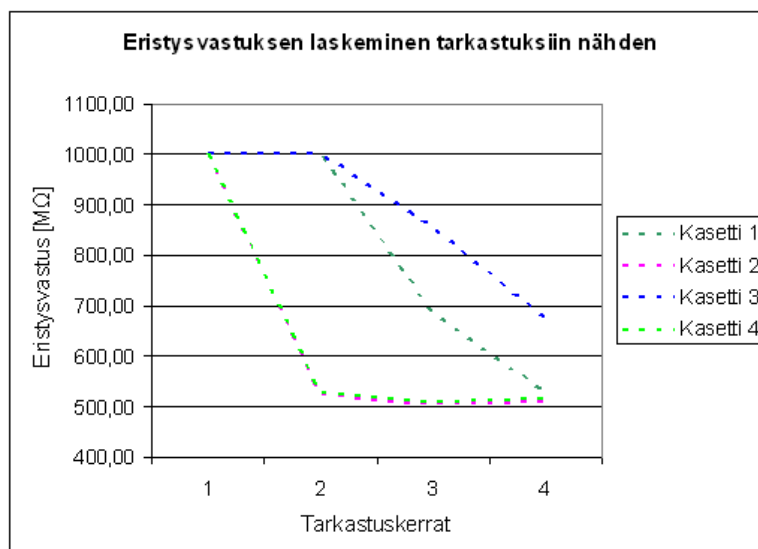
Saatujen käyttökokemuksien ja 122 RAKH 89 pohjalta saatujen kokemusten perusteella suurimpana riskinä on kuitenkin pidetty kahden tai useamman raketin samanaikaista laukeamista. Tämä riski on todellinen ja tapahtuma toteutuu silloin, kun laukaisukaapelit saavat välilleen riittävän galvaanisen yhteyden. Galvaaninen yhteys laukaisukaapeleiden välille mahdollistuu riittävän syvien läpi laukaisukaapelin häiriönpoistomaadoitusten ulottuvien vaurioiden yhteydessä. Yhteys laukaisukaapeleiden välille syntyy, kun tunkeutunut kappale on työntänyt häiriönpoistokaapelin johdinsukan säikeitä kahdelle tai useammalle laukaisukaapelille laukaisujohtimeen saakka muodostaen laukaisuvirtapiiriin rinnankytkentöjä rakettien laukaisujohtimien välille. Tällaisia tilanteita on pyritty välttämään jatkuvalla ammuntojen aikaisella kunnon seurannalla, mutta riski on silti olemassa ja pienennettävissä ainoastaan es-tämällä kaapeleiden fyysinen vaurioituminen. Sarjatulimuotoja ammuttaessa kaapeleiden kuntoa ei luonnollisesti voida seurata. Ammuttaessa sarjoja ei muuta vaihtoehtoa palvelusturvallisuuden lisäämiseksi ole kuin kaapeleiden suojaus mekaanisia vaurioita vastaan.

122 mm harjoitusrakettikasettijärjestelmälle tehdään käyttökunnontarkastus aina ennen kovapanosammuntoja. Tarkastus suoritetaan voimassaolevan ohjeistuksen mukaan. Tarkastuksen yhteydessä suoritetaan kaikki valmistajan määrittelemät sähköiset mittaukset, sekä raketin saksipidättimien pito-voimamittaukset. Sähköisissä mittauksissa hyväksyttävyyden rajat ovat melko tiukat ja viat kaapeleissa tulevat ilmi suurella todennäköisyydellä. Mittausolosuhteet ovat normaalit korjaamohallissa vallitsevat olosuhteet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden suhteen.

Tarkastettavat rakettikasetit tuodaan tarkastusta varten muutamaa päivää aikaisemmin huollettuina kuivumaan tarkastustilaan. Kun tarkastus suoritetaan puhtaalle ja kuivalle rakettikasetille, saattaa tarkastuksen läpäistä raket-tikasetti, joka ei enää maastossa pistokokeena tehdyssä mittauksessa olisi-kaan käyttökuntoinen. Tämän kaltaisia virheitä pyritään minimoimaan huolel-lisella kaapeleiden eristeiden tarkastuksilla.

Mittauksia on suoritettu myös kovapanosammuntojen aikana, tosin kuivissa kesäolosuhteissa. Näissä mittauksissa on todettu vastaavanlaisia vikaantumisia kuin varsinaisissa käyttökunnontarkastuksissakin. Käytönaikaisen valvonnan tekee hankalaksi ongelmalliset mittaolosuhteet, kuten vesi- tai lumisade. Tällöin kosteus mahdollistaisi vikojen todentumisen, mutta häiritsisi itse mittauksen tarkkuutta ja luotettavuutta. 122 mm harjoitusrakettkasettijärjestelmä on kuitenkin toiminut ammuntojen aikana melko moitteettomasti, vaikka ammunnoissa on varmuudella vikaantunut kaapeleita ammunnan aikana. Riskiä on pyritty pitämään kohtuullisena kasettien latauksen yhteydessä tehtävällä asemestarin tarkastuksella. Tässä yhteydessä on tarkkailtu laukaisukaapeleiden eristeeseen syntyneitä syviä eristevaurioita.

Syvien eristemateriaalin läpi ulottuvien vaurioiden vaarallisimpia tapauksia ovat johtimet, joiden suojamaadoitusverkko on galvaanisessa kosketuksessa kaapelin sisällä kulkevaan raketin laukaisujohtimeen. Jos tällaisia kaapelivaurioita on samassa kasetissa kaksi tai useampia, voi seurauksena olla yhdelle raketille annetun sytytysimpulssin kulkeutuminen suojamaadoitusverkon muodostaman johteen kautta toiselle tai toisille raketeille. Tällöin on teoriassa mahdollista useamman raketin yhtäaikainen laukeaminen. Riskin tiedostaminen ja jatkuva käytönaikainen valvonta on kuitenkin estänyt kyseiset tapahtumat. Esimerkki ammunnan aiheuttaman rasituksen vaikutuksesta eristysvastukselle peräkkäisten tarkastuskertojen aikana on esitetty alla (kuva 9).



Kuva 9. Vaurioiden vaikutus eristysvastukseen

Ammuntojen turvallisuustoiminnan yhtenä perusteena ovat teknisen henkilökunnan tekemät tekniset tarkastukset. Tässä työssä käsiteltävän ongelmanratkaisun tavoitteena ei ole luopua tai vähentää tarkastuksia, vaan etsiä ennalta ehkäisevä ratkaisu mahdollisen vaurion ja turvallisuutta vaarantavan riskin muodostumiselle.

Aseiden käytön ylimpänä turvallisuustekijänä on kuitenkin aina ihminen, ei asejärjestelmä.

3 LISÄSUOJAUKSELLE ASETETUT VAATIMUKSET

Järjestelmän lisäsuojaukselle on tunnistettu seuraavat vaatimukset yhdessä työn tilaajan kanssa. Vaatimukset pitävät sisällään oleellimmat seikat järjestelmän käytettävyyden ja muuttuneen rakenteen kannalta.

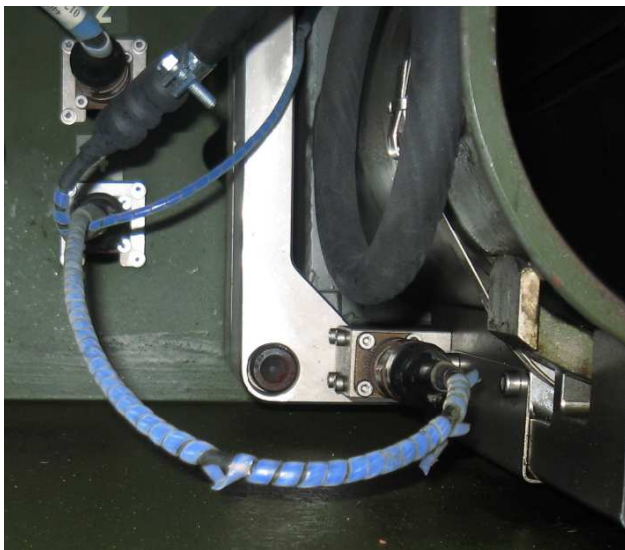
1. Suojausratkaisu ei saa laskea käyttöturvallisuutta
2. Suojausratkaisu ei saa vaikeuttaa raketin lataamista
3. Suojausratkaisu ei saa vaikeuttaa ladatun raketin poistoa laukaisuputkesta
4. Suojauksesta ei saa olla oleellista haittaa rakettikasetin huollolle
5. Suojauksesta ei saa olla oleellista haittaa rakettikasetin tarkastukselle
6. Suojauksen asentaminen ja poisto on kyettävä suorittamaan tavanomaisin työkaluin kaikissa olosuhteissa
7. Suojauksen asentaminen ei vaadi merkittäviä muutoksia rakettikasetin nykyiseen rakenteeseen
8. Suojauksen aiheuttama lisäpaino on oltava alle 20kg

4 TYÖN KULKU

4.1 Ratkaisuvaihtoehdot

Kaapeloinnin paremman kestävyuden saavuttamiseksi tarkasteltiin kolmea eri vaihtoehtoa. Ratkaisumalleja ryhdyttiin kehittämään kovapanosammunnoissa ja käyttökunnontarkastuksissa tehtyjen havaintojen pohjalta.

Yhtenä vaihtoehtona oli kaapeloinnin lisäsuojaus, mitä valmistajan toimesta ensimmäisten koeammuntojen jälkeen lisättiinkin. Ratkaisussa kaapeleiden ympärille kierrettiin teflon-suojaspiraalia. Tämä ratkaisu osoittautui kuitenkin riittämättömäksi jo alkuvaiheessa. Kaapeleiden suojana ollut teflonspiraali ei kestänyt iskeytymiä ja myös varsinainen suojaspiraalin alla ollut kaapeli vaurioitui (kuva 10).



Kuva 10. Suojaspiraalivaurio

Tässä työssä tämän ratkaisuvaihtoehdon jatkokehitemänä oli kaapeleiden sijoittaminen metallisiin suojaputkiin. Tämä ei kuitenkaan olisi mahdollistanut kaapeleiden nopeaa vaihto- ja tarkastustyötä, joka toisinaan harjoituksissa on ollut tarpeen. Lisäksi ammunnan jälkeinen huoltotyö olisi vaikeutunut koska likaa ja aseöljyä olisi päässyt kaapelisuojien sisäpuolelle. Nämä epäpuhtaudet olisivat aiheuttaneet väistämättä ongelmia vaaditun eristysvastuksen kohdalla. Lisäksi ratkaisu olisi myös edellyttänyt kuutta irrallista lisäkomponenttia, joiden luotettava huoltoystävällinen kiinnitys kohteeseen olisi ollut erittäin hankalaa.

Toisessa vaihtoehdossa etsittiin mahdollisuutta saattaa korvausilmaa rakettikasetin putkien etupuolelta putkien peräosan muodostamaan tilaan. Tällä pyrittiin vähentämään rakettimoottorin palovaiheen virtauksen vaikutuksesta tilaan syöksyvän korvausilman virtausnopeutta. Tämä ilmavirta ottaa mu-

kaansa bakeliitin kappaleita, jotka suurella nopeudella liike-energiansa vaikutuksesta vahingoittavat kaapeleita. Lisäilman saamisen mahdollistavien kanavien tai aukkojen valmistus rakennetta muuttamatta osoittautui mahdottomaksi, johtuen lähtökohtana käytetystä M28 rakettikasetin rakenteesta. Myöskään 122mm kasettikonstruktion riisuminen kilvistä tai aukkojen teko kilpiin ei tullut kysymykseen, koska silloin vauriot olisivat kohdentuneet myös itse raketinheittimen aseosan kaapelointeihin ja laitteisiin.

Kolmannessa vaihtoehdossa päädyttiin ratkaisuun, jossa pyrittiin estämään bakeliitinkappaleiden pääsy laukaisuputkien peräpäähän etupuolelle. Suojaus suunniteltiin toteutettavaksi kilvellä, joka asennettiin rakettikasetin takaosan tunneliin laukaisuputkien peräpäähän välittömästi laukaisukoskettimien nivelipisteen etupuolelle. Tässä ratkaisussa kaikki tilassa olevat kaapelit jäivät suojakilven etupuolelle. Tämä ratkaisumalli päätettiin valita, koska se on toteutukseltaan selkeästi kustannustehokkain sekä täyttää työlle asetetut vaatimukset. Kilvestä päätettiin tehdä sellainen, että se sopisi kaikkiin järjestelmän kasetteihin ilman yksilökohtaisia muutostöitä. Tämä asetti tiettyjä haasteita, koska kaseteissa raketin laukaisuputkien paikoitus sekä kiertokulma kasetin pituusakseliin nähden poikkeaa hieman yksittäisten putkien sekä kasettiyksilöiden välillä. Laukaisuputkien paikoituksen hajonnasta johtuen putkien keskiakselien etäisyydet saattoivat vaihdella $\pm 10\text{mm}$ suojakilven tasossa. Tästä johtuen kilvessä oleva putken peräosan muotoinen lävistys ei sijoi- tu keskeisesti kaikissa putkissa. Vaikutus on lähinnä kosmeettinen, eikä sillä ole saavutetun suojauksen kannalta oleellista vaikutusta, koska kaapelien yleisimmin vaurioituneet alueet jäivät kuitenkin kilven taakse.

4.2 Toteutettava ratkaisu ja perustelu

Toteutettavaksi vaihtoehdoksi valittiin ratkaisu, jossa suojaus toteutetaan raketin kasettiin asennettavalla suojakilvellä. Tämän valinnan vahvimpana perusteena oli valmistajan vastaava toinen tuote.

Diehl BGT Defence kehitti järjestelmän saksassa käytössä olevan LAR110 mm harjoitusrakettikasettijärjestelmän pohjalta. Lähtökohtana käytetyssä LAR 110mm järjestelmässä rakenne muistuttaa paljon kansallista järjestelmäämme. Se eroaa kuitenkin muutamilta osin käyttämästämme 122 mm järjestelmästä. Juuri nämä erottavat tekijät ovat pääsyynä kansallisen järjestelmämme ongelmiin.

Saksalaisessa järjestelmässä rakettikasetin takaosan tunneli, jossa rakettien laukaisuputket sijaitsevat on huomattavasti lyhyempi (kuva 11). Heidän käyttämässään järjestelmässä laukaisukaapelit ja raketin tunnistimet ovat täysin eristettyjä kasetin takaosan tunnelitilasta. Saksalaisten käyttämä 110mm raketti eroaa myös meidän käyttämästämme 122mm raketista etenkin raketin peräosan rakenteelta.



Kuva 11. Saksalaisen järjestelmän rakettikasetin peräosan rakenne

Tutkittaessa 122 harjoitusrakettikasetteja kovapanosammunnoissa ja käyttökunnontarkastuksissa, tehtiin selkeä havainto raketin takakannen poistumisreitistä. Lähes poikkeuksetta kannet irtoamisensa jälkeen sinkoutuivat kasetin peräosan tunnelin takaapäin katsottaessa vasempaan sivuseinään (kuva 12). Tämä ilmeni selvästi havaittavina iskeminä kyseisessä seinälevyissä ja asian varmistamiseksi tehtiin liidulla yliviivaukset vanhoihin iskemiin ammun-

tojen välissä. Bakeliittikansien irtoaminen pääsääntöisesti tälle sivulle johtui kannen rakenteesta. Raketin takakannessa on teräksestä valmistettu kosketinpinta josta laukaisukosketin johtaa laukaisupulssin raketille. Tämä osa kantta on mekaanisesti kestävämpi kannen muuta kehää. Raketin syttymisen jälkeen kansi irtoaa ensin oikealta puolelta ja kun tähän lisätään vielä laukaisukoskettimen muodostama paine terässegmentin päällä, on kansi pakotettu lähtemään takaa katsottuna vasemmalle puolelle.



Kuva 12. Tunnelin vasemman kyljen iskettymät

Raketin bakeliittinen takakansi on kiinnitetty raketin peräosaan kannessa olevalla sisäkierteellä. Kannen kierreosa on syvyydeltään n. 15mm ja seinämältäään n.3mm. Kannen irtoamisen yhteydessä kaikki rikkoutuneen kierreosan kappaleet eivät poistu kasetin peräosan tunnelista. Syytä tähän selvitettiin pitkään ja alusta asti oli selvää bakeliitinkappaleiden ja kaapelivaurioiden välinen syy-yhteys. Ratkaisu ongelman syntymekanismiin vahvistui, kun uusilla kaapeleilla varustettu kasetti ladattiin toistuvasti vain kolmella raketilla koko harjoituksen ajan. Tällöin ei koko harjoituksen aikana sattunut ainuttakaan kaapelivauriota kyseiselle rakettikasetille, eikä raketin takaosan tunnelista löytynyt enää bakeliitin kappaleita. Varmuus olettamukselle saatiin syksyn 2011 aikana, kun samaa käytäntöä noudatettiin neljällä kasetilla kaikissa ko-vapanosammunnoissa.

Raketin takakansien bakeliitinkappaleiden poistumiseen kasetin takaosan tunnelista oli syynä kolme tyhjäksi jätettyä raketin laukaisuputkea. Raketin työntövoiman aikaansaava voimakas virtaus poistuessaan rakettikasetin takaosan tunnelista saa aikaan nopean paineen alenemisen tunnelin tilassa. Koska virtaus peittää vain osan tunnelin poikkileikkauksesta, jää muu osa vapaaksi korvausilman sisään virtaukselle. Korvausilman syöksyminen tunneliin tempaa mukaansa tunnelin muodostamassa tilassa sinkoutuvat bakeliitinkappaleet ja iskee ne päin laukaisu- ja tunnistinkaapeleita. Kun osa putkista oli lataamatta, mahdollisti se korvausilman virtaamisen laukaisuputkien kautta kasetin etupuolelta. Tällöin myös ilman virtaussuunta oli oikea bakeliitinkappaleiden poistumiselle. Tätä näkemystä tuki myös se havainto, että kaapelivaurioita syntyi pääasiassa ensimmäisten laukausten yhteydessä täyteen ladatulla kasetilla, jolloin korvausilmaa tunneliin pääsi vain rakettikasetin takapäähän kautta.

5 TOTEUTUS

5.1 Ratkaisuvaihtoehtojen esittely työn tilaajalle

Ratkaisuvaihtoehdot esiteltiin työn tilaajalle ja yhteistyössä tilaajan kanssa päädyttiin vaihtoehtoon, jossa suojaus toteutetaan rakettikasetin takaosan tunneliin asennettavalla suojakilvellä. Valitusta suojausratkaisusta valmistettiin työn tilaajaa varten mallikappale, jota esiteltiin ampumarjoitusten yhteydessä työn tilaajalle sekä järjestelmävastuulliselle Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunnan tekniselle päällikölle ja 298 RSRAKH 06 järjestelmäinsinööreille. Suojausratkaisun esittelyjen yhteydessä keskusteltiin käyttäjän vaatimuksista, sekä suojaukselle asetetuista teknisistä vaatimuksista. Käydyissä keskusteluissa erityistä painotusta asetettiin suojauksen vaikutuksesta käyttö ja palvelusturvallisuuteen. Saatu palaute työn tilaajan ja järjestelmävastuulli-

sen tahon puolelta oli pääsääntöisesti positiivista ja työn jatkaminen esitellyllä tavalla sai työn tilaajan, sekä järjestelmävastuullisen tahon vahvistuksen.

5.2 Suojausratkaisun suunnittelu

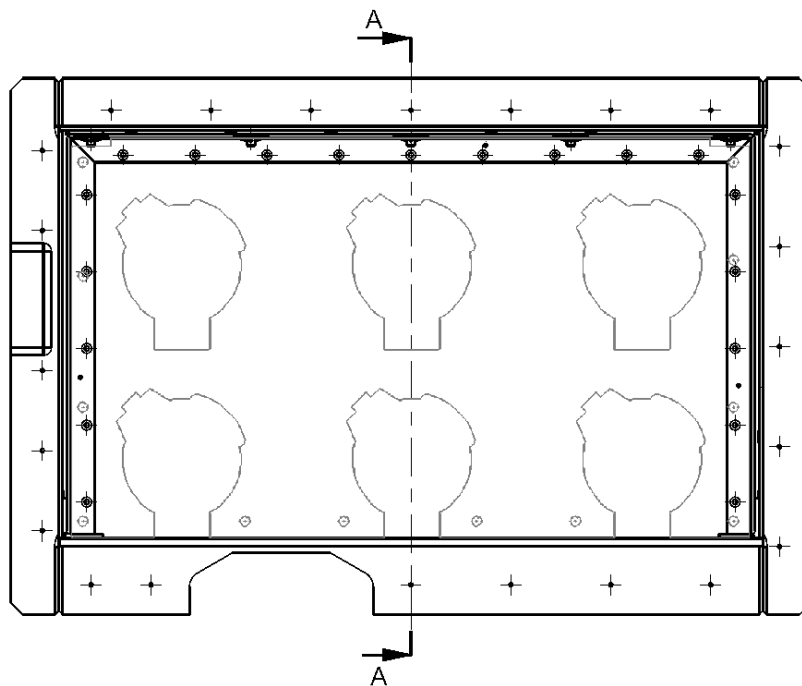
Työn tilaajalle esitellyn ja työn tilaajan kanssa ratkaisuvaihtoehdoksi valitun suojausratkaisun toteutus aloitettiin mittaamalla laukaisuputkien asemointi kaseteissa. Mitoitusta varten valmistettiin kasetin peräosan tunneliin sopiva vahvuudeltaan 10 mm vanerilevy. Tämän jälkeen rakettien laukaisuputkiin asetettiin laukaisukoskettimien säädöissä käytettävä rakettia simuloiva holkki, jonka keskiöreikään valmistettiin merkitsemistä varten piikki. Kun holkki oli paikoillaan laukaisuputkessa, asetettiin suojakilven mitoitusta varten valmistettu vanerilevy tunneliin ja painettiin levy kiinni holkissa olevaan piikkiin. Toimenpide toistettiin kaikilla laukaisuputkilla ja jokaisessa kasetissa, jotka olivat tätä työtä varten käytettävissä. Saadut pisteet muodostivat kuvion, josta mitoitettiin keskiarvoinen keskiöpiste.

Laukaisuputkien peräosan muoto saatiin käyttämällä saksipidättimien säätötyössä käytettävää katkaistua laukaisuputken peräosaa piirtämisen apuvälineenä. Putken peräosan muodosta piirretty kuva kiinnitettiin piirustuslaudalle mitoitusta varten. Piirustuslaudalla mitoitettiin putken peräosan muotojen väliset kulmat valittuun putken keskilinjaan. Saatujen mittojen perusteella piirrettiin Solid Works ohjelmalla suojakilpi ja siihen laukaisuputkien aukot eri muotoineen. Mitoituksessa huomioitiin tarvittavat väljyydet laukaisuputkien asemoinnin eri varianttien välillä. Lopputuloksena saatu kuva tallennettiin DXF formaattiin. Koska mallikappaleen materiaalissa ei tarvinnut välittää valmistetun kappaleen lujuusominaisuuksista, valittiin raaka-aineeksi 3mm EN AW-1050A (Al 99,5 %), EN 10204/3.1 alumiinilevy. Ainevahvuus valittiin 3 mm:n lähinnä helpomman käsiteltävyyden ja kuljetettavuuden vuoksi. Mallikappale leikattiin Koike Aronson inc- merkkisellä CNC plasmaleikkurilla SAMK:n konelaboratoriossa. Leikkauksen jälkeen kappaleen reunat viimeisteltiin.

5.3 Suojakilven asentaminen rakettikasettiin

Suojakilven mallikappaleen valmistamisen jälkeen ryhdyttiin suunnittelemaan kilven sijoitusta ja kiinnitystä rakettikasetin peräosan tunneliin. Suojakilven kiinnitystä varten valmistettiin teräksestä L50/50x4x6000-EN10162 S235J2-EN10204-2,2 kulmaprofiilit. Kiinnitykseen käytettävät profiilit oli mitoitettu tunnelin tilaan sopiviksi. Lisäsuojaukselle asetetuissa vaatimuksissa kohdassa 7. oli asetettu vaatimus rakettikasetin perusrakenteen muutosten minimoimisesta. Vaatimusasettelusta johtuen pyrittiin löytämään kiinnitysratkaisu, joka hyödyntäisi rakettikasetissa jo olemassa olevia rakettikasetin kokoonpanon muiden osien kiinnitysreikiä. Tunnelin sivulevyjen molemmille ulkopuolille on kiinnitetty jäykistekappaleet. Jäykisteiden reiät ovat hyödynnettävissä suojakilven kiinnitykseen tietyin varauksin. Jäykisteet on kiinnitetty viidellä uppokantaisella M6 kuusiokoloruuvilla. Kiinnityksen mitoituksessa ei ole tarvinnut huomioida kasetin pituussuuntaisia rasituksia, koska jäykisteet lujittavat tunnelin sivulevyä ainoastaan painevaikutuksen aiheuttamaa värähtelyä vastaan. Tämä kiinnitysvaihtoehto jouduttiin kuitenkin hylkäämään, koska kiinnityksessä tarvittavat kulmaprofiilien kiinnityspisteet tunneliin olisivat jääneet lähes 131mm suojakilven takapuolelle tunnelissa.

Suojakilven kiinnitys rakettikasettiin päätettiin toteuttaa kulmaprofiilien pulttiliitoksella. Liitosta varten porattiin tunneliin uudet kiinnitysreiät. Tällä tavalla toteutettuna saatiin suojakilven kiinnitykseen käytettävien kulmaprofiilien koko minimoitua. Kiinnitystarpeina voitiin käyttää samoja kiinnityskomponentteja kuin suojakilven ja kulmaprofiilien välisessä liitoksessa. Teräksisten kulmaprofiilien liittämiseksi tunnelin kylkiin mitoitettiin kiinnityspisteet 4kpl molemmille sivuille ja 4kpl tunnelin pohjalevyyn. Kiinnitysreikien etäisyys tunnelin takapäädästä oli 945mm (kuva 13).



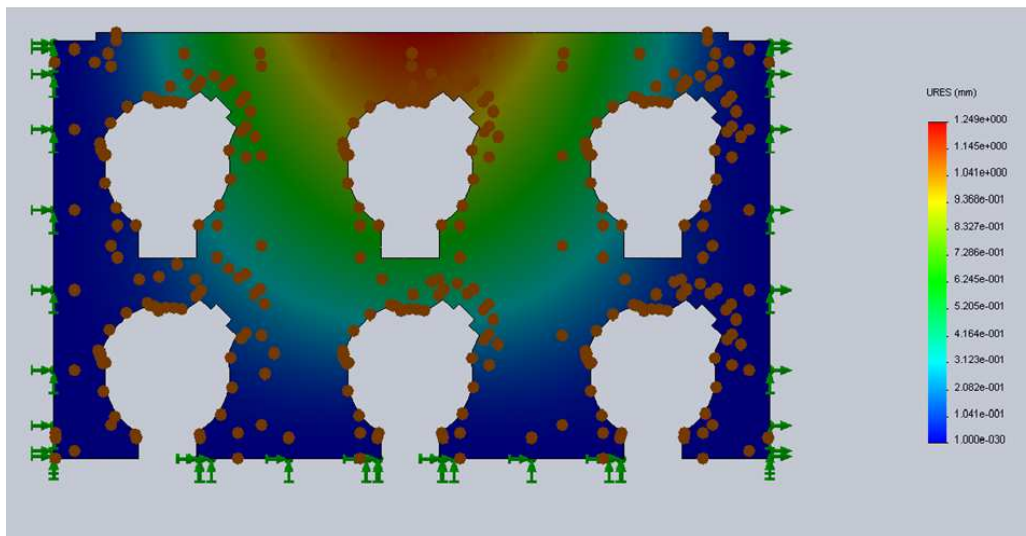
Kuva 13. Suojakilpi rakettikasetin tunnelissa

5.4 Suojakilven lujuuslaskennallinen tarkastelu

Työn aikana ei ole ollut mahdollisuutta painevaihteluiden mittaamiseen rakettikasetin takaosan tunnelissa. Tästä johtuen tarkasteltiin suojakilven rakennetta ainoastaan tasaisesti vaikuttavalla voimalla. Tosiasiassa eri kuormitusvariaatioita on yhtä monta kuin eri rakettien laukaisujärjestyksiä ja eri putkien lataustiloja. Maksimi rasitus kilvelle tulee kuitenkin tilanteessa, jossa putki numero 3 laukaistaan ensimmäisenä. Samaisessa tapauksessa paineen hetkellinen vaikutus on lähimpänä tilannetta, jossa koko kilven alalle kuvataan tasainen kuormitus.

Rakenteen mitoituksen perusteena päädyttiin käyttämään minimissään samoja ainevahvuuksia ja materiaaleja kuin valmistaja oli käyttänyt vastaavassa tilassa. Suojakilven muodonmuutosta ammunnan aikana mallinnettiin Solid Works ohjelman lujuuslaskentasovelluksella. Samalla menetelmällä saatiin näkyviin myös rakenteen kriittiset pisteet, jotka tulivat näkyviin ennalta arvellulle alueelle, eli laukaisuputken 3. ympäristöön (kuva 14.).

Alumiinilevyn ainevahvuutena tarkastelussa oli 4mm ja tasaisen kuormituksen voimaksi valittiin 50N. Suojakilven kiinnityspisteet asetettiin suunniteltua toteutusta vastaavaksi. Muodonmuutoksen maksimimitta kilven keskellä oli n. 1,2mm. Voima valittiin tätä tarkastelua varten sellaiseksi, että kuvasta saatiin helposti tulkittava.



Kuva 14. Suojakilven muodonmuutos tasaisella 50N kuormituksella.

Kaapeloinnin suojauksen lopulliseksi materiaaliksi valittiin paremmin korroosiota kestävä EN AW-5754 (Al Mg 3), "meriveden kestävä" EN 10204/3.1 laadun alumiinilevy. Lopullinen ainevahvuus tulee määräytymään kenttäkoeammunnoissa tehtyjen havaintojen pohjalta ja lähtökohdaksi valitaan 122mm harjoitusrakettikasettijärjestelmän valmistajan samassa tilassa käytämä 4mm ainevahvuus ja materiaali.

Kenttäkokeiden yhteydessä on myös mahdollisuus suorittaa tarkempia mittauksia suojakilven todellisista muodonmuutoksista ja kiinnityspisteiden toimivuudesta. Myös suojakilven mitoittamiseen ja laukaisuputkien aukkojen mitoittamiseen on helppo tehdä jälkikäteen tarvittavia muutoksia, mikäli kenttäkokeiden yhteydessä se havaitaan tarpeelliseksi.

Taulukko 1. Kilven kiinnitystarvikkeet.

R	Mat	Nimike	koko	Würth koodi	STD
1	A4	Haponkestävä lieriökanta kuusiokoloruuvi	M12	1007-12 35	DIN 912
2	A4	Haponkestävä kuusiomutteri	M12	1008-12	DIN 934
3	A4	Haponkestävä joustolaatta		1425-312	DIN 6796
4	A4	Haponkestävä Würth lock® hammaslukituslevy- pari		1427-12	DIN 25201
5	A4	Haponkestävä joustolaatta		1425-312	DIN 6796
6		Ruuvilukite keskikova			

6 VAATIMUSTEN TÄYTTYMINEN

1. Suojausratkaisu ei saa laskea käyttöturvallisuutta
 - Vaatimus täyttyy, koska laadittu suojausratkaisu ei ole kosketuksessa mihinkään laukaisuvirtapiirin komponentteihin, eikä raketin laukaisuputkiin.
2. Suojausratkaisu ei saa vaikeuttaa raketin lataamista
 - Vaatimus täyttyy, koska koko suojakilven rakenne on raketin laukaisuputkien peräosan etupuolella, eli alueella mikä ei ole vaikuttamassa raketin lataukseen. Myös lataustukien käyttö säilyy alkuperäisen toteutuksen mukaisena.
3. Suojausratkaisu ei saa vaikeuttaa ladatun raketin poistoa laukaisuputkesta
 - Vaatimus täyttyy, koska koko suojakilven rakenne on raketin laukaisuputkien peräosan etupuolella, eli alueella mikä ei ole vaikuttamassa ladatun raketin poistoon. Myös raketin poistossa käytettävän työkalun käyttö ja lataustukien käyttö säilyy alkuperäisen toteutuksen mukaisena.
4. Suojauksesta ei saa olla oleellista haittaa raketin huollolle
 - Vaatimus täyttyy, koska kaikki käyttäjän tekemät huollot saadaan suoritettua suojausta poistamatta. Haittaa on ainoastaan laajemmissa kunnossapitotöissä, mutta haitta katsotaan vähäiseksi suojauksen yksinkertaisen ja nopean kiinnitysratkaisun johdosta.
5. Suojauksesta ei saa olla oleellista haittaa raketin tarkastukselle
 - Vaatimus täyttyy, koska suojaus ei haittaa käyttökunnontarkastuksen suorittamista. Suojakilpi ja sen kiinnitys on tosin jatkossa huomioitava yhtenä tarkastuskohteena.

6. Suojauksen asentaminen ja poisto on kyettävä suorittamaan tavanomaisin työkaluin kaikissa olosuhteissa
 - Vaatimus täyttyy, koska suojaus on kiinnitetty normaalein kuusiokoloruuvein, jotka ovat takaosan tunnelin tilassa helposti asennettavissa.
7. Suojauksen asentaminen ei vaadi merkittäviä muutoksia rakettikasetin nykyiseen rakenteeseen
 - Vaatimus täyttyy, koska rakettikasetin nykyiseen rakenteeseen joudutaan ainoastaan poraamaan reiät tarvittaville kiinnitysruuveille.
8. Suojauksen aiheuttama lisäpaino alle 20kg
 - Vaatimus täyttyy, koska suojauksen aiheuttama painonlisäys on n.10,5 kg.

7 LOPPUTULOKSET

7.1 Arvio työn onnistumisesta

Työlle asetetut tutkimus- ja suunnittelutavoitteet voidaan katsoa täyttyneen. Suunnittelun perusteet on kerätty kolmen vuoden käyttö- ja kunnossapitokemusten perusteella. Jatkossa perusteiden täydentämiseksi on suoritettava erillinen koeammunta mittausjärjestelyin. Lisätietoa suojauksen suorituskyvystä on saavutettavissa riittävien toistokokeiden sekä ammunnan aikaisten lisämittausten avulla. Esimerkiksi videokuvaus suurinopeuskameralla rakettikasetin takapuolelta olisi nopeastikin antanut oikean tiedon vaurioiden syntymekanismista. Tätä mahdollisuutta ei kuitenkaan käyttäjätasolla ole ollut ja kaikki käytettävissä ollut kuvamateriaali oli kuvattu joko heittimen sivulta tai etuviistosta. Vaurioitumisten syntymekanismien selvittämistä on auttanut se, että työn tekijä on jatkuvasti toiminut ampumaharjoituksissa taisteluvälinealiupseerin valvojana ja asemestarina viime vuosien ajan. Näissä tehtävissä on työn tekijä voinut tarkkailla ja valvoa 122 mm harjoitusrakettikasettijärjestelmän huoltoja, tarkastuksia ja käyttöä koko järjestelmän elinkaaren ajan. Työn suoritusta on helpottanut myös se, että tätä opinnäytetyötä on voitu tehdä osana normaalia toimintaa järjestelmän tarkastuksia ja huoltoja suoritettaessa. Harjoitusten ja ammuntojen suuri lukumäärä viime vuosien aikana on tuonut havainnoille myös tilastollista varmuutta. Työtä on ratkaisevasti edesauttanut myös dokumentaation helppo saatavuus.

7.2 Esitys jatkotoimenpiteistä

Valmis työ sähköisine liitetiedostoineen tullaan luovuttamaan Tykistörikaatille. Jatkotoimenpiteiksi esitetään, että työn tilaaja päättää yhdessä järjestelmävastuullisen tahon kanssa 122mm harjoitusrakettikasettijärjestelmän kaapeloinnin suojauksen toteuttamisesta tässä työssä esitetyllä tavalla ja kenttäkokeiden järjestämisestä koesarjan kanssa. Kaapeloinnin suojauksen asennustyö voidaan prototyypin osalta suorittaa tarvittaessa Niinisalon korjaamolla, kuten myös kenttäkokeiden aikana havaitut muutostarpeet suojauksen rakenteessa.

LÄHTEET

122 HARJOITUSRKETTİKASETTIJÄRJESTELMÄN HUOLTO-OHJEET

122 HARJOITUSRKETTİKASETTIJÄRJESTELMÄN KÄYTTÄJÄN-OHJEET

122 HARJOITUSRKETTİKASETTIJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖKUNNON-
TARKASTUSPÖYTÄKIRJAT VUOSILTA 2009, 2010, 2011.

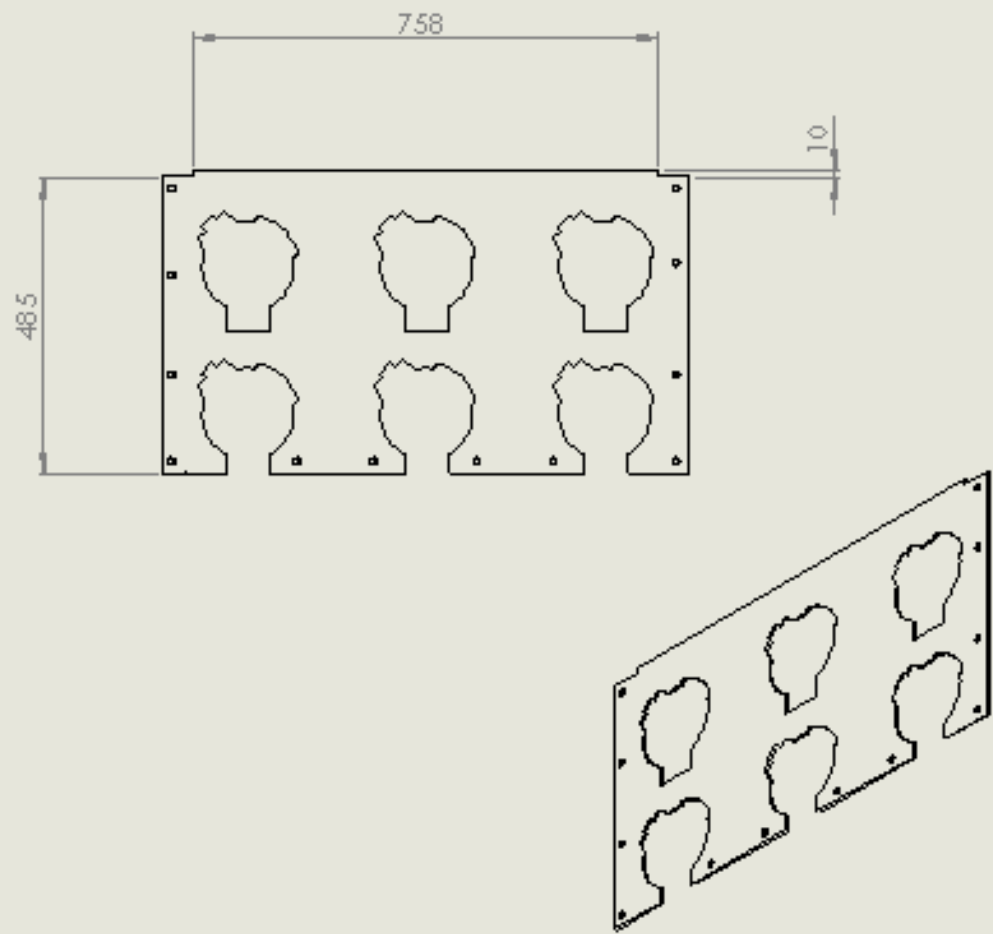
INSINÖÖRIKAPTEENI JARMO AHTEEN HAASTATTELUT

OMAT ASEMESTARIN MUISTIINPANOT 298 RSRAKH 06 KOVA-
PANOSAMMUNNOISTA VUOSILTA 2009, 2010, 2011.

298 RSRAKH 06 JÄRJESTELMÄN ASEALAN HENKILÖIDEN HAASTATTE-
LUT

LOPPUSANAT

Lopuksi haluan kiittää kahta henkilöä, jotka ovat ratkaisevasti vaikuttaneet tämän työn valmistumiseen. Ensimmäiseksi kiitän jo edesmennyttä kaunokirjallisuuden alan suurta esikuvaani Kalle Päätaloa, jonka tuotannon kokonaisuudessaan pariin kertaan lukeneena olen oppinut kirjallisesta ilmaisusta siinä määrin paljon, ettei lyhyen asian kertomiseksi tarvita 16 000 sivua paperia vaan sen voi tehdä jopa 35 sivulla, kuten tässä työssä. Lisäksi haluan kiittää Inskapt Jarmo Ahdetta, jonka kanssa meni useammankin kerran pikkutunneille asejärjestelmän ongelmia selvitettäessä ja vastauksia etsittäessä. Etenkin raskaiden sotaharjoitusten yhteydessä hän jaksoi kellonajasta piittämättä olla mukana toiminnassa, joka ratkaisevilta osin antoi vastauksia tämän työn tärkeimpiin kysymyksiin.



SHIKEDY NEMEF DICHOD
 DUMHODKAR BY RILYFNE
 DIFACH NHEF
 IDIFRANDE
 ITHM.E
 ANCHIAS

INHO

DISE AND
 ERAC DAW
 HOCF

DO NOT SCALE DRAWING

BY 2002 H

	NAME	CHARACTER	DATE		FILE
DESIGN					
DEVELOP					
APPROVE					
CHK					
DRAW					

DYCHOD. tulikilpi reikineen

A4

SCALE 1:10 DRAWING NO. 1000000