

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

BALLISTISEN SUOJAN VAIKUTUS TAISTELIJAN FYYSSISEEN TOIMINTAKYKYYN

Tutkielma

kapteeni

Hannu Valve

Esiupseerikurssi 66

Maasotalinja

Huhtikuu 2014

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Esiupseerikurssi 66	Linja Maasotalinja
Tekijä Kapteeni Hannu Valve	
Tutkielman nimi Ballistisen suojan vaikutus taistelijan fyysiseen toimintakykyyn	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka. MPKK:n kurssikirjasto
Aika Huhtikuu 2014	Tekstisivuja 32 Liitesivuja 0
TIIVISTELMÄ <p>Ballistisen suojarustuksen tehtävänä on vähentää tappioita ja nostaa selviytymismahdollisuuksia taistelijan joutuessa asevaikutuksen kohteeksi. Taistelijan täydellinen suojaaminen ei ole mahdollista, mutta jo pienellä, hyvin valitulla ballistisella suojauksella saadaan tappioita pienennettyä merkittävästi.</p> <p>Suojavarustus on vain yksi tekijä joka vaikuttaa sotilaan selviytymiskykyyn taistelukentällä. Mikään suojarustus ei suojaa taistelijaa kaikilta taistelukentän uhilta, mutta kevyinkin suojarustus asettaa aina vaatimuksia taistelijan fyysiseen toimintakykyyn ja sitä kautta suojan käsitteen muihin osiin. Ballistinen suoja on aina kompromissi suojan, fyysisen toimintakyvyn ja taistelijan varustuksen kesken.</p> <p>Tutkielma lähestyy ballistista suojarustusta kriisinhallintatehtävien kautta. Kriisinhallintatehtävissä ballistisen suojarustuksen vaatimukset ovat korkeimmillaan pienen tappionsietokyvyn takia. Sotilaaseen kohdistuvan uhan luonne on kuitenkin samanlaista niin kriisinhallintatehtävissä kuin sotilaallisessa maanpuolustamisessakin, joten tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa myös muihin Puolustusvoimien tehtäviin.</p> <p>Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää mitä haasteita ballistinen suojaus asettaa taistelijan fyysiselle toimintakyvylle, sekä miten sen haitallisia vaikutuksia voisi vähentää. Tutkielmassa ballistista suojarustusta ja fyysisistä toimintakykyä on tutkittu kirjallisuustutkimuksena aiempien aiheesta tehtyjen tutkimusten, raporttien ja käyttäjäkokemusten kautta. Kirjallisuustutkimuksessa tehtyjä havaintoja tutkitaan empiirisesti mittaamalla ballistisen suojarustuksen vaikutusta ammuntaan. Ballistisen suojarustuksen vaikutusta ammuntaan mitattiin kahdella erityyppisellä ammunnalla, jotka suoritettiin käytössä olevassa sotavarustuksessa. Ampujan suoritus arvioitiin määrällisesti pisteillä ja ajalla. Laadullisia havaintoja tehtiin ballistisen suojarustuksen käytettävyydestä ja sen vaikutuksesta taistelutekniikkaan.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin ballistisen suojarustuksen asettavan painollaan haasteita taistelijan suorituskyvylle, sekä taistelijan varusteille. Näitä vaikutuksia voidaan pienentää varusteiden sijoittelulla ja varusteiden kokonaisuormalla. Kokonaisuormalla kannalta tärkeässä asemassa on ballistisen suojarustuksen tekninen kehittyminen kevyemmäksi ja kestävämmäksi. Ampumasuoritukseen ballistisella suojarustuksella oli lähinnä suoritusta parantavaa vaikutusta. Samalla todettiin, etteivät ne ampuma-asennot, joita koulutetaan käytettäväksi ilman ballistisia suojarusteita sovi sellaisenaan sovi käytettäväksi ballististen suojarusteiden kanssa. Näin ballistinen suojarustus asettaa omat vaatimuksensa taistelutekniikkaan ja sen kautta koulutukselle.</p>	
AVAINSANAT Suojaliivi, kypärä, ballistiset suojarusteet, taistelija, fyysinen toimintakyky,	

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1. Tutkielman rajaukset ja tutkimuskysymykset	2
1.2. Tutkimusmenetelmät	4
1.3. Toimintakyky tässä tutkimuksessa	5
1.4. Henkilökohtainen ballistinen suojavarustus suojan viitekehyksessä	5
2. BALLISTINEN SUOJA	7
2.1. Ballististen suojavarusteiden luokittelu	8
2.2. Sotilaaseen kohdistuvat uhat	10
2.3. Ballistisen suojauksen haasteet	12
3. BALLISTINEN SUOJAUS JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY	15
3.1. Ballistisen suojavarustuksen painon ja sen vaikutusten vähentäminen.....	17
4. KOEAMMUNTA	19
4.1. Ammunnan järjestelyt	20
4.2. Rynnäkkökivääriammunta 2.....	21
4.3. Vaikutuksen ampuminen	22
4.4. Ampujien palaute	24
4.5. Yhteenveto.....	26
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	29
5.1. Ballistisen suojauksen kehittäminen osana taistelijan varustusta.....	30
5.2. Ballistisen suojavarustuksen vaikutus koulutukseen.....	31

LÄHTEET

LIITTEET

BALLISTISEN SUOJAN VAIKUTUS TAISTELIJAN FYYSISEEN TOIMINTAKYKYYN

1. JOHDANTO

”Suojausmenetelmät ja keinot mitoitetaan yleensä joukon suorituskyvyn ja tehtävän mukaan. Liiallinen suojaus saattaa haitata joukon varsinaista tehtävää ja päämäärää taistelussa, mutta liian vähäinen suojaus saattaa taas johtaa tarpeettomiin tappioihin. Suojaukseen vaikuttavat myös materiaalihankinta ja niihin osoitetut taloudelliset resurssit. Suoja ei ole ilmaista, varsinkaan jos se hankitaan liikkuvuuden ja panssaroinnin keinoin. [7, s. 81-82]”

Huttunen

Huttunen kirjoittaa suojasta laajemmassa mittakaavassa, ei siis vain taistelijan ballistisesta suojasta. Samat lainalaisuudet pätevät kuitenkin suojatessa yksittäistäkin henkilöä. Suojauksen on oltava suhteessa tilanteeseen ja tehtävään. Taistelija voidaan kääriä loputtomiin kerroksiin ballistista suojamateriaalia, mutta silloin ei voida odottaa hänen suorittavan aktiivisia taistelutoimia, varustuksen haitatessa liikkumista, eikä taistelijasta saada siitä huolimatta tehtyä haavoittumatonta. Vastaavasti suojaamaton taistelija haavoittuu pienimmästäkin sirpaleesta. Realistisen, taistelijaa konkreettisesti suojaavan varustuksen laatu määräytyy siis näiden reunaehtojen väliin. Myöskään suojan hintaa ei voida jättää huomioimatta. Sillä rahalla, jolla hankitaan taistelijalle ballistista suojaa, saadaan hankittua taistelijalle muita toimintakykyä parantavia tekijöitä, kuten optisia tähtäimiä, maalinosoittimia tai parempia aseita. Käyttämättömään tai epäsojivaan suojaan ei kannata tuhlaata rahaa.

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan Vietnamin sodan aikaan lääkärit joutuivat hoitamaan usein tarpeettomia päävammoja saaneita sotilaita. Näiden potilaiden vammat olisivat olleet ennaltaehkäistävässä, jos sotilaat olisivat käyttäneet heille jaettuun kypäriä. Sotilaat kertoivat syyksi kypärien käyttämättä jättämiseen sen että ne olivat liian kuumia ja epämiellyttäviä. [8] Sotilaan päätökseen suojaruustuksen käyttämisestä ei siis vaikuta ainoastaan sen kyky suoja-

ta, vaan myös varusteen käytettävyyden tai mukavuus. Samassa tutkimuksessa luetellaan kypärän suunnittelussa huomioon otettaviksi ominaisuuksiksi iskunkestävyyden lisäksi: huollettavuus, paino, kypärän istuvuus ja mukavuus [8]. Tutkimus on julkaistu Military Medicine:ssä, joten lääketieteellisenä julkaisuna se käsittelee aihetta ensisijaisesti lääketieteellisestä näkökulmasta, kun tämän tutkimuksen näkökulma on tekninen. Tutkimuksen lopputulos kertoo kuitenkin selkeän sanoman: 90% Advanced Combat Helmet –mallisen kypärän (AHC) käyttäjistä oli tyytyväisiä kypäräänsä kun vastaava luku Personal Armor System for Ground Troops –mallisen kypärän (PASGT) käyttäjillä oli vain 9,5%. [8] Näkemystä suojarustuksen käytettävyyden tärkeydestä tukee myös Yhdysvalloissa 1985-1988 tehty tutkimus, jossa tutkittiin 261 ampumavammoihin kuollutta lainvalvojaa. Näistä 110 kuoli osumasta rinnan alueelle. Valtaosa olisi todennäköisesti selvinnyt hengissä, jos he olisivat käyttäneet suojaliivejä. Ainoa selitys näissä tapauksissa suojaliivien käyttämättä jättämiselle on ollut niiden epämukavuus. [33, s.31]

Edellisissä kappaleissa esitettyä taustaa vasten voidaan pohtia, mitkä suojarusteiden ominaisuuksista ovat oikeasti merkittäviä? Tärkeintä olisi saada sotilaat käyttämään varusteitaan jo peruskoulutuksesta alkaen, niin että niiden käytölle ei ole vaihtoehtoa. Vain käytetty suojarustus toimii halutulla tavalla.

1.1. Tutkielman rajaukset ja tutkimuskysymykset

Tutkielmassa käsitellään taistelijan ballistista suojaa. Ballistinen suoja on rajattu koskemaan ainoastaan kypärää ja suojaliiviä, joita lähestytään käyttäjän näkökulmasta. Tutkielmasta on rajattu pois suojalasit, vaikka ne katsotaan kuuluvaksi ballistiseen suojarustukseen. Suojalaseja ei tutkita, koska koeammunnan toista osaa ei ole mahdollista suorittaa ilman niitä [20], näin ollen vertailua niiden vaikutuksesta ampumasuoritukseen ei olisi voitu suorittaa.

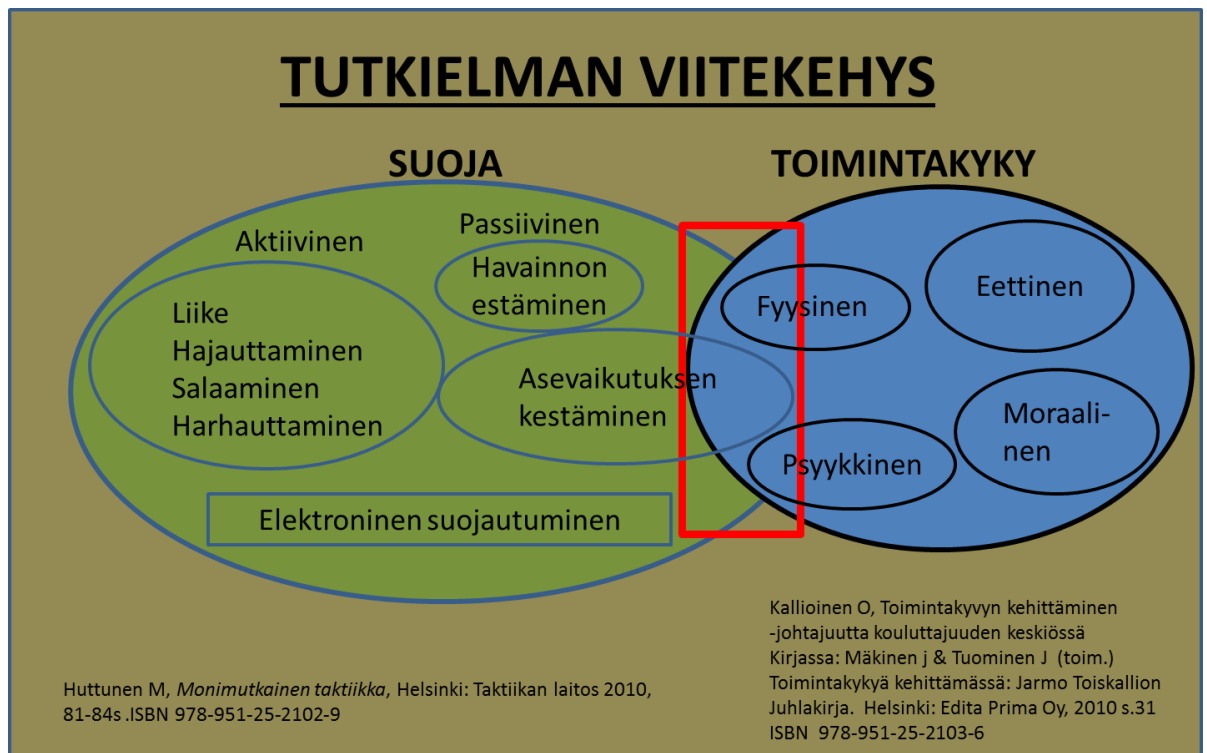
Tutkielma tarkastelee taistelijan ballistista suojarustusta kriisinhallintatehtäviin liittyen. Kriisinhallintatehtävä on valittu tarkastelusuunnaksi, koska niitä voidaan pitää ballistisen suojauksen vaatimusten kannalta kaikkein haastavimpina. Kriisinhallintatehtävien matala tappionsietokyky[39];[31,s.12] luo korkeat vaatimukset käytettävälle ballistiselle suojarustukselle. Kriisinhallinnallisesta näkökulmasta huolimatta tutkimuksen tulokset voidaan rinnastaa myös Puolustusvoimien muihin tehtäviin. Suojaa vastaan suunnattavan uhan luonne ei muutu, olipa kyse sitten kansallisesta puolustuksesta tai kriisinhallintatehtävistä.

Tutkimuksessa tarkastellaan millaisia vaikutuksia ballistisella suojarustuksella on taistelijan fyysiseen toimintakykyyn? Tähän kysymykseen haetaan vastauksia tarkastelemalla millaisia

mahdollisuuksia ballistista suojaa on kehittää taistelijan fyysisen toimintakyvyn vaatimukset huomioon ottaen? Lisäksi tutkitaan ballistisen suojaaliivin vaikutuksia taistelijan ampumasuoritukseen.

Tutkimuskysymyksiä on lähdetty tarkastelemaan taistelijan fyysisen toimintakyvyn näkökulmasta, vaikkakin teknisistä lähtökohdista. Suojaaliivin ja kypärän tarkoituksena on parantaa taistelijan selviytymistä tilanteessa jossa häneen kohdistuu sirpaleita, luoteja tai muita terveystä uhkaavia objekteja niin että hän pystyy jatkamaan tehtäväänsä tai selviää osumasta mahdollisimman vähillä vammoilla. Tätä taustaa vasten voidaan suojaruustuksen katsoa olevan taistelijan fyysistä toimintakykyä ylläpitävä tai säilyttävä tekijä tilanteessa, jossa häneen kohdistuu fyysinen uhka. Suojaruustus pitää kuitenkin sisällään myös ominaisuuksia, joita siltä ei haluta. Näitä haitallisia ominaisuuksia ovat paino ja mahdollisesti suojaruustuksen liikkumista rajoittavat tekijät. Tutkielmassa tarkastellaan taistelijan fyysisen suorituskyvyn ja ballistisen suojaruustuksen ominaisuuksien suhdetta: miten ballistinen suojaus tukee sotilaan toimintakyvyn vaatimuksia ja mikä on suojaruustuksen fyysinen vaikutus käyttäjälleen?

Tutkielman lähtökohtana on suojaruusteista (kuten koeammunnassa käytetyt suojaaliivi m/2010, kypärä m/2000) tehdyt tekniset hyväksynnät, joiden luotettavuutta ei tutkielmassa ole tarpeen tutkia. [27];[21]



Kuva 1. Tutkielman viitekehys.

1.2. Tutkimusmenetelmät

Tämä tutkielma toteutetaan kirjallisuustutkimuksena. Kirjallisuustutkimuksessa esille nousseiden tietojen paikkaansa pitävyyttä varmistetaan empiirisellä kokeella. Teknisestä aiheesta toteutettu kirjallisuustutkimus pohjautuu siihen, että tietoa etsitään, analysoidaan ja käytetään tutkimuksen pohjana. Kirjallisuustutkimuksen pohjan muodostavat systemaattisesti kartoitetut kirjalliset asiakirjat ja dokumentit. Tässä tutkielmassa lähteenä käytetään laaja-alaisesti ajantasaista kirjallisuutta, jota on referoitu tutkielmassa, niitä kuitenkin kopioimatta. [16, s.42]

Tutkimuskysymyksiin hankitaan tietoja myös empiirisesti, mittaamalla varusmiesten ampu-
masuorituksia erilaisissa ballistisissa suojaruuvareissa. Tutkimuksen menetelmällinen kenttä voidaan jakaa kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen [38, s. 81]. Kokeellisesti saadut tulokset ovat sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia. Pelkistettynä tällä tarkoitetaan että tutkielmassa pyritään kvantitatiivisin menetelmin luomaan mahdollisimman tarkkoja mittausmenetelmiä tutkittavan ilmiön tarkastelemiseksi ja kvalitatiivisin keinoin keräämään kenttäkokeeseen osallistuneiden henkilöiden omia näkemyksiä. Avoin kysely sopii käytettäväksi molempien menetelmien kanssa ja sen tuloksia voi tarkastella sekä määrällisenä että laadullisena. [5, s. 13] Tässä tutkielmassa amunnalla kerätty materiaali on kvantitatiivista. Tätä aineistoa on varmentamaan ampujille tehdyn avoimen kyselyn perusteella. Kyselyllä kerätty materiaali on kvalitatiivista.

Kirjallisuustutkimuksen lähdeaineistona tutkimuksessa on käytetty koti-, ja ulkomaisia tutkimuksia, raportteja sekä standardeja suojaruuvareista ja fyysisestä toimintakyvystä. Lisäksi tutkimuksen tausta-aineistoa on kartoitettu kriisinhallintatehtävistä kirjoitetuista lessons learned-raporteista.

Tärkeimpinä yksittäisinä lähteinä mainittakoon Saarelaisen erinomainen tutkimus ”Taistelija 2020 -jalkaväen kärkitaistelija”, tämän tutkimuksen aiheita läheltä käsittelevän Haapamäen tutkimuksen ”Onko Afganistanissa palvelevan kriisinhallintajoukon henkilökohtainen suoja riittävä?” ja taistelijan fyysistä toimintakykyä perusteellisesti käsittelevän Kokon tutkimus ”Vertaileva tutkimus taisteluvarustuksen fyysisestä kuormittavuudesta”. Lisäksi tutkimuksen lopputuloksen kannalta on erityinen maininta annettava Koivusillalle, jonka useampaankin teokseen tässä tutkimuksessa viitataan.

1.3. Toimintakyky tässä tutkimuksessa

Toimintakyky jaetaan neljään alakohtaan: fyysiseen, psyykkiseen, eettiseen ja moraaliseen. [9, s. 31] Suojavarustus vaikuttaa näistä suoraan fyysiseen osa-alueeseen. Voidaan myös esittää näkemys, jonka mukaan sillä on vaikutuksia myös psyykkiseen toimintakykyyn, jos ballististen suojavarusteiden käyttämisen katsotaan lisäävän taistelijan rohkeutta toimia tämän tuntiessa itsensä suojatuksi. Tätä väitettä ei tässä tutkielmassa tutkita.

Tutkielma lähestyy aihetta teknisestä näkökulmasta. Sen perusteella tarkastelun kohteeksi on valittu fyysisen toimintakyvyn alueelta kaksi alakohtaa, joihin ballistinen suojavarustus tutkimushypoteesin mukaan vaikuttaa suoraan: suojavarustuksen vaikutus taistelijan ampumaloksiin ja suojavarustuksen vaikutus taistelijan fyysisen kunnon vaatimuksiin.

Kriisinhallintatehtävistä saadut kokemukset tukevat yleistä sotilaallista näkemystä, jonka mukaan ampuminen ja liikkuminen ovat sotilaan tärkeimpiä taitoja[28, s. 175];[37]. Nämä kaksi ominaisuutta on valittu tutkittavaksi tällä perusteella.

Fyysisellä kunnolla ja liikkumisella tarkoitetaan tutkimuksessa oman tehtävän edellyttämää peruskestävyyttä ja lihasvoimaa, ei siis pelkästään juoksutestin tulosta. Vastaavasti asetta on osattava käyttää useilta eri etäisyyksiltä aina muutamista kymmenistä metreistä alkaen. Näiden taitojen laiminlyöminen ei tee taistelijasta pelkästään hyödytöntä, vaan myös turvallisuusriskin omalle joukolleen. [28, s. 174]

1.4. Henkilökohtainen ballistinen suojavarustus suojan viitekehyksessä

Suoja on käsitteenä laajempi kuin pelkästään ballistinen suojaus. Suojan käsite kattaa kaikki keinot, joilla pyritään turvaamaan omaa toimintaa ja vähentämään vihollisen vaikutusmahdollisuuksia. Fyysisen suojan lisäksi se sisältää elektronisen ja psykologisen suojautumisen, operatiivisen turvallisuuden, maastouttamisen ja hajauttamisen tuoman suojan. Suojan moniulotteisuudesta huolimatta ballistisen suojan tarve ei kuitenkaan ole poistunut mihinkään, vaan sillä on edelleen kriittinen vaikutus taistelunkestävyyteen etenkin taistellessa asutuskeskuksissa tai avomaastossa.[7, s. 89] Ballistisen suojan tarve korostuu myös kriisinhallintatehtävissä, esimerkiksi Afganistanissa kapinallisten iskujen kohteeksi joutuneet haavoittuneet ja kaatuneet taistelijat ovat olleet pääosin seisoma-asennossa muodostaen näin suurimman mahdollisen osumapinta-alan. Tähän joukkoon ei ole laskettu ajoneuvoissa olleita sotilaita. [6, s. 6]

Haapamäki esittelee tutkielmassaan suojan käsitekarttaan kuuluvat tekijät seuraavasti.

1. Tilannetietoisuus - Älä tule yllätetyksi
2. Multispektraaliseen ympäristöön sopeutuminen - Älä näy
3. Omasuoja (liike) - Vältä osuma
4. Perussuoja (ballistinen suoja) - Vältä läpäisy
5. Rakenne ja arkkitehtuuri - Minimoi vahingot

[6, liite1.]

Tätä määritelmää vasten tämä tutkielma käsittelee perussuojaa ja sen vaikutusta omasuojaan. Tämän määritelmän mukaan hyvällä omasuojalla voidaan välttää tilanne, jossa perussuojaa tarvitaan. Tilanne ei tietenkään ole näin yksinkertainen, mutta näille kahdelle asialle saadaan selvä syy-yhteys, jossa molempia kykyjä tarvitaan.

Tässä tutkielmassa taistelijaa käsitellään jalkautuneena jalkaväkitaistelijana. Vaikka nykykainen taistelija siirtyy kohteelle ajoneuvolla tai suorittaa esimerkiksi kuljetuksensuojaustehävän jalkautumatta ajoneuvosta kertaakaan, on tutkielman lähtökohtana se että, taistelija suorittaa osan tehtävistään jalkautuneena. Jalkautuneen taistelijan tehtäviin kuuluvat erilaiset fyysiset toimenpiteet, kuten jalkapartiointi, taistelutehtävät, tiedustelutehtävät, alueen eristäminen, suojaus ja vartiointi. [22] Tutkielma ei siis puutu kiinteä-, tai liikkupalavettisten asejärjestelmien kuljettajiin tai ampujiin, joilla on mahdollisen henkilökohtaisen ballistisen suojan lisäksi vielä myös mahdollisesti asejärjestelmän tarjoama ballistinen suoja turvanaan.

2. BALLISTINEN SUOJA

Erilaisia taistelussa suojaavia vaatetuksia on käytetty yhtä pitkään kuin on käyty taistelujakin. Suojavarusteiden kehitys on kulkenut rinnakkain taistelukentällä käytettävien aseiden kehityksen kanssa. [41] Kun tuliaseet keksittiin 1400 -1500 luvulla, jäivät haarniska ja kypärä pääosin pois käytöstä. Niistä tuli liian raskaita, eivätkä ne siitä huolimatta pysäyttäneet tuliaseiden luoteja. Kypärän käyttö palasi vuonna 1915, kun saksalaiset huomasivat hälyttävän suuren määrän kuolleista ja haavoittuneista saaneen kallovammoja. [42, s. 327]

Kevyiden tekokuitujen saapuminen markkinoille käynnisti ajatuksen rakentaa taistelijalle suojaliivi. Kuitenkin vasta vuonna 1965 aramidin keksiminen teki mahdolliseksi siedettävän painoisen taistelijan suojaliivin valmistamisen. Yhdysvalloissa aramidiliivien valmistaminen aloitettiin vuonna 1974 ja palveluskäyttöön ne tulivat vuonna 1980. Samoihin aikoihin palveluskäyttöön tuli myös aramidikypärä [42, s. 327].

Suojavarusteiden tarkoitus on estää tai heikentää taistelijaan kohdistuvia ammusvaikutuksia. [42, s. 318] Nykyaikaisten suojavarusteiden materiaali voidaan karkeasti jakaa kahteen eri päätyyppiin: koviin ja pehmeisiin elementteihin. Pehmeät suojavarusteet valmistetaan tikkaamalla päällekkäin ballistisesta kuidusta valmistettuja huopia, kankaita tai joustavia kalvoja. Pehmeiden paneelien suojauksen teho perustuu kuidun keveyteen, suureen vetomurtolujuuteen ja kimmokekertoimeen. [42, s. 327]

Tavanomaisimmat sotilaskäytössä olevat kaliiperit (7,62mm-5,56mm) [34, s. 158-159] pysäyttävät ominaisuudet saavutetaan lisäämällä pehmeistä materiaaleista tehtyyn suojaliiviin kova paneeli. Jotta kovan paneelin antama suojataso saavutetaan, sitä pitää käyttää pehmeän suojapaneelin kanssa. Kova suojapaneeli toimii luodin iskupintana ja se joko levittää tai murskaa luodin. Iskuenergia jakaantuu luodin alkuperäistä poikkipintaa laajemmalle ja muodostaa eteenpäin levenevän murskaantumiskartion. Pehmeän paneelin tehtävänä on pysäyttää kovasta paneelistä mahdollisesti muodostuneet sirpaleet. [42, s. 329]

Suojaliivien kehityksessä uusimpana on malli, jossa suojaliivi muodostuu yhteen ommelluista keraamisista kiekkoista. Tällä tavalla saadaan tehtyä pehmeä suojaliivi, jonka pitäisi olla käyttömukavuudeltaan perinteisiä liivejä parempi. Lisäksi suojaliivin väitetään kykenevän jopa tarjoamaan standardisoimatonta tason- V suojaa. [26];[23] Vaikka tätä sovellusta on kaupallisesti jo saatavissa ”Dragon Skin” -tuotenimellä, sen toimivuudesta on epäilyjä. Kyseinen tuote ei läpäissyt Yhdysvaltojen Maavoimien suojaliiveiltä vaadittavia standardeja. [23]

2.1. Ballististen suojarusteiden luokittelu

Tämän tutkimuksen empiirisessä osuudessa on käytetty modulaarista luotisuojaliiviä m/2010. Luotisuojaliivi m/2010 on luokiteltu National Institute Of Justice (NIJ) mukaisella standardilla 0101.06 ja sitä on saatavissa kolmella eri suojaustasolla IIIA, III ja IV [21, s. 6]. Suojaliivien suojausarvoja määriteltäessä käytetään tässä tutkielmassa NIJ standardia 0101.06 vuodelta 2008. Tutkielmassa käytetyt lähteet käyttävät osiltaan vanhempia standardeja kuten NIJ 0101.04. [6] Jos standardit johtavat merkittäviin eroihin, siitä mainitaan erikseen.

NIJ standardin 0101.06 mukaisesti ampumaetäisyys kohteeseen jonka kestävyyttä mitataan, on pistoolin luodeilla 5m (tasot IIA-III) ja kiväärinluodeilla 15 m (tasot III - IV). Luodinnopeus mitataan kahdella valokennolla. Tiedettäessä kennojen välinen etäisyys, voidaan luodin lentoaika niiden välistä laskea. Tästä saadaan luodin nopeus. Nopeutta mitattaessa valokennot asetetaan siten, että niiden välisen etäisyyden puoliväli tulee 2,5 m päähän mitattavasta kohteesta. [24, s. 21] Käytännössä alla oleva taulukko kertoo luodin iskuenergian pistoolin luodeilla 2,5m päästä aseesta ja kiväärin luodeilla 12,5m päästä aseesta.

Suojausluokka	Luoti	Luodin paino	Lähtönopeus (m/s)		Iskuenergia (J)	
			Käytetty liivi	Uusi liivi	Käytetty liivi	Uusi liivi
IIA	9 mm FMJ RN	8,0 g	355	373	504	557
	40 S&W FMJ	11,7g	325	352	618	725
II	9 mm FMJ RN	8,0g	379	398	575	634
	357 Mag JHP	10,2g	408	436	849	969
III-A	357 Sig FMJ FN	8,1g	408	436	674	770
	44 MAG SJHP	15,6g	430	448	1442	1565
III	7.62 mm NATO FMJ	9,6g	847	-	3444	
IV	.30 cal M2 AP	10,8g	878	-	4163	

Taulukko 1. Suojaliivien suoja-arvojen määrittely, NIJ 0101.06 standardi [24]

Tarkasteltaessa liivien suojausarvoja, voidaan vertailulukuna pitää 10 joulen iskuenergiaa, jonka katsotaan olevan ihmisen ihon läpäisemiseen tarvittava liike-energia. [42, s. 319]

Kuten yllä olevasta taulukosta voidaan päätellä, jo kevyimmälläkin liivillä saavutetaan vähintään viisikymmentäkertainen suoja-arvo verrattuna paljaaseen ihoon.

Suojaliivien suojaamiskykyä ilmoitettaessa voidaan käyttää NIJ -standardin lisäksi myös V_{50} -nopeutta. V_{50} -nopeus on nopeus jolla sirpale tai luoti läpäisee ballistisen suojan 50% todennäköisyydellä.[40] Jos suojaruuste on spesifioitu sirpaleita vastaan, määritetään V_{50} -nopeus keinotekoisella, standardin mukaisella terässirpaleella. Suojaliivit ja kypärät testataan 1,1g painoisella sirpaleella. [42, s. 330] Suojauksen kannalta rajana tehokkaalle sirpaleelle pidetään Puolustusvoimissa 80 J kineettistä energiaa [33, s. 9]. Tämä tarkoittaa 1,1g sirpaleen muodostuvan vaaralliseksi kun sen nopeus ylittää 120,6m/s

Kypärän tehtävänä on suojata päätä luodeilta, sirpaleilta ja muilta pienikokoisilta heitteiltä sekä iskuilta. Kypärät valmistetaan pääsääntöisesti komposiittimateriaaleista, joilla on parempi kestävyys ja jotka ovat kevyempiä kuin teräksestä valmistetut kypärät. [6, s. 330]. Komposiittikypärä valmistetaan pehmeästä kuitumateriaalista liimaamalla kuidut jäykäksi komposiittilaminaatiksi. [42, s. 329]

Kypärien suojuokituksissa käytetään NIJ standardia vuodelta 1975, joka on päivitetty vuonna 1981. [25] Kypärät testataan NIJ 0106.01 standardin mukaisesti ampumalla niitä 5m päästä. Luodinnopeus mitataan kahdella valokennolla, jotka asetetaan ampumapaikasta kahden ja kolmen metrin päähän. [25] Alla oleva taulukko siis kertoo luodin iskuenergian 2,5 metrin päästä aseesta.

Suojausluokka	Luoti	Luodin paino (g)	Lähtönopeus (m/s)	Iskuenergia (j)
I	22 LRHV Lead	2,6	320	133
	38 spec RN lead	10,2	259	342
II A	357 mag JSP	10,2	381	740
	9 mm FMJ	8	332	441
II	357 mag JSP	10,2	425	921
	9mm FMJ	8	358	513

Taulukko 2. Kypärien suoja-arvojen määrittely NIJ 0106.01. standardi päivitetty 1981 [25]

Kypärien heikompaan suojaustasoon on syynä se, ettei toistaiseksi ole kyetty valmistamaan luodinkestäväää kypärää, joka olisi riittävän kevyt [33, s. 14]. Kaikki kypärien suojausluokat

kestävät kuitenkin vertailun vaarallisena pidetyn 80J liike-energiaa vastaan. Lisäksi vertailu suojaliivien ja kypärien ominaisuuksien välillä helpottaa ymmärtämään minkä tyyppistä uhkaa vastaan ne on valmistettu.

2.2. Sotilaaseen kohdistuvat uhat

Taistelijaan pyritään taistelukentällä vaikuttamaan usealla eri tavalla. Suoria vaikutustapoja ovat ainakin:

- Luodit
- Sirpaleet
- Painevaikutus
- Polttovaikutus
- Täryvaikutus

Ballistisilla suojarusteilla pystytään parhaiten suojautumaan luoteja ja etenkin sirpaleita vastaan. Sirpaleilta suojautuminen on vaikeasti ennakoitavissa, koska sirpaleiden koko vaihtelee rajusti luonnollisen sirpaloitumisen massajakauman ollessa laaja (<0,5g -<16g).[42, s.321] Laajasta massajakaumasta huolimatta noin 50% tykistökranaattien sirpaleista painaa 2 grammaa tai alle. Lisäksi esisirpaloinnilla sirpaleista pyritään saamaan pieniä mahdollisimman suuren peiton saavuttamiseksi. Esisirpalointi ei ole mahdollista tykistökranaateissa, mutta sitä käytetään lähes kaikissa muissa sirpaleisiin perustuvissa aseissa, kuten raketinheittimen rake-teissa, käsikranaateissa, kivääriskranaateissa ja kuorma-ammusten tytärkranaateissa. [33, s. 7]

Ballistisen suojauksen tavoitteiden ymmärtämistä helpottaa, kun tarkastellaan erilaisissa kriiseissä syntyneitä vammaprofiileja. Toisen maailmansodan, Korean sodan ja Vietnamin sodan haavoittuneista tehdyn tutkimuksen mukaan 65 -85% haavoittumisista aiheutui sirpaleista ja loput 35 -15% muista syistä, kuten luodeista, paineiskusta tai palovammoista.[33, s.6] Vastaavantyyppisen tutkimuksen mukaan ISAF –operaatiossa vuodesta 2001 alkaen kaikista kaatuneista sotilaista 19,6-26,7% on kaatunut luotien osumista [6, s. 8].

Sotavammat eivät jakaudu ihmiskehossa pinta-alan mukaisesti määriteltyihin osumatodennäköisyyksiin. Vammatutkimuksissa on päädytty seuraavanlaiseen jakaumaan. [33, s. 22]

Pää ja kaula	15%
Rintakehä	7%
Vatsa ja lantio	5%
Yläraajat	24%
Alaraajat	48%

Taulukko 3. Sotavammojen vammaprofiilit. [33, s. 22]

Vaikka todennäköisyys päähän tulevasta osumasta on suhteellisen pieni, on se sitäkin vaarallisempi, 60% päähän tulleista osumista on tappavia ja 20% aiheuttaa aivovamman. Kypärän kanssa on huomattava että kasvot jäävät yleensä suojaamatta, mikä vähentää kypärän tarjoamaa suojaa. [33, s. 22,30]

Rinnan ja vatsan suojaava suojaliivi vähentää vaikeiden vammojen osuutta eräiden arvioiden mukaan 3 -20% ja kaatuneiden määrä voi laskea jopa neljänneksen. Suojaliivin tulisi suojata jokaisesta suunnasta. Vaikeimpia vammautumissuuntia ovat kaulan ja välilihan suunta. Näistä suunnista tulleet osumat ovat vaarallisia ja niiden suojaaminen on vaikeaa. [33, s. 30] Toisaalta, näiden kahden suunnan suojaamiseen voidaan vaikuttaa myös koulutuksella kun tiedostetaan niiden uhanalaisuus. Vaikka prosentuaalisesti suuri osa vammoista kohdistuu muualle, kuin suojavarusteiden pääasiassa suojaamiin päähän ja ylävartaloon, on huomattava että:

1. Nämä kohteet ovat uudenaikaisemmissa kriiseissä olleet suojattuna, mikä osaltaan vähentää niiden osuutta tilastoissa.
2. Päähän ja vartaloon tulleet vammat ovat pääsääntöisesti vaarallisimpia ja vaativat todennäköisimmin pikaista leikkaushoitoa, jota voi olla vaikea taistelukentällä järjestää. [33, s. 21]

Sotavammaprofiilien muodostuminen selittää kypärän tärkeyden taistelijan ballistisessa suojaamisessa huolimatta sen suojaliiviä heikommista suojausominaisuuksista. Päähän kohdistuvat osumat ovat vaarallisempia ja aiheuttavat vaikeimmin hoidettavia vammoja kuin muualle vartaloon tulevat osumat. Tämä korostaa pään suojaamisen tärkeyttä kaikilla siihen käytössä olevilla keinoilla. Lisäksi tutkimuksen mukaan todennäköisin vamman aiheuttaja on sirpale. Sirpaleiden iskuenergiat ovat suurelta osin luotien iskuenergiaa pienempiä. Sirpaleita vastaan suojautumiseksi ei siis tarvita yhtä tehokkaasti suojaavia varusteita kuin luoteja vastaan. Yhtenä päätä suojaavana tekijänä on tässä yhteydessä muistettava myös suojalasit, joita tämä tutkimus ei käsittele. Suojalasit kuitenkin suojaavat osiltaan niitä pään alueita, joita kypärä ei suoja.

Sotavamma-profiileja tarkasteltaessa on otettava huomioon, että niihin johtaneet tulokset on mitattu sodaksi luokiteltavissa kriiseissä. Kriisinhallintatehtävissä sotilaaseen kohdistuva uhka on samanlainen, mutta asevaikutusten määrät ovat toisenlaisia. Esimerkiksi kriisinhallintatehtävissä luotien osuus aiheutuneista vammoista on suurempi kuin tässä esitetyissä taulukoissa. Sirpaleita muodostuu esimerkiksi vihollisen käyttämistä tienvarsipommeista, joista osa valmistetaan tykistökranaattien pohjalta [6, s. 6]. Sirpaleita ei kuitenkaan synny niin runsaasti kuin sodaksi luokiteltavassa kriisissä, koska vihollisella ei ole tyypillisesti ole käytössään massamaista tykistöasetta. Tykistön puuttuminen pienentää taistelijan mahdollisuutta haavoittua sirpaleista, mutta ei poista sitä kokonaan. Kriisinhallintatehtävien korkeat vaatimukset ballistiselle suojalle korostuvat näin ollen myös, kun tarkastellaan taistelijaan kohdistuvaa uhkaa. Kriisinhallintatehtävissä on todennäköisempää että taistelija haavoittuu luodista kuin sodaksi luokiteltavassa kriisissä.

2.3. Ballistisen suojauksen haasteet

Luotien suuremman liike-energian vuoksi niiltä on vaikeampi suojautua sirpaleisiin verrattuna. Liike-energian lisäksi luodin läpäisyyn vaikuttaa luodin tyyppi. [42, s. 189] Suojavarustuksen läpäisemiseksi suunniteltujen panssariluotien lyijy-ytiminen luoti on korvattu jollain kovemmalla aineella, kuten volframikarbidilla. Luodin materiaalin lisäksi läpäisykykyyn vaikuttaa moni muukin asia, kuten esimerkiksi luodin halkaisija, pituus ja kärjen muoto. Karkeasti voidaan sanoa että panssariluoti läpäisee vähintään kaksinkertaisen ainepaksuuden normaaliin luotiin verrattuna. [33, s. 13]

Vertailtaessa suojavarusteita ja niiden kestävyyttä on hyvä huomata että standardin mukaan luotien iskuenergia mitataan 2,5 -12,5m päästä ja läpäisyä tarkastellaan 5-15m päästä aseesta. Alla oleva taulukko kertoo luotien iskuenergian vähenemisen etäisyyden kasvaessa. Asia on tärkeä, kun otetaan huomioon kriisinhallintatehtävien oletetut ampumaetäisyydet, jotka toisinaan ylittävät taulukossa annetut etäisyydet ja toisinaan ovat lyhempiä kuin ballistisen suojavarustuksen kiväärinluodeilta vaadittu etäisyys. [4, s. 24];[11, s. 16];[22, liite3.]

Patruuna	Luodinpaino	Iskuenergia J			
		0 m	100 m	200 m	300 m
5,56x45	3,56 g	1834	1301	901	647
7,62x39	8,0g	2045	1598	1233	948
7,62x51	10,9g	3865	3114	2660	2269
7,62x53R	13,0g	3608	2890	2298	1796

Taulukko 4. Luotien iskuenergian putoaminen etäisyyden kasvaessa [32].

Nykyaikaisilla luotiliiveillä saadaan aikaan suoja maksimissaan noin 4000 J iskuenergiaa vastaan. Tämän arvon ylittyessä liivien paino nousee suhteettoman korkeaksi. [42, s. 319]

Painevaikutusta syntyy räjähdysten yhteydessä. Räjähdyksessä syntyy aina paineen lisäksi sirpaleita joko ammuksen kuoresta tai sekundäärisinä sirpaleina, kuten maasta paineaaloin vaikutuksesta sinkoutuvina esineinä. [31, s. 49]

Paineen vaikutus laskee nopeasti etäisyyden kasvaessa räjähdyspisteestä. Esimerkiksi 105mm sirpalekranaatin painevaikutus alittaa 100kPa:n paineen jo viiden metrin päässä räjähdyspaikasta. 100 kPa paine riittää puhkaisemaan 50% tärykalvoista, 250 kPa:n paineessa saavutetaan 1% kuolleisuus. Tästä syystä räjähteisiin pyritään aina sitomaan sirpaleita, joilla saadaan aikaan suuremmat vahingot kuin paineella. Nopea paineenlasku aiheuttaa sen että kohteen ollessa kosketuksessa räjähteeseen paine on äärimmäisen suuri. Monet miinat käyttävät hyväkseen tätä ilmiötä, mikä tekee miinoilta suojautumisen tavattoman vaikeaksi. Kypärä, suojaliivit ja etenkin kuulonsuojaimet vähentävät paineen vaikutusta, mutta käytännössä taistelijalle ei ole mahdollista rakentaa painesuoja pukua joka kestäisi miinoja. [42, s. 323-324]; [31, s.51] Ensisijainen uhka taistelijalle ei siis muodostu räjähdysten paineesta, vaan siitä muodostuvista tai räjähteeseen sidotuista sirpaleista.

Polttovaikutus voi kohdistua taistelijaan joko suoraan vihollisen levittäminä polttotaisteluaineina tai muiden asevaikutusten syyttämienä paloina. [31, s. 51]. Räjähdyksileimahduksen välitön polttovaikutus kohdistuu vain ihon paljaisiin osiin. [42, s. 326] Näin ollen paljaat ihon kohdat peittävä vaatetus suojaa tehokkaasti lievemältä polttovaikutukselta. Tämä pätee kuitenkin vain polttotaisteluaaseissa. Konventionaalisen räjähteen (kuten tykistön kranaatin) räjähdysleimahduksen tulipallon ja polttavan säteilyrintaman halkaisija on pienempi kuin paineaallon tai sirpaleiden vahingollinen ulottuvuus [33, s. 17].

Kaikkia sotilaita ei voida suojata pahimmalta mahdolliselta uhalta polttotaisteluaineita vastaan, mutta suojarusteilla, kuten kypärällä ja ballistisilla suojaliiveillä saadaan hankittua ns. kipuhälytysaika, jolla tarkoitetaan aikaa kivun tuntemisen ja toisen asteen palovamman muodostumisen välillä. Mitä pidempi kipuhälytysaika on, sen enemmän sotilaalla on aikaa reagoida kuumusrasitukseen ja esimerkiksi poistua palopaikalta. [31, s. 51]

Täryvaikutus (shokkivaikutus, iskuvaikutus) on lyhykestoinen kiihtyvyyssrasitus. [42, s. 326] Täryvaikutus ei ole taistelijaan kohdistettavista uhista suurin. Käytössä ei voida sanoa olevan suoraan täryvaikutukseen perustuvia aseita. Täryvaikutus voi kuitenkin johtua sekundäärisenä

vaikutuksena muun tyyppisten aseiden käytöstä. Nykyaikaiset tienvarsipommit aiheuttavat iskuvaikutuksen ajoneuvon sisällä olevalle sotilaalle. Ajoneuvon välittäessä täryvaikutuksen sisällä olevaan taistelijaan, on suojaruustuksella ensiarvoisen tärkeä vaikutus.[31, s. 51-52] Täryvaikutus voi syntyä myös ballistisen varusteen pysäyttäessä luotia tai sirpaleita. Etenkin pehmeiden paneelien tapauksessa paneeli liikkuu sirpaleen osumasta sisäänpäin ja aiheuttaa iskuvaikutuksen kehoon suojan vastakkaiselta puolelta vaikka läpäisyä ei synnykään. Ongelma korostuu kypärissä, joissa pään nopea liikkuminen saattaa vaurioittaa niskaa.[31, s. 4]

Ballistinen suojan tarkoitus on ensisijaisesti tarjota suojaa sirpaleita ja luoteja vastaan. Ballistisella suojalla on kuitenkin suojaavia ominaisuuksia käytännössä kaikkia taistelijaan kohdistuvia todennäköisempiä uhkia vastaan. Haasteeksi muodostuu suojata sotilas tehokkaampia luoteja vastaan. Tason III suojaliiveillä saadaan jonkinlainen suoja kevyempiä kiväärin luoteja vastaan (5,56mm- 7,62x39), mutta raskaampia luoteja (7,62x51, 7,62x53R) vastaan tarvitaan jo tason IV suojaruustusta. Suojatason III ja IV saavutetaan käytännössä ainoastaan lisäämällä suojaliiviin kovat elementit. [24, s. 12]. Taulukosta 5. havaitaan kovien elementtien nostavan ballistisen suojaliivin painoa merkittävästi. Ballistisen suojaamisen lisäksi luodin vaikutusta taistelijaan voidaan vähentää siirtämällä taistelija kauemmaksi uhasta. Vaikka taistelijan ei voida olettaa saavan valita vapaasti ampumaetäisyyttään viholliseen, voidaan havaintoa soveltaa tehtäväkohtaisessa suojaliivin valinnassa. Tukiampujat ja muut kohteesta kauempana olevat taistelijat eivät välttämättä tarvitse yhtä tehokkaasti suojaavia liivejä, kuin iskuosastossa olevat, lähelle vihollista menevät taistelijat. Tätä ajattelumallia tukee suojaliivien modulaarisuus, jolloin taistelijalla on itse mahdollisuus säätää suojaruustuksensa suojatasoa tehtäväänsä mukaan.

Kypärän kannalta haasteet kulmineituvat täryvaikutukseen. Vaikka pystyttäisiin kehittämään kypärää varten kevyempi suojamateriaali, jolla kypärän suoja-arvo saataisiin nousemaan nykyistä korkeammaksi, ihmisen niska ei kestä kypärän siihen välittämää täryvaikutusta. Kypärän kyetessä pysäyttämään raskaampia sirpaleita tai luoteja, myös sen niskaan välittämä täryvaikutus lisääntyy. Näiden reunaehtojen sisällä niskan suojaaminen nouseekin tärkeäksi kehitys kohteeksi kypärän suoja-arvon lisäämisen rinnalle. Kypärä ei myöskään suoja koko päätä, vaan jättää kasvot suojaamatta. Mahdollisuuksia saada koko pää suojattua on koko pään suojaava kypärä, jolloin kypärän paino nousee nykyisestä. Koko pään voi suojata myös nykyisen mallisella kypärällä ja erillisellä kasvot suojaavalla pehmeällä paneelilla ja suojalaseilla.

3. BALLISTINEN SUOJAUS JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY

Suomalainen IEDD-osasto suoritti vuoden palvelusaikana Afganistanissa noin kaksi tehtävää viikossa, tehtävien keston vaihdellessa puolesta tunnista kuuteen tuntiin.[11] Maimanassa rauhanturvaajien tukikohta joutui kesken päivärutiinien puolustamaan asemaansa kuusi tuntia kestäneessä taistelussa. [18, s. 138]. Yhdysvaltalaisilta löytyy vastaavia kokemuksia, joissa nopeaksi tai rutiininomaiseksi tarkoitettu tehtävä venyy huomattavasti suunniteltua pidemmäksi ja rankemmaksi. [2]. Vaikka suurta osaa kriisinhallintatehtävissä suoritetuista tehtävistä voidaan pitää lyhytkestoisena, tässä tutkielmassa fyysistä toimintakykyä tarkastellaan pahimman mahdollisen tilanteen mukaan pitkäkestoisissa suorituksissa. Oletusarvona on, että taistelija joutuu kantamaan varusteitaan itse, useita tunteja tai päiviä. Näin ollen varusteiden paino ja niiden käytettävyys korostuvat. Varusteiden paino ei ole niin suuri tekijä silloin, kun tarkastellaan nopeita, iskuosastomaisia, tai muuten lyhytkestoisia tehtäviä, joissa varusteita kannetaan korkeintaan joitain tunteja. Varusteiden painon vaikutusta lyhytkestoiseen, yksittäisen suoritukseen, on esitelty taulukossa 6.

Elimistön kuormittuminen koostuu fyysisestä ja psyykkisestä rasituksesta sekä näiden yhteisvaikutuksesta. Sotilaan kuormittumiseen taistelukentällä vaikuttavat hyvin monet asiat. Kokonaiskuormitukseen vaikuttavat esimerkiksi taistelun yleistilanne (joukon puolustushaara, aselaji, taistelulaji, sekä vallitsevat maasto/vuodenaika olosuhteet), sekä taistelukentän fyysiset, kemialliset ja biologiset tekijät. Eniten yksittäistä sotilasta kuormittaa joukon käyttämä taistelutekniikka, taistelutaktiikka, aseistus, varusteet, suojavälineet, sekä varsinainen fyysinen toiminta. Kuormittavuuteen vaikuttavat myös sotilaan omat fyysiset ja psyykkiset ominaisuudet sekä fysiologisten vasteiden mukautuminen kuormittavuutta aiheuttaviin muutuksiin[15, s. 5]

Sirpalesuojaliivin on osoitettu lisäävän taistelijan lämpökuormaa 34-47% ja heikentävän suorituskykyä 11%. Työn kuormittavuutta sirpaleliivit lisäsivät kesällä 30 ja talvella 16 prosenttiyksikköä. [31, s. 71]

Tässä tutkielmassa ballistisen suojavarustuksen kuormittavuutta mittaavaksi suureeksi pelkistyy paino. Psyykkisen kuormittavuuden vaikuttavuutta kokonaisrasitukseen ei pyritä simuloimaan.

Taistelijan varusteiden optimaalisesta massasta, löytyy useita eri mielipiteitä. Saarelainen esittelee yksittäisen taistelijan koko taisteluväestönsä maksimikuormaksi 22 kilogrammaa [31, s. 69].

Koivusilta on tullut lopputulokseen jossa taistelijan varustus saisi kesällä painaa enintään 15kg ja talvella 20kg ilman että se vaikuttaa merkittävästi sotilaan suorituskykyyn. Koivusilta muistuttaa myös, että kyseessä on kuitenkin yksilöllinen ominaisuus ja ohjearvona voidaan pitää että taistelijan varustus saisi painaa enintään 30% taistelijan omasta painosta. [13, s. 41]. Vertailun vuoksi todettakoon, että 11,8 kg:n taisteluväestö nostaa taistelijan tekemien suoritusten fyysistä kuormittavuutta 20% [15, s. 27-28]. Sukupuolten välillä ei ole merkittäviä eroja kyvyssä kantaa varusteita kunhan varusteiden paino on alle 15kg [15, s. 28].

Alla olevassa taulukossa on vertailtu tässä tutkimuksessa käytetyn m/2010 suojaliivin painoa sen eri kokoonpanoissa, kypärän m/2000 ja kaulasuojan kanssa, sekä ilman niitä. Taulukossa on myös laskettu ko. väestön paino, kun siihen lisätään kotimaisen rynnäkkökiväärin paino täydellä lippaalla 4,3 kg.

	Liivin m/2010 paino	Kurkkusuojan kanssa 1,4kg	Kypärän m/2000 kanssa 1kg	Kypärän ja kurkkusuojan kanssa	Liivi m/2010, kypärä, kurkkusuoja ja rynnäkkökivääri yhteensä
IIIA	6,1 kg	7,5 kg	7,1 kg	8,5 kg	12,8 kg
III	10,6 kg	12 kg	11,6 kg	13,1 kg	17,4 kg
IV	14,2 kg	15,60 kg	15,2 kg	16,6 kg	20,9 kg

Taulukko 5. M -kokoisen suojaliivin M/2010 paino sen eri kokoonpanoissa

[21];[29];[30]

	Liivin m/2010 paino	Kurkkusuojan kanssa	Kypärän m/2000 kanssa	Kypärän ja kurkkusuojan kanssa	Liivi m/2010, kypärä, kurkkusuoja ja rynnäkkökivääri yhteensä
IIIA	27,73 %	34,09 %	32,27 %	38,64 %	58,18 %
III	48,18 %	54,55 %	52,73 %	59,55 %	79,09 %
IV	64,55 %	70,91 %	69,09 %	75,45 %	95,00 %

Taulukko 6. M-kokoisen suojaliivin M/2010 eri kokoonpanot vertailuna 22 kg painavaan taistelijan varustukseen.

[21];[29];[30]

Testihenkilön paino ja 12 min juoksutestin tulos		Painon lisäys		Painon lisäämisestä johtunut tuloksen heikkeneminen.	
paino	12 min juoksutestin tulos	kilogrammaa	prosenttia	metriä	prosenttia
77,2	2600	oma paino			
80	2300	2,8kg	4 %	-300m	-11,6%
99,2	2200	22 kg	28 %	-400m	-15,4%
102,7	2100	25,5kg	33 %	-500m	-20%
108,7	1850	31kg	40 %	-750m	-29%
123,4	1800	46,2 kg	60 %	-800m	-30%

Taulukko 7. Painon lisäämisen vaikutus 12 minuutin juoksutestissä. [17]

Verrattaessa taulukossa 6. esitettyjä tuloksia aiemmin esiteltyihin tuloksiin, huomataan että lyhytkestoisessa suorituksessa toimintakyky ei laske niin jyrkästi kuin aiemmin on väitetty. On kuitenkin pantava merkille, että tässä taulukossa esitellyt tulokset pohjautuvat pelkkään juoksutestiin, eikä siinä ole otettu huomioon rasituksesta muodostuvaa kumulatiivista vaikutusta. Lisäksi juoksutestin tuloksia tarkasteltaessa on pidettävä mielessä, ettei juoksutesti kuvaa niitä fyysisiä olosuhteita, jotka kriisinhallintatehtävissä vallitsevat. [28, s.174]. Ne kuitenkin auttavat meitä ymmärtämään painon lisäyksen vaikutusta fyysisen toimintakyvyn vaatimuksiin.

3.1. Ballistisen suojarvarustuksen painon ja sen vaikutusten vähentäminen

Suurin ballistisen suojan vaatimista rajoitteista tulee varustuksen painosta. Edellisessä alaluvussa esitetyt reunaehdot tekevät hyvin vaikeaksi määrittää keskiarvoa, joka jokaisen taistelijan pitäisi pystyä kantamaan taistelijoiden henkilökohtaisen painon ja fyysisen toimintakyvyn vaihdellessa runsaasti. Lähtökohtana voi pitää valintaa, jossa taistelijan varustus on mieluummin liian kevyt, jolloin se sopii useammalle. Selvää on kuitenkin se, että raja-arvon ylityessä taistelijan suorituskyky putoaa merkittävästi [31, s.69];[13, s. 15].

Puhtaan painon lisäksi on painon jakautumisella huomattu olevan suuri merkitys taistelijan kokemassa fyysisessä rasituksessa. Vähiten energiaa kuluttavaksi tekniikaksi varusteiden sijoittamiselle on todettu olevan niin sanottu tuplapakkaus, jossa kannettava paino jakautuu vartalon etu-, ja takapuolelle. [12] Vastaavasti on todettu myös, että jakamalla 30% hartioille tulevasta painosta lantiolle, saavutetaan merkittäviä etuja sotilaan fyysisessä toimintakyvyssä. [3]

Muita keinoja vähentää suojarvarusteiden painon vaikutusta taistelijan fyysiseen toimintakyvyn vaatimuksiin on sijoittaa taisteluvälineistöön kuuluvia varusteita siten että niistä saadaan

myös ballistista suojaa. Tällaisissa ratkaisuissa voidaan esimerkiksi sijoittaa kenttälapiotas-
ku taistelijan rinnan päälle tai rynnäkkökiväärin teräslippaat uhanalaisimpiin kohtiin vartalon
etupuolelle[1, s. 2]. Huonona puolena tässä ratkaisussa on tietenkin se, etteivät taistelun ede-
tessä käytetyt lippaat enää välttämättä ole lipastaskuissa, joten niistä suojan saaminen riippuu
tilanteesta.

4. KOEAMMUNTA

Koeammunnalla selvitettiin vastauksia tutkielman alakysymykseen: ”Miten suojaruustus vaikuttaa taistelijan ampumasuoritukseen”? Lisäksi vastauksia kerättiin kysymykseen ”Miten ballistista suojaa voisi kehittää taistelijan fyysisen toimintakyvyn vaatimukset huomioon ottaen?” Vastaukset jälkimmäiseen kysymykseen kerättiin avoimina kysymyksinä, jotka kysyttiin ammunnan yhteydessä.

Ammunnassa mallinnettiin mahdollisuuksien mukaan todennäköisimpiä aseenkäyttötilanteita kriisinhallintatehtävissä, pohjautuen Afganistanista saatuihin kokemuksiin. Taustatutkimusta tehdessä aseiden käyttötilanteista selvisi seuraavaa:

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan yli puolet Afganistanissa tapahtuneista aseiden käyttötilanteista tapahtuu yli 300m etäisyydeltä.[3, s. 24] Suomalaisilla joukoilla on Afganistanista vastaavia kokemuksia, joissa tuli on avattu 300-600m etäisyyksiltä[11, s. 16]. Osa kotimaisista kokemuksista taas korostaa äärimmäisen lyhyitä ampumaetäisyyksiä, joissa taistelu on aloitettu jopa viidestä metristä tai tuli on kohdistettu kauempana oleviin maaleihin, mutta lähimmät omat taistelijat ovat olleet noin viiden metrin päässä tulenavaajasta. [22, liite 3, liite 4]

Yhdysvaltalaisien joukkojen aseiden käyttötilanteita Afganistanissa tutkinut Ehrhart toteaa suurimpina ampumakoulutuksessa kehitettävänä asiana jalkaväkitaistelija ampumakoulutuksen laajentamisen kattamaan etäisyydet kolmesta - viiteensataan metriin. Tällä hetkellä riittävänä maksimietäisyytenä ampumakoulutuksessa pidetään 200 metriä. [4, s. 59] Mäkinen taas nostaa vuoden 2009 kokemuksiin pohjautuen esiin ampumakoulutuksen suurimpina puutteina ammunnat liikkuvasta ajoneuvosta ja taisteluammunnat pimeällä [22, s. 32 -33].

Tiedon keräämistä varten järjestetyt ammunnat suoritettiin Panssariprikaatin ampumaradalla Hätilässä. Ampumaradalle ei täydellisesti kyetty luomaan yllä esitettyjen kaltaisia tilanteita. Ampumaohjelmisto ei mahdollista ampumaradalla ammuntaa liikkuvasta ajoneuvosta [19]. Ampuminen radalla ”hyvin lyhyiltä” (3-5m) etäisyyksiltä rinnakkaisiin maaleihin aiheuttaa ampumakulman kasvamisen suuremmaksi mitä varomääräys ampumaradalla mahdollistaa [19]. Ampumaradalla ei myöskään ollut mahdollista järjestää taisteluammuntaa pimeällä. Ammunnat olisi voitu suorittaa valopistoolin valaisuun, mutta tämän ei katsottu vastaavan tarkoitustaan. Pitkille etäisyyksille ampuminen ei ollut mahdollista, koska rata oli vain 150m pitkä.

Tiedon keräämiseksi valittiin ammunnat, joissa pyrittiin rataolosuhteissa kuvaamaan mahdollisimman hyvin Afganistanin aseiden käyttötilanteita ampumaradan rajoitukset huomioonottaen. Ensimmäisessä ammunnassa keskityttiin mahdollisimman häiriöttömästi tutkimaan suojavarustukseen vaikutusta osumatarkkuuteen. Tätä mittaamaan valittiin Maavoimien Ampumaohjelmiston mukainen *rynnäkkökivääriammunta 2*. [19, Liite 1.1, s. 11]. Rynnäkkökivääriammunta 2:en etuina on sen helppo mitattavuus ja toistettavuus. Ammunta on myös ampujille tuttu, joten he pystyvät analysoimaan suojaliivin vaikutusta ammuntaa perustellusti. Rynnäkkökivääriammunta 2:en tuloksia on helppo verrata ampumaohjelmiston antamiin pisterajoihin. Ampumaohjelmiston mukaisista pisterajoista saadaan määritettyä ampujien lähtötaso jonka muuttumista on helppo vertailla varustusta vaihdettaessa.

Toisella ammunalla pyrittiin mallintamaan Afganistanin kokemusten mukaista nopeaa aseidenkäyttötilannetta, jossa ampumaetäisyys on lyhyt. Ammunnasta käytetään nimeä *vaikutuksen ampuminen*. Vaikutuksen ampuminen on hyvä tapa mitata toisenlaista tietoa, kuin rynnäkkökivääriammunta 2:ssa. Vaikutuksen ampumisessa ampuja joutuu käyttämään kahta erilaista ampumatekniikkaa: yksittäistä laukasta ja tuplalaukausta. Lisäksi mitataan tulenavausnopeutta, vaihtimen käyttöä, maalinvaihtoa, osumista erikokoisiin maaleihin ja rekyylinhallintaa useassa peräkkäisessä laukauksessa. Kaikki muuttujat ovat kuitenkin mitattavissa kahdella kiistattomalla mittarilla: ajalla ja pisteillä. Ammunta on helposti toistettavissa ja tuloksista saadaan vertailukelpoisia. Ammunta kuvaa kuitenkin hyvin taistelutilanteessa lyhyeltä etäisyydeltä tapahtuvaa aseiden käyttöä.

Ammunnoista pyrittiin määrällisen aineiston lisäksi keräämään laadullista tietoa ampujille tehdyillä kysymyksillä ja havainnoimalla heidän toimintaansa eri ammunnoissa ja varustetasoissa.

4.1. Ammunnan järjestelyt

Kenttäkoetta varten testattavaksi valittiin luotisuojaliivi m/2010 sekä kypärä m/2000. Ammunnat suoritettiin 7,62 RK 62:lla. Ampuvana joukkona olivat varusmiehet. Ampujilla oli kokemusta kypärän m/2000 käytöstä ja heillä on palveluskäytössään sirpaleliivi m/05, mutta kukaan ei ollut aiemmin käyttänyt suojaliiviä jossa olisi ollut paikallaan kovia paneeleja, eikä kukaan ollut aiemmin päässyt tutustumaan suojaliiviin m/2010. Kokeessa ei myöskään ollut mahdollisuutta säätää liivejä kullekin taistelijalle henkilökohtaisesti sopivaksi, johon suojaliivissä m/2010 olisi ollut mahdollisuus, vaan jouduttiin ampumaan niillä asetuksilla jotka kussakin liivissä oli ennalta asetettu. Ampujien varustuksesta jätettiin pois muut taisteluvälineet,

kuten lipastaskut, sadevarusteet juomapullot. Tällä rajauksella pyrittiin minimoimaan tulokset taskujen mallin, määrän ja sijoittelun mahdollisesti aiheuttamat muuttuvat tekijät. [10]

Testipäivänä sää oli tuuleton ja sateeton. Ilman lämpötila oli noin +6 °C. Ampujina toimivat Panssariprikaatin Sotilaspoliisikomppanian varusmiehet. Osa ampujista oli aliupseerioppilaita ja osa johtajakoulutuksen saaneita alikersantteja ja upseerikokelaita. Huomattavaa on kuitenkin että heidän sotilaskoulutuksensa oli testihetkellä kesken, toisin kuin kriisinhallintatehtäviin osallistuvalla henkilöstöllä, joilla on hyväksytysti suoritettua varusmiespalveluksen lisäksi käytyä myös kriisinhallintatehtävään liittyvä valmistava koulutus.

Ennen koetta ampujien aseiden kohdistus varmistettiin kahdella viiden laukauksen kohdistussarjalla. Ampujilla oli kokemusta lähiammunnoista, ja heidän edelliseen ampumaohjelmiston mukaiseen ampumataitotestiin (RK11) perustuvat amputaitonsa olivat vähintään tasolla HYVÄ [19]. Ampujat arvioivat myös oman kuntonsa lihaskunto- ja juoksutestin pohjalta. Juoksutestin tulokset olivat välillä hyvä-kiitettävä, lihaskuntotesteissä tulokset olivat välillä kiitettävä–erinomainen [35, s. 226]; [10].

Molemmat ammunnat suoritettiin kolmella eri kokoonpanolla. Ensimmäinen varustus oli suojarusteiden kannalta mahdollisimman kevyt, kuitenkin varomääräykset huomioon ottaen. [20]. Toisena varustuksena oli kypärä m/2000 ja tason IIIA liivit, eli suojaliivi m/2010 ilman kovia paneeleja. Kolmantena varustuksena käytettiin kypärää m/2000 ja tason IV liivejä, eli m/2010 suojaliiviä jossa oli kiinni kovat paneelit, kurkkupaneeli mukaan lukien. Ammunnat rytmitettiin siten että kullekin varustetasolla ammuttiin suoritteita sekä ensimmäisenä että viimeisenä. Tällä pyrittiin poistamaan muuttujia, jotka saattaisivat aiheutua siitä että jollain varustuksella ammutaan vain ampujan ensimmäinen suoritus ja jollain vain viimeinen. [10]

4.2. Rynnäkkökivääriammunta 2.

Ammunta suoritettiin ampumaohjelmiston mukaisena rynnäkkökivääriammunta 2.:na. Ampumaetäisyys oli 150 metriä ja ammunta suoritettiin tauluun nro 3. Ammunnassa ei ollut aikarajaa ja siitä otettiin ylös pisteet. Täydellinen suoritus olisi tuonut 100 pistettä. Alla olevassa kuvassa 2. esitellään ampujien varustus. Kypäriin kiinnitettyjä suojalaseja ei käytetty ammunnassa, vaan ne olivat kypärän otsalle nostettuna koko ammunnan ajan. [19]



Kuva 2. RK 2 ampuijen varustus, vasemmalta alkaen suojausluokat IV kurkkusuoja ml., IIIA, ei suojaa [10]

Ampujilta 1 ja 6 jouduttiin hylkäämään yhden ammunnan tulokset, koska he ampuivat erehdyksessä samaan tauluun, eikä tuloksen määrittäminen ollut enää mahdollista. [10]

Ampuja	Kevyt	IIIA	IV
1	64	Hylätty	87
2	59	63	83
3	86	81	83
4	62	84	88
5	46	69	68
6	84	Hylätty	84
Keskiarvo	66,83	74,25	82,17
Keskihajonta	14,08	8,58	6,62

Taulukko 8. RK 2 ammunnan tulokset [10]

4.3. Vaikutuksen ampuminen

Vaikutuksen ampuminen toteutettiin ampumalla 20 metrin etäisyydellä olevia kolmea SPOL- taulua yhdeksällä laukauksella. Kahden taulun välinen etäisyys keskipisteestä mitattuna oli 170cm. Ampuja sijoittui keskimmäisen taulun kohdalle. Kuhunkin tauluun ammuttiin kaksi

laukausta ala-neliöön ja yksi laukaus yläneliöön maksimipisteiden ollessa 45 pistettä. Suoritus käynnistyi äänimerkistä ja ajanotto päättyi viimeiseen laukaukseen. Näin saaduista pisteistä ja ajasta laskettiin ammunnan suhteellinen hyvyysluku (HIT FACTOR), joka saadaan jakamalla saadut pisteet käytetyllä ajalla. Ammunnassa ei ole maksimi hit factoria. Vaikka pisteitä voi saada enintään 45, aikaa voi pienentää periaatteessa loputtomiin. Se miten lyhyeksi ampuma-ajan inhimillisesti saa, ei ollut kokeen aiheena. [10]

Koska varomääräys käskää käyttämään suojaliivejä, kypärää ja suojalaseja ammuttaessa alle 25 metrin päästä [20], käytettiin tässä ammunnassa kaikilla ampujilla suojalaseja (ESS Land Ops). Lisäksi kevyellä varustuksella ampujalla oli päällään kypärä m/2000 ja suojaliivi, aluskyljet suojaava 2009. Liivi on suojausluokaltaan IIIA. Muuten varustus oli sama kuin rynnäkökivääriammunta 2:ssa. Vaikutuksen ampujien varustus kuvassa 3. [10]



Kuva 3. Vaikutuksen ampujien varustus, vasemmalta alkaen suojausluokat IIIA kevyt, IIIA, IV kurkkusuoja ml. [10]

Maasotakoululla on vuonna 2011 tehty koe, jossa mitattiin optisen tähtäimen vaikutusta ammuntaan verrattuna kiinteillä tähtäimillä ampuvaan taistelijaan. Kokeessa havaittiin vastaavan tyyppisellä järjestelyllä optisen tähtäimen (aimpoint) pienentävän suojaliivillä varustautuneen

ampujan ampumatehtävään käyttämäänsä aikaa keskimäärin 9.28 sekunnista 8.07 sekuntiin verrattuna kiinteillä tähtäimillä ampuvaan sotilaaseen. Pienestä otannasta johtuen tästä ko- keesta ei voida tehdä pitkälle vietyjä johtopäätöksiä. Lisäksi ampujat kuuluivat kantahenkilö- kuntaan, joten suora vertailu tässä esiteltyihin vaikutus ammunnan tuloksiin ei ole mahdollis- ta. [14] Kokeessa ei myöskään mitattu, miten optinen tähtäin nopeuttaisi suojaliivittömän tais- telijan suoritusta, mutta se antaa jonkinlaista suuntaa siitä että tulokset olisivat olleet nopeam- pia käytettäessä optista tähtäintä.

Tämä on merkittävä havainto, sillä ainakin jollain Afganistanissa palvelevilla rotaatioilla on optinen tähtäin ollut henkilökohtaisena varusteena [22]. Tästä huolimatta tämän tutkimuksen kenttäkokeet ammuttiin kiinteillä tähtäimillä koska lisävarusteiden vaikutus haluttiin tarkoi- tuksella sulkea pois ja kerätä mahdollisimman muuttumatonta tietoa jossa suurimpana vaikut- tajan on suojaliivi, eivät lisälaitteet. Lisäksi koetta suorittava joukko ei ollut saanut koulutusta optisiin tähtäimiin.

Ampuja	III A Kevyt			IIIA			IV		
	aika	pis- teet	HIT FACTOR	aika	pis- teet	HIT FACTOR	aika	pis- teet	HIT FACTOR
1	10,13	42	4,146	10,24	38	3,711	10,37	38	3,664
2	8,79	43	4,892	9,83	40	4,069	10,15	29	2,857
3	10,20	30	2,941	9,55	42	4,398	11,02	38	3,448
4	13,26	40	3,017	11,95	32	2,678	10,34	45	4,352
5	11,39	29	2,546	10,35	17	1,643	13,08	34	2,599
6	10,53	40	3,799	14,3	40	2,797	12,85	34	2,646
7	11,22	26	2,317	11,37	31	2,726	11,04	27	2,446
Keskiarvo	10,79	35,71	3,38	11,08	34,29	3,15	11,26	35,00	3,14
Keskihajonta	1,28	6,56	0,86	1,53	8,05	0,89	1,12	5,61	0,65

Taulukko 9. Vaikutus -ammunnan tulokset. [10]

4.4. Ampujien palaute

Kummankin ammunnan jälkeen ampujat ilmoittivat millä kokoonpanolla heidän mielestään oli mukavin ampua. Arvostelu suoritettiin asteikolla 1-3. 1 ollessa paras ja 3 mukavuudeltaan huonoin varustus.

Rynnäkökivääriammunta 2.

IV	1,50	Mukavin varustus
III A	1,83	
Ei suojavarusteita	2,67	Vähiten mukava varustus

Vaikutuksen ammunta.

III A kevyt	1,43	Mukavin varustus
III A	1,86	
IV	2,57	Vähiten mukava varustus

[10]

Ampujat kokivat m/2010 suojaliivin hyvänä ominaisuutena vyötäröhihnan, jolla liivin etu-, ja takaosa kiinnitetään tarralla toisiinsa kietomalla se vyötärön ympäri ja kiinnittämällä tarra vatsapuolelle. Kyseinen hihna on tehty joustavasta materiaalista, jolloin sen saa helposti kireälle, eikä varustus pääse heilumaan liikkeessä. Hihna kuitenkin myötää liikkeessä helpottaen taistelijan liikkumista. [10]

Raskaimpaan varustukseen kuulunut kaulasuoja (IV-taso) nähtiin hankalana. Se tuli toisinaan aseensa perän tielle ja tarrat saattoivat liikkeessä aukeilla. Ammuntojen aikana tarrojen aukeamista ei tapahtunut. [10]

IV-tason liivin päälle pukeminen koettiin hankalaksi. Käytännössä kaikki koehenkilöt joutuivat pyytämään apua toisilta raskaimman version (suojaustaso IV) pukemisessa. On kuitenkin huomattava, ettei joukko ollut harjoitellut aiemmin liivien kanssa ja aikataulun takia panostettiin enemmän ammuntaan kuin liivien kanssa harjoitteluun. Käsivarsisuojien tarraan haluttiin jonkinlainen vetoluiska. Nyt siitä on vaikea saada kiinni etenkin hanskat kädessä liiviä pois otettaessa. Pehmeistä paneeleista muodostuva erillinen kaula-käsivarsisuoja nousi helposti kauluksesta ulos liiviä puettaessa liiviä päälle. Taistelija sai sen kuitenkin painettua paikoilleen ilman apua. Makuulle meneminen ja sieltä nouseminen nähtiin vaikeana, vaikka sitä ei edes tässä kokeessa varsinaisesti mitattu eikä erikseen kysytty. [10]

Se miten paljon suojaliivi häiritsee taistelijan jokapäiväisiä toimia, on oleellinen tekijä suojaliivin käytettävyyden kannalta. Tässä tutkimuksessa sitä ei tutkittu. Jatkotutkimusta vaatii vielä esimerkiksi kuinka paljon hitaampaa/raskaampaa on mennä makuulle, nousta ajoneuvoon tai kiivetä panssariajoneuvon päälle suojaliivin kanssa kuin ilman sitä. [10]

Ampuma-asennossa maaten lipastuen saaminen oli hankalaa, koska suojaliivit nostivat ampuma-asennon korkeammaksi kuin ilman varusteita. Tämä johti siihen että ampujat joutuivat kääntämään päätä sivulle saadakseen tähtäinkuvan muodostettua. Muuten suojaliivien kanssa makuulta ampumista pidettiin mukavana, koska liivien kanssa aseiden rekyyli ei tuntunut olkapäässä. Muutaman ampujan mukaan IIIA liivit kuristivat kaulaa, mitä ei tapahtunut IV luokan liivien kanssa. [10]

Pystyasennosta ammuttaessa ampujat pyrkivät ensisijaisesti käyttämään opetettua symmetristä ampuma-otetta. Pääosa ampujista sanoi, ettei saanut aseiden perää pysymään liivin (III A) tai levyn (IV) päällä, vaan aseidenperä luisti kainaloon ammunnan aikana. Osa ampujista otti jo ennen ammuntaa epäsymmetrisen ampuma-asennon seisten, todettuaan harjoittelussa ettei aseiden perä pysy opetetulla paikalla symmetrisessä ampuma-asennossa. [10]

Kukaan testiin osallistuneista taistelijoista ei kommentoinut kypärän vaikutusta ammuntaan millään tavalla. Tähän voi yhtenä suurena syynä vaikuttaa se että ampuvalla joukolla on jo kokemusta kypärästä ja se päässä on ammuttu useita ammuntoja. [10]

4.5. Yhteenveto

Makuuasennosta ammuttaessa ampujien tulosten keskiarvo nousi varustuksen lisääntyessä samalla kun keskihajonta laski. Tuloksen paraneminen oli pienellä otannalla merkittävä, vaikka parhaitakaan tuloksia ei voida arvostella erinomaisiksi [19]. Ammunnan tulos parani ilman varustusta ammutusta tyydyttävästä tuloksesta kiitettävään huolimatta siitä, että osa ampujista ampui raskaassa varustuksessa ensimmäisenä ja jotkut viimeisenä. Vain yhdellä ampujalla tulos huononi varustuksen lisääntyessä, eikä siinä ole kysymys merkittävästä muutoksesta. Muutos on yllättävä, kun otetaan huomioon havainnot ampuma-asennoista, lipastuen puuttumisesta ja tähtäinkuvan muodostamisen vaikeudesta. Makuulta ammuttaessa ainoastaan aseiden tukevuus ja aseiden rekyylin tuntu olivat paremmat raskaalla varustuksella. Tästä huolimatta tulokset paranivat vaikka ampuma-asennot jouduttiin rikkomaan opetuista. Hankalasta asennosta huolimatta ampujat olisivat myös ampuneet makuuammunnat (rynnäkkökivääriammunta 2.) mieluiten IV –tason liiveissä, jos olisivat saaneet valita.

Raskaassa varustuksessa ammuttaessa aseidenperää ei saanut olkapäälle vaan se ”jäi kainaloon” tämäkään ei huonontanut tulosta. Mielenkiintoinen jatkotutkimus kohde olisi ampua rynnäkkökivääriammunta kääntyviin tauluihin sekä tuplalaukauksin makuulta ja mitata vaikuttaako virheellinen perän paikka tämänkaltaisessa tilanteessa, jossa ampuma-asento ja tähtäinkuva joudutaan muodostamaan nopeasti.



Kuva 4. IV tason luotiliivin ja rynnäkkökiväärinperän kosketuspinta makuulta ammuttaessa.

Vaikutuksen amunnassa etäisyys oli valittu 20 metriin. Oletusarvona oli, että ampujat käyttävät symmetristä ampuma-asentoa, koska se sopii parhaiten taisteltaessa lähietäisyyksiltä. Lisäksi siinä saadaan suojavarusteista paras mahdollinen suoja ja maalinvaihdon tekeminen on helpompaa kuin epäsymmetrisessä ampuma-asennossa [37].

Vaikutuksen ampumisen tuloksissa ei ole merkittäviä eroja eritasoisten suojavarustusten välillä. Tähän saattaa olla syynä se, etteivät ampujat ole ampuneet ammuntoja, joissa mitataan aikaa. Tämän vuoksi he eivät osanneet haastaa itseään, vaan ampuivat omalla mukavuusalueellaan, mikä näkyy ammuntaan käytettynä kohtuullisen pitkinä aikoina. Kun tarkastellaan kolmen parhaan ampujan suorituksia, niissä huomataan ajan lisääntyminen ja pisteiden väheneminen varustuksen lisääntyessä, mutta silloin tarkastellaan enää yksittäisiä lukuja joissa sattuma on todennäköisin selittäjä. [10]

Käytännössä yksikään taistelija ei ampunut vaikutuksen ammuntaa symmetrisestä asennosta, vaan jokainen käänsi asennon epäsymmetriseksi. Syyksi asennon muuttamiseen sanottiin, ettei aseenerä pysynyt suojaliivin päällä, vaan luisti kainaloon. Ampumamukavuutta selvitetäessä tulos oli päinvastainen kuin makuulta ammuttaessa. Vaikutusta ammuttiin mieluummin mahdollisimman kevyellä varustuksella, vaikka sillä ei tulosten kannalta ollut juurikaan merkitystä. Mielenkiintoista on huomata että alusuojaliivin (IIIA) ja 2010-mallin (IIIA) suojaliivin välillä nähtiin ero käyttömukavuudessa alusuojaliivin eduksi. Yksi ampuja jopa piti m2010 liivin eri kokoonpanoja mukavuudeltaan täysin samanlaisina, mutta alusuojaliiviä selvästi mukavampana kuin m2010 liivin eri malleja.

Havainto eri suojaustasolla olevien liivien käytävyydestä ampumaetäisyyden muuttuessa on ristiriidassa niiden käyttöperiaatteiden kanssa. Aiemmin on osoitettu luodin iskuenergian laskeminen etäisyyden kasvaessa. Eli mitä lähempänä taistelijaa joutuu olemaan uhkaa, sen raskaamman ja paremmin suojaavan liivin hän tarvitsee. Vastaavasti, kauempana olevalle taistelijalle periaatteessa riittää kevyempikin suojaus. Kokeen perusteella taistelijat valitsisivat mukavuuteen perustuen juuri toisinpäin. Ampumaetäisyyden kasvaessa he lisääisivät ballistista suojaa ja sen lyhentyessä vähentäisivät sitä.

Ammunnasta muodostetut näkemykset vaativat vielä lisätutkimusta. Luotettavien johtopäätösten tekemiseksi ampujia oli liian vähän. Jatkettaessa tiedonkeruuta, on vaikutuksen ammunassa huomioitava ampujien motivoiminen nopeampaan ammuntaan. Laadullisen tutkimuksen johtopäätöksiin joukko ja sen mielipiteet ovat luotettavia, ottaen huomioon reunaehdot jotka ammunnan järjestelyt luvussa on kerrottu.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Ballistisen suojarustuksen ensisijainen tarkoitus ei ole parantaa fyysistä toimintakykyä, vaan toimia pelastusrenkaana silloin kun kaikki muut suojan osa-alueet on onnistuttu läpäisemään. Tässä tehtävässä ballistisella suojarustuksella on taistelutilanteissa onnistuttu menestyksekkäästi vähentämään tappioita. Suoranaisia fyysistä toimintakykyä parantavia ominaisuuksia ballistisella suojarustuksella ei ole. Liian painava varustus, olipa se sitten ballistisen suojarustuksen tai muun taisteluvälinevarustuksen painoa, laskee suorituskykyä.

Sotilas pystyy kantamaan vain rajallisen määrän materiaalia. Ballistinen suojarustus kilpailee siis samasta kiintiöstä muiden taisteluvälineiden kanssa. Tässä kiintiössä toisen painon muuttumien vaikuttaa suoraan toiseen. Erilaisilla ratkaisulla, kuten jakamalla painoa pois hartioilta, suojarusteiden modulaarisuudella ja tehtäväkohtaisella varustuksella voidaan kuitenkin merkittävästi vähentää suojarustuksesta taistelijalle aiheutuvaa kuormitusta. Lisäksi jokainen sotilas voi vähentää ballistisen suojarustuksen haitallisia vaikutuksia parantamalla omaa kuntoa.

Suurin ballistisen suojan aiheuttama haaste on tällä hetkellä sen paino. Toisena haasteena on käytettävyyttä. Jotta ballistisen suojan ominaisuuksia pystytään parantamaan, on siitä saatava kevyempää ja käyttäjän kannalta mukavampaa. Tässä on puntaroitava tarve koko taistelijan tai vain haavoittuvuudeltaan kriittisimpien alueiden suojaamiseen, sekä suojatason tarve. Pehmeillä paneeleilla saadaan huomattavasti kevyempiä ja käytettävämpiä ratkaisuja, kuin kovilla paneeleilla, mutta kevyillä paneeleilla on mahdotonta saada riittävää suojaa yleisimpiä sotilasaseiden luoteja (5,56-7,62) vastaan. Ballistista suojarustusta on kehitettävä yhdessä muiden taisteluvälineiden kanssa niin, että niiden yhteensopivuus on saumatonta ja niiden ominaisuudet tukevat toisiaan.

Tutkimuksessa toteutetun koeammunnan perusteella ballistisella suojarustuksella ei läheltä ja nopeasti ammuttaessa ollut merkittävää vaikutusta. Makuulta ammuttaessa ballistinen suojarustus paransi tuloksia.

Ampuva joukko oli varsin pieni pitkälle vietyjen johtopäätösten tekemiseksi. Joukolla ei myöskään ollut aiempaa kokemusta aikaa vastaan ampumisesta, mikä on osiltaan saattanut vaikuttaa tuloksiin. Huomioitavaa on myös se, ettei kummassakaan ammunnessa pisteytetty taisteluteknikka, vaan mittarit olivat puhtaasti matemaattisia (aika, pisteet). Näillä reunaehdoilla koeammuntaa ja sen järjestelyjä voidaan pitää luotettavina ja siitä saatuja tuloksia vä-

hintääkin suuntaa antavina. Tosin molemmat ammunnat jäävät kaipaamaan jatkotutkimusta tulosten luotettavuuden lisäämiseksi.

5.1. Ballistisen suojauksen kehittäminen osana taistelijan varustusta

Tällä hetkellä suurin ongelma suojatason lisäämisessä on varusteiden paino. Varusteiden painon pudottaminen ja suojaustason parantaminen riippuu pitkälti uusista innovaatioista ja teknisestä kehityksestä. Varusteiden painon pudottamisen lisäksi haasteena on kyetä saamaan ballistiset suojaruuvit vähemmän kuormittaviksi tekemällä niistä joustavampia, hengittävämpiä ja mukavampia käyttää suojaustasoa pudottamatta.

Vain käytetty suojaruuvit antaa sen suojan, jota se on suunniteltu antamaan. Suojaruuvit jota taistelija ei käytä sen huonon käytettävyyden takia, ei suoja käyttäjänsä. Tämä ei tarkoita pelkästään käyttäjän tekemää ratkaisua, vaan esimerkiksi tukikohdassa tapahtuvan hälytyksen sattuessa pitää suojaruuvituksen olla niin helposti puettavissa, että taistelija saa sen itse päällensä nopeasti. Tässä on olemassa pieni riski, kun integroidaan taisteluruuvit suojaruuvitukseen. integroidaanko samalla suoja-, ja taisteluruuvituksen huonotkin ominaisuudet samaan pakettiin?

Ballistisen suojaruuvit on osa taistelijan varustusta. Taistelijan varustusta pitää suunnitella rinnan suojaruuvitusten kanssa jotta ne sopivat yhdessä käytettäväksi. Tällä hetkellä näin ei ole. Suojaliivin m/2010 olkapäissä on karhennukset, jotta aseensa perä pysyy siinä luistamatta paremmin. Aseensa perä on kuitenkin metallinen ja ilman karhennuksia. Koeammunnoissa ampujat totesivat perän luistavan kainaloon karhennuksesta huolimatta. Asia voitaisiin mahdollisesti korjata yksinkertaisimmillaan asettamalla aseensa perään luistamattomasta kumista tehty muovisukka. Kestävämpi ratkaisu olisi tietenkin suunnitella koko perä uudestaan, jolloin siihen saataisiin liitettyä muitakin ominaisuuksia.

Toinen vastaava huomio liittyy makuulta ampumiseen, jossa asennon jäykkyys ei mahdollista järjevän lipastuen ottamista. Asiaan voidaan vaikuttaa jakamalla raskaisiin liiveihin suojaustasoneille taistelijoille pidemmät lippaat jolloin ne yltyvät makuulta ammuttaessa maahan asti. Tämä tietenkin lisää aseensa painoa, mutta sen ei tarvitse vaikuttaa taistelijan kantamaan kokonaiskuormaan. Taistelijalle voidaan jakaa esimerkiksi 120 laukausta, jotka lipastetaan jokoi neljään 30 laukausten lippaaseen tai kolmeen 40 laukausten lippaaseen, jolloin säästetään yhden tyhjän lippaan paino, sekä sen kantamiseen tarvittavan taskun paino. Toisaalta aseensa

paino kasvaa, koska siihen kiinnitetty lipas ja patruunat painavat enemmän verrattuna 30 laukauksen lippaaseen.

Rynnäkkökivääriin voidaan kiinnittää myös etujalat tukemaan ammuntaa, jolloin lipastukea ei tarvita. Tämäkin lisää aseeseen painoa. Yksi ratkaisu saattaisikin olla esimerkiksi Steyrin Steyr Elite-tarkkuuskiväärissä käyttämä ratkaisu, jossa etujalat on integroitu etutukkiin [36]. Ampujan asennon parantamiseksi voidaan myös nostaa tähtäimiä. Tämä ei tietenkään ole paras ratkaisu luodin lentoradan tähtäyslinjan kannalta, mutta toteutuu luonnostaan jos aseeseen kiinnitetään optinen tähtäin tai valonvahvistin, kuten joissain kriisinhallinta operaatioissa on ollut mahdollista[22].

Suojavarusteiden ja taistelijan muiden varusteiden integrointi ja modulaarisuus on vasta alussa. Jos pohditaan tilannetta, jossa sotilas kantaa omat varusteensa joko taisteluvälineissä tai repussa, törmätään haasteeseen, jossa taistelijalla ei voi olla määränsä enempää varustetta mukanaan, sillä ne pitää säilyttää jossain. Kun modulaarisesta suojaliivistä poistetaan rasakat levyt, ne pitää jättää johonkin varastoitavaksi. Ensisijainen paikka on reppu, jossa on rajallisesti tilaa. Tätä ongelmaa ei tietenkään ole kriisinhallintatehtävissä, jossa tehtävässä tarpeettomia varusteita voidaan säilyttää tukikohdassa. On vaikea nähdä että taistelijalle voitaisiin jakaa useita erilaisia varusteita, joista hän valitsee kulloiseenkin tehtävään sopivan. Tässä yhtenä ratkaisuna voisi olla, että samalla varusteella on useita eri käyttötarkoituksia. Ballistisen suojavarustuksen on aiemmin osoitettu lisäävän taistelijalle aiheutuvaa lämpökuormaa ja tästä johtuen kuormituksen olevan suurempi kesällä kuin talvella. Tätä voisi käyttää yhtenä ominaisuutena integroitaessa taistelijan varusteita. Yhdistettäessä talvitakkiin ballistisia ominaisuuksia, saataisiin kylmänkestävä takki, joka kylmällä käytettynä parantaa taistelijan ballistista suojaa ja antaa mahdollisuuden kesällä tehdä ratkaisun suojatason lisäämisestä. Väline olisi erinomainen vaikkapa kiinteällä vartiopaikalla, jossa taistelija pysyisi suojattuna kylmältä ja sirpaleilta samaan aikaan. Samaa välinettä voisi käyttää suojana polttotaiteluaseita vastaan tai toisen taistelijan sammuttamiseen kun siihen lisätään palonestoaineita. Lisäksi taistelija voisi käyttää samaa takkia pehmeänä suojapaneelina ajoneuvokuljetuksissa, linnoittautuessa rakennuksiin, tai vaikka murtoräjähdyksissä.

5.2. Ballistisen suojavarustuksen vaikutus koulutukseen

Teknisten sovellusten lisäksi on muistettava että ballistiset suojavarusteet ovat samanlaisia välineitä kuin muutkin taisteluvälineet. Niiden käyttö vaatii koulutusta ja välineet huoltoa. Koeammunnassa käytettiin koeryhmänä ballististen suojavälineiden kanssa (suojaliivi m/05)

toimimaan koulutettuja varusmiehiä. Siitä huolimatta ampumatilanteessa jokainen ampuja joutui muokkaamaan ampuma-asentoaan, koska kokemusta tason –IV m/2010 liiveistä ei ollut. Aiemmin koulutetuista ampuma-asennoista ei ollut apua ja ampujat joutuivat soveltamaan ampuma-asentojaan voimakkaasti varusteiden vaatimusten mukaan.

Ballististen suojarahusteiden vaikutukset ampuma-asentoihin mahdollisine koulutuksellisine muutoksineen on arvioitava ja niihin tarvitaan koulutusohje, jota pitäisi päästä noudattamaan heti mieluummin heti peruskoulutuskauden alusta, mutta viimeistään siinä vaiheessa kun tiedetään ketkä tulevat palvelemaan missäkin liivityypissä. Koulutus ei tietenkään koske pelkkää ampumakoulutusta, vaan sen vaikutukset on laajennettava koskemaan muutakin taistelukoulutusta fyysinen koulutus mukaan lukien.

LÄHTEET

- [1] Astren, T. Keinänen, J. Lehtoranta, J. *Venäläisen jalkaväkitaistelijan suoja ja sen kehitysnäkymät*. Erillisraportti. 2000. Taktiikanlaitos, Maanpuolustuskorkeakoulu, julkaisusarja 3. työpapereita. 11 s.
- [2] Bowden, M. *Isku Mogadishuun*. Keuruu: Otava kirjapaino Oy, 1999. 472 s. ISBN 951-1-15684-5.
- [3] Carter, P. *Archangel armor comprehensive test report*. Fort Bragg, Pohjois-Carolina. Archangel armor Corp. 6. 2010.
- [4] Ehrhart Thomas, P. *Increasing small arms lethality in Afghanistan: Taking back the Infantry half-kilometer*. United States Army, School of advanced military studies. Fort Leavenworth, Kansas. 2009 s.76.
- [5] Eskola, J. Suoranta, J. *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Tampere: Vastapaino, 1998. 268 s. ISBN 951-768-035-X.
- [6] Haapamäki, T. *Onko Afganistanissa palvelevan kriisinhallintajoukon henkilökohtainen suoja riittävä?*. Esiupseerikurssin 63 tutkielma. 2011. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos. 22 s.
- [7] Huttunen, M. *Monimutkainen taktiikka*. Helsinki: Taktiikan laitos 2010. 321 s. ISBN 978-951-25-2102-9.
- [8] Ivans, B, J. *How satisfied are soldiers with their ballistic helmets?* Military Medicine. vol 172 June 2007.
- [9] Kallioinen, O. *Toimintakyvyn kehittäminen johtajuutta kouluttajuuden keskiössä* Kirjassa: Mäkinen, J. Tuominen, J. (toim.). *Toimintakykyä kehittämässä: Jarmo Toiskalion Juhlakirja*. Helsinki: Edita Prima Oy, 2010 237 s. ISBN 978-951-25-2103-6.
- [10] *Kenttäkoe ballistisessa suojarahustuksessa ampumisesta*. 1.10.2013 Materiaali kirjoittajan hallussa.
- [11] Kiviniemi Esa, *IEDD- ryhmän toiminta ISAF- operaatiossa syyskuu 2011-syyskuu 2012*. Lessons-learned raportti. s 40. **TLL IV Viranomaiskäyttö**.
- [12] Knapik, J. Reynolds, K. Hartman, E. *Soldier Load Carriage: historical, Physiological, Biomechanical and Medical aspect*. Military Medicine Vol 169. 2004.

- [13] Koivusilta, J. *Modernin taisteluväestön kuormittavuuden vähentäminen*. Opin-
näytetyö. Maasotakoulu. 2011 42 s.
- [14] Koivusilta, Tapio. Toivanen, Riehungangas. *Jalkaväikeiden kenttätutkimus 241011:
Työryhmä 3 RK*. Lappeenranta. Maasotakoulu, täydennyskoulutuskeskus. 2011 (tulok-
set tutkijan hallussa).
- [15] Kokko, J. *Vertaileva tutkimus taisteluväestön fyysisestä kuormittavuudesta*. Pro
Gradu. Maanpuolustuskorkeakoulu. 2008.78 s.
- [16] Lappalainen E, Jormakka J. *Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakou-
lussa*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos. Edita Prima Oy. Helsinki 2011.
203 s. ISBN 978-951-25-2165-4.
- [17] Lindholm, H. Rintamäki, H. Rissanen, S. ym. *Sotilas kuumassa- toimintakyvyn tur-
vaaminen sekä seulonamenetelmien kehittäminen loppuraportti 2011*. Juvenes print –
Tampereen yliopistopaino Oy, Tampere 2013. 157 s. ISBN 978-951-25-2300-9.
- [18] Lindholm, J. *Taistelu Maimanasta*. Kirjassa Rantapelkonen, J. (toim.) *Taistelukentäl-
lä*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikanlaitos. Tampere: Juvenes print 2012. 177 s.
ISBN 978-951-25-2340-5.
- [19] Maavoimien ampumaohjelmisto HI1985, Maavoimien esikunnan henkilöstöosasto,
15.04.2013 s16, **TLL IV Käyttö rajoitettu**.
- [20] Maavoimien varomääräys D2.1 Ampuminen pienikaliiperisilla aseilla HI512, Maa-
voimien esikunnan henkilöstöosasto, 15.06.2012.
- [21] Modulaarisen luotisuojaliivin m2010 tekninen hyväksyntä. Materiaalilaitoksen esikun-
ta, HF1669, 22.1.2010.
- [22] Mäkinen, J. Hugg, A. *Lessons learned: Afghanistan 2009*. s79. **TLL IV Virano-
maiskäyttö**.
- [23] NBC news. *Dragon skin armor failed battery of tests*. [Verkkajulkaisu] Viitattu
15.11.2012. Saatavissa <http://www.nbcnews.com/id18790506>.
- [24] National Institute of Justice Standard – 0101.06, U.S Department of Justice, July 2008.
- [25] National Institute of Justice Standard – 0106.01, syyskuu 1975, päivitetty joulukuussa
1981.

- [26] Pinnacle armor. *Dragon skin*. [yrityksen kotisivu] viitattu 15.11.2012 saatavissa <http://www.pinnaclearmor.com/body-armor/dragon-skin>.
- [27] PVTOK TAL 2:011 KOMPOSIITTIKYPÄRÄT, Maavoimien materiaalilaitoksen esikunta, 31.12.2013 s7.
- [28] Rantapelkonen, J. *Afganistan operaatio kehittää Suomen sotilaallista suoritus kykyä*. Kirjassa Rantapelkonen J (toim.) *Taistelukentällä*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikanlaitos. Tampere: Juvenes print 2012. 177 s. ISBN 978-951-25-2340-5.
- [29] Rynnäkkökivääri 7.62 RK 62. Verkkosivusto. Viitattu 09.10.2013 saatavissa <http://www.puolustusvoimat.fi/portal/puolustusvoimat.fi>.
- [30] Rynnäkkökiväärin käsikirja, Ensimmäinen osa, 762 RK 62. Pääesikunnan taisteluvälineosasto Länsi-Savo Oy, Mikkeli. 1985. 136 s.
- [31] Saarelainen, T. *Taistelija 2020- jalkaväen kärkitaistelija*. Maasotakoulu, tekniikan julkaisuja. Helsinki, Edita Prima OY. 2007 172 s. ISBN 978-951-25-1745-9.
- [32] SAKO *Kiväärinpatruunat*. Verkkosivusto. Viitattu 21.01.2014 saatavissa <http://www.sakosuomi.fi/pdf/sakopatruunataulukko.pdf>.
- [33] Salonen L (toim) *Sotilaan suoja ja sen läpäiseminen – tutkimusseminaari 1996*. Puolustusvoimien tutkimuskeskus, PainoHäme, Ylöjärvi 1996 79 s. ISBN 951-25-0814-1.
- [34] Smith, G. Munro, B. *Sotilaskäsiaseet*, Gummerus kustannus Oy:1995.235 s. ISBN 951-20-4750-0.
- [35] Sotilaan käsikirja 2012, Maavoimien esikunnan henkilöstöosasto, Juvenes Print OY: 2012. 291 s. ISBN 978-951-25-2328.
- [36] Steyr. *STEYR ELITE* [valmistajan kotisivu] Viitattu 15.11.2013 Saatavissa: http://www.steyr-mannlicher.com/uploads/media/STM_Produktblatt_ELITE_press_01.pdf.
- [37] Taistelijan opas 2013, Maavoimien esikunta, Juvenes Print Oy, Tampere:2013. 271 s. ISBN 978-951-25-2485-3.
- [38] Uusitalo, Hannu. Tiede, tutkimus ja tutkielma: Johdatus tutkielman maailmaan. WSOY graafiset laitokset. Juva:1995. 121 s. ISBN951-0-17457-2.

- [39] Vähäkangas, P. *Merivoimien toiminnan ja resurssien suunnittelun seuranta*. luento esiupseerikurssille 66. 27.08.2013. Muistiinpanot kirjoittajan hallussa. **TLL IV Käyttö rajoitettu.**
- [40] V50 Ballistic test for armor, Department of defense test method standard, MIL-STD-662F, 18-DEC-1997. 23s.
- [41] Wikipedia. *Haarniska* [Verkkójulkaisu]. Viitattu 28.8.2013. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Haarniska>.
- [42] Yleinen ase- ja asejärjestelmä-opas. Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus, Vammalan kirjapaino Oy. Vammala:2001, 391s. ISBN 951-25-1277-7.