

# TYKISTÖN JA KRANAATINHEITTIMISTÖN 2010-LUVUN AMPUMATARVIKKEET JA NIIDEN MAHDOLLISUUDET TULENKÄYTÖN KEHITTÄMISELLE

ILKKA IKONEN

Kirjoittaja on kapteeni ja DI ja opiskelee yleisesiupseerikurssilla

## ABSTRACT

In this article we look briefly at the evolution and revolution of munitions development between 20th and 21st centuries by introducing state of the art munitions for guns and mortars. More interesting part of article demonstrates, with the help of simulations, how new munitions can change the way how we use fire support tactics and techniques. With the help of the simulation article merges technical progress and tactics and also attempts to close gap between the technical and tactical thinking models. Too often soldiers are afraid of the technical and maybe the more theory based world and at the same time the technical experts are afraid of taking steps to the practical world where the soldiers mostly operate. From history we can learn what this kind on disintegration in fields of study has caused. In the American Civil War infantry tactics did not change even when the firepower of weapons was superior against massive infantry attacks. In the beginning of World War I mortars were seen in some countries more as toys than a vital tool in new combat tactics.

Overall since the 1700s until today, technological development speed has been increasing all the time. This can be seen in all areas of human life. The development of weaponry and munitions is no exception to this trend. Traditional ammunition for guns has been a HE (High-explosive) projectile

with a large variety of fuzes. In the beginning the fuzes were mainly percussions fuzes even though some of them had delay action. The next evolutional step was the use of airburst fuzes. The technology behind airbursts traces back to powder train. Clockwork mechanisms appeared at the beginning of the 20th Century and electronic time fuzes appeared in the 1980s. The latest evolution of airburst fuzes has been radar fuze which came into service mainly in the 1990s. The state of the art fuzes in the 2010s are course correcting fuzes (CCF), which fit standard HE projectiles.

All in all, the development of fuzes has been mainly evolutional. However, the 1980s revolutionized the artillery and mortar ammunition development. The process of ammunition development was practically reinvented. These new munitions developed then offer sensor and course correcting abilities. An early example was the United States 'Seek and Destroy Armour' (SA-DARM) in the 1980s. Subsequent European developments, such as the BONUS and SMArt 155, are 155 mm calibre and include advanced electronics. Russia has also been working in this field since 1980s with laser guided munitions for guns and mortars.

Furthermore, in the article's main section is a description of comparison of the effectiveness of conventional HE projectiles with HE projectiles with course correcting

fuzes attained with the help of a simple simulation program. The target is an infantry platoon with three MICVs (mechanized infantry combat vehicle) marching on the road and it is ambushed by the defending troops. The infantry targets are considered to be soft, so the HE projectiles are effective against them. The MICVs are considered semihard targets and they need to score a top or close impact hit (3 m radius with artillery and direct hit with mortar) to create some armor penetrating shrapnel pieces. According to the simulation 15 mortar projectiles with course correction fuzes cause the same amount of casualties as 45 standard HEs. In some cases even 5 mortar projectiles with course correction fuzes are enough for the desired end state and casualties. In the case of artillery 15 projectiles with course correction fuzes cause the same number of casualties as 30 standard HEs. The results show that by using course correcting fuzes we can rethink what the size of a firing unit should be and how much projectiles should be used in each fire mission. Also using smaller firing units gives more flexibility in the planning and execution of missions. An even bigger advantage is the possibility to better cover entire brigade area of responsibility with fire support in a situation where these areas are growing but the number of fire support units is decreasing. Using larger grouping areas also provides better cover against enemy reconnaissance and intelligence.

The results of the simulations gave ideas to rethink the use of fire support on the modern battlefield. This article is one example of how technical and tactical thinking can and need to merge. Technical review or study always need to be done with the actual battlefield use, if it is not done the value of the technical study to the armed forces is compromised.

## TIIVISTELMÄ

Artikkeli jakaantuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa käsitellään tykistön ja kranaatinheittimistön ampumatarvikkeiden kehittymistä 1800-luvun lopulta aina nykypäivään asti. Painopiste käsittelyssä on nykyaikaisissa erikoisampumatarvikkeissa. Artikkelin toisessa osassa verrataan tykistön ja kranaatinheittimistön tuliyksiköiden tulentehon eroa perinteinen sirpalekranaatti vs. lentorataa korjaava erikoisammus. Tykistöllä tuliyksikköinä simulaatioissa on patteristo, patteri, tulijaos ja yksittäinen tykki (18,6,3 ja 1 tykkiä). Kranaatinheittimistöllä komppania, joukkue ja yksittäinen heitin (9,3 ja 1 kranaatinheitintä). Tulentehoa simuloidaan vihollisen moottoroitua jalkaväkijoukkuetta vastaan. Joukkue on varustettu kolmella rynnäkkövaunulla ja jalkaväen vahvuus on 24 miestä.

Simulaatioiden perusteella kranaatinheittimistön 15 lentorataa korjaavaa erikoisammusta tuottaa saman tulentehon kuin 45 sirpalekranaattia. Joissakin simuloituissa tapauksissa jopa viisi kranaatinheittimistön erikoisammusta pystyy aiheuttamaan vihollisen moottoroidulle jalkaväkijoukkueelle lamauttavat tappiot. Tykistön simulaatioissa 15 lentorataa korjaavaa erikoisammusta tuotti saman tulentehon kuin 30 sirpalekranaattia. Simulaatioiden tulokset osoittivat, että käytettäessä lentorataa korjaavia erikoisammuksia voidaan ammuttavaa ampumatarvikemäärää pienentää.

Simulaation tulokset antavat ideoita epäsuorantulen järjestelyistä nykyaikaisella taistelukentällä. Artikkeli on myös esimerkiksi teknisen ja taktisen näkökulman yhdistämisestä.

## 1 JOHDANTO

Tässä artikkelissa tarkastellaan kranaatinheittimistön ja tykistön nykyaikaisia ampumatarvikkeita, niiden ominaisuuksia sekä kehitysnäkymiä. Yksinkertaisella simuloinnilla havainnollistetaan myös ampumatarvikkeiden tulentehoa, sekä pyritään yhdistämään sotatekninen tarkastelu osaksi taisteluteknillistä ja taktillista ajattelua. Historia tuntee useita tapauksia, joissa tekniikan kehitystä ei ole pystytty yhdistämään taistelutekniikan ja taktiikan muutokseen. Esimerkiksi ennen ensimmäistä maailmansotaa ei uskottu konekiväärin tai kranaatinheittimen käyttökelpoisuuteen taistelussa, vaan uskottiin että taistelu ratkaistaan ”asenteella” ja viimekädessä pistimillä suoritettavalla rynnäköllä.<sup>1</sup>

Asetekninen kehitys on ollut huimaa viimeisten vuosikymmenten aikana ja tämä kehitys on näkynyt myös sodankäynnin kehityksenä. Kun toisen maailmansodan aikana tarvittiin saksalaisen muuntaja-aseman tuhoamiseen 96 % todennäköisyydellä 108 B-17 pommittajaa, 1080 henkilöä lentokoneissa ja 648 pommia, niin ensimmäisessä Persianlahden sodassa 100 % tulokseen pääsi yksi lentokone varustettuna kahdella laserhakeutuvalla pommilla.<sup>2</sup>

Tässä työssä keskitytään tykistön ja kranaatinheittimistön ampumatarvikkeisiin. Tykistön osalta ei käsitellä raskaita raketinheittäjiä vaan käsittelyssä on asejärjestelmät 155 mm kaliiberiin asti. Rajaus johtuu siitä, että raskailta raketinheittimillä on paljon erilaisia nykyaikaisia ampumatarvikkeita ja työn laajuuden pi-

täminen annetuissa rajoissa ei mahdollista niiden käsittelyä. Työssä ei käsitellä syvällisesti tekniikoita, joilla uudet ampumatarvikkeet toimivat vaan oletetaan, että lukijalla on jo ymmärrys näistä tekniikoista, joita ovat IR-hakeutuminen, satelliittinavigointi ja laservalaisuun hakeutuminen. Tämä työ ei rajoitu pelkästään teknilliseen tarkasteluun, vaan osaksi on haluttu ottaa myös taisteluteknillinen ja taktillinen tarkastelu. Tällä halutaan vastata siihen huutoon, jonka puolustusvoimien komentaja kenraali Ari Puheloinen nosti esille YEK 56:n valmistajaistilaisuudessa. Kaikissa tehtävissä ja töissä tulee upseerien huomioida puolustusvoimien ensimmäinen tehtävä, joka on sotilaallinen maanpuolustus. Tekniikan osalta tämä tarkoittaa, että sotateknisiin tarkasteluihin tulee aina sisällyttää myös taisteluteknillistä, taktillista tai operaatiotaidollista tarkastelua.

## 2 ASEJÄRJESTELMIEN KEHITYKSESTÄ

Tykistön ja kranaatinheittimistön ampumatarvikkeiden kehityksessä on havaittavissa yleisen tekniikan kehityksen mukaisia kehityskulkuja. Puolustusteollisuus haluaa kehittää uusia ja teknisesti kehittyneempiä tuotteita. Uusien tuotteiden kehitysprojektit kestävät jopa kymmenen vuotta. Toisinaan teknologisesti edistykseellinen tai jopa ylivoimainen ratkaisu ei kuitenkaan johda tuotteeseen, joka otettaisiin operatiiviseen käyttöön. Syy tähän on se, että valtiot ovat lukittautuneet aikaisemmin hankittuihin järjestelmiin ja ampumatarvikkeisiin. Lukittautumissyklit saattavat olla kymmeniä vuosia pitkiä.

Suomesta esimerkiksi käy edelleen käytössä oleva 122H63 tykki, joka hankittiin Suomeen jo 1960-luvulla. Jotta uusi tuote otettaisiin operatiiviseen käyttöön, kustannusten ja hyötyjen välisen suhteen tulee olla edullisempi kuin jo käytössä olevilla järjestelmillä. Meneillään olevasta taloudellisesta taantumasta johtuen tämän seikan merkitys on korostunut entisestään.

Tykistön ja kranaatinheittimistön perinteisenä ampumatarvikkeena on ollut sirpalekranaatti, jonka vaikutusta on säännelty erilaisilla sytyttimillä. Sytytinvalikoimassa on ollut iskusytytin, jossa on ollut säätömahdollisuuksina esimerkiksi herkkä, jäykkä ja jäykkähidasmainen sytytintoiminto. Vaihtoehdot määräävät, kuinka pitkä viive iskusta räjähdykseen on. Herkällä toiminnolla räjähdys tapahtuu lähes välittömästi ja maalina on yleensä elävä voima, kun taas jäykkähidasmaisenä ammus tunkeutuu syvälle ennen räjähdystä ja sillä on haettu vaikutusta esimerkiksi linnoitettua vihollista vastaan. Iskusytyttimien lisäksi ilmaräjähteet eivät ole uusi ilmiö epäsuorantulen saralla. Jo 1870-luvulla oli olemassa sytyttimiä, jotka perustuivat sytyttimessä olevan ruudin paloaikaan. Ensimmäisen maailmansodan aikana oli käytössä tykistölle sekä kellokoneistoihin, että ruutikanavien paloaikojen säätämiseen perustuvia sytyttimiä. Ongelmana näissä sytyttimissä oli niiden virhemarginaali, josta johtuen kranaattien räjähdyskorkeus saattoi vaihdella 0-100 metrin korkeudella.

1970–80-luvuilla elektroniikan kehitys alkoi vaikuttaa myös tykistön ja kranaatinheittimistön ampumatarvikkeisiin ja sytyt-

timiin. Mekaaniset sytytinratkaisut korvattiin elektronisilla, jotka olivat tulleet jopa halvemmiksi valmistaa kuin mekaaniset sytyttimet. Elektroniikan kehittymisen vaikutus ei jäänyt pelkästään sytyttimien tasolle, vaan kehityksen myötä syntyi käänteentekeviä mahdollisuuksia suorituskyvyn kehittämiseksi. Esimerkiksi Neuvostoliiton Krasnopol-M, laser valaisuun hakeutuva tykistöammus, joka otettiin palveluskäyttöön 1987, on esimerkki tällaisesta kehityksestä. Ammus oli kokonaan suunniteltu tyhjältä pöydältä, eikä perustunut vanhojen ampumatarvikkeiden kehittämiseen. Perinteisten ampumatarvikkeiden rinnalle kehitettiin 1980-luvulla kuorma-ammukset, joissa yhdestä heitteestä purkautuu kymmeniä tai satoja pienempiä ammuksia (sirotteita). Kuorma-ammuksilla saavutetaan suurempi tulenteho kohdealueella kuin perinteisillä sirpalekranaateilla. 1990-luvulla saatiin palveluskäyttöön useita ampumatarvikkeita, joissa tykillä ammuttavalla kuorma-ammuksella toimitettiin kohdealueelle useita itsenäisesti hakeutuvia tytärammuksia, edelleen tämän kehityksen oli mahdollistanut tekniikan rakenteiden pienentyminen, halventuminen ja muu kehittyminen.

Tuotekehitys voidaan jakaa yleisesti vähittäiseen kehitykseen eli evoluutioon ja käänteentekevään kehitykseen eli evoluutioon. Evoluution edut saattavat olla marginaalisia, mutta toisaalta niiden tuottaminenkin voi olla erittäin edullista. Haasteena evolutionaalisessa kehityksessä on se, että tykistön ja heittimistön osalta tie on pitkälti kuljettu loppuun. Esimerkkejä evolutionaalisesta kehityksestä ovat:

- Ampumaetäisyyden kasvattaminen parantamalla ammuksen ballistiikkaa muotoilulla, uusilla materiaaleilla, pintakäsittelyllä sekä ruudin ja ajoaineiden kehittämisellä.
- Tulentehon lisääminen ammuksen metallurgisilla toimenpiteillä, uusilla materiaaleilla ja parantamalla räjähdysaineen tehoa.
- Tulen tehon kasvattaminen heräte-syöttimillä.
- Tulen tehon ja vaikutusalan kasvattaminen kuorma-ammuksilla.
- Hajonnan pienentäminen ja tulen tehon kasvattaminen lentorataa korjaavilla syöttimillä.
- Hakeutuvat tytärammukset ja ohjatavat ammukset.

Tuotekehityksen revoluutiot eivät aina tarkoita sitä, että järjestelmän vanhat osat hylättäisiin tai jätettäisiin hyödyntämättä. Nykyisessä taloudellisessa tilanteessa, jossa lähes kaikkien maiden puolustusbudjetit leikataan, tämän näkökannan merkitys on kasvanut. Jos järjestelmään on investoitu aikaisemmin jo kymmeniä tai satoja miljoonia euroja, mahdollisuudet korvata se kokonaan ovat rajoittuneet. Paljon houkuttelevampaa on päivittää osa hankitusta järjestelmästä ja sillä tavoin nostaa sen suorituskyky uudelle tasolle. Tykistön ja kranaatinheitin osalta tämä tarkoittaa parhaimmillaan vain uusien ampumatarvikkeiden ostamista, kun järjestelmän muihin osiin ei tarvitse investoida. 155 mm tykkikalusto on esimerkki onnistuneesta revolutionaalisesta kehityksestä. Syinä tähän on ollut ammuksen koko, joka on tarjonnut ammuksen riittävän tilan uusien ratkaisujen kehittämiseksi. Toisena syynä on ollut, että 155 mm kalusto on laajalle levinnyt, joten markkinapotentiaali on ollut merkittävä. Esimerkkejä 155 mm kaluston revolutionaalisesta tuotekehityksestä ovat:

- Ampumaetäisyyden kasvattaminen ammuksen onteloperällä ja perävirtauksella.

Tykistön ja kranaatinheitin kehitystarpeiden moottorina on ollut halu pidentää käytössä olevien järjestelmien operatiivista käyttöikää ja tulentehoa ja vaikutusetäisyyttä. Ongelmana perinteisellä ampumatarvikkeella on ollut se, että pituus- ja leveyshajonta on kasvanut ampumaetäisyyden kasvaessa. Hajonta laskee tulentehoa maalin alueella ampumaetäisyyden kasvaessa. Mitä suurempi on ampumaetäisyys, niin sitä laajemmalle alueelle ammukset osuvat. Ammuttaessa patteriston kerta (18 laukausta) tämä tarkoittaa, että 10 kilometrin ampumaetäisyydellä pituushajonta saa olla ampumapöytä mukaan maksimissaan 400 metriä, kun taas 30 kilometrin ampumaetäisyydellä pituushajonta saa olla maksimissaan 1200 metriä. Tämä esimerkki kertoo sen, että ampumaetäisyyden kasvaessa perinteisen ampumatarvikkeen käyttökelpoisuus saattaa laskea. Mikäli tulenteho halutaan pitää ”järkevällä” tasolla, niin ammuttavien kranaattien ja/tai ampuvien tuliyksiköiden määrää tulee nostaa radikaalisti. Perinteisen ampumatarvikkeen hajonnan kriittisyys riippuu myös maalista. Jos maalina on esimerkiksi laaja aluemaali (yli 400 m x 400 m), niin voi olla jopa hyvä asia että ammukset leviävät

laajalle alueelle. Ammuttaessa taas esimerkiksi suppeaan maaliin (100m x 100m) ne kranaatit jotka eivät vaikuta maaliin ovat rajallisten resurssien tuhlaamista. Edellä mainituista syistä on tykistön ja kranaatinheittimistön ampumatarvikkeita kehitetty voimakkaasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Kehittämisen painopiste on viimeaikoina ollut ammuksen lennon loppuvaiheessa ja kehitettäviä kohteita ovat olleet esimerkiksi ammuksen hakeutuvuus maaliin ja tytärsprojektiilien käyttäytyminen. Periaatteessa kehitettävä alue kuuluu ulkoballistiikan alueeseen.<sup>1</sup> Ulkoballistiikka käsittää kuitenkin ammuksen koko lennon aina maaliin asti. Osumisen jälkeen maaliballistiikka on käsittänyt ammuksen aiheuttamat vaikutukset maalissa. Nykyisillä ammuksilla kehitettävä alue on ammuksen lennon viimeiset sekunnit ennen osumista maaliin. Kuorma-ammuksella tämä tarkoittaa hetkeä jolloin tytärammukset purkautuvat kuorma-ammuksesta, aloittavat hakeutumisen tai leviämisen ja osuvat maaliin. Oman pohdinnan aihe on, että tulisiko maaliballistiikan käsitettä laajentaa esimerkiksi siten, että ulkoballistinen tarkastelu loppuu siihen, kun kuorma-ammus purkautuu. Maaliballistinen tarkastelu alkaisi kun tytärammukset aloittavat hakeutumisen maaleihinsa.

Miten edellisessä kappaleessa käsitellyt asia vaikuttavat Suomeen? Nykyaikaisella taistelulentäällä hajontaan vaikuttaminen lisäämällä ampuvien tuliyksiköiden on haasteellinen. Syynä tähän on joukkojen

määrän vähentäminen taistelulentäällä, joka Suomessa näkyy sodan ajan vahvuuksien muutoksissa 1990-luvulta nykypäivään. Ammuttavien kranaattien määrän kasvattaminen kompensoimaan hajontaa ei sekään ole ongelmaton. Suomen maavoimien siirtyessä uudistettuun taistelutapaan tarkoittaa se erityisesti haasteita huollolle. Ampumatarvikkeiden osalta paino ja tilatarve ovat kriittisiä. Ei ole uskottavaa, että tuliyksiköille pystyttäisiin takaamaan Tali-Ihantalan taisteluiden aikainen ”ampumatarvikeralli”, vaan todennäköisesti taisteluiden aikainen huolto on haasteellista. Seuraavissa luvuissa tarkastelemme tarkemmin, miten tykistön ja kranaatinheittimistön ampumatarvikekehitys on varautunut tulevaisuuden haasteisiin ja mitä vaikutuksia ampumatarvikkeiden kehittymisellä voi olla Suomalaiseen taktiikkaan.

### **3 NYKYAIKAISET AMPUMATARVIKKEET**

Täsmäammusten kehityskaari voidaan jäljittää 40-luvun Saksaan. Saksan Luftwaffe käytti 1944 Englannin kanaalin satamissa Butterfly nimisiä kuorma-ammuksia. Kuorma-ammus tarkoittaa ammusta, jonka sisältä purkautuu useita pienempiä tytärammuksia tai sirotteita. Butterfly sirotteet olivat noin nyrkin kokoisia ja ne olivat stabiloitu nelisiipisellä ohjauslaitteella.<sup>3</sup> Sodan jälkeen ase kopioitiin sekä Yhdysvaltoihin että Neuvostoliittoon. Näitä aseita käytettiin myöhemmin sekä

<sup>1</sup> Ballistiikka on perinteisesti jaettu sisä-, väli-, ulko- ja maaliballistiikkaan.

Vietnamin että Afganistanin sodissa jalkan liikkuvaa vihollista vastaan. Ammuksesta käytettiin nimeä ICM (Improved Conventional Munition). 1970-luvulla tykistön kuorma-ammuksissa koettiin revoluutio. Teknisen kehityksen tuloksena oli DPICM (Dul Purpose ICM). DPICM kehitettiin torjumaan Varsovan liiton panssarilautat. Aseessa oli panssarin läpäisevä ontelopanos ja sirpaloituva kuori. Ase tehoi kevyesti panssaroiuihin ajoneuvoihin joiden panssarointi on katosta kaikkein heikoin. DPICM ammuksia käytettiin suuressa mittakaavassa ensimmäisen Persianlahden sodan aikana vuonna 1991. Sodan jälkeen Yhdysvallat totesi, että DPICM ei sovellu käytettäväksi asutusalueilla.<sup>4</sup> 2000-luvulla kuorma-ammukset joutuivat kansainvälisen politiikan kohteeksi ja niiden käytöstä luovuttiin mm Euroopassa poliittisista syistä. Lukija joka haluaa syvempää tietoa kuorma-ammuksista voi perehtyä asiaan esimerkiksi tutustumalla artikkeliin aiheesta vuoden 2006 Tiede ja Ase julkaisussa.

Kuorma-ammusten korvaajaksi tulevaisuuden taistelukentällä on useita vaihtoehtoja. Näitä vaihtoehtoja esitellään tykistön ja kranaatinheittimistön osalta seuraavilla sivuilla. Ennen siirtymistä nykyaikaisten ampumatarvikkeiden pariin tulee kuitenkin käsitellä muutama termistöön liittyvä asia. Lukija joka perehtyy kuorma-ammusten ja täsmäaseiden maailmaan saattaa nopeastikin mennä sekaisin siitä mikä termi tarkoittaa mitään. Englannin kielessä kuorma-ammuksesta käytetään nimiä: cargo munition tai cluster munition. Tytärammuksista tai sirotteista käytetään nimiä: submunition ja bomblets. Kun tar-

koitetaan hakeutuvaa tytärammusta, niin terminä käytetään submunition, smart submunition tai smart projectile. Suomen kielessä kohtuullisen vakiintuneet termit ovat kuorma-ammus, tytärkranaatti/ammus tai sirote. Muille ampumatarvikkeille on virallisesti varattu ”erikoisampumatarvike”.<sup>5</sup> Tässä artikkelissa käytetään terminä hakeutuvaa tytärammusta, kun puhutaan kuorma-ammuksesta irtautuvista tytärammuksista, jotka aktiivisesti etsivät maaleja ja ohjaavat itsensä niihin jollakin hakeutumistekniikalla.

### 3.1 Tykistö

Tykistö on taistelukentän joustava ja monipuolinen epäsuoran tulen järjestelmä, joka pystyy tukemaan taistelevia joukkoja huolimatta sääolosuhteista. Etuna verrattuna ilmasta annettavaan tulitukeen on, että tykistön tuli on käytössä keskeytymättä kaikkina vuorokauden- ja vuodenaikoina, kun lentokoneet/helikopterit eivät pysty operoimaan pitkiä yhtenäisiä ajanjaksoja ja rajoitetusti huonolla säällä. Tällainen esimerkki on 2009 Afganistanissa käyty Ganjgalin taistelu, jossa ilmavoimat eivät pystyneet tukemaan jalkaväkeä, mutta tykistö pystyi.<sup>6</sup> Tykistöllä on laaja ampumatarvikevalikoima ja sen tuli on suhteellisen tarkkaa. Ampumaetäisyys voi vaihdella muutamasta kilometristä jopa 40 kilometriin asti. Tärkeimmäksi tykistön kaliiperiksi on muodostunut 155 mm ja uusimmissa malleissa putken pituus on yleensä 52 kertaa kaliiperi. Tällöin ase ei muodostu vielä hankalan suureksi ja painavaksi ja 2 miestä pystyy käsittelemään 40–50 kiloa painavaa ampumatarviketta.

Ampumatarvikkeen koko mahdollistaa tehokkaan sirpalekranaatin valmistamisen tai muun hyötykuorman, kuten hakeutuvien tytärammusten sijoittamisen kranaattiin.

Perinteisesti tykistön tärkein ampumatarvike on ollut sirpalekranaatti, joka on tehokas vain pehmeisiin tai puolikoviin maaleihin. Ampumaetaisyyden kasvaessa tulen hajonta kasvaa heikentäen tulenteheyttä. 30 kilometrin päähän ammuttaessa sirpalekranaattien hajonta voi olla jopa 600 metriä. Lisäksi vaikutus puolikovaan ja kovaan maaliin vaatii ontelohanosta tai tarkkaa osumista. Nämä tarpeet ovat johtaneet kuorma-ammuksiin, joissa on sirtotteita tai itsenäisesti maaliin hakeutuvia tytärammuksia, laservalaisuun hakeutuviin ammuksiin ja satelliittinavigointia hyödyntäviin ammuksiin. Tällä hetkellä pääosa maailmalla operatiivisessa käytössä olevista nykyaikaisista ampumatarvikkeista eivät ole ICM tai DPICM tyyppisiä aseita vaan erikoisampumatarvikkeita tai sitten kuorma-ammuksia joissa on hakeutuvia tytärammuksia.

### **Copperhead**

Yhdysvallat aloitti Copperheadin kehittämisen jo 1970-luvulla. 1988 ammus saatiin tuotantovalmiiksi, mutta 1992 tuotanto keskeytettiin. Ammusta hankittiin noin 20 000 kappaletta. Ammuksen hakupää hakeutuu maalista heijastuvaan lasersäteilyyn, kun maali on valaistu laser-osoittimella. Ammuksen ohjaus tapahtuu perä- ja keskipään ohjaussiivkeillä. Ammuksen hyötykuorma on sijoitettu kärkeen heti hakupään taakse. Lataus painaa 22,5 kilogrammaa, josta räjähdysainetta

6,7 kilogrammaa. Kyseessä on kuparisydäminen ontelolataus. Ammus voidaan ampua joko yläkulmilla tai ”liukuasetuksella”, jälkimmäistä tapaa käytetään erityisesti matalissa pilvioloissa, jolloin ammus ei joudu kulkemaan pilvien yläpuolella. Tällä tavalla ammuksen hakupäällä on paremmat mahdollisuudet havaita maalista heijastuva lasersäteily. Ammuksen kantama on 3-16 kilometriä. Ammuksen rakenne on osoittautunut ongelmalliseksi, koska se ei kestä suuria lähtönopeuksia.<sup>7</sup>

Copperhead on ollut operatiivisessa käytössä ainakin molemmissa Persianlahden sodissa. Afganistanissa tai Irakissa ei ammusta ole tietävästi käytetty. Taktillisesti ammuksen on korvannut Excalibur.

### **Krasnopol-M**

1987 Neuvostoliitto sai palveluskäyttöön 152 mm KRASNOPOL ammuksen. Vuonna 1993 ammus esiteltiin länsimaille. Käytännössä kyseessä on pitkälti yhdysvaltalaisen Copperheadin neuvostoliittolainen vastine. Ammuksen hakupää perustuu maalin valaisuun laserilla. Alkuperäisen ammuksen pituus oli 1,305 metriä, mikä aiheutti sen, ettei se soveltunut 2S19 tykin automaattilatausimeen. Ammukselta suunniteltiin uusi versio vuonna 1985 Krasnopol-M, jonka pituus on 0,905 metriä ja joka soveltuu myös telatykkien automaattilatausimiin.

Ammus ei vaadi ampuvalta yksiköltä mitään erityistoimenpiteitä. Siihen käy sama panosjärjestelmä, kun normaaleihin 152 mm ammuksiin. Ammus on suunniteltu käytettäväksi asepesäkkeitä, linnoitettuja kohteita ja panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Ampumaetaisyys ammuksella



on 20 000 metriä. Järjestelmässä on kuitenkin huomioitava, että laservalaisimen valaisuetäisyys voi olla 200–5000 metriä. Ammuksen kärjessä oleva hakupää lukittuu maalista heijastuvaan lasersäteeseen. Järjestelmällä on testiammunnoissa onnistuttu tuhoamaan kolme maalia 14 000 metrin ampumaetäisyydellä. Maalien valaisuun käytettiin yhtä ja samaa laservalaisinta ja maalien välinen porrastus oli 30 sekuntia. Krasnopol osuu maaliin yläkulmasta +35-+45 asteen tulokulmalla (top attack). Ohjaamiseen ammus käyttää etusiivekkeitä, kun taas ammuksen takasiivekkeet stabiloivat sen lentoa. Ammuksen tuhoamistodennäköisyyks on 70 %.<sup>8</sup>

Venäjä on kehittänyt ammuksista myös 155 mm version lähinnä myyntiversioksi länteen. Ammusta sen eri versioineen on myyty 12 maahan. Ammuksen hinta on 56 000 euroa ja laserosoitin radiolinkkeineen maksaa 45 000 euroa. Ammusta on testattu menestyksellisesti myös ranskalaisella DHY309 maalinosoittimella.<sup>9</sup>

### **Excalibur**

Vuonna 1996 Yhdysvallat aloitti uuden täsmäammuksen kehittämisen 155 mm tykistölle. Tavoitteena oli rakentaa ammus, joka ei tarvitse erillistä raketimoottoria, vaan liittää maaliinsa ohjaussiivekkeiden avulla. Ohjausjärjestelmäksi päätettiin valita satelliittinavigointi. Vuonna 2002 projektiin tuli mukaan ruotsalainen Bofors. Boforsilla oli ollut oma vastaava kehitystyö TCM:n nimellä. Ruotsalais-

ten kehitystyö lopetettiin ja TCM:stä otettiin Excaliburiin kahdeksansiipinen pyörivä peräyksikkö, jolla vakautetaan ammuksen lentorataa. Ammuksen kehitysprosessi saatiin valmiiksi vuonna 2005 ja lopulliseen tuotantoon päästiin vuonna 2007. Ammuksista on olemassa kolme eri versiota 1) unitary (perinteinen HE-kranaatti) 2) kuorma-ammus (65 DCIPM tytärkranaattia) 3) SADARM (Project Sense and Destroy ARMor) versio (kaksi hakeutuvaa tytärammusta). Viimeisimmässä versiossa jo 1990-luvulla kehitetty SADARM yhdistettiin uuteen ampumatarvikkeeseen. Yhdysvallat on tilannut Excalibur ammuksia noin 7000 kappaletta ja yhden ammuksen hinta on noin 90 000 euroa.<sup>10</sup>

Ammuksen paino on 48,1 kiloa ja ampumaetäisyys 6 000–50 000 metriä. Ammuksen CEP<sup>2</sup> on 10–20 metriä. Ammuksen ohjausjärjestelmänä on satelliitti- ja inertianavigointi. Ennen ammuntaa ammukseseen syötetään maalin koordinaatit. Putkivaiheen jälkeen ammuksen stabilointisiivekkeet avautuvat. Ammuksen matkalla kohti lakipistettään navigointiyksikkö aktivoituu ja se lukittuu GPS-satelliitteihin. Lakipisteessä ammuksen ohjaussiivekkeet avautuvat. Ammuksen ballistisen lennon tietokone vertaa paikkatietoa annettuihin maalin koordinaatteihin ja ohjaa sillä perusteella ohjaussiivekkeitä. Mikäli ammus havaitsee satelliittipaikannuksen häirintää, se siirtyy käyttämään inertiaipaikannusta ja oh-

<sup>2</sup> Circular Error Probable. Alue jonka sisään 50 % ammutuista ammuksista osuu. Kuorma-ammuksen kohdalla se tarkoittaa pistettä jossa ammus purkautuu ja tytärammukset pääsevät leviämään kuorma-ammuksista.

jaa ammuksen viimeisimpään korjattuun pisteeseen.<sup>11</sup>

Excalibur on ollut operatiivisessa käytössä Irakissa ja Afganistanissa. Ensimmäiset käyttökokemukset saatiin vuonna 2007 Irakissa. Ammuksen suurin etu nykyaikaiselle taistelukentällä on se, että useassa tapauksessa riittää, että ammutaan vain yksi ammus. Tällainen tilanne syntyy tyypillisesti esimerkiksi kaupunkialueella, jossa vihollinen käyttää vain yhtä tai muutamaa rakennusta. Ammuksen tarkkuus mahdollistaa osumisen vain kohteeseen, jolloin oheisvahinkojen määrä jää pieneksi.<sup>12</sup> Toinen saavutettava taisteluteknillinen etu on se, että käytettäessä tämäntyyppisiä ampumatarvikkeita ei siitä koidu ennakkovaroitusta viholliselle. Afganistanissa vastarintataistelijat ovat oppineet tarkkailemaan lentokoneiden ja helikoptereiden uhkaa, mutta käytettäessä tykistön ampumatarvikkeita ennakkovaroitusta ei ole.<sup>13</sup>

### **SMart ja BONUS**

Tykistöllä suoritettavaan panssarintorjuntaan on palveluskäytössä kaksi eurooppalaista ampumatarviketta. Saksalainen SMart ja ranskalais-ruotsalainen puolalainen BONUS, jotka ovat paljolti toistensa kaltaisia. Bonuksen kehitystyö aloitettiin 80-luvun alkupuolella ja valmiiksi kehitystyö saatiin vuonna 1994.<sup>14</sup> SMartin kehitystyö aloitettiin 1980-luvun lopussa ja valmiiksi työ saatiin vuonna 2000.<sup>15</sup> Molemmat ovat hakeutuvia ammuksia, joissa on kaksi älykstä hakeutuvaa tytärammusta. Maalialueen yläpuolella noin 1000 m korkeudella ammuksen etuosassa toimivat katkaisupanokset toimivat, jonka

jälkeen älykkäät tytärammukset ”työnnettään” ulos kuorma-ammuksen etuosasta. SMARTissa älykkäät tytärammukset laskeutuvat kohti maata laskuvarjon varassa. Bonuksessa taas pienet ohjaussiivekkeet avautuvat ja ohjaavat älykkään tytärammuksen maaliinsa.

Älykkäiden tytärammusten sensoreina ovat infrapunahakupää ja korkeusmittari (radiotaajuus/laser). Bonus Mark 2, jonka tuotanto alkoi 2004, on varustettu myös lasertutkalla. Älykäs tytärammus on laskeutuessaan spiraalimaisessa liikkeessä jolloin infrapunahakupää etsii maaleja ympyrän muotoiselta alueelta. Alueen halkaisija on SMartilla 105 m<sup>16</sup> ja BONUSilla 200 m<sup>17</sup>. Sensori aloittaa maalin etsimisen alueen ulkoreunalta ja laskeutuessaan sensori siirtää etsintää sisäkehälle.<sup>18</sup> Maalin löydyttyä älykäs tytärammus laukaisee noin 120 metrin korkeudella räjähtämällä muotoutuvan ammuksen (EFP, Explosively Formed Penetrator), jonka läpäisy on yli 100 mm panssariterästä<sup>19</sup>. Myös Yhdysvallat on testannut SMartia. Yhdysvalloilla oli 1990-luvulla oma aseohjelma, jossa kehitettiin SADARM ammus 155mm tykkikalustolle. Ohjelma kuitenkin lopetettiin ja kokonaisuudessaan ammuksia valmistettiin 836 kappaletta, jotka kaikki on jo käytetty.<sup>20</sup> Syynä SMartin testaamiseen oli ilmeisesti SADARM:n tuotannon uudelleen aloittamisen kalleus, koska SMart on teknillisesti hyvin lähellä SADARM:ia ja Irakin sodassa vuonna 2003 saatiin hyvät kokemukset SADARM:sta. Irakin sodassa 2003 Yhdysvaltojen 3.Divisioona käytti SADARM:n ammuksia ja yhdessä taistelussa ammuttiin 108 ammusta joilla tuhottiin 48 ajoneuvoa.<sup>21</sup>

## **SPACIDO**

Spacido on ranskalainen 155 mm ammuksen standardisyytintilaan mahtuva sytytin, joka tekee normaalista sirpaleamuksesta lähes täsmäaseen. Järjestelmä perustuu siihen, että tykillä oleva lähtönopeustutka mittaa ammuksen lähtönopeuden lentoradan alkuvaiheessa 5000 metrin lennon aikana. Tämän jälkeen järjestelmä laskee lentoradassa olevan virheen ja antaa sytyttimelle ohjauksen säätää lentorataa siten, että se osuu maaliin. Lentoradan säätäminen tapahtuu ”jarrurenkailla”, jotka ovat sytyttimessä. Jos lentorataa ei tarvitse säätää, niin ne pysyvät sytyttimen sisällä. Mitä enemmän ammuksen lentorataan pitää vaikuttaa, niin sitä enemmän jarrurenkaat tulevat sytytinrungosta esiin. Valmistaja ilmoittaa, että sytytintä käyttämällä voidaan säästää  $\frac{3}{4}$  ammusmäärästä, joka normaalisti tarvittaisiin tehtävän suorittamiseen.<sup>22</sup> Tämä tarkoittaisi sitä, että ammuttaessa 155 mm patteristolla iskuja, niin 108 ammuksen sijasta tehtävään riittäisi 27 ammusta (tosin tässä ei huomioida iskun vaatimaa 60 sekunnin tulentiheyttä) Ranskalaisilla on ollut myös työn alla SAMPRASS-sytytin, joka perustuu satelliittinavigoinnin käyttöön. Sytyttimen teknisessä toteutuksessa käytettiin samanlaisia jarrurenkaita, kuin SPACIDO:ssa.

## ***XM 1156 Precision Guidance Kit (PGM)***

Amerikkalaisen PGM sytytinprojektin kantavana perusajatuksena on ollut luoda sytytin, jolla varastoissa olevat sirpalekranfaatit saadaan nykyaikaisiksi ampumatarvikkeiksi. Alun perin kehitystyössä oli mukana kolme yritystä, kukin omilla

tuotteillaan. 2006 Raytheon luopui työstä ja 2007 BAE, kun Alliant Techsystems (ATK) sai vuonna 2009 noin 50 miljoonan dollarin sopimuksen kehitystyöstä.<sup>23</sup>

Sytyttimessä käytetään satelliittinavigointia (GPS), jonka tuottamaa paikkatietoa käytetään hyväksi kun verrataan ammuksen sijaintia maalin koordinaatteihin. Maalin koordinaatit syötetään ammukselle ennen ammuntoa. Sytyttimessä on neljä ohjaussiivekettä, joilla ammuksen ballistista lentorataa muokataan. Sytytin on suunniteltu 155 mm kranaatin sytytintilaan. Suunnitteilla on jatkaa kehitystyötä edelleen 105 mm ja 155 mm kuorma-ammusten kanssa. Vuonna 2011 sytyttimillä suoritettiin onnistuneet koeammunnat, joissa sytytin toimi suunnitellulla tavalla aina 27 kilometriin asti. PGK sytyttimellä varustetun ampumatarvikkeen CEP on kaikilla ampumaetäisyyksillä 50 metriä. Kun normaalin ampumatarvikkeen CEP on 30 kilometrin ampumaetäisyydellä noin 275–300 metriä, saavutettu taistelutekninen etu on huomattava. Sytytintä pyritään kehittämään siten, että CEP pieneneisi 30 metriin.<sup>24</sup>

## **3.2 Kranaatinheitinistö**

Kranaatinheitinimet ovat korostetussa asemassa jalkaväen taisteluteknillisessä ja taktisessa tulenkäytössä. Kranaatinheitin-  
komppania varustettuna 120 mm heitin-  
timillä on pataljoonan oma tuliyksikkö, jonka käytöstä pataljoona itse päättää ja joka pystyy tukemaan tulenkäytöllä pataljoonan taistelua lähtökohtaisesti keskeytymättä. Koska kranaatinheitin-  
komppania on pataljoonan oma tuliyksikkö, niin sen

tukemiskyky on lähtökohtaisesti 24/7 pe-riaatteella pataljoonan johdettavissa. Siitä poiketen tykistö on yleensä prikaatin johdossa ja niitä käyttävät kaikki prikaatin pataljoonat ja erillisyyksiköt. Taisteluteknisen ja taktisen tason tulentarpeen tyydyttämiseen on kranaatinheittimistö oikea väline. Pääosa kranaatinheittimistön erikoisampumatarvikkeista on valmistettu 120 mm heittimille. Tämä johtuu siitä, että 81 mm tai 82 mm heittimen ammuksen hyötykuorma on varsin pieni. Lisäksi pieni kaliiperi hankaloittaa ohjausjärjestelmien sijoittamista ammuksiin. 2000-luvulla kranaatinheittimistölle valmistettiin useissa maissa kuorma-ammuksia, jotka oli varustettu DPICM tyyppisillä tytärammuksilla.<sup>25</sup>

### **120 mm M395 APMI**

2000-luvun alkupuolella Yhdysvallat aloitti kehitystyön nykyaikaisen ampu-  
matarvikkeen kehittämiseksi 120 mm kranaatinheittimelle. Kehitystyön ensimmäinen vaihe oli XM395 PGMM (Precision Guided Mortar Munition). Ohjausjärjestelmä perustui siinä laservalaisuun. Ammus oli suunniteltu käytettäväksi pistemaalien tuhoamiseen ja siitä käytettiin nimitystä bunkkerien tuhoaja (bunker buster). XM395 läpäisi koeammunnat 2008, mutta ohjelma lakkautettiin 2009. M395 APMI (Accelerated Precision Mortar Initiative) suunniteltiin PGMM:n korvaajaksi. APMI:ssä otettiin lähtökohdaksi syyttimen kehittäminen, jolla normaalista kranaatinheittimen ampumatarvikkeesta saadaan tehtyä nykyaikainen ampu-  
matarvike. Uudemmissa

versioissa on kehitetty oma pyrstö ampu-  
matarvikkeelle, mutta runko on standardi M9933/34, jota on käytetty aikaisemmin sirpalekranaateissa. PGMM:n kohdalla oli kehitetty kokonaan oma ampumatarvike, jolla pyrittiin pääsemään haluttuun lopputulokseen. APMI käyttää satelliittinavigointia ohjausmenetelmään ja CEP on noin 10 metriä kaikilla ampumaetäisyyksillä, joka on merkittävä saavutus kun normaaliampumatarvikkeella hajonta voi olla noin 130 metriä maksimiampumaetäisyyksillä. Ammuksen syytyn ohjelmoidaan erillisellä ohjelmointilaitteella ennen ammuntaa. Syyttimen toimintamoodet ovat isku, hidaste ja heräte, jolloin ammus räjähtää halutulla korkeudella maalinpinnasta. Ammuksen kantama on 6300 metriä. Ammus on ollut 2011 operatiivisessa käytössä Afganistanissa ja Yhdysvaltojen armeija on tilannut 5480 ammusta.<sup>26</sup>

### **Gran**

Gran on venäläinen laservalaisuun hakeutuva ammus. Ammus on alun perin kehitetty kranaatinheitinjoneuvoihin, kuten 2S9 ja 2S23, mutta sitä voidaan ampua myös perinteisestä vedettävästä kranaatinheittimestä. Järjestelmä vaatii maalinvalaisun laserilla, ammuksen kärjessä oleva lasersensori havaitsee maalista heijastuvan lasersäteilyn ja hakeutuu maaliin. Ammuksen hakeutuminen maaliin perustuu ammuksessa oleviin pieniin rakettipanoksiin ja ohjaussiivekkeisiin, joilla saadaan muodostettua haluttu ohjausvaikutus. Ammuksen ampumaetäisyys on 1500–9000 metriä ja täyteenä on 11,2 kiloa räjähdyssainetta.<sup>27</sup>

## **LG<sup>2</sup>MK**

Israelilainen Elbit Systems on kehittänyt 120 mm kranaatinheittimille päivityspaketin, LG<sup>2</sup>MK (Laser & GPS Guided Mortar Kit), jolla jo olemassa olevat sirpalekranaatit saadaan nykyaikaisiksi ampumatarvikkeiksi. Paketti asennetaan normaalin ammuksen rungon ja sytyttimen ”päälle”. Kyseessä on samantyyppinen konsepti, jolla vanhoista MK- rautapommeista on modifioitu JDAM-täsmäaseita. Päivityspaketti asennetaan ammuksen kärkeen ja se painaa kolme kiloa. Maaliin hakeutumisjärjestelmänä voidaan käyttää satelliittinavigointia, maali voidaan valaista laserilla tai sitten voidaan yhdistää sekä satelliittinavigointi että laservalaisu. Järjestelmällä voidaan ampua myös liikkuvia maaleja, kun käytetään laservalaisua hyväksi. Järjestelmä on rakennettu NATO yhteensopivaksi, jolloin se ei tarvitse omia laserosoittimia, vaan standardiosoittimet toimivat myös LG<sup>2</sup>MK kanssa.<sup>28</sup> Järjestelmä on tuotannossa ja operatiivisessa käytössä ainakin Israelissa.

## **STRIX**

Bofors ja Saab Missiles kehittivät vuosina 1984–1990 120 mm kranaatinheittimelle tarkoitetun ohjattavan ampumatarvikkeen panssarintorjuntaan. Ammuksen tuotanto lopetettiin 2001. Julkisuudessa on ollut keskustelua, että ammusta päivitetäisiin esimerkiksi satelliittinavigoinnilla (tarkkuuden parantaminen) ja taistelulatauksen uusimisella. Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että ammuksen kehitystyö on lopetettu. Syynä tähän voi olla se, että muutama vuosi sitten Ruotsin puolustusdoktriini muuttui. Muutoksen tuloksena

Ruotsin puolustuksen painopiste siirtyi kansainvälisiin tehtäviin, eikä panssarintorjuntaan tarkoitetulla ampumatarvikkeella ollut enää käyttöä. Ammus on varustettu IR-hakupäällä ja se pystyy etsimään maalin itsenäisesti. Ammuksella on erityinen peräyksikkö, joka irtoaa laukaisun jälkeen noin 20 metrin kohdalla. Laukaisun jälkeen ammus lentää ballistisen ratansa mukaan maalialueelle, jossa IR-hakupää aloittaa maalin etsimisen. Ammus iskee maaliin ylhäältä.<sup>29</sup>

Ongelmana ammuksella on, että pohjoisessa on usein sumuista ja sateista jolloin IR hakupää saattaa törmätä tilanteeseen, jossa ei näe maalia ajoissa, eikä ehdi muuttamaan ammuksen lentorataa.

## **4 UUSIEN AMPUMATARVIKKEIDEN MAHDOLLISUUDET TULENKÄYTÖN KEHITTÄMISELLE**

Työn empiirisessä osassa arvioidaan mitä mahdollisuuksia 120 mm kranaatinheitin ja 155 mm tykistön nykyaikaisten ampumatarvikkeiden käyttö voisi tuoda taisteluun. Tarkoituksena on simuloida perinteisen kranaatinheitinkomppanian tulentehoa verrattuna kranaatinheitinjoukkueeseen, joka on varustettu uusilla ampumatarvikkeilla, sekä tykistö patteriston tulentehoa verrattuna tulipatteriin, jaokseen ja tykkiin.

Perinteisesti taktiikassa on lähdetty siitä, että kranaatinheitinkomppaniaa pyritään käyttämään kootusti ja hajautettu käyttö on ollut poikkeustapaus. Kootulla käytöllä on pystytty keskittämään koko kranaatinheitinkomppanian tuli maaliin. Suomalaisessa kranaatinheitinkomppa-

niassa on ollut 6 tai 9 heitintä, riippuen organisaatiosta. Komppania on taas jakautunut kahteen tai kolmeen tulijoukkueeseen joissa on ollut kolme heitintä. Suomalaisen kranaatinheittimistön kantama on ollut 6–7 kilometriä ja käytännön hajonta noin 2 % ampumaetäisyydestä. Ampumaoppi mahdollistaa 4 % hajonnan, joka tarkoittaa sitä, että suuri hajonta voi syntyä ilman selkeää virhettä. Kahden prosentoinen hajonta 7 kilometrin etäisyydellä tarkoittaa 140 metrin hajontaa. Tällöin on ymmärrettävää, että maalia kohti on keskitettävä usean aseiden tuli, jotta saadaan kasvatettua maaliin osumisen todennäköisyyttä. Myös tykistöpatteristoa on pyritty käyttämään kootusti samoista syistä johtuen. Tykistöpatteristossa on 18 tai 12 tykkiä, riippuen organisaatiosta. Ampumaetäisyys vaihtelee suuresti riippuen tykkikalustosta. 122H63 kalustolla se on maksimissaan noin 15 kilometriä ja 152K89 kalustolla noin 28 kilometriä. Tykistöllä ampumaopin mukaiset hajonnat saavat olla patteristolla 4 % ampumasuunnassa ja 2 % sivusuunnassa. Ammuttaessa 25 kilometrin etäisyydelle tuli saa siis hajota yhden kilometrin verran pituussuunnassa ja 500 metriä sivusuunnassa. Tällöin perinteisillä ampumatarvikkeilla toteutetun ammunnan tulenteho ei ole kovinkaan vaikuttava.

Empiirinen osa toteutettiin käyttämällä hyväksi simulaatio-ohjelmaa, joka simuloi ammusten levittäytymistä ja osumista maaliin. Ohjelman on luonut alun perin evl evp Timo Holopainen. Tässä työssä käytettiin vuoden 2009 versiota, jonka pohjana on tekniikan lisäopintojen kurssilaisten muokkaama ohjelma

vuodelta 2004. Ohjelma mahdollistaa maalialkion luomisen ja muokkaamisen tarpeen mukaan. Käytännössä ohjelmaan syötetään jokainen maali-alkio koordinaateina. Tarkasteltavassa tapauksessa ohjelmaan on syötetty 27 erillistä maali-alkiota. Ohjelmassa voidaan vaikuttaa ammusten laukausmäärään, tehokkaaseen sirpaleetäisyyteen eri maali-tyypeille (pehmeä, puolipehmeä ja kova), ampumaetäisyyteen, ampumasuuntaan, hajontaan ja osumapisteeseen. Maalina simulaatiossa on joukkue, joka on varustettu kolmella rynnäkkövaunulla. Joukkueen vahvuus on 24 taistelijaa. Joukkue on ollut marssilla tiellä ja se on joutunut ylläkköön. Joukkue on jalkauttanut jalkaväen rynnäkkövaunuista lähisuojaukseen. Ajoneuvojen väliset etäisyydet ovat noin 70 metriä ja kokonaisuudessaan joukkue levittäytyy noin 200 metrin pituiselle tienosuudelle. Taisteluteknillisesti tilanteessa oma joukko on onnistunut pysäyttämään vihollisen liikkeen ja pakottanut sen jalkauttamaan jalkaväikensä.

Suojatakseen oman toimintansa oma joukko pyrkii lamauttamaan vihollisen. Lamauttaminen toteutetaan yleensä 2–5 kertana, jolloin jokainen ase ampuu määrätyn laukausmäärän. Kertojen määrä riippuu tilanteesta ja viimekädessä tulenjohtaja määrittää sen oman ammattitaitonsa perusteella. Tässä tapauksessa vihollinen lamautetaan viidellä kerralla. Empiriassa verrataan normaalin 45 kranaattia (perinteinen sirpalekranaatti) ampuvan yhdeksänputkisen kranaatinheitinkomppanian lamauttamisen tehoa tilanteeseen, jossa ampuvana joukkona on tulijoukkue kolmella heittimellä ampuen 15 kranaattia

(M395 APMI) ja yksittäinen heitin ampuen 5 kranaattia (M395 APMI). Molemmissa tapauksissa kukin heitin ampuu 5 kranaattia. Tykistöllä verrataan patteriston (90 kranaattia), tulipatterin (30 kranaattia), tulijaoksen (15 kranaattia) ja tykin (5 kranaattia) ammuntoja perinteisellä ja nykyaikaisella ampumatarvikkeella (PGM). Tykistöllä ampuvana kalustona on 155K83 kalusto, jolloin simuloituun tehtävään kukin tykki ampuu 5 kertaa.

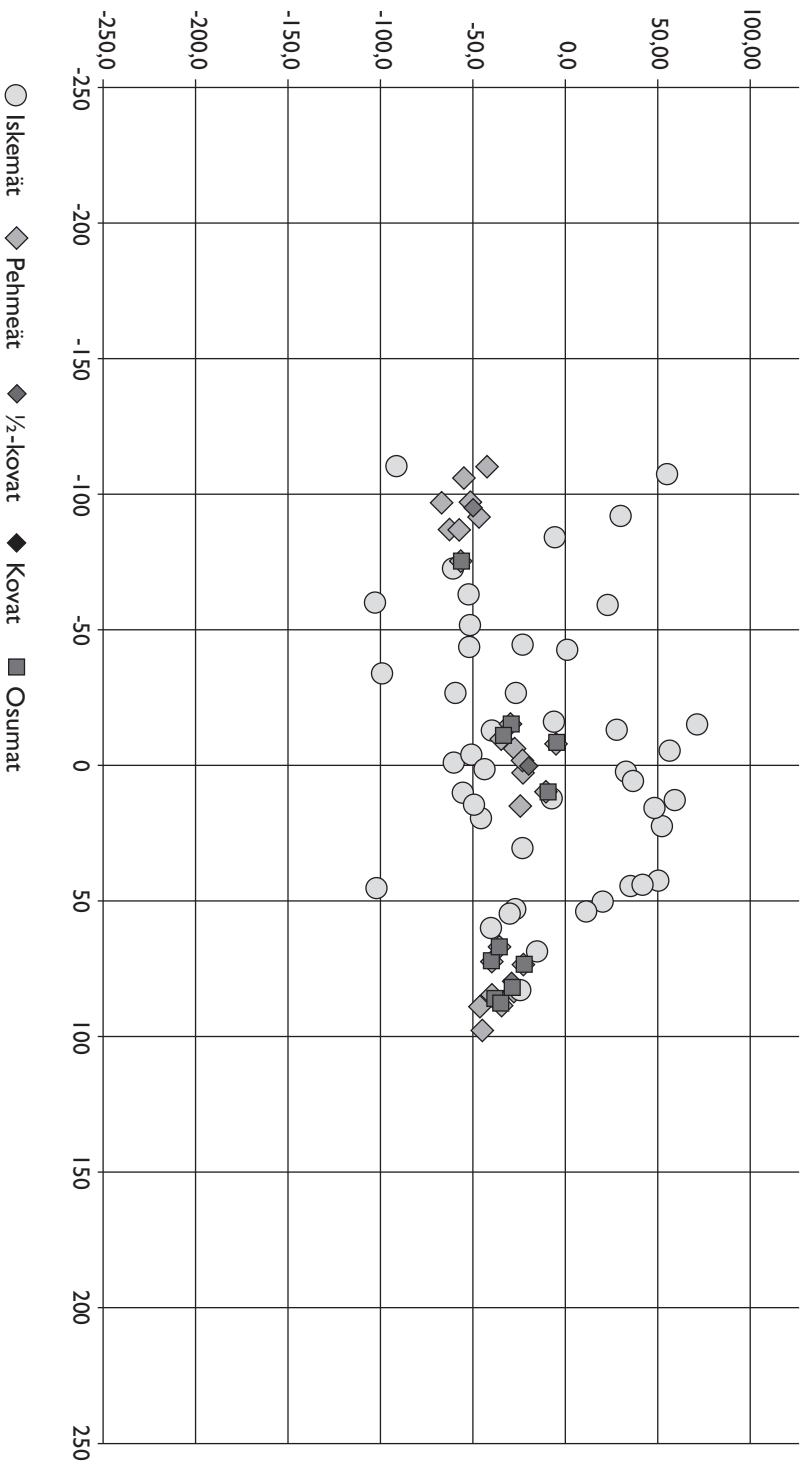
Simulaatiossa on tehty seuraavat oletukset:

1. Tarkistusammunnat on suoritettu. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tuli osuu suoraan kohteeseen eikä siinä ole tulen osuvuuden virhettä.
2. Maalina oleva vihollinen on avoimessa ja tasaisessa maastossa.
3. Kaikki ammuksot toimivat ja iskevät maaliin samanaikaisesti
4. Vihollisen joukkue ei suojaudu, ei liiku eikä aloita muita vastatoimenpiteitä.
5. Kranaatinheitin ammuksen vaikutus- etäisyys on 13 metriä. Vaikka osa sirpaleista on tehokkaita, jopa 40 metriin, tehokkaiden sirpaleiden määrä laskee suurimmassa osassa kranaateista alle kolmeen neliömetriä kohden yli 15 metrin etäisyydellä. Puolipehmeään maaliin ammuksen tulee saada täysosuma, jotta sillä olisi tehoa panssarointia vastaan.<sup>30</sup>
6. Tykistön ampumatarvikkeen vaikutus- etäisyys pehmeään maaliin on 17 metriä ja puolipehmeään (rynnäkkövaunu) kolme metriä, jolloin ammuksista voi muodostua muutama sellainen sirpale, joka pystyy läpäisemään panssaroinnin.<sup>31</sup>

7. Kranaatinheitinkomppanian sirpalekranaattien kokonaishajontana käytetään neljää prosenttia ampumaetäisyydestä. Tämä on ohjesäännön määrittämä maksimi-arvo, kun komppanian tuli on koossa. Sekä kahta prosenttia, joka on lähellä todellista kokonaishajontaa, kun ammunnan valmistelut ovat onnistuneet. Ampumaetäisyys on 7000 metriä. M395 APMI ammuksella käytettiin kokonaishajontana 20 metriä. Käytetäessä GPS-sytyttimellä varustettua ampumatarviketta ei ampumaetäisyydellä ole vaikutusta osumistarkkuuteen, vaan se pysyy koko ajan vakiona.
8. Tykistön sirpalekranaattien kokonaishajontana käytettiin kolmella ja kuudella laukauksella pituussuunnassa kahta prosenttia ja puolta prosenttia leveysuunnassa. 18 laukauksella kokonaishajontana käytettiin neljää prosenttia pituussuunnassa ja yhtä prosenttia leveysuunnassa. Ampumaetäisyys tykistöllä oli 20 000 metriä. PGM ammuksilla kokonaishajontana käytettiin 100 metriä.
9. Ampuvina yksikköinä on käytetty kranaatinheitinistöillä tulijoukkuetta (kolme putkea) ja komppaniaa (yhdeksän putkea). Tykistöllä yksiköt ovat yksi ase, tulijoukkue (kolme putkea), tulipatteri (kuusi putkea) ja patteristo (18 putkea).

Simulaatio toteutettiin ampumalla maalia kranaatinheitinistöön ja tykistön nykyaikaisella ampumatarvikkeella sekä perinteisellä sirpalekranaatilla. Tavoitteena oli verrata miten tulenteho käyttäytyy erilaisilla hajonnoilla erilaisilla kranaatti-

Kuva 1: Simulaatio-ohjelman käyttölittyymä





määrillä ja kranaattityypeillä. Simulaatio toistettiin jokaiselle maalille kymmenen kertaa ja tappiomääristä laskettiin keskiarvo. Täsmäkranaattien tyypeiksi valittiin 120 mm M395 APMI ja PGM, joissa molemmissa ammuksen ohjautuvuus perustuu satelliittinavigointiin sekä sytyttimen ohjautuvuuteen. Sytytin asennetaan perinteiseen kranaattiin. Käytännössä vertailussa käytetyt M395 ja PGM ovat tarkoitettu pääsääntöisesti jalkaväkeä ja asepesäkkeitä vastaan, joten ne ovat käyttötarkoitukseltaan erittäin lähellä sirpalekranaatteja. Tappiotaulukkoja luettaessa on muistettava, että simuloituja ampumatarvikkeita ei ole suunniteltu panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Ne käyttäytyvät kuin perinteiset sirpalekranaatit, mutta selkeästi pienemmällä kokonaishajonnalla, joka ei kasva ampumaetäisyyden kasvaessa. Jos simulaation kohteeksi olisi valittu jokin panssaroituun maaliin hakeutuva ammus, niin vaunujen tappioprosentit olisivat todennäköisesti olleet korkeat, mutta tappioita jalkaväelle ei olisi syntynyt. Yleisesti voidaan todeta, että tässä artikkelissa esitellyt muut uudet ampumatarvikkeet ovat pääsääntöisesti tarkoitettu panssaroituihin ja pistemaaleihin, ei jalkaväkeä vastaan.

#### **4.1 Kranaatinheitinistö**

Suoritetuissa simulaatioissa havaittiin, että kranaatinheitinkomppania, joka ampuu perinteistä ampumatarviketta ja jonka hajonta on 2 % ampumaetäisyydestä, ei eroa juurikaan tulenteholtaan kolmeputkisesta heitinjoukkueesta tai yhdestä kranaatinheitimestä, jotka ampuvat M395 APMI tyyppistä ampumatarviketta. Kranaatin-

heitinkomppania perinteisellä sirpalekranaatilla ja 4 % hajonnalla sai jalkaväen osalta suurimman tappioprosentin, joka oli 50 %. Tämä tulos kertoo sen, että perinteisellä sirpalekranaatilla on edelleen oma paikkansa ampumatarvikkeiden joukossa.

Rynnäkövaunujen tuhoamisen osalta taulukkoa tulee lukea oikein. Tappioprosentti ei sellaisenaan vielä kerro paljon, koska rynnäkövaunuja oli kolme kappaletta. Tämä tarkoittaa, että 33,3 % tappiot tarkoittavat yhden rynnäkövaunun tuhoutumista. Vaunujen tappioissa havaittavissa, että käytettäessä M395 APMI ammusta vaunujen tappioiden keskiarvo on suurempi kuin perinteisellä ampumatarvikkeella. Ero täsmäammuksen hyväksi on merkittävä. Kuitenkin yhdessä simuloidussa tapauksessa kymmenestä heitinkompanialla päästiin 66,6 % vaunutappioihin (8 simulointia eivät aiheuttaneet vaunutappioita ja yksi simulointi 33,3 % tappiot).

Tulentehoa vertailtaessa on otettava huomioon, että ammuksien iskemät eivät tule maaliin samanaikaisesti, joten käytännössä maalina oleva joukko suojautuu ja aloittaa omat vastatoimenpiteet ensimmäisten iskemien jälkeen. Käytännössä tämä laskee simulaatiossa saatuja henkilöstötappioita. M395 APMI tyyppisen sytyttimen käyttö näyttää simulaation perusteella mahdollistavan huomattavasti pienemmän kranaattimäärän käytön ilman tulentehon laskua. Tämä näkyy selkeästi kun verrataan 2 % hajonnalla ampuvaa kranaatinheitinkomppaniaa (sirpalekranaatti) ja kranaatinheitinjoukkueeta (M395 APMI). Uudella ampumatarvikkeella päästiin joukkueella samaan tulok-

<b>TULIYKSIKKÖ</b>	<b>KRHK (9*120 mm)</b>	<b>KRHK (9*120 mm)</b>	<b>KRHJ (3*120 mm)</b>	<b>1*120 mm</b>
<b>AMMUTUT KRANAATIT</b>	45 Sirpale	45 Sirpale	15 M395 APMI	5 M395 APMI
<b>HAJONTA</b>	4 %	2 %	Kokonaishajonta 20 m	Kokonaishajonta 20 m
<b>TAPPIOT JALKAVÄKI (Keskiarvo)</b>	50 % (12 miestä)	33 % (8 miestä)	29,2 % (7 miestä)	25,2 % (6 miestä)
<b>TAPPIOIDEN VAIHTELU- VÄLI</b>	12,5–83,3 %	33–41,7 %	25 % -33 %	16,7–29,2 %
<b>TAPPIOT VAUNU (Keskiarvo)</b>	10 %	20 %	33,3 %	26,6 %
<b>TAPPIOIDEN VAIHTELU- VÄLI</b>	0-66,6 % (0-2 vaunua)	0-33,3 % (0-1 vaunua)	33,3 % (1 vaunu) (Ei vaihtelua)	0-33,3 % (0-1 vaunua)

**Taulukko 1:** Tappiotaulukko kranaatinheitimistöllä.

seen kuin komppanialla käytettäessä vanhaa ampumatarviketta. Ammuttaessa 4 % hajonnalla kranaatinheitinkomppanialla onnistuttiin kuitenkin yhdessä simulaatiossa tuottamaan jalkaväelle 83,3 % ja rynnäkkövaunuille 66,6 % tappiot. Toisaalta samoilla lähtökohdilla/arvoilla saavutettiin simulaation alhaisin tappioprosentti jalkaväelle 12,5 % ja vaunuille 10 %. Syynä suureen tulenteen vaihteluun neljällä prosentilla on se, että tuli hajoaa 280 metriä pituus ja leveys-suunnassa. Hajonnasta johtuen joutuvat kaikki vihollisen joukot tulen alle ja jos kranaatit ”sattuvat” osumaan hyvin kohdilleen, niillä on mahdollisuus tuottaa suuret tappiot. Mutta toisaalta on mahdollisuus, että ne eivät osu ”kohdalle”.

Kolmen muun simuloitun tuliyksikön tarkasteluissa (2 % kokonaishajonta ja M395 APMI) maalina olleesta joukkueesta vain yksi ryhmä joutui pääosin tulen alle, tosin kaikissa tapauksissa tuo ryhmä tuhottiin käytännössä täydellisesti.

Nykyaikaisen ampumatarvikkeen etuna perinteiseen sirpalekranaatteihin voi olla tehokkaampi vaikutus pienemmällä ammusmäärällä. Kun sirpalekranaatilla tuliyksikkönä on perinteisesti pidetty koko yhdeksänputkista heitinkomppania tai erityistapauksisissa joukkuetta (esim. pistemaali ja yksittäinen ase), voisi tuliyksikkönä nykyaikaisilla ammuksilla olla kolmiputkinen tulijoukkue tai jopa yksittäinen heitin. Tämä mahdollistaisi, että komppanian kaksi muuta tuli-

joukkuetta voisivat toteuttaa samaan aikaan muita tulitehtäviä. Vielä suurempi merkitys olisi sillä, jos joukkue tai heitin voisi toteuttaa tulitehtäviä, komppanian pystyisi hajauttamaan hyvin tehokkaasti jolloin todennäköisyys niiden paljastumiseen laskisi huomattavasti. Samoin hajauttaminen mahdollistaisi laajalla vastualueella heittimistön käytön ja se voisi tukea jalkaväkeä esimerkiksi koko hajautetun pataljoonan alueella. Tietysti tämä edellyttäisi, että toimintatavat ja muu kalusto mahdollistaisi komppanian jokaisen tulijoukkueen tai jopa heittimen yhtäaikaisen toiminnan eri maaleihin. Pataljoonan kannalta tämä olisi taktinen etu. Nykyaikaisia ammuksia käytettäessä tulen teho maalissa ei välttämättä laskisi verrattuna sirpalekranaatteihin, vaikka yhteen maaliin ampuvien putkien määrä laskisi. Tietysti, mikäli maali on suurempi kuin joukkue, on koko komppanian keskitetty tulenkäyttö edelleen perusteltua.

Kranaatinheittimistön nykyaikainen ampumatarvike maksaa noin 3–5 kertaa (toteutus uudella sytyttimellä) enemmän kuin tavallinen sirpalekranaatti. Simuloidussa tilanteessa, jossa päästiin noin 33 % tappioihin, tappiot aiheutettiin joko 45 sirpalekranaatilla tai 5:llä täsmäammuksella. Näin ollen täsmäammus saa olla jopa yhdeksän kertaa kalliimpi ja niiden käyttö maksaisi saman verran. Tämä arvio ei kuitenkaan ota huomioon sitä, että erilaisissa sivukuluissa, kuten logistiikasta jne. johtuvista, tulisi täsmäammusten käytöstä säästöjä. Samoin tulen tehossa ja paremmassa tulitehtävien suorittamiskyvyssä saavutettavia parannuksia on vaikea arvioida taloudellisessa mielessä.

## 4.2 Tykistö

Suoritetuissa simulaatioissa havaittiin, että patteristo tai patteri, jotka ampuvat perinteistä ampumatarviketta, eivät eroa juurikaan tulentehossa toisistaan. Käytännössä tämä tarkoittaa ainakin, että joukkueen kokoista maalia ei kannata ampua koko patteristolla, vaan patteri kelpaa tuliyksiköksi. Molemmissa tapauksissa normaalihajonta levisi ”suotuisissa” olosuhteissa koko maalina olevan vihollisjoukon päälle. Epäsuotuisissa tapauksessa tulen alle jäi vain yksi ryhmä. Käytettäessä PGM-ammusta, jaoksen ampumilla 15 ammuksella pystyttiin tuottamaan kaikissa olosuhteissa noin 30 % tappiot jalkaväelle, kun taas yhden tykin tapauksessa saattoivat tappiot jäädä 12,5 %:iin. Voidaan sanoa, että jaos pystyi simulaatioissa varmasti lamauttamaan vihollisen, mutta yhden tykin tapauksessa on mahdollista, että vihollisen tappioprosentti ei nouse riittävästi, jotta vihollinen lamautuisi.

Rynnäkkövaunujen tuhoamisen osalta taulukkoa tulee lukea oikein. Tappioprosentti ei sellaisenaan vielä kerro paljon, koska rynnäkkövaunuja oli kolme kappaletta. Tämä tarkoittaa, että 33,3 % tappiot tarkoittavat yhden rynnäkkövaunun tuhoutumista. Vaunujen tuhoutumisen suhteen on havaittavissa, että yhdellä tykillä ammutut viisi PGM-ammusta tuhoavat vihollisen vaunuja noin 10 % verran, kun muissa tapauksissa tuhoamisprosentti oli noin 20 %. Seuravassa taulukossa on esitelty simulaatioiden tulokset.

Havainnot tykistön osalta olivat hyvin samantyyppisiä, kun kranaatinheittimis-

<b>TULIYKSIKKÖ</b>	<b>PSTO (18*155 mm)</b>	<b>PTRI (6*155 mm)</b>	<b>JAOS (3*155 mm)</b>	<b>1*155 mm</b>
<b>AMMUTUT KRANAATIT</b>	90 sirpale	30 sirpale	15 PGM	5 PGM
<b>HAJONTA</b>	4 % pituus 2 % leveys	2 % pituus 1 % leveys	Kokonaishajonta 100 m	Kokonaishajonta 100 m
<b>TAPPIOT JALKAVÄKI (Keskiarvo)</b>	66,7 % (16 miestä)	58,3 % (14 miestä)	33,3 % (8 miestä)	30 % (7 miestä)
<b>TAPPIOIDEN VAIHTELUVÄLI</b>	41,5–95,8 %	33,3–79,2 %	29,2 % -37,5 %	12,5–33,3 %
<b>TAPPIOT VAUNUT (Keskiarvo)</b>	20 %	16,7 %	23,3 %	10 %
<b>TAPPIOIDEN VAIHTELUVÄLI</b>	0-66,6 % (0-2 vaunua)	0-33,3 % (0-1 vaunua)	0-33,3 % (0-1 vaunua)	0-33,3 % (0-1 vaunua)

**Taulukko 2:** Tappiotaulukko tykistöllä.

tön simulaatioissa. Ammuttaessa patteristolla ja tulipatterilla normaaleja sirpalekranaatteja, joutui koko vihollisryhmitys tulen alle. Käytännössä joukkueen kokoisien vihollisen lamauttamiseen riittää tulipatterin ampumat 30 sirpalekranaattia. Suurempaa ammusmäärää käytettäessä suurin osa osumista on maalialueen ulkopuolella johtuen suuresta hajonnasta. Ammuttaessa PGM ampumatarviketta joutuu joukkueesta käytännössä vain yksi ryhmä tulen alle. 33,3 % jalkaväki tappioihin päästään ampumalla yhdellä tykillä viisi PGM-ammusta. 1/3 tappiot aiheuttavat vihollisen lamaantumisen ohjesääntöjen kriteerien mukaan. Simulaation perusteella voidaan todeta, että osassa tapauksista voitaisiin patteriston tai tulipatterin käyttö korvata tulijaoksella tai

jopa yhden tykin ammunalla. Taktillisesti tämä lisäisi huomattavasti joukon taistelunkestävyyttä ja mahdollisuuksia tukeaa taistelua samanaikaisesti laajalla alueella.

## 5 YHTEENVETO

Kranaatinheitto- ja tykistön ampu-  
matarvikevalikoima laajenee. Tavanomaisen sirpalekranaattien rinnalle kehitetään ja otetaan palveluskäyttöön erikoisampumatarvikkeita, joilla pyritään lisäämään tulen tehoa kustannustehokkaasti ja vaikuttamaan myös panssaroiuihin- ja pistemaaleihin. Tekniikan kehittyminen avaa uusia mahdollisuuksia myös sotataidon ja taktiikan kehittymiselle. Esimerkiksi nykyaikaisten ampumatarvikkeiden käyttö mahdollistaa sekä tykistön että kranaatin-

heittimistön käyttöperiaatteiden uudelleen pohtimisen. Pohdittavia asioita on ainakin tuliyksikön vahvuus erilaisissa tilanteissa. Ammutaanko kolmella tulijoukkueella kolmeen eri maaliin vai koko heitinkomppanialla yhteen maaliin. Voiko yksittäinen kranaatinheitin tai heitinjoukkue olla tuliyksikkö joissakin tapauksissa, jolloin pystytään hajauttamaan koko kranaatinheitinkomppania. Hajauttamisella saavutettaisiin tulenkäytön kattavuutta ja suojaa taistelulentäällä. Hajauttamisen vaikutukset johtoportaisiin, henkilöstöön, johtamisjärjestelmiin ja logistiikkaan olisivat dramaattisia. Sama pohdinta tulee tehdä tykistön tuliyksiköille. Uudelleenjärjestelyiden ei pidä olla itsetarkoitus. Tekniikan antamat mahdollisuudet tulee kuitenkin arvioida asiallisesti, jonka jälkeen voidaan tehdä oikeaan tietoon perustuvia päätöksiä toimintatapojen

ja -periaatteiden muutoksista. Taktiikan ja taistelutekniikan tulisi pysyä teknisen kehityksen mukana ja jopa sen kärjessä. Miten tähän pystytään vastaamaan, kun ohjesäännöt ja oppaat usein tulevat kehityksen jälkijunassa? Pystymmekö olemaan taistelulentäällä joustava ja innovatiivinen toimija, jos jo rauhan aikana uudet ideat ammutaan alas, koska ne eivät perustu ohjesääntöön tai oppaaseen? Tämän pohdittaminen jätetään jokaiselle sotilasjohtajalle. Tässä työssä on yksinkertaisella simuloinnilla pyritty havainnollistamaan niitä etuja, joita esimerkiksi täsmäammuksen käyttö tuo tulenkäytölle. Lisäksi työssä on pyritty pohtimaan tekniikan ja taktiikan yhteyttä, joka tulisi muistaa kaikessa sotateknisessä tarkastelussa. Pelkkä tekninen tarkastelu ei riitä, vaan tekniikka on sovellettava käytäntöön ja taktiseen ajatteluun.

## Viitteet

- 1 Congton, D: Ensimmäisen maailmansodan etulinjassa. Tammi, Helsinki 1964.
- 2 Richard P. Hallion. 1995. Precision guided munitions and the new era of warfare. <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/smart/docs/paper53.htm>
- 3 Cluster weapons – military utility and alternatives. FFI-rapport 2007/02345
- 4 ”Operation desert Storm - casualties Caused by Improper Handling of Unexploded U S Submunitions; GAO/NSID-93-212, General Accounting Office,”1993.
- 5 Puolustusvoimat ostaa tykistön erikoisammuksia Ranskasta. Iltasanomat 28.2.2014
- 6 [http://en.wikipedia.org/wiki/Battle\\_of\\_Ganjal](http://en.wikipedia.org/wiki/Battle_of_Ganjal). 2.11.2013
- 7 155 mm M712 Copperhead HEAT CLGP projectile. Jane’s Ammunition Handbook. 11-Oct-2013
- 8 152 mm 3-OF-39 Krasnopol CLGP round. Jane’s Ammunition Handbook. 28-Aug-2013
- 9 Williams W ja Holthus M.2002.Krasnopol: A lasr guided projectile. Field artillery September-October. <http://www.docstoc.com/docs/111157680/Russian-Guided-Projectile>
- 10 155 mm M982 Excalibur projectile. Jane’s Ammunition Handbook 26-Feb-2013.
- 11 155 mm M982 Excalibur projectile. Jane’s Ammunition Handbook 26-Feb-2013.
- 12 <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/m982-155.htm> 4.11.2013
- 13 <http://defensetech.org/2010/05/19/taliban-fear-155mm-excalibur-finger-of-death/> 4.11.2013
- 14 155 mm Bonus sensor-fuzed munition. Jane’s Ammunition Handbook.
- 15 155mm GIWS DM 702 SMArt 155 ammunition system. Jane’s Ammunition Handbook.
- 16 155mm GIWS DM 702 SMArt 155 ammunition system. Jane’s Ammunition Handbook

- 17 Dullum Ove. 2007. Cluster weapons – military utility and alternatives. FFI-rapport/2007/02345. ISBN 978-82-464-1318-1
- 18 155mm GIWS DM 702 SMArt 155 ammunition system. Jane's Ammunition Handbook
- 19 155 mm Bonus sensor-fuzed munition. Jane's Ammunition Handbook.
- 20 155 mm M898 SADARM HE projectile. Jane's Ammunition Handbook
- 21 Torrance TG ja Nicolle NT. 2004. Marne thunder. The 3rd division artillery in Operation Iraqi Freedom. [http://www.ausa.org/publications/armymagazine/archive/2004/4/Documents/Torrance\\_0404.pdf](http://www.ausa.org/publications/armymagazine/archive/2004/4/Documents/Torrance_0404.pdf)
- 22 France seeks out improved artillery projectiles. International Defence Review 09-Jul-2012.
- 23 XM1156 Precision Guidance Kit. Jane's Ammunition Handbook 02- May - 2013
- 24 XM1156 Precision Guidance Kit. Jane's Ammunition Handbook 02- May - 2013
- 25 Ikonen Ilkka ja Tuovinen Pekka 2006. Tykistön ja kranaatinheittimistön erikoisampumatarvikkeet. Tiede ja Ase n:o 64.
- 26 120 mm M395 APMI round. Jane's Ammunition Handbook.
- 27 120 mm Gran KM-8 laser-guided mortar projectile. Jane's Ammunition Handbook. 28-May-2012.
- 28 120 mm Elbit Systems LG<sup>2</sup>MK guided mortar kit. Jane's Ammunition Handbook. 23-Jul-2012
- 29 120 mm SAAB Bofors Strix anti-armour guided mortar bomb. Jane's Ammunition Handbook 17-May-2013.
- 30 Ikonen Ilkka 2010. Epäsuoran tulenteho A2 mekanisoitua komppaniaa vastaan. Tykkimieskirja 2010.
- 31 Sama