

# MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

## JALKAVÄKIMIINOJEN SUORITUSKYKYÄ KORVAAVAT TYKISTÖASEJÄRJESTELMÄT

Pro gradu –tutkielma

Kadetti  
Tuukka Mäkelä

Kadettikurssi 90  
Maavoimalinja

Maaliskuu 2007

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 90	Linja Maavoimalinja
Tekijä Kadetti Tuukka Mäkelä	
Tutkielman nimi Jalkaväkimiinojen suorituskykyä korvaavat tykistöasejärjestelmät	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Aika Maaliskuu 2007	Tekstisivuja 68 Liitesivuja 6

### TIIVISTELMÄ

Suomi liittyy henkilömiinat kieltävään Ottawan sopimukseen vuonna 2012 ja hävittää jalkaväkimiinat vuoden 2016 loppuun mennessä. Jalkaväkimiinojen suorituskyky on pääosin korvattavissa. Jalkaväkimiinojen suorituskyvyn korvaaminen on toteutettava useiden, teknisesti kehittyneiden, mutta kalliiden osajärjestelmien yhdistelmällä. Suomelle on ehdotettu hankittavaksi muun muassa, itsenäisiä sensorijärjestelmiä, älypanoksia, joissa on integroidut sensorijärjestelmät sekä tykistön tai heittimistön älyammuksia.

Pääesikunnan maavoimaosaston mukaan hankittavilla korvaavilla järjestelmillä on kyettävä korvaamaan jalkaväkimiinojen suorituskyky seuraavissa tehtävissä

- panssari- ja ajoneuvomiinojen sekä esteiden ja murresteiden suojaaminen sekä niiden raivaamisen estäminen tai vaikeuttaminen (ajanvoiton hankkiminen)
- omien joukkojen ryhmyksen suojaaminen
- alueen vapaan käytön estäminen hyökkäjältä
- tappioiden tuottaminen hyökkäjälle.

Tutkimuksen pääkysymys on, miten tykistöasejärjestelmää voidaan käyttää miinoitteen tehon nostamiseen sekä miinoittamiseen ja mitkä ovat ne tykistöasejärjestelmän osat, joilla miinoitteen suorituskyky ylläpidetään tai kehitetään? Tutkimuksen pohjaksi lasketaan tavanomaisen sulutteen teho vihollisen mekanisoitua komppaniaa vastaan. Saatua tulosta verrataan tykistöasejärjestelmän tuottamiin tappioihin vastaavaa maalia vastaan sekä arvioidaan, minkälainen yhteisvaikutus järjestelmillä on. Tutkimuksessa selvitetään tykistöasejärjestelmän kyky valvontaan ja maalinosoitukseen, tulivaikutukseen erityisesti miinoitteisiin liittyen sekä kaukomiinoittamiseen.

Kymmenien kilometrien etäisyydelle vaikuttamaan kykenevät asejärjestelmät vaativat tehokkaan maalinsoitusjärjestelmän tai niiden suurta kantamaa ei kyetä täysin hyödyntämään. Ranger – lentotiedustelujärjestelmä on tehokas väline maalien paikantamiseen vihollisen selustasta, sen käyttöä rajoittaa lähinnä lennokkien vähäinen määrä ja toimintakyky vaativissa sääolosuhteissa. Sulutteiden valvontaan tehokkaimpia laitteita ovat maastonvalvontatutkat sekä sensorivalvontajärjestelmät. Maastovalvontatutkien keskimääräinen havaintoetäisyys ihmiseen on 1000 – 5000 metriä, joka riittää esimerkiksi pataljoonan painopistesuunnan sulutteiden valvontaan. Tulevaisuudessa miinoitteiden valvontaan tarkoitettut sensorivalvontajärjestelmät tulevat todennäköisesti olemaan pääosin miinoitteisiin asennettavia, pienikokoisia valvontalaitteita, joiden toiminta perustuu esimerkiksi infrapuna-, seismisiin tai magneettisiin sensoreihin.

Raskaasta raketinheittäimestä tulee Suomessa merkittävä operatiivisen tulenkäytön väline hyvän kantaman ja erittäin suuren tulen tehon ansiosta. Kaukomiinoittamiseen kykenevät AT2 miinaraketit ovat tehokkaita ja tulevat laajentamaan tavanomaisen panssari miinoittamisen keinovalikoimaa huomattavasti. Raskaan raketinheittäimen käyttöä rajoittaa eniten ampumalaitteiden vähyys sekä alkuvaiheessa yksipuoleinen ampumatarvikevalikoima. Älykkäillä tytärammuksilla varustetuilla kuorma-ammuksilla kyetään vaikuttamaan tehokkaasti omaan miinoitteeseen pysähtynyttä panssaroitua vihollista vastaan laskematta merkittävästi oman miinoitteen torjunta-arvoa. Kuorma-ammuksilla saavutetaan maalialueella huomattavan korkea tulentiheys, joka aiheuttaa viholliselle tuntuvat tappiot.

Tutkimuksessa todetaan, että jalkaväkimiinoitteiden suorituskyky voidaan pääosin korvata tykistöasejärjestelmällä. Suurimmat haasteet aiheutuvat valvontatarpeen laajuudesta. Valvottavia miinoitteita on paljon eikä kaikkialle ole mahdollista suunnata tykistön valvonta- ja maalinsoituslaitteita. Taistelujen painopisteeseen tykistöllä on kuitenkin tarjota erittäin moderneja ja tehokkaita valvonta- ja maalinsoitusjärjestelmiä, kuten maavalvontatutka ja Maakotka.

Tulivoimassa jalkaväkimiinat kyetään korvaamaan, suoraan miinoitteeseen vaikuttamaan kykenevät DM 662 kuorma-ammukset aiheuttavat merkittävää tuhoa erityisesti jalkaväelle mutta myös panssaroitujen maalien tappioprosentti maalialueella on korkea. Kaukomiinoittamiskyvyllä nostetaan suluttamisjärjestelmän

kyky alueen vapaan käytön estämiseen uudelle tasolle, etäisyys, työvoiman tarve ja aikatekijät muuttuvat merkittävästi miinarakettien myötä.

Omien joukkojen ryhmittymisen suojaamiseen erityisesti komppaniatasolla jalkaväkimiinat ovat erinomainen ase, jonka suorituskykyä on tykistöllä vaikea suoranaisesti korvata. Raketinheittimen miinaraketit kykenevät vastaamaan nopeasti yllättävään vihollisuhkaan sivusta suunnasta mutta niillä ei voi vaikuttaa riittävän lähelle omia joukkoja, jotta niiden suorituskyvyllä voitaisiin suoraan korvata jalkaväkimiinojen jättämä aukko katvealueiden ja vartiopaikkojen suojana.

#### AVAINSANAT

JALKAVÄKIMIINA, HENKILÖMIINA, SIROTEMIINA, KUORMA-AMMUS, ERIKOISAMMUKSET, HAKEUTUVAT AMMUKSET, OHJAUTUVAT AMMUKSET, TÄSMÄAMMUS, TYTÄRAMMUS, RAKETINHEITIN, RAKETTI, MAALINOSOITUS, SENSORIT, SULUTE.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen lähtökohta	1
1.2 Määritelmät	2
1.3 Tutkimuksen päämäärä ja tavoitteet	4
1.4 Viitekehys	6
1.5 Tutkimusmenetelmät, lähdeaineisto	7
1.6 Tutkimuksen rakenne ja rajaukset	8
1.7 Aikaisempi tutkimus	8
2. SULUTTEEN SUORITUSKYKY	8
2.1 Jalkaväkimiinojen suorituskyvyn korvaustarve	8
2.2 Suomalaiset jalkaväkimiinat	10
2.3 Miinoitteiden laskennallinen teho	12
2.4 Maalimalli	14
2.5 Sulutteen suorituskyky	15
2.6 Johtopäätökset	20
3. TYKISTÖASEJÄRJESTELMÄN TEKNISET MAHDOLLISUUDET	
KORVATA JALKAVÄKIMIINOJEN SUORITUSKYKY	22
3.1 Maalinpaikannus- ja valvontajärjestelmät	23
3.1.1 Maastonvalvontatutkat	23
3.1.2 Paikantamistutkat	25
3.1.3 Maalinpaikannuslaitteet	26
3.1.4 Sensorivalvontajärjestelmät	28
3.1.5 Ranger–lentotiedustelujärjestelmä	29
3.1.6 Johtopäätökset	30
3.2 Raskas raketinheitin	32
3.2.1 Sirpaleraketit	33
3.2.2 Kuormaraketit	34
3.2.3 Miinaraketit	37
3.2.4 GMLRS	39
3.3 155 K 98 kuorma-ammukset	40
3.3.1 DM 662	41
3.4 Tykistön hakeutuvat panssarintorjunta-ammukset	43

3.4.1 Laser-hakupää	44
3.4.2 Itsenäiset hakupäät	45
3.4.3 Suunnistavat täsmäammukset	47
3.5 Sirote miinat	49
3.6 Johtopäätökset	50
3. TYKISTÖASEJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ SULUTTAMISEEN JA SULUTTEIDEN ESTEARVON LISÄÄMISEEN	52
4.1 Maalinosoitus- ja valvontakyky	53
4.2 Tulivaikutus	54
4.2.1 DM 662 tulen vaikutus	55
4.3 Kaukomiinoittaminen	59
4.3.1 AT2 panssari miinan suorituskyky	62
5. YHDISTELMÄ	64
LÄHTEET	69
LIITTEET	
1. Naton standardoimat rynnäköpanssarivaunun mitat	
2. Yksittäisten ammuntojen tulivaikutukset	
3. Taulukkolaskennan asetukset	
4. Tulen tehon laskenta TU_OS_SI.WK4 taulukolla	

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen lähtökohta

Ennen 1.3.1999 voimaan astunutta Ottawan sopimusta henkilömiinojen käyttöä rajoitti YK:n asesopimuksen II pöytäkirja, joka astui voimaan vuonna 1980. YK:n asesopimus kieltää kaikissa olosuhteissa sellaisten miinojen käytön, jotka ovat suunniteltu sellaisiksi tai ovat luonteeltaan sellaisia, että ne aiheuttavat liiallisen vamman tai tarpeetonta kärsimystä. Miina-aseiden suuntaaminen siviiliväestöön tai siviilikohteisiin on myös kaikissa oloissa kielletty. [35]

Kansainvälinen henkilömiinakeskustelu lähti liikkeelle miinojen aiheuttamista huomattavista siviilitappioista. 1970-1980 -lukujen konflikteissa käytettiin huomattavia määriä henkilömiinoja. Monissa eri maiden sisäisissä selkkauksissa osapuolet levittivät miinoja summittaisesti vastoin kansainvälisen oikeuden periaatteita. Joissakin tapauksissa miinoja käytettiin lähes yksinomaan siviiliväestöä vastaan. Henkilömiinojen aiheuttamien siviilitappioiden kasvun seurauksena astui vuonna 1996 voimaan CCW –sopimus, jonka tuloksena kehitettiin henkilömiinojen havaittavuutta, merkitsemistä ja niistä tiedottamista. Useat maat eivät olleet CCW –sopimukseen tyytyväisiä, vaan jatkoivat henkilömiinojen täyskieltoon tähtäävän sopimuksen valmistelua, jonka tuloksena valmistui vuonna 1997 Ottawan sopimus. [41]

Ottawan sopimus, epäviralliselta suomenkieliseltä nimeltään ”Jalkaväkimiinojen käytön, varastoinnin, tuotannon ja siirron kieltämistä ja niiden hävittämistä koskeva yleissopimus”, velvoittaa sen ratifioineet maat hävittämään kaikki hallussaan olevat jalkaväkimiinat neljän vuoden kuluessa sopimuksen ratifiointista sekä kriminalisoimaan jalkaväkimiinojen käytön. [21] Suurimmat jalkaväkimiinojen tuottaja- ja varastoiijamaat Kiina, Intia, Pakistan, Venäjä ja Yhdysvallat eivät ole sitoutuneet Ottawan sopimukseen. [41]

Suomi liittyi henkilömiinat kieltävään Ottawan sopimukseen vuonna 2012 ja hävittää jalkaväkimiinat vuoden 2016 loppuun mennessä. Uskottava puolustuskyky ylläpidetään aientamalla vanhenevat jalkaväkimiinat korvaavien järjestelmien hankinnat vuosille 2009 - 2016 ja osoittamalla näille vuosille puolustushallinnon määräraha-kehyykseen tarvittavaa lisärahoitusta yhteensä 200 miljoonaa euroa. [49]

Jalkaväkimiinojen suorituskyky on pääosin korvattavissa. Markkinoilla ei kuitenkaan toistaiseksi ole valmista, Suomen olosuhteisiin ja tarpeisiin soveltuvaa korvaavaa kokonaisjärjestelmää. Jalkaväkimiinojen suorituskyvyn korvaaminen onkin toteutettava useiden, teknisesti kehittyneiden, mutta kalliiden osajärjestelmien yhdistelmällä. Suomen olosuhteisiin ja voimavaroihin soveltuvimmiksi korvaaviksi asejärjestelmiksi arvioidaan Jalkaväkimiinaselvitystyöryhmän väliraportissa:

- lähitorjunta-aseet ja viuhkapanokset sekä niihin liitetyt sensorit
- itsenäiset sensorijärjestelmät
- modernit panssariiniinajärjestelmät
- älypanokset, joissa on integroidut sensorijärjestelmät sekä
- tykistön tai heittimistön älyammukset. [41]

Jalkaväkimiinaselvitystyöryhmän mukaan jalkaväkimiinojen suorituskyvyn korvaaminen muilla asejärjestelmillä maksaa noin 184 – 597,5 miljoonaa euroa. Minimirahoituksella kyettäisiin valmiusprikaatien osalta palauttamaan joukkojen valvontakyky, mutta niiden tulivoima lähietäisyydelle ja kyky nopeaan taktiseen miinoittamiseen jäisivät puutteellisiksi. Alueellisten joukkojen osalta minimirahoituksella kyettäisiin tyydyttävästi taistelun alueen suluttamiseen sekä joukkojen tukikohtien ja avainkohteiden suojaamiseen. Maksimirahoituksella kyettäisiin valmiusprikaateissa korvaamaan lähes kaikki jalkaväkimiinojen tehtävät ja valvontakyvyn osalta jopa nostamaan yhtymien suorituskykyä. Alueellisten joukkojen osalta maksimitasolla kyettäisiin osittain korvaamaan menetettyä suorituskykyä ja kehittämään kykyä kaukostaisteluun ja syvään suluttamiseen. [40]

## 1.2 Määritelmät

Jalkaväkimiina

CCW sopimus määrittelee jalkaväkimiinan miinaksi, joka on suunniteltu räjähtämään henkilön läheisyydessä, läsnäolosta tai kosketuksesta. Se tekee taistelukyvyttömäksi, haavoittaa tai tappaa yhden tai useita henkilöitä. [21]



## Sulute

Sulute on miinoitteista, murrosteista, hävitteistä ja erilaisista esteistä muodostuva maastollinen kokonaisuus. Miinoite on samanlaisista tai useammanlaatuisista miinoista muodostuva alueellisesti tarkkaan määrätty kokonaisuus. Miinoite on rakennettava niin, että se liittyy joukon taistelusuunnitelmaan. Miinoite on aina pystyttävä myöhemmin paikantamaan. [48]

## Tykistöasejärjestelmä

Tykistöasejärjestelmillä tarkoitetaan tässä tutkielmassa niitä tykistöjärjestelmän osia, joilla on suorainen vaikutus tulen tehoon maalissa. Näitä järjestelmiä ovat valvonta ja maalinosoitusjärjestelmät, ampumatarvikkeet sekä asejärjestelmät.

## Kuorma-ammus, kuormaraketti

Kuorma-ammuksen ja –raketin tehtävä on toimittaa tytärammukset maalialueelle. Kuorma-ammuksen sekä –raketin toiminta perustuu tytärammusten suureen tulentiheyteen maalialueella. Tytärammukset ovat yleensä tarkoitettu panssarimaaleja vastaan, nykyaikaiset tytärammukset ohjautuvat hakupään havaintojen perusteella maaliin. Tytärammusten määrä vaihtelee ampumatarvikkeesta riippuen kahdesta aina satoihin.

## Sirotemiina

Kaukolevitteinen miina, jota ei asenneta käsin, vaan levitetään tykillä, ohjuksella, raketilla, heittimellä tai vastaavalla tavalla tai pudotetaan ilma-aluksesta. [52]

## Maastonvalvontatutka

Maastonvalvontatutkat ovat pulssidopplertutkia, joita käytetään ensisijaisesti liikkuvan maalin ilmaisuun. Tutka laskee kohteen etäisyyden ja nopeuden valon nopeuden ja radiosignaalin kulkuajan perusteella. [25]

## Sensorivalvontajärjestelmä

Sensorijärjestelmät ovat useista eri sensoreista koostuva kokonaisuus, jonka tarkoitus on kerätä tietyltä alueelta haluttua tietoa. Sensorivalvontajärjestelmät voivat koostua esimerkiksi maastonvalvontatutkista, infrapunakameroista, seismisistä sensoreista ja magneettisista sensoreista.

## MATI

Maavoimien tietojärjestelmä on järjestelmä, jolla pyritään yhdistämään jo käytettävissä olevat tietojärjestelmät yhdeksi kokonaisuudeksi. Järjestelmän tarkoituksena on tuottaa maavoimien tarpeisiin kokonaisuus, joka tarjoaa johtamisen peruspalvelut. Kokonaisuus pitää sisällään johtamistoiminnan ohjeistuksen ja käyttöperiaatteet, tietojärjestelmän ominaisuudet, tietojärjestelmät ja johtamispaikkaratkaisut.

## AHJO

Ammunnanhallinta ja johtamislaitelaite. Tietokoneohjelma, jolla johdetaan tykistön tulenkäyttöä tulasemapäässä. Tärkein AHJO:n ominaisuus on automaattinen ampuma-arvojen laskeminen tulasematietojen ja tulikomennon perusteella.

## Tulenkäyttökeskus

Tulevaisuuden järjestelmä tulenkäytön hallintaan. Tykistölle tulevaisuudessa kuuluvat miinoitustehtävät sekä kaukotulenkäyttö tulevat lisäämään maalimäärää ja tulen tarvetta huomattavasti. Lisääntyvien tehtävien hallintaan tarvitaan tulevaisuudessa moderni järjestelmä johtamisen ja tehtävien toteuttamisen mahdollistamiseksi.

### **1.3 Tutkimuksen päämäärä ja tavoitteet**

Tutkimuksessa selvitetään mikä on se jalkaväkimiinojen tehtävä ja suorituskyky, johon haetaan korvaajaa muun muassa tykistöasejärjestelmästä sekä selvitetään mitä nämä järjestelmät ovat ja miten niillä voidaan korvata jalkaväkimiinojen suorituskyky. Lisäksi selvitetään millainen tykistön rooli on tulevaisuuden suluttamisessa.

Tutkimusta ei rajata ainoastaan jalkaväkimiinan suoranaisten tehtävien täyttämiseen vaan tutkimuksessa etsitään mahdollisuutta kasvattaa panssarimiinoitteiden suorituskykyä tykistön asejärjestelmillä.

Tutkimuksen pääkysymys on

- miten tykistöasejärjestelmä voi nostaa miinoittamisjärjestelmän suorituskykyä?

Alakysymyksiä tutkimukselle ovat

- mikä on jalkaväkimiinojen merkitys

- pystyykö tykistöasejärjestelmä korvaamaan jalkaväkimiinojen suorituskyvyn

- miten tykistö pystyy vahventamaan ja tukemaan panssarimiinoitteita

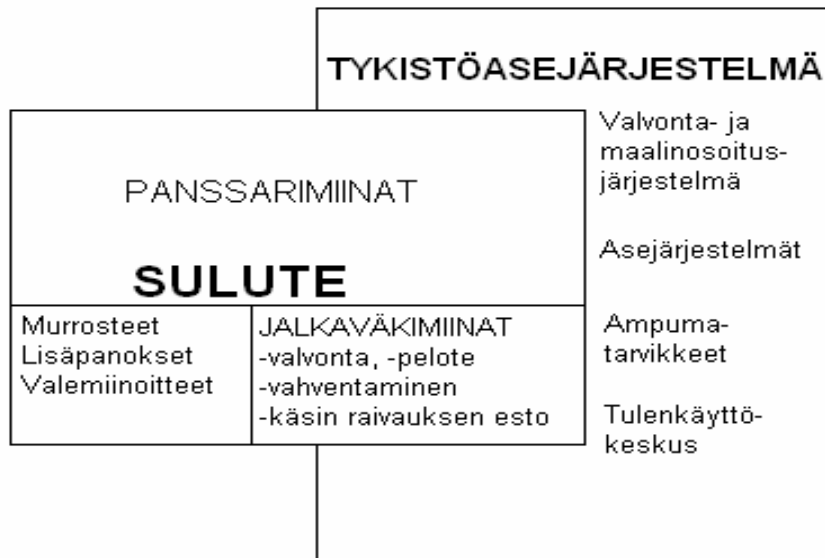
- millaisia uusia mahdollisuuksia tykistöasejärjestelmä tuo suluttamiseen

- millaisia olemassa olevia ampumatarvikkeita ja valvontajärjestelmiä tykistöllä on miinoitteiden valvontaan ja niihin vaikuttamiseen

- mitä vaatimuksia sulutteen vahventaminen asettaa tykistön asejärjestelmien keskinäiselle yhteistoiminnalle?

Tutkimuksen hypoteesi on, ettei tykistöasejärjestelmä suoraan korvaa jalkaväkimiinojen tehoa sulutteissa. Tutkimuksen tavoitteena on luoda esimerkki tykistöasejärjestelmän kyvystä suluttamiseen ja sulutteiden estearvon tehostamiseen. Tutkimuksen painopisteenä ovat Suomessa jo olevat tai käyttöön tulevat asejärjestelmät, eli raskaan raketinheittimen ja 155 K 98:n ampumatarvikkeet, erityisesti AT-2 miinaraketti ja DM662 kuorma-ammus, sekä tykistön panssarintorjunta-ammukset.

## 1.4 Viitekehys



Kuva 1. Viitekehys

Viitekehys kokonaisuudessaan esittää suluttamiseen ja niiden valvontaan käytettävissä olevat järjestelmät, jotka koostuvat sekä tykistön että pioneeriaselajin järjestelmistä ja välineistä. Viitekehysten vasemman puoleinen laatikko kuvaa perinteistä sulutetta, jossa sulutteen teho ja vaikutuskeinot on jaettu kolmeen pääosaan, panssarimiinoihin, jalkaväkimiinoihin ja erilaisiin sulutteen vahvennusmenetelmiin. Laatikoiden koolla kuvataan eri osa-alueiden merkitystä sulutteen kokonaistehoon. Oikean puoleiseen laatikkoon on koottu ne tykistöasejärjestelmän komponentit, joilla kytetään vaikuttamaan miinoittamiseen tai nostamaan miinoitteen suorituskykyä. Laatikot on asetettu päällekkäin kuvaamaan sitä osaa sulutteen suorituskyvystä, jonka tykistöasejärjestelmä pystyy korvaamaan tai tehostamaan tavanomaisesta sulutteesta. Ylimenevä osa tykistöasejärjestelmän laatikosta kuvaa uusia menetelmiä, jotka eivät pelkästään korvaa tai tehosta vanhaa vaan luovat täysin uusia mahdollisuuksia.

Tykistöasejärjestelmä ei pelkästään korvaa jalkaväkimiinoja vaan se mahdollistaa uudenlaisten sulutekokonaisuuksien suunnittelun ja rakentamisen. Tulevaisuudessa sulutteessa ei tarvitse käyttää ollenkaan perinteisiä miinoja tai rakennusmenetelmiä. Valvontajärjestelmän tuottaman maalitiedon perusteella miinat saatetaan ampua

sulutteeseen hyvinkin lyhyellä varoitusajalla suoraan vihollisen ryhmyykseen jopa 40 kilometrin etäisyydelle, joissa niihin pysähtyneeseen viholliseen voidaan edelleen vaikuttaa epäsuoralla tulella alentamatta sulutteen tehoa tuhoamalla miinoja. Jalkaväkimiinojen poistuessa on ajankohtaista etsiä jalkaväkimiinoille korvaajaa, jotta sulutteiden suorituskyky saadaan säilytettyä, samalla avautuu mahdollisuus modernisoida koko sulutusjärjestelmä.

Panssariiniinat tulevat jatkossakin säilymään sulutteen tärkeimpänä aseena, tutkimus pyrkii selvittämään ne keinot, joilla tykistö pystyy tehostamaan panssariiniinoitteiden tehoa. Todennäköisimmät järjestelmät, joilla tykistö pystyy vastaamaan tulevaisuuden sulutteiden asettamiin haasteisiin, ovat erilaiset valvonta- ja maalinosoitusjärjestelmät, kuorma-ammukset ja –raketit, tykistön älykkäät panssarintorjunta-ammukset, siroteiniinat sekä niiden apuna lisääntyneen maalimäärän käsittelyssä MATI, AHJO tai tulevaisuudessa tulenkäyttökeskus.

### **1.5 Tutkimusmenetelmät ja lähdeaineisto**

Tutkimusmenetelmänä käytetään aineistotutkimuksen pohjalta tehtyä matemaattista analyysiä. Tutkimuksessa lasketaan olemassa olevien sulutteiden teho maalimallin mukaista mekanisoitua komppaniaa vastaan kahdessa erityyppisessä hyökkäyksessä käytettäessä jalkaväkimiinoja sekä ilman jalkaväkimiinoja. Tulosta verrataan raskaan raketinheittimen miinarakettien ja 155 K 98 kuorma-ammusten tulen vaikutukseen vastaavassa tilanteessa. Tulen tehoa ja vaikutusta arviointi pohjautuu todennäköisyyslaskentaan, arvioinnissa kuorma-ammusten osalta käytetään apuvälineenä Topi Paloharjun kehittämää taulukkolaskentaa TU\_OS\_SI.WK4.

Teknisen tiedon lähteinä tärkeimmät ovat Jane's tietokanta, valmistajien internetsivut, sekä kotimaiset järjestelmien tekniset julkaisut. Lähdeaineiston hankinnassa sellaisten järjestelmien osalta, jotka eivät vielä ole palveluskäytössä tai joista ei ole kattavaa aineistoa, käytetään haastatteluja. Tutkimusta varten on tehty kaksi haastattelua, joista erityisesti kapteeni Votshenkon haastattelu on tutkimuksen toteutumisen kannalta merkittävä. Votshenkon on perehtynyt raskaan raketinheittimen käyttöön Iso-Britanniassa, aseiden käyttöperiaatteet ovat esitetty Votshenkon muistiinpanojen ja haastattelun pohjalta.

## 1.6 Tutkimuksen rakenne ja rajaukset

Tutkimuksen näkökulma on tekninen. Tutkimusta tehdään suomalaisten joukkojen ja kaluston näkökulmasta. Tutkimuksessa ei selvitetä miinoittamisjärjestelmän omaa kykyä korvata jalkaväkimiinat, esimerkiksi modernisoimalla telamiinat. Tulivaikutusta tutkittaessa pääpaino on ampumatarvikkeissa, aseet käsitellään vain tarvittavilta osin. Ohjukset eroavat toimintaperiaatteiltaan muista tykistön ampumatarvikkeista siinä määrin, että niiden tarkastelu vaatisi erillisen tutkimuksen, joten niitä ei tässä tutkimuksessa käsitellä.

Matemaattisessa analyysissä ei oteta huomioon panssarintorjunta-aseiden ja epäsuoran tulen vaikutusta laskettaessa sulutteiden suorituskykyä. Laskumallit ovat yksinkertaistettuja, niiden tarkoitus on tukea aineistotutkimuksella tehtyjä havaintoja.

## 1.7 Aikaisempi tutkimus

Puolustusministeri Jan-Erik Enestam asetti 18.9.2001 jalkaväkimiinaselvitystyöryhmän, jonka tehtävä oli tarkastella Suomen mahdollisuuksia liittyä Ottawan sopimukseen vuonna 2006 ja hävittää jalkaväkimiinat vuoden 2010 loppuun mennessä siten, että uskottavasta puolustuksesta ei tingitä. Jalkaväkimiinaselvitystyöryhmän väliraportti julkaistiin 19.12.2003 ja loppuraportti 14.7.2004. Raportit ovat tärkeää pohjatietoa tutkimukselle ja ne asettavat perusteita suorituskyvyn korvaamistehtävän määrittelyyn.

## 2. SULUTTEEN SUORITUSKYKY

### 2.1 Jalkaväkimiinojen suorituskyvyn korvaustarve

Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittinen selonteko vuodelta 2004 määrittää puolustussuunnittelussa käytettäväksi seuraavat kolme kriisi- ja uhkakuvamallia

- alueellinen kriisi, jolla voi olla vaikutuksia Suomeen
- poliittinen, sotilaallinen ja taloudellinen painostus, johon voi liittyä sotilaallisella voimalla uhkaaminen tai sen rajoitettu käyttö sekä
- sotilaallisen voiman käyttö, joka voi olla strateginen isku tai strategisella iskulla alkava hyökkäys alueiden valtaamiseksi. [57]

Jalkaväkimiinojen merkitys on suurin, niiden massamaisesta käyttöperiaatteesta johtuen, torjuttaessa laajamittaista hyökkäystä. Nykykäsityksen mukaisissa poliittisen, taloudellisen ja sotilaallisen painostuksen tai strategisen iskun tilanteissa jalkaväkimiinojen merkitys puolustajan suorituskyvyllä ei ole suhteellisesti yhtä merkittävä kuin laajamittaisen hyökkäyksen torjunnassa. [41] Jalkaväkimiinat ovat osa suomalaista miinoitusjärjestelmää, jolla on tärkeä tehtävä hidastaa ja kuluttaa vihollista valtakunnan rajalta alkaen.

Miinat ovat yksi jalan liikkuvan sotilaan pelottavimmista uhkista. Maahan asennettu painevaikutteinen miina saattaa murskata jalkaterän, maanpinnan yläpuolelle asennetut sirpalemiinat ovat tehokkaita kymmenien metrien etäisyydelle. Miinojen pelottavuutta lisää se, että niiden havaitseminen etukäteen on vaikeaa. Yleensä uusi miinoite paljastuu vasta ensimmäisen miinan räjähtäessä kohtalokkain seurauksin. [30]

Miinat passivoivat hyökkääjää ja tekevät sen toiminnan varovaiseksi. Tiestöä ja alueita ei uskalleta käyttää ennen kuin on varmistuttu niiden miinaturvallisuudesta. Jalkaväkimiinojen psykologista vaikutusta, niin sanottua miinakauhua, ei puolustusvoimien tutkimusten mukaan voida aikaan saada tai korvata millään järjestelmällä. [41]

Puolustusvoimat on tutkinut miinoitteiden vaikutusta hyökkääjän etenemisnopeuteen. Tutkimuksissa on verrattu suomalaisissa olosuhteissa hyökkääjän etenemisnopeuden muutoksia tilanteissa, joissa puolustajalla on tai ei ole jalkaväkimiinoja sulutteidensa tehosteena. Tulosten mukaan operatiivisella tasolla jalkaväkimiinoista luopuminen merkitsee vihollisen etenemisnopeuden kasvua jopa 2-3 -kertaiseksi. Strategiselle tasolle siirryttäessä jalkaväkimiinojen osuus ajanvoiton hankkimisessa vain korostuu. [41]

Jalkaväkimiinoilla on vaikutusta omien tappioiden määrään. Kansainvälisten tutkimusten mukaan jalkaväkimiinoista luopuminen lisää omia tappioita, koska maaston erityispiirteitä tukevia esteitä ja hidasteita ei kyetä entisessä määrin hyödyntämään. Niin ikään sissitoiminta vihollisen selustassa vaikeutuu, mikäli jalkaväkimiinoja ei ole käytettävissä. [41]

Suomen pinta-ala ja maarajojen pituus on suhteellisesti ottaen suuri verrattuna väestömäärään tai puolustusvoimien sodan ajan miesvahvuuteen. Erilaisilla miinoitteilla on voitu korvata tehokkaasti taisteluvoimaa ja muuta asevaikutusta sekä lisätä maavalvontakykyä erityisesti sivusta- ja selusta-alueilla. [20]

Jalkaväkimiinat suojaavat panssarimiinoitteita käsin raivaamiselta. Suomen nykyisellä miinoittamiskalustolla on mahdotonta suojata panssarimiinoitteita käsin raivaamiselta ilman jalkaväkimiinoja. Miinoitteiden teho tulee laskemaan, koska jalkaväki ei pysty laukaisemaan panssarimiinoja. Lisäksi jalkaväen liikettä ohjaava elementti poistuu kokonaan.

Pääesikunnan maavoimaosaston mukaan hankittavilla korvaavilla järjestelmillä on kyettävä korvaamaan jalkaväkimiinojen suorituskyky seuraavissa tehtävissä

- panssari- ja ajoneuvomiinojen sekä esteiden ja murresteiden suojaaminen sekä niiden raivaamisen estäminen tai vaikeuttaminen (ajanvoiton hankkiminen)
- omien joukkojen ryhmyksen suojaaminen
- alueen vapaan käytön estäminen hyökkääjältä
- tappioiden tuottaminen hyökkääjälle. [42]

Menetettävä suorituskyky korvataan hankittavilla välineillä seuraavasti

- sulutteiden teho ylläpidetään kaukovaikutteisella tulella ja raivaamisen estolaitteilla varustetuilla miinoilla
- oman toiminnan ja avainkohteiden suojaamista tehostetaan lähipuolustukseen sopivilla panos- ja asejärjestelmillä
- alueiden valvomiseksi ja niiden vapaan käytön estämiseksi hankitaan valvontajärjestelmiä, jotka ovat liitettävissä integroituun tiedustelun, valvonnan ja johtamisen tietojärjestelmään sekä asejärjestelmiin. [42]

## **2.2 Suomalaiset jalkaväkimiinat**

Jalkaväkimiinakiellon seurauksena Suomi joutuu luopumaan kahdesta palveluskäytössä olevasta jalkaväkimiinasta, sakaramiinasta ja putkimiinasta, sekä vanhemmista polkumiinoista.

Sakaramiina (kuva 2) on tyypiltään polkumiina, se on jalan kulkevia vastaan tarkoitettu, kuormituksesta laukeava painevaikutteinen miina. Sakaramiina laukeaa



painamalla tai polkemalla, räjähtäessään se murskaa räjähdysaineen aiheuttaneen kehonosan tai pyöräajoneuvon renkaan. Sakaramiinoista yleisin on vuosimalli 65. Sakaramiina koostuu 60 grammasta puristettua räjähdysainetta, yleissytytin 65:stä ja sakaralaukaisin 98:sta. Syyttimeen kiinnitetty sakara lisää miinan laukaisu pinta-alaa. [48]

Putkimiina (kuva 2), toiselta nimeltään lankamiina, on jalan kulkevia henkilöitä vastaan tarkoitettu kuormituksesta laukeava, sirpalevaikutteinen miina. Miina laukeaa kuormitettaessa laukaisulankaa riittävästi. Putkimiinan sirpaleet ovat tehokkaita 30 metrin etäisyydelle. [48]

Yleisin suomalaisista putkimiinoista on vuosimallia 1968. Putkimiina 68 on valmistettu sirpaloitumista tehostavasta jousiteräksestä, panososa koostuu 180 grammasta räjähdysainetta. Putkimiina 68 laukaistaan vetosytyttimellä, joka mahdollistaa laukaisulangan vetämisen haluttuun suuntaan. Vetosytytin 86 vaatii toimiakseen 15 – 40 N suuruisen irrotusvoiman. [48]



Kuva 2. Vasemmalla sakaramiina 65 98 ja oikealla putkimiina 68 95 [30]

Jalkaväkimiinojen tärkeimmät tehtävät ovat

- alueen tai miinoitteen valvonta
- käsin raivauksen estäminen
- miinakauhun aiheuttaminen, pelotevaikutus
- miinoitteen vahventaminen, tuhovaikutuksen lisääminen.

Jalkaväkimiinat voidaan käyttötarkoituksensa puolesta jakaa kolmeen ryhmään

- panssarimiinoitteita vahventavat jalkaväkimiinat
- yksittäisinä suojamiinoina käytettävät jalkaväkimiinat
- pelkistä jalkaväkimiinoista muodostetut jalkaväkimiinoitteet.

Suomessa ei ole käytössä käsittelynestolaitteita estämään panssarimiinojen käsin raivaamista, joten käsin raivaaminen on estetty vahventamalla panssarimiinoitetta sakaramiinoilla. Panssarimiinojen suojaksi asennetaan metrin etäisyydelle yhdestä viiteen suuntaan sakaramiina. Yhteen miinoitteeseen sakaramiinat asennetaan aina samoihin suuntiin ja aina metrin etäisyydelle panssarimiinoista, jotta ne ovat raivattavissa sulutteen selosteen avulla.

Panssarimiinoitteita vahvennetaan myös lankamiinoilla. Lankamiinoja asennetaan maaston kohtiin, joissa vihollinen todennäköisesti jalkauttaa joukkonsa sekä jalkaväen käyttämiin katvealueisiin. Jalkaväkimiinat vaikeuttavat oleellisesti miinoitteen raivaamista sekä lisäävät jalkautuneen vihollisen tappioita ja aiheuttavat miinakauhua.

Yksittäisinä miinoina jalkaväkimiinoja, erityisesti putkimiinaa, käytetään yleensä vartiopaikkojen ja taistelun aloittavien tukikohtien suojana. Yksittäistä miinaa saatetaan käyttää tähysmiinana, eli miinana, jonka taistelija laukaisee maalin ollessa miinan vaikutusalueella. Tähysteisesti käytettynä putkimiina ei riko Ottawan sopimuksen periaatteita, sillä tällöin putkimiina ei toimi passiivisesti vaan sen laukaisu edellyttää miinan laukaisijalta tietoista päätöstä räjäyttää miina.

Putkimiinoista voidaan rakentaa myös erillinen lankamiinoite. Sitä käytetään jalkaväen etenemisreiteillä peitteisissä maaston kohdissa. Lankamiinoite sisältää korkeintaan 30 putkimiinaa ja mahdollisesti kymmenen panssarimiinaa. Lankamiinoitteita käytetään yleensä sivusuunnissa saumojen ja peitteisten maaston kohtien valvontaan. [48]

### **2.3 Miinoitteiden laskennallinen teho**

Sulutteen tehon tarkasteluun liittyvät kaavat ovat Todennäköisyys- ja ampumaopin perusteet oppikirjasta. [53]

Jos tarkastellaan miinoitetta, jonka leveys on  $a$  ja miinan laukaisuleveys on  $b$ , niin yksittäisen panssarivaunun todennäköisyys ( $P$ ) osua tiettyyn miinaan on

$$P = \frac{b}{a}$$

Tehollinen laukaisuleveys  $b$  määritetään miinoille kaavasta

$$b = 2(t + d), \text{ jossa}$$

$t$  = telan leveys

$d$  = laukaisimen toimintaleveys.

Esimerkiksi telamiina 65 77 laukaisimen leveys on 11 cm ja pohjamiinoilla  $b$  on panssarivaunun koko leveys, koska ne räjähtävät panssarivaunun ajaessa niiden yli joko paineen vaikutuksesta tai magneettisen herätteen johdosta.

Todennäköisyys  $P$ , että panssarivaunu räjäyttää jonkin miinoitteessa olevan miinan on

$$P = 1 - q^{M \times f}, \text{ joka voidaan merkitä } 1 - e^{-y}, \text{ missä } y = M \times f \times P$$

$M$  = miinojen lukumäärä

$f$  = miinojen toimintakerroin

$$q = 1 - P.$$

Miinoitteen toimintavarmuus vaihtelee suuresti eri vuodenaikoina, miinojen lukumäärää laskettaessa käytetään koetulosten perusteella määritettyä toimintakerrointa  $f$  (0...1). Telamiinan toimintakerroin on kesällä 0.8...0.9 ja talvella 0.6...0.7. [53]. Miinojen toimimattomuus riippuu pääosin ympäristötekijöistä. Vaunun ajaessa miinan päälle saattaa maaperä johon miina on asennettu antaa periksi ja miina kääntyy siten, ettei vaunu riko sen laukaisukantta, jolloin miina ei toimi. Erityisesti talvella lumipeitteiseen maastoon huolimattomasti asennetut miinat tai lumen sulamisen seurauksena liikkuneet ja kääntyneet miinat saattavat jäädä räjähtämättä vaikka panssarivaunu ajaisi niiden yli.

Jos miinoitetta on vahvennettu jalkaväkimiinoilla, on lisäksi otettava huomioon polkumiinan laukaisutodennäköisyys.

Todennäköisyys  $P$ , että yksittäinen taistelija laukaisee polkumiinan on

$$P = 1 - e^{\left(-\frac{M}{a} \times f \times \frac{A}{C}\right)}, \text{ missä}$$

$$\frac{M}{a} = \text{miinatiheys (kpl/m)}$$

$M$  = miinojen lukumäärä

$a$  = tarkasteltavan miinoitteen osan leveys (m)

$$\frac{A}{C} = \text{laukaisuleveys (m) = b}$$

$A$  = osuma-ala (m<sup>2</sup>)

$C$  = askeleen pituus (m)

$f$  = miinojen toimintakerroin.

Laukaisuleveys polkumiinoilla on yleensä 0,03 – 0,2 metriä. Sakaramiinan laukaisuleveys on 0.035 metriä ja toimintavarmuus 0,95. Sakaramiinan toimintavarmuus on korkea sen yksinkertaisesta rakenteesta ja helposta asennustavasta johtuen. [53]

## 2.5 Maalimalli

Miinoitteen suorituskykyä analysoitaessa käytetään maalimallina A2 mekanisoitua komppaniaa. Mekanisoituun komppaniaan kuuluu yhteensä 14 rynnäköpanssarivaunua ja sen kolmeen mekanisoituun jalkaväkijoukkueeseen yhteensä 72 jalan hyökkävää miestä. [2]

Vastustajan tappioita käsitellään kahdessa eri hyökkäystyypissä, komppanian hyökkäyksessä aukeassa sekä metsäsaarekkeisessa maastossa. Molemmissa tapauksissa vastustajan hyökkäysryhmityksen leveys on 500 metriä, joka vastaa komppanian hyökkäysalueen leveyttä murtokohdassa. Vaunujen etäisyys toisistaan on molemmissa tapauksissa 50 metriä toisistaan. Aukeassa maastossa miehistö on

ajoneuvoissa. Metsäsaarekkeisessa maastossa miehistö on jalkautunut ja etenee avorivissä lomittain vaunujen edellä. Aukealle rakennettua sulutetta ei ole vahvistettu jalkaväkimiinoin, koska miehistön on oletettu hyökkäävän vaunuissa aukean yli. Mekanisoidusta komppaniasta alueen läpi hyökkää yhteensä 10 rynnäköpanssarivaunua, kolme rynnäkövaunua jokaisesta mekanisoidusta joukkueesta sekä yksi komentovaunu. [2]

Panssarivaunun pinta-alana ja haavoittuvana pinta-alana käytetään NATO:n standardoimia mittoja. Rynnäköpanssarivaunun mitat ovat esitetty liitteessä 1. [54]

## 2.6 Sulutteen suorituskyky

Miinoitteen suorituskykyä arvioidaan sen vastustajalle aiheuttaman tappiotodennäköisyyden perusteella. Arvioinnin perustana käytetään Suluttamisoppaan mukaisten sulutteiden keskiarvoja.

Tappiotodennäköisyyteen vaikuttavat oleellisesti seuraavat tekijäryhmät

- miinatiheys
- vihollistiheys
- laukaisuala
- miinojen toimintavarmuus
- miinoittamismenetelmä
- vihollisen toiminta ja
- miinan tuhoamistodennäköisyys. [53]

Voidaan olettaa, että tappiotodennäköisyys  $P$  tulee keskimäärin olemaan sama kuin todennäköisyys, että yksittäinen vihollinen laukaisee miinan. Jos hyökkäävien vihollisten lukumäärä on  $N$ , niin keskimääräinen miinaräjähdyksen lukumäärä  $K$  saadaan binomijakauman odotusarvon kaavasta

$$K = N \times P$$

Sulutteita rakennetaan häirintäsulutteiksi ja torjuntasulutteiksi. Niiden miinamäärä on 0,5 – 1 panssarimiinaa rintamakilometriä kohti. Panssarimiinoitteessa voidaan käyttää myös muita miinoja vaikeuttamaan käsin tapahtuvaa raivausta ja tuottamaan tappioita jalkautuneelle hyökkääjälle. Käytettäviä miinoja ovat ennen kaikkea

polkumiinat. Sakaramiinoja käytetään 0 – 5 kappaletta asennettua tela- tai pohjamiinaa kohti. Pohjamiinoja voidaan käyttää enintään noin 20 prosenttia telamiinojen lukumäärästä. Asennettaessa sulutteeseen pohjamiinoja on muistettava, että miinaan ajamistodennäköisyys yhdellä pohjamiinalla vastaa noin kolmea telamiinaa. Tällöin pohjamiinat sijoitetaan uhanalaisimpaan suuntaan ja noin 10 metrin etäisyydelle telamiinoista ja toisistaan. [48]

Maalimallin mukaisen komppanian hyökkäystä tarkastellaan kahdessa eri tilanteessa. Komppania hyökkää sulutetun aukean ja metsäsaarekkeisen maaston läpi. Sulutteet ovat rakennettu kesällä, keskimääräinen miinatiheys aukealla on 0,75 telamiinaa rintamakilometriä kohti. Todennäköisyyslaskentaan perustuvassa arvioinnissa on oletettu, että vaunut jatkavat hyökkäystä tappioista välittämättä eivätkä joudu kiertämään tuhoutuneita vaunuja. Panssarivaunujen ajoreittien oletetaan jakautuvan tasaisesti alueelle ja ne kulkevat kohtisuoraan miinoitteen läpi. Miinat eivät myöskään räjäytä tai vaurioita toisiaan räjähtäessään.

Todennäköisyyslaskennan kannalta vain alueen miinatiheys ja miinatyytit ovat oleellisia, miinoitteiden tyypeillä ei ole merkitystä tappiotodennäköisyyteen. Taistelutilanteessa edellä kuvattu miinatiheys voitaisiin saavuttaa esimerkiksi seuraavanlaisella sulutteella: vastustajan hyökkäysreitille on rakennettu 100 miinan telamiinaaeste, kaksi yhteensä 95 miinan miinaryhmää sekä 180 miinan kolmirivinen miinanauha. Miinanauhoilla suljetaan laaja peltoaukea ja ohjataan vihollisen hyökkäys haluttuun suuntaan, telamiinaaeste on rakennettu taistelujen painopisteeseen paikkaan, johon kyetään keskittämään valtaosa puolustajan panssarintorjunta-aseiden tulesta. Kahta 45 miinan miinaryhmää käytetään yksittäisten joukkueiden tai taistelun aloittavan osaston suojamiinoitteena. Yhteensä panssarmiinoja on asennettu 500 x 500 metrin alueella 375 kappaletta. Jokaisen vaunun oletetaan siis kulkevan yhtä tiheästi miinoitetun alueen läpi.

Telamiinat laukeavat panssarivaunun telan tai pyöräajoneuvon pyörän kosketuksesta. Pohjamiinat toimivat koko ylittävän panssarivaunun leveydellä. Telamiinan vaikutus perustuu 9,2 kilogramman räjähdysaineen aiheuttamaan räjähdyspaineeseen ja pohjamiinan suunnattuun räjähdysvaikutukseen. Panssarmiinan tarkoituksena on vähintään vaurioittaa panssarivaunua niin, että se ei kykene enää jatkamaan tehtäväänsä. Telamiina vähintään katkaisee panssarivaunun telan ja tuhoaa pyöräajoneuvon, pohjamiina saattaa osumakohdasta riippuen myös

tuhota panssarivaunun. Tulokseksi saatu tappiotodennäköisyys sisältää sekä tuhoutuneet että liikunta- ja toimintakyvyttömiksi saatetut vaunut. Tuloksissa ei tarkastella, millaista vahinkoa osuman saanut panssarivaunu on kärsinyt. Henkilövahinkoja panssarimiinan räjähtäessä rynnäköpanssarivaunun alla ei ole otettu huomioon.

Vihollisen mekanisoidun komppanian hyökätessä aukean yli taisteluryhmyksessä sille aiheutuu seuraavan laskuesimerkin mukaiset tappiot.

$$M = 375 \text{ kpl}$$

$$f = 0,85$$

$$b = 2(t + d) = 2(0,80m + 0,11m) = 1,82m$$

$$a = 500 \text{ m}$$

$$p = \frac{b}{a} = \frac{1,82m}{500m} = 0,00364$$

$$P = 1 - e^{-M \times f \times p} = 1 - e^{-375 \times 0,85 \times 0,00364} = 0,687$$

$$K = N \times P = 10 \times 0,687 = 6,87 \text{ vaunua}$$

Tappiot mekanisoidulle jalkaväkikomppanialle ovat keskimäärin 6 - 7 vaunua, eli 68,7 prosenttia miinoitteen läpi hyökänneen osaston kokonaisvahvuudesta.

Jos sulutteen miinoista 20 prosenttia on pohjamiinoja, eli miinoitteissa on yhteensä 300 telamiinaa ja 75 pohjamiina, nousisi vihollisen tappiotodennäköisyys kasvaneen tehollisen laukaisuleveyden seurauksena seuraavasti:

Pohjamiinan tehollinen laukaisuleveys  $b =$  vaunun koko leveys  $= 3.1$  metriä.  
Keskimääräinen tehollinen laukaisuleveys miinoitteessa

$$b \text{ (keskiarvo)} = \frac{[75 \times b(tm) + 300 \times b(pom)]}{375} = 2,076$$

$$p = \frac{b(\text{keskiarvo})}{a} = \frac{2,076}{500} = 0,004152$$

$$P = 1 - e^{-375 \times 0,85 \times 0,004152} = 0,734$$

$$K = N \times P = 10 \times 0,734 = 7,34 \text{ vaunua.}$$

Pohjamiinoilla vahvistetun sulutteen läpi hyökänneen mekanisoidun komppanian tappiot ovat keskimäärin 7 - 8 vaunua, eli 73,4 prosenttia, eli tappiotodennäköisyys on noin 5 prosenttia korkeampi kuin pelkistä telamiinoista rakennetussa sulutteessa.

Maalimallin mukaisen vihollisen hyökätessä metsäsaarekkeisessa maastossa, jonka keskimääräinen panssariimiinatiehyys on sama kuin aukealla, sen tappioita nostavat jalkaväkimiinat. Sulutteen jokainen panssariimiina on ympäröity neljällä sakaramiinalla metrin etäisyydelle panssariiminasta. Vastustaja hyökkää miinoitteiden läpi kolmella mekanisoidulla joukkueella sekä yhdellä komentovaunulla, jalkautuneiden taistelijoiden lukumäärä on 72. Edellä laskettujen panssarivaunutappioiden lisäksi komppanialle aiheutuu tappioita jalkaväkimiinoista seuraavasti:

$$M = 1500 \text{ kpl}$$

$$f = 0,95$$

$$a = 500 \text{ m}$$

$$\frac{A}{C} = \text{laukaisuleveys (m)} = b$$

$$A = 0,035 \text{ m}^2$$

$$C = 0,5 \text{ m}$$

$$P = 1 - e^{-\frac{M}{a} \times f \times \frac{A}{C}} = 1 - e^{-\frac{1500}{500} \times 0,95 \times \frac{0,035}{0,6}} = 0,153$$

$$K = N \times P = 72 \times 0,153 = 11,016 \text{ jalkaväkitaistelijaa.}$$

Jalkaväkimiinat aiheuttavat sulutteen läpi hyökänneelle mekanisoidulle komppanialle keskimäärin 11 jalkaväkitaistelijan tappiot, eli 15,3 prosenttia jalan hyökänneen



jalkaväen vahvuudesta. Sakaramiina murskaa räjähdysten aiheuttaman kehonosan. Miinaan astunut taistelija ei pysty jatkamaan taistelua.

Sakaramiinat eivät räjäytä tai vaurioita telamiinoja räjähtäessään. Vaunun ajaessa telamiinaan räjähdys tuhoaa sakaramiinat räjähtäneen telamiinan ympäriltä. Tällä ei kuitenkaan ole merkitystä jalkaväelle aiheutuneille tappioille, koska jalkaväen oletetaan hyökänneen riittävästi vaunujen edellä.

Sulute aiheuttaa läpi hyökänneelle vastustajan mekanisoidulle komppanialle noin 68 - 74 prosentin tappiot rynnäkkövaunuille käytettävistä panssariamiinoista riippuen sekä lisäksi 15 prosentin tappiot jalkautuneelle miehistölle jos käytössä on jalkaväkimiinoja. Vihollinen katsotaan tuhotuksi kun se kärsii 50 prosentin tappiot, voidaan todeta, että mekanisoitu komppania ei kykene jatkamaan taistelua.

Vihollinen kykenee vaikuttamaan sulutteiden aiheuttamien tappioiden määrään tehokkaimmin tiedustelemalla sulutteet mahdollisimman tarkkaan ennen hyökkäystä, valmistelemalla kiertoreittejä ja käyttämällä liikkeen edistämiskalustoa, kuten raivausjyriä, varstaraivaimia ja räjähtäviä raivaimia. Sulutteita vastaan ei ole onnistuttu kehittämään sellaista tehokasta vastamenetelmää, joka vähentäisi taistelutilanteessa merkittävästi miinoitteen läpi hyökkävän joukon tappioita. Oikein rakennettu miinoite kriittisessä maastonkohdassa on käytännössä mahdoton kiertää ja miinoitteen raivaaminen kun miinoitteeseen on liitetty epäsuoratuli ja panssarintorjunta-aseiden tuli on erittäin hidasta ja vaatii mittavat suojausjärjestelyt. Lisäksi lisäpanoksin ja herätemiinoin vahvennettu panssariamiinoite on raivauskalustollakin vahvennetulle liikkeen edistämisosastolle erittäin vaarallinen kohde.

Suluttamisoppaan mukaan yksittäinen miinaeste aiheuttaa läpi hyökänneelle viholliselle vähintään 30 – 50 prosentin tappiot. [48] Otettaessa huomioon vihollisen havaitsemat ja kiertämät miinat sekä raivauskaluston käyttö, voidaan todeta, että saatu laskennallinen tulos esimerkin mukaisessa hyökkäystilanteessa tukee Suluttamisoppaan esittämää tappioprosenttia.

Vertailun vuoksi voidaan todeta, että Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos on laskenut tappiot moottoroidulle jalkaväkikomppanialle ammuttaessa tykistöllä 155 millimetrin kranaatteja iskusytyttimellä. Ammuttaessa 18 tykkisellä patteristolla kuusi

kertaa (108 kranaattia), tuhoutuu moottoroidusta jalkaväkikomppaniasta keskimäärin 0,37 vaunua. Ammuttaessa 1200 kranaattia tappiot ovat keskimäärin 3,5 panssarivaunua eli 25 prosenttia komppanian vahvuudesta. Luvut on saatu käyttämällä Monte Carlo ohjelmaa. [17] PVTT:n laskelmissa on oletettu, että koko jalkaväkikomppaniaa voidaan ampua yhdellä kertaa, eli maalin on oltava siten koossa, että epäsuoratuli kattaa peittävästi koko maalin.

## 2.7 Johtopäätökset

Sulute on tehokas keino estää vihollisen liike ja suunnata se haluttuun suuntaan. Sulutteen läpi hyökkäävän vihollisen tappiot ovat erittäin korkeat. 70 prosentin tappiot panssarivaunujen lukumäärässä riittäisi pysäyttämään mekanisoidun jalkaväkikomppanian hyökkäyksen. Pohjamiinat ovat tehokas ase panssarivaunuja vastaan, sen suuri tehollinen laukaisuleveys lisää selvästi vihollisen tappioita. Laskuesimerkissä ei ole arvioitu miinan viholliselle aiheuttamia vaurioita, eli tuhoutuuko vaunu vai jääkö se vain liikunta- tai toimintakyvyttömäksi. Pohjamiinat todennäköisesti tuhoavat kohteensa ja tappavat sisällä olevan miehistön, koska ne useimmiten vaikuttavat vaunun pohjapanssariin eivätkä pelkästään teloihin.

Yksittäisen taistelun kannalta ei ole ratkaisevaa jääkö vaunu toimintakyvyttömäksi vai tuhoutuuko se, kunhan se ei kykene asevaikutuksella vaikuttamaan puolustajan ryhmyykseen. Miinoitteeseen pysähtynyttä vaunua vastaan, joka edelleen kykenee käyttämään aseitaan puolustajaa vastaan, suunnataan aina ennalta panssarintorjunta-aseiden keskitetty tulenkäyttö. Tavallisesti tämä tarkoittaa kevyiden ja raskaiden kertasinkojen tulta sekä painopistealueella raskaiden sinkojen bja panssarintorjuntaohjusten tulta. Epäsuoraa tulta miinoitteeseen ei kannata käyttää, koska jo patteriston kerta miinoitteeseen saattaisi vaurioittaa sulutteessa merkittävän määrän miinoja ja laskea huomattavasti miinoitteen tuhovaikutusta.

Tappioluvut eivät yksin kuvaa sulutteen tehoa. Miinoitteilla vihollinen ohjataan ja pysäytetään haluttuun suuntaan panssariaseiden tulen ulottuville ja miinoitteisiin liitetään yleensä myös epäsuoratuli, jolloin miinoitteeseen törmänneen hyökkäävän joukon taakse ammutaan tykistöllä ennalta paikannettuun maalipisteeseen. Pysähtyneeseen viholliseen kyetään aiheuttamaan panssarintorjunta-aseilla ja epäsuoralla tulella merkittävästi suuremmat tappiot kuin liikkuvaan. Vihollinen saattaa joutua jalkauttamaan jalkaväkensä myös sille epäedullisessa maastossa jos

sulutteeseen ajaneet tai panssarintorjunta-aseiden tuhoamat rynnäkköpanssarivaunut eivät kykene jatkamaan hyökkäystä.

Vihollisen liike hidastuu miinoitetulla alueella miinakauhun ja tappioiden seurauksena, varsinaisen taistelutehtävän ohella erityisesti jalan hyökkäävät taistelijat sekä vaunua ohjaava henkilöstö joutuvat keskittymään ja tarkkailemaan miinoittamiseen viittaavia merkkejä. Etenkään miinakauhua ei kyetä korvaamaan millään muulla asejärjestelmällä. Pelkästään matemaattisen tarkastelun pohjalta on mahdoton sanoa miten edellä kuvatut tappiot vaikuttaisivat vihollisen etenemisnopeuteen tai taistelutahtoon. Välillisten tappioiden arvioiminen on hyvin vaikeaa, niihin vaikuttaa aina muun muassa vihollisen toimintamenetelmät, taistelukokemus sekä koulutus- ja varustetaso.

Heikosti valvottu, vihollisen tulella vahvasti tukemana tai vihollisen valtaamalla alueella sijaitsevan jalkaväkimiinattoman sulutteen raivaaminen käsin on mahdollista, kunhan miinat kyetään riittävällä tarkkuudella havaitsemaan. Varsinaista panssarimiinojen poistamista ei estä tai vaikeuta mikään tekijä, koska Suomessa panssarimiinoja ei ansoiteta eivätkä nykyiset panssarimiinat sisällä käsittelynestolaitteita. Jalkaväkimiinat aiheuttavat käsin raivaajalle henkilöstötappioita sekä merkittävän ajan menetyksen. Koneelliselle raivaamiselle, esimerkiksi raivausjyrälle, jalkaväkimiinoista ei ole haittaa.

Sulutteen etuja ovat sen laaja koko, muunneltavuus ja vielä toistaiseksi monipuolisuus. Sulute voidaan rakentaa käytännössä mille alueelle tahansa, kunhan alue on omien joukkojen hallussa. Sulutteen miinamäärä ja laajuus ovat muunneltavissa halutun vaikutuksen mukaan, lisäksi sulutteiden liittäminen osaksi taistelusuunnitelmaa on yksinkertaista. Erilaiset miinat mahdollistavat sulutteiden käytön monipuolisiin taistelutehtäviin, aluevalvonnasta yksittäisten vartiopaikkojen suojaamiseen. Jalkaväkimiinoista luopuminen tulee rajoittamaan tehtäväkenttää selvästi.

Suomalaisten sulutteiden suurimmat heikkoudet ovat telamiinan suhteellisen pieni tehollinen laukaisuleveys ja sään vaikutus miinoittamiseen. Lumipeite vaikeuttaa erityisesti pohjamiinojen vaatiman riittävän magneettisen herätteen saamista. Muuttuvat sääolosuhteet, erityisesti sulamisvedet ja lumipeitteen paksuuden muutokset saattavat siirtää ja kääntää miinoja siten, että ne eivät toimi vaunun

ajaessa niiden yli. Suomalaiset miinat eivät sovellu myöskään koneelliseen miinoittamiseen, niiden asentaminen on työlästä ja aikaa sekä henkilöstöä vievää. Miinoitteiden, erityisesti jalkaväkimiinojen, raivaaminen on vaativaa ja aikaa vievää työtä, joka vaatii tarkkojen sulutteen selosteiden lisäksi erikoiskoulutettua henkilöstöä. Miinoitteiden rakentaminen vaatii tarkkaa suunnittelua ja yhteen liittämistä taistelusuunnitelmaan sillä huonosti sijoitettu miinoite vaikeuttaa omien joukkojen toimintaa esimerkiksi vastahyökkäyksessä yhtä paljon kuin vihollisenkin.

Sulutteen teho panssaroituja maaleja vastaan on korkea myös verrattaessa sitä tykistöllä aikaan saatavaan tuho vaikutukseen. Perinteinen tykistön sirpalekranaatti soveltuu huonosti panssarimaalien tuhoamiseen, etenkin liikkuvaan maalin osuminen vaatii suuren määrän kranaatteja ja tuho vaikutukseen vaaditaan käytännössä suora osuma maaliin. Kenttätykistörykmenttien kevyemmällä patteristolla, jonka kalustona on 122 millimetrin haupitsit, ei välttämättä saavuteta tuho vaikutusta nykyaikaiseen taistelupanssarivaunuun edes suoralla osumalla.

Todellista sulutteen tehoa on vaikea laskea käyttäen todennäköisyyslaskentaan perustuvaa arviointia. Hyökkääjän toimintaan ja olosuhteisiin liittyy paljon muuttuvia tekijöitä, joille ei ole mahdollista antaa tarkkaa numeerista arvoa. Arvioinnin onnistumiseksi on tehtävä paljon oletuksia, joita ilman tuloksen saanti on mahdotonta. Taistelukentän yksi merkittävimpiä ja myös arvaamattomimpia tekijöitä ovat kaikilla tasoilla yksittäisten taistelijoiden inhimilliset ratkaisut, joita ei kyetä mallintamaan. Edellä kuvatulla laskentamenetelmällä saadaan suuntaa antava tulos sulutteen tehosta, realistisempaan malliin on mahdollista päästä simuloinnilla, joka vaatisi aiheesta laajemman tutkimuksen.

### **3. TYKISTÖASEJÄRJESTELMÄN TEKNISET MAHDOLLISUUDET KORVATA JALKAVÄKIMIINOJEN SUORITUSKYKY**

Tykistöasejärjestelmän mahdollisuuksia korvata jalkaväkimiinojen suorituskyky tarkastellaan seuraavien järjestelmäkokonaisuuden kautta: maalinpaikannus- ja valvontajärjestelmien, raskaan raketinheittimen ampumatarvikkeiden, tykistön älykkäiden panssarintorjunta- ja kuorma-ammusten sekä sirote miinoitteiden. Kustakin järjestelmästä pyritään löytämään ne tekijät, joilla täytetään Pääesikunnan määrittämät korvaustarpeet tai kehitetään miinoittamisen suorituskykyä.

### 3.1 Maalinpaikannus- ja valvontajärjestelmät

Uudet pitkänmatkan miinoittamis- ja tulitehtävät, miinoitteiden valvonta ja maalinosoitus miinoitteeseen tulevat vaatimaan joko täysin uutta tekniikkaa tai olemassa olevan tekniikan laajamittaisempaa käyttöä osin täysin uusissa tehtävissä, jotta tykistöasejärjestelmää voidaan täydellä teholla hyödyntää korvattaessa jalkaväkimiinojen suorituskykyä ja laadittaessa täysin uudenlaisia tehtäviä tykistölle, kuten kaukomiinoitustehtäviä.

Aihe on hyvin ajankohtainen raskaiden raketinheittimien ja tykistölle hankittavien kauaskantoisten erikoisampumatarvikkeiden hankinnan seurauksena. Valtioneuvoston selonteon mukaan iskukyvyyn kehittämiseen liittyen luodaan kauaskantoisen tulenkäytön edellyttämä tiedustelu- ja maalinosoitusjärjestelmä, joka perustuu suorituskykyisten lennokkien ja nykyaikaisten sensorien hyväksikäyttöön. [57] Seuraavassa tarkastellaan tulevaisuudessa merkittävään rooliin nousevaa maalinosoitus- ja valvontatekniikkaa.

#### 3.1.1 Maastonvalvontatutkat

Tutkan käyttö maastonvalvontaan on yleistynyt. Tutkalla on mahdollista havaita liikkuvia kohteita myös pimeällä ja lähes kaikissa sääoloissa. Havaitut kohteet voidaan lisäksi paikantaa, tunnistaa ja niihin voidaan johtaa tulta.

Maastonvalvontatutkien toimintaperiaate on yksinkertainen, tutka havaitsee kohteita radioaaltojen etenemiseen perustuen. Tutka lähettää sähkömagneettisia aaltoja antennin kautta haluttuun suuntaan. Radioaallot heijastuvat takaisin tai siroavat lähes mistä tahansa esteestä. Takaisin heijastuvat radiokaiut johdetaan antennin kautta vastaanottimeen ja lopulta signaalinkäsittely-yksikköön prosessoitavaksi. [52] Kohteen etäisyys lasketaan valon nopeuden ja radiosignaalin kulkuajan perusteella. Tutka mittaa ajan, joka sähkömagneettiselta aallolta matkaan kuluu ja laskee etäisyyden kohteeseen, josta aalto on heijastunut takaisin. Mikäli sähkömagneettisen aallon eteen ei osu mitään, ei tapahdu myöskään heijastumista. [25]

Tutkan havaitsemisetäisyys riippuu tutkan lähetystehosta ja sektorin koosta, jolle sähkömagneettista aaltoa lähetetään. Eli tutkan teho voidaan levittää laajalle sektorille, jolloin havaitsemisetäisyys on pieni tai teho voidaan keskittää kapealle

sektorille, jolloin havaitsemisetäisyys on suuri. Tutkan lähettämän sähkömagneettisen aallon takia tutkat ovat havaittavissa vastustajan toimin, joten lähetysteho on pidettävä matalana. [52]

Maastonvalvontatutkat soveltuvat parhaiten käytettäväksi aukeaan maastoon, taistelukentän ja sään aiheuttamat häiriöt sekä maaston peitteisyys ja katveet rajoittavat havaintoetäisyyttä. Taulukossa 1 on esitetty mahdollisia mittausetäisyyksiä maastonvalvontatutkalle. [41]

Kohde	Havaintoetäisyys (metriä)
Ihminen	1000 – 5000
Ajoneuvo	6000 – 10000
Tela-ajoneuvo	6000 – 10000

Taulukko 1. Maavalvontatutkien keskimääräisiä havaintoetäisyyksiä hyvissä olosuhteissa [41]

Suomessa maaston peitteisyys rajoittaa maastonvalvontatutkan käyttöä. Käytöstä on kuitenkin saatu erittäin hyviä kokemuksia Etelä-Suomen peltoaukeilta ja Lapista. Doppler –tekniikan takia maastonvalvontatutka havaitsee ainoastaan liikkuvat kohteet. Pienin tutkalla havaittava liikenopeus havaintosuunnassa on noin 0,5 kilometriä tunnissa, joka on neljäsosa normaalista kävelyvauhdista. Maastonvalvontatutkien paino vaihtelee sadoista kilogrammoista kannettaviin noin 30 kilogramman laitteisiin. Niiden suurin toimintaetäisyys on yleensä 20 – 30 kilometriä. Tutkan rajoituksia muihin maastonvalvontamenetelmiin verrattuna ovat aktiivisuuden aiheuttama paljastumisvaara, häirittevyys sekä huono kohteen tunnistus- ja erottelukyky. [31]

Suomessa on käytössä israelilainen AGSUR maastonvalvontatutka. Sen keskeisiä etuja ovat monipuolisuus ja keveys, laite painaa noin 40 kilogrammaa. AGSUR – tutkalla voidaan havaita, valvoa, paikantaa ja tunnistaa liikkuvia kohteita sekä johtaa oman tykistön ja kranaatinheittimistön tulta. Valvottava alue on laajimmillaan 180 astetta leveä ja 20 kilometriä syvä. Tutka ilmaisee havaitun kohteen koordinaatit, suunnan ja etäisyyden. Yhteensä 10 kohteen tiedot voidaan kerralla tallentaa laitteen muistiin, muistiin tallennetut kohteet jäävät myös näkyviin laitteen näytölle. [30]



Kuva 3. Maastonvalvontatutkan pääosat: Käyttöyksikkö, tutka, jalusta, pyörityskoneisto, tähtäin, kuulokkeet ja kaapelit [15]

Tulenojohtotoiminnassa tutkan keilausnopeus kasvaa nelinkertaiseksi, mikä parantaa iskemien havaitsemiskykyä. Tulenojohtokyky on yksi maastonvalvontatutkan keskeisiä toimintoja, koska laite pystyy paikantamaan maaleja olosuhteissa, joissa tähtäminen ei ole mahdollista. Laitteella kyetään johtamaan tyydyttävällä tarkkuudella tulita kuuden kilometrin etäisyydelle, jossa sen paikantamistarkkuus on vielä 60 metriä. Tulita korjataan maaliin tutkan mittaamien iskemien perusteella. [30]

Suurimmat AGSUR:in havaitsemisetäisyydet ovat lähteestä riippuen seuraavat

- henkilö 5 - 7 kilometriä
- kevyt ajoneuvo 10 - 15 kilometriä
- kranaatin iskemä 10 kilometriä
- helikopteri 12 kilometriä
- raskas ajoneuvo 20 - 25 kilometriä.

Tutkan teoreettinen maksimietäisyys on 30 kilometriä. [15][30]

### 3.1.2 Paikantamistutkat

Vastatykistötoiminta on tykistön tärkeimpiä tehtäviä. Ilmavoimien puuttuvan ilmasta-  
maahan kyvyn takia tykistö on Suomessa ainoa keino vaikuttaa vihollisen

tuliyksiköihin. Modernit paikantamistutkat seuraavat raskaiden aseiden, tykistön ja kranaatinheittimistön, ammuksia koko niiden lentoajan, jolloin ne pystyvät paikantamaan kerralla kokonaisia tuliyksiköitä. Parhaimmillaan vastatykistötutkat mahdollistavat tulenavauksen vihollisen tuliasemiin ennen kuin vihollisen ampumat kranaatit osuvat maaliinsa. Ilman tehokasta vastatykistötutkaa vihollisen tuliyksiköiden maalittaminen on haastavaa ja sitoo muuta tiedustelu- ja maalinosoituskykyä.

Suomessa koulutuskäytöstä poistunut kranaatinheittimistön paikantamistutka Cymbeline toimii kahden keilan menetelmällä. Keilattava valvontasektori on noin 40 astetta (675 piirua) leveä ja suurin mittaus-etäisyys 20 kilometriä. Käytännössä suurin mittausetäisyys kevyeen kranaatinheittimeen on noin 10 kilometriä ja raskaaseen noin 15 kilometriä. Cymbeline on ollut Suomessa käytössä jo yli 20 vuotta. Sen korvaaminen uuden sukupolven paikantamistutkalla on ajankohtainen haaste. [30] Uuden paikantamistutkan on kyettävä paikantamaan myös alakulmilla ampuvat epäsuoran tulen yksiköt.

Hyvä esimerkki Suomen olosuhteisiin ja tarpeisiin soveltuvasta modernista vastatykistötutkasta on Suomessakin testattu ARTHUR (Armour Hunting Radar), joka kykenee havaitsemaan niin alakulmilla ammutut tykistön kranaatit kuin yläkulmilla ammutut kranaatinheittimistön ammuksia. ARTHUR:ia käytetään yleensä 2 – 4 tutkan yksiköinä, jolloin ne kykenevät jatkuvasti valvomaan alueen, jonka säde on 40 kilometriä. [7]

### **3.1.3 Maalinpaikannuslaitteet**

Maalinpaikannuslaitteet eivät toimi kuten tutkat, ne vaativat näköyhteyden kohteeseen. Maalinpaikannuslaitteet ovat Suomessa tulenjohtajien käytössä hankalissa sää- ja valaistusolosuhteissa taistelujen painopistealueilla, niillä mahdollistetaan tulenjohtaminen olosuhteissa, joissa pelkällä paljaalla silmällä ei kyetä havainnoimaan maalia.

Suomen kenttätykistön käytössä oleva maalinpaikannusjärjestelmä AFOTAS ART edustaa maalinpaikannuksessa uusinta tekniikkaa. Laitteeseen on integroitu lämpökamera, laseretäisyysmittari ja Goniometri. Sagem Matis Lämpökamera käyttää kahta näkökenttää, leveää ja kapeaa, jotka valitaan käyttötarkoituksen



mukaan. Lämpökamera kykenee havaitsemaan kohteet 9 kilometrin etäisyydeltä ja tunnistamaan ne 3,5 kilometrin etäisyydeltä. Carl Zeiss Halem II etäisyysmittari kykenee mittaamaan kohteet 5 metrin tarkkuudella aina 20 kilometriin saakka. Leica Vectronix SG12 goniometri sisältää digitaalisen magneettikompassin, jonka tarkkuus on 5 – 10 piirua. Goniometri laskee maalin koordinaatit mitattamansa suunnan ja laseretäisyysmittarin ilmoittaman etäisyyden perusteella. AFOTAS ART voidaan kytkeä sanomalaitteeseen, jolloin maalin koordinaatit voidaan lähettää suoraan ampuvaan tuliyksikköön. [13]



Kuva 4. AFOTAS ART tulenjohtajan tulasemassa [13]

Toinen kenttätykistön käytössä oleva maalinpaikantamislaitte on Wild TAS 10 – maalinpaikantamislaitte (target acquisition system). Laitte on kannettava ja akkukäyttöinen. Pimeätoiminnan mahdollistamiseksi laitteen päälle voidaan asentaa pimeäkiikari tai lämpökamera. Laitte voidaan liittää tulenjohto- tai muuhun viestiverkkoon, jolloin paikannetun maalin tiedot välittyvät suoraan omalle tuliyksikölle. Maalinpaikantamislaitte mittaa paikannettavaan maaliin tarkan suunnan ja etäisyyden sekä laskee maalin koordinaatit. Laitteen automaattihyrrä mittaa tarkan lähtösuunnan, suunnanmittaustarkkuus on yksi piiru. Laseretäisyysmittarin tarkkuus

on viisi metriä. Laitteen keskusyksikkö laskee maalin koordinaatit 10 sekunnissa, koordinaattien tarkkuus on etäisyydestä riippuen 10 – 30 metriä. Maalinpaikantamislaitte vaatii näköyhteyden maaliin. [31]

### 3.1.4 Sensorivalvontajärjestelmät

Sensorivalvontajärjestelmä on useista sensoreista koostuva kokonaisuus, jonka tarkoitus on kerätä informaatiota tietyllä alueella tapahtuvasta toiminnasta. Sensorijärjestelmät voivat koostua esimerkiksi seismisistä sensoreista, lämpökameroista, kemiallisista ja biologisista sensoreista, magneettisista sensoreista sekä maastovalvontatutkista.

Nykyaikaiset UGS järjestelmät (Unattended ground sensors), eli sensorit jotka eivät vaadi valvontaa, käyttävät hyväkseen infrapunateknologiaa, seismistä, magnetismista ja akustista havainnointia. Ottawan sopimuksen jälkeen UGS järjestelmiä on kehitetty voimakkaasti vaihtoehtoisiksi miinakentiksi liittämällä asevaikutus niiden valvontajärjestelmiin radiolinkin tai WLAN yhteyden kautta. UGS järjestelmiin on usein liitetty kamera väärin hälytysten havainnoinnin ja maalien varmistamisen mahdollistamiseksi. UTG järjestelmät havaitsevat kohteensa 50 – 500 metrin laajuiselta alueelta, järjestelmien asennustavat vaihtelevat käsin asennuksesta ampumalla levitettäviin sensorivalvontajärjestelmiin. [36]

Sensorivalvontajärjestelmiksi voidaan kutsua myös miehitettyjä valvontalaitteita, joiden toiminta perustuu useamman sensorin yhdenaikaiseen toimintaan. Maakotka on Suomen uusin ja modernein monisensorijärjestelmä, josta käytetään kokonaisuudessaan nimitystä kaukotähystysjärjestelmä. Maakotka on telakuorma-autolle asennettu järjestelmä, joka koostuu videokamerasta, lämpötähystimestä, laseretäisyysmittarista ja paikantamislaitteen inertiyksiköstä. Maakotkan 11 metriä korkea teleskooppimasto mahdollistaa pitkät havainnointietäisyydet, vaunun lämpötähystin kykenee hyvissä olosuhteissa paikantamaan kohteen 15 kilometrin etäisyydeltä, tunnistamaan sen 6 kilometrin etäisyydeltä ja yksilöimään kohteen tarkemmin 3 kilometrin etäisyydeltä. Kuvassa 5 on Maakotka toimintavalmiina. [14]

Lämpötähystintä voidaan käyttää kolmella eri tavalla halutun havainnointietäisyyden ja tarkkuuden mukaan. Näkökenttä voidaan säätää joko kapeaksi, normaaliksi tai leveäksi. Laseretäisyysmittari kykenee mittaamaan kohteet teoriassa 40 kilometrin

etäisyydelle asti. Videokamerassa on 27-kertainen tarkennin. Paikkatietonsa Maakotka saa Rockwell GPS PLGR 96 vastaanottimelta sekä Talin6000 inertialaitteelta. [14]



Kuva 5. Maakotkan alusta on tasattu automaattisesti [14]

### 3.1.5 Ranger–lentotiedustelujärjestelmä

Miehittämättömiä ilma-aluksia käytetään tiedusteluun, valvontaan ja maalinosoitukseen kauaskantoisille asejärjestelmille. Miehittämättömille ilma-aluksille erityisesti sopivia tehtäviä ovat pitkäkestoiset valvontatehtävät, säteily- tai muuten saastuneen alueen tiedustelu sekä korkean vihollisuhan alueella toimiminen eli dull, dirty & dangerous -tyyppiset tehtävät. Ilma-aluksen sensorin kuvaa seurataan maavalvonta-asemalla. [30]

RUAG Ranger on Sveitsissä israelilaisella Israel Aircraft Industriesin lisenssillä valmistettu miehittämätön lentotiedustelujärjestelmä. Sitä käytetään Sveitsin puolustusvoimien lisäksi myös Suomen puolustusvoimissa osana maavoimien tiedustelujärjestelmää. Järjestelmä toimitettiin Suomeen lokakuussa 2001. [43]

Suomeen hankittuun Ranger-lentotiedustelujärjestelmään kuuluu

- 6 x Ranger-UAV (Unmanned Aerial Vehicle)
- maavalvonta-asema
- erillinen antenniyksikkö
- kuvavastaanotin
- maakalustosarja
- huolto- ja ylläpitovälinesarja
- lisäksi Suomesta on hankittu katapultti, sääasema sekä kenttäsähköverkko.

[30] Yksi Suomeen hankituista Rangereista on pudonnut koelennolla, joten toimintakuntoisia lennokkeja on jäljellä viisi.

Rangerin toimintasäde on optimaalisissa olosuhteissa 180 kilometriä. Rangerissa on videokamera ja lämpökamera, jotka mahdollistavat lentotiedustelun 4500 metrin korkeudelta. Lisätoimintoina Rangeriin on mahdollista hankkia miinoitteen havaitsemiskyvyn omaava laitteisto tai elektronisen sodankäynnin laitteistoa. [43]

### **3.1.6 Johtopäätökset**

Kymmenien kilometrien etäisyydelle vaikuttamaan kykenevät asejärjestelmät vaativat tehokkaan maalinosoitusjärjestelmän tai niiden suurta kantamaa ei kyetä täysin hyödyntämään. Menetelmät maalinpaikantamiseen syvältä vihollisen selustasta voidaan jakaa kolmeen ryhmään: tiedustelutulenjohtoon, tutkapaikannukseen tai ilmatiedusteluun.

Suomalainen tiedustelutulenjohto ei kykene kattavasti paikantamaan maaleja yli 20 kilometrin etäisyydeltä etulinjasta. Maalinpaikannus onnistuu hyvissä olosuhteissa nykyisellä Suomessa olevalla tutkakilustolla 20 kilometrin etäisyydelle raskaan kaluston osalta. Suurin heikkous on alakulmilla ampuvan tykistön tuliasemat paikantamaan kykenevän vastatykistötutkan puute sekä vastatykistötutkien vähäinen määrä. Erityisesti vastatykistötutkien uusiminen on ajankohtaista, etenkin kun uusien kauaskantoisten epäsuoran tulen ammusten ja asejärjestelmien tärkeimpiä maaleja ovat vastatykistömaalit.

Vihollisen lähes täydellinen ilmaherruus estää tehokkaan ilmatiedustelun. Vihollisuhan allakin tiedustelemaan kykeneviä Ranger-lennokkeja Suomessa on vain

viisi, joten niillä kyetään tukemaan vain painopistesuunnan maalitiedustelua. Lennokijärjestelmän etuja ovat sen pitkä toimintasäde sekä kyky toimia vihollisuhan alla. Ranger-lentotiedustelujärjestelmä on täällä hetkellä ainoa reaaliaikaiseen kaukotulenjohtoon kykenevä järjestelmä Suomessa.

Sulutteiden valvontaan tehokkaimpia laitteita ovat maastonvalvontatutkat sekä sensorivalvontajärjestelmät. Maastovalvontatutkien keskimääräinen havaintoetäisyys ihmiseen on 1000 – 5000 metriä, joka riittää esimerkiksi pataljoonan painopistesuunnan sulutteiden valvontaan. Sensorivalvontajärjestelmät ovat kehittymässä tehokkaimmaksi keinoksi valvoa sulutteita, niistä ei ole vielä saatavilla yksityiskohtaista julkista tietoa. Miinoitteiden valvontaan tarkoitettut järjestelmät tulevat todennäköisesti olemaan pääosin miinoitteisiin asennettavia, pienikokoisia valvontalaitteita, joiden toiminta perustuu esimerkiksi seismisiin, magneettisiin tai infrapunasensoreihin.

Paikantamislaitteiden ja maastonvalvontatutkien heikkous on niiden vaatima näköyhteys kohteeseen, jolloin miinoitteen valvonta vaatisi edelleen runsaasti henkilöstöä, käytännössä vähintään erikoiskoulutetun tulenjohtopartion. Tutkien käytölle rajoituksia asettaa niiden aktiivisuuden aiheuttama paljastumisvaara, häirittevyys sekä huono kohteen erottelu- ja tunnistuskyky. Valvonta onnistuu kuitenkin teknisillä apuvälineillä aiempaa kauempaa ja haastavammissa olosuhteissa.

Hankittaessa valvonta- ja maalitietoa lukuisista eri sensoreista ja pitkiltä etäisyyksiltä, keskitetyn maalitiedon kokoamiseen soveltuvan tietojärjestelmän vaatimukset ja tarve kasvavat erityisesti jalkaväikyksiköissä. Tykistön AHJO kykenee todennäköisesti lähitulevaisuudessakin vastaamaan tykistön kasvavan maalitiedon käsittelystä laajalla toiminta-alueella mutta jalkaväen käytössä ei tällä hetkellä ole tarkoitukseen sopivaa järjestelmää. Kootun maalitiedon edut ovat huomattavat, kun vihollistietoa saadaan useasta eri järjestelmästä prikaatin tai pataljoonan alueella. Jalkaväen on saatava itselleen tarpeellinen tieto vihollisen toiminnasta reaaliaikaisena sekä kyettävä samalla järjestelmällä välittämään mahdollinen tulikomento tykistölle halutun vaikutuksen saavuttamiseksi. Esimerkiksi maavoimien tietojärjestelmän (MATI) tai tiedustelulaitteen käyttö tähän tarkoitukseen vaatii lisätutkimusta.

### 3.2 Raskas raketinheitin

Raketinheitimet, joiden tehokas kehittäminen lähes lopetettiin toisen maailmansodan jälkeen kaikkialla muualla paitsi silloisessa Neuvostoliitossa, ovat jälleen viimeaikoina nousseet laajasti kehitettävien asejärjestelmien joukkoon. Aikaisemmin raketinheitimien keskeisimmiksi puutteiksi katsottiin liian suuri hajonta ja pieni osumatarkkuus sekä liian pitkät aikaviiveet maalin paikantamisesta tulenavaukseen. Kaikkiin näihin ongelmiin on jo nyt kyetty löytämään ratkaisut nykytekniikan avulla ja samalla on saavutettu aikaisempaa suurempia kantamia ja tehokkaampia rakettien taistelulatauksia. [16]

Puolustusministeri Seppo Kääriäinen on tehnyt 5.1.2006 päätöksen raskaan raketinheitinjärjestelmän hankinnasta. Hankinnan kokonaisarvo on 45,3 milj. euroa ja se rahoitettiin vuoden 2005 ensimmäisessä lisätalousarviossa myönnetyllä raskaan raketinheitinjärjestelmän (Multiple Launch Rocket System, MLRS) tilausvaltuudella. Varsinainen raskas raketinheitinjärjestelmä, joka koostuu M270 heittimistä, ampumatarvikkeista, johtamislaitteista sekä huolto- ja testausvälineistä, hankitaan käytettynä Alankomaiden puolustusvoimilta. Saksan puolustusvoimilta hankitaan taas AT-2 miinaraketteja. Järjestelmäkokonaisuuteen kuuluu lisäksi saksalaiselta Diehl BGT Defence GmbH & Co. KG:lta hankittava 122 mm harjoitusrakettijärjestelmä sekä ampumatarvikkeiden muutostyöt. [44]

Järjestelmä käsittää 22 heitintä, patterien ja huoltojärjestelmän tarvitsevat ajoneuvot, varaosapaketit sekä erikseen sovittavan määrän ampumatarvikkeita. [50] Hanke jakautuu kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa luodaan koulutus-, varastointi- ja huoltojärjestelmä sekä hankitaan asemateriaali kolmelle patterille ampumatarvikkeineen. Toisessa vaiheessa hankitaan ohjautuvia raketteja sekä tehdään niiden tarvitsemat muutostyöt lavetteihin ja ammunnanhallintaan.

M270-heittimessä on kiinteiden putkien sijaan kehikko rakettikasettia varten. Tämä mahdollistaa läpimitaltaan ja kooltaan erilaisten raketien ja jopa tykistöohjusten ampumisen. [12] Varusmieskoulutus aloitetaan tämän hetken suunnitelmien mukaan vuonna 2008. Ensimmäiset koeammunnat ja kenttäkokeet järjestelmälle tehdään vuoden 2007 lopulla henkilökunnan käyttämänä. [45]

Raketinheitimen ampumatarvikkeiden tarkastelun painopisteenä ovat M270-heittimen MLRS – ampumatarvikeperheen (MFOM, MLRS Family Of Munition)

raketit, joita ovat muun muassa

- M26 kuormaraketti, ampumaetäisyys 32 km, 644 tytärammusta
- M26A1/A2 (ERR) pitkän kantaman kuormaraketti, ampumaetäisyys 45 km
- M28 harjoitusraketti, perustuu M26-rakenteeseen (hankitaan Suomelle)
- M28A1 RRPR lyhyen kantaman harjoitusraketti
- AT2 miinaraketti, ampumaetäisyys 38 km (hankitaan Suomelle)
- M30 GMLRS ohjautuva raketti, ampumaetäisyys 60 — 100 km, esisarjatuotannossa, useita hyötykuormavaihtoehtoja (hankintaa Suomelle tutkitaan)
- ATACMS ohjus, ampumaetäisyys 165—330 km (hankintaa Suomelle tutkitaan) [45]

Raketinheittimelle tullaan hankkimaan myös Suomeen monipuolinen ampumatarvikevalikoima. Tykistön tarkastajan eversti Haaksialan mukaan Puolustusvoimat aikoo hankkia raketinheittimelle täsmäammuksia kun sopivia ampumatarvikkeita tulee markkinoille. M270:n kantama on Suomen vanhoihin 122 raketinheitin 76:een ja 122 raketinheitin 89:ään verrattuna yli kaksinkertainen. [46]

Yhdysvaltojen sotakokemukset osoittavat, että raskas raketinheitin tuo merkittävästi lisää tehoa epäsuoran tulen käyttöön. Yhdeksän raketinheitintä käsittävä MLRS patteri kykenee tuhoamaan yhdellä täyssarjalla neljä tulipatteria. Laukausmäärä jää pieneksi ja tulitusaika lyhyeksi. Persianlahden ensimmäisessä sodassa MLRS patterin täyssarjalla ja kymmenellä patteriston kerralla tuhottiin panssariyrykmentti. Ilman raskasta raketinheittimistöä ja nykyaikaisia ampumatarvikkeita tykistön tulen teho jää häirinnän tasolle. [47]

### 3.2.1 Sirpaleraketit

Sirpalevaikutteisen raketin taistelukärki on yleensä tarkoitettu elävää voimaa ja panssaroimattomia ajoneuvoja sekä kalustoa vastaan. Vaikutus maalissa voi perustua ammuskuoren sirpaloitumiseen tai taistelukärkeen sijoitettuihin teräshauleihin, jotka vaikuttavat sirpaleiden tavoin ammuksen räjähtäessä.

Elävään voimaan vaikuttavien sirpaleiden koko vaihtelee 0,5 – 1,0 gramman sirpaleiden alkunopeudesta ja muodosta riippuen. [4] Rakettien taistelukärkien sirpaleitiheys on noin 1,5-kertainen vastaaviin kenttätykistön ammuksiin verrattuna. Rakettiin kohdistuvan pienen lähtörasituksen takia voidaan niiden taistelukärjissä

käyttää suurempaa räjähdysainemäärää kuin kenttätykkien kranaateissa, jolloin sirpaleiden lähtönopeudet saadaan suureksi. [56]

Nykyaikaisissa asejärjestelmissä kuormaraketit ovat syrjäyttäneet lähes kokonaan sirpaleraketit. Kuormarakettien esisirpaloiduilla tytärammuksilla saavutetaan huomattavasti korkeampi tulen tiheys kuin perinteisillä sirpaleraketeilla.

### 3.2.2 Kuormaraketit

Raketinheittimistön tulen tehoa parannetaan kehittämällä uusia kuormaraketteja sekä maaliin hakeutuvia sirotteita ja taistelukärkiä. Koska raketikasetit mahdollistavat läpimitaltaan erikokoisten rakettien laukaisun, ovat uudet, toiminnaltaan toisistaan poikkeavat maalintunnistuslaitteet helpommin sijoitettavissa rakettien sirotteisiin. Herkkä elektroniikka joutuu raketin laukaisun yhteydessä huomattavasti pienemmän rasituksen kohteeksi kuin esimerkiksi 155 millimetrin haupitsissa. Yli 160 millimetrin heittimillä perustaistelukärkenä on kuormaraketti, joka sisältää tehokkaita DPICM (dual-purpose improved conventional munition) –sirotteita. Nämä ammuksot ovat tehokkaita paikallaan olevia ja hitaasti liikkuvia, kevyesti panssaroituja tai suojaamattomia laajoja aluemaaleja vastaan. Nämä raketit ovat suunniteltu erityisesti vastatykistötoimintaan. [38]

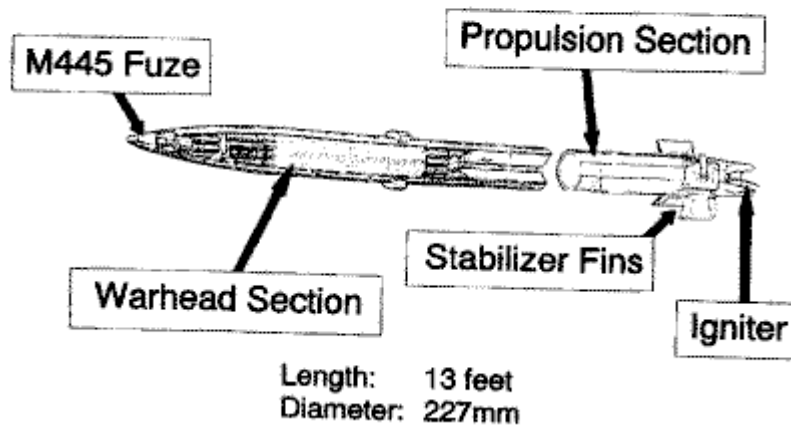
Kuormaraketin vaikutus maalissa perustuu tytärammusten sirotteiden lähes yhtäaikaiseen toimintaan maalialueella mahdollistaen korkean hetkellisen tulentiheyden. Toinen kuormarakettien käyttötapa on miinakenttien nopea muodostaminen ampumalla kohteeseen miinaraketteja, joista purkautuvat miinat laskeutuvat maaliin joko vapaasti pudoten tai laskuvarjolla hidastettuina. Tytärammukset voivat olla tarkoitettu ainoastaan elävää voimaa vastaan, ainoastaan panssarintorjuntaan tai henkilöstöä ja panssaroituja ajoneuvoja sekä kalustoa vastaan. [38]

MLRS raketinheitinjärjestelmälle on kehitetty useita kuormaraketteja. M26 raketti pystyy kuljettamaan maalialueelle 31,6 kilometrin päähän 644 kaksitoimista DPICM M77 tytärammusta, ammuksen läpileikkaus kuvassa 7. Kyseiset ammuksot vaikuttavat kevyesti panssaroituihin kohteisiin suunnatulla räjähdys vaikutuksella. Ammuksen läpäisykyky on 76 – 102 millimetriä. Ammuksen räjähtäessä sen kuori vaikuttaa sirpaloitumalla henkilöstöön neljän metrin säteellä räjähdyspaikasta.



Ammuttaessa 15 kilometrin etäisyydelle raketilla on mahdollista kattaa 200 x 100 metrin suuruinen alue. Raketinheittimen tulinopeuden ollessa 12 raketia minuutissa alueelle saadaan minuutin aikana yhdellä heittimellä 7728 tytärkранаattia. [23]

## M26 Rocket



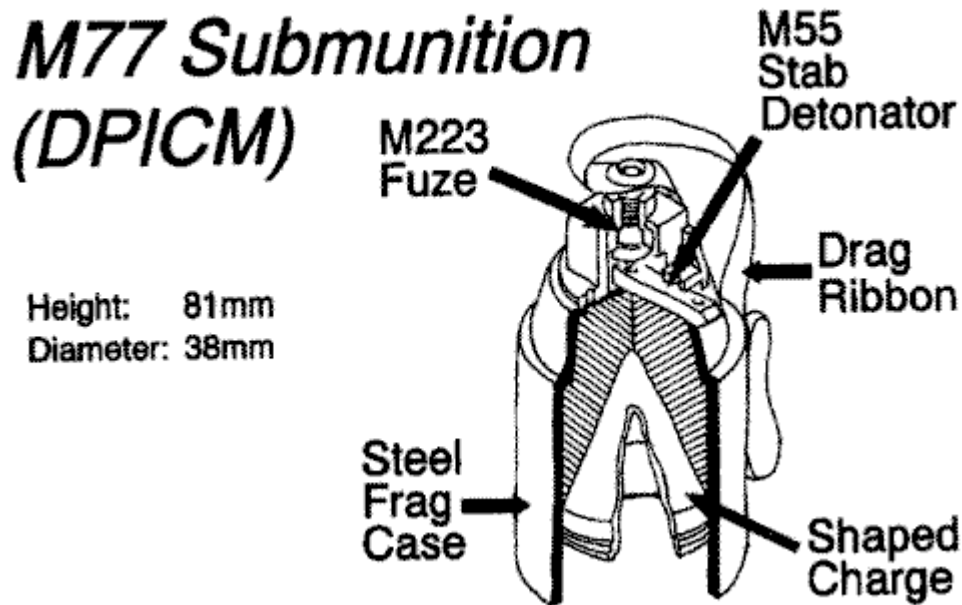
Kuva 6. M26 raketin pääosat: M445 sytytin, taistelulataus, joka koostuu 664 tytärammuksesta, rakettimoottori, vakautussiivet ja sytytin [28]

DPICM ammuksista merkittävä osa, maastosta riippuen 2 – 10 prosenttia jää räjähtämättömiksi, mikä hidastaa ja vaikeuttaa pommitetun maaston käyttöä. [9][29] Räjähtämättömien määräksi on arvioitu jopa 10 prosenttia 17 kilometrin ja kahdeksan prosenttia 37 kilometrin ampumaetäisyydellä. Viimeisimpien testien jälkeen toimintavarmuusprosentiksi on DPICM raketilla hyväksytty 20 – 60 kilometrin ampumaetäisyydellä kaksi prosenttia ja 15 – 20 ja 60 – 70 kilometrin ampumaetäisyyksillä neljä prosenttia. [29]

Yleisesti tytärammusten räjähtämättömyyteen vaikuttaa laukaisumenetelmä, tytärammuksen ikä, vallitseva ilman lämpötila sekä pinta, jolle tytärammus putoaa. Mutainen tai pehmeä maa lisää merkittävästi tyräammusten räjähtämättömyysprosenttia. Tytärkранаattien nauha voi tarttua puihin, kasveihin tai rakennelmiin. Myös korkeat puut voivat hidastaa tytärammuksen putoamista siten, että sen putoamisnopeus maahan ei riitä räjäyttämään sitä. M77 tytärammuksen tulee pudota 65-90 asteen kulmissa räjähtääkseen. [8]

Räjähtämättömien ammusten suuri määrä on estänyt Suomea hankkimasta M26 raketteja. Puolustusvoimat vakuuttaa, ettei Suomeen hankita kyseisiä ammuksia.

Selvityksen alla ovat uudentyyppiset rypälepommit, jotka ovat aiempaa vaarattomampia räjähtämättöminä. [33]



Kuva 7. M77 tytärammus. Kevyen ja pienikokoisen tytärkraatin tehokas tuho vaikutus perustuu osumaan panssarivaunun kattoon ja suunnattuun räjähdysvaikutukseen [9]

Lockheed Martinin kehittämä XR-M77 on uusi versio M26 raketista. Raketin taistelukärkeä on lyhennetty ja siinä on 518 tytärkraattia mutta kantama on kasvanut 45,5 kilometriin ja raketti on tarkempi kuin edellinen versio. [23]

Panssarintorjuntaan MLRS raketinheittimelle on kehitetty SADARM (Sense and destroy armour) raketti. Raketin kuusi tytärammusta laskeutuvat laskuvarjojen varassa ja etsivät maalia noin 200 x 400 metrin suuruiselta alueelta. Tytärkraatin paikannettua maalin sytytin toimii ja ammus vaikuttaa maalin kattoon. [23] Pienellä määrällä ohjautuvia ammuksia saavutetaan usein suurempi tulivaikutus panssaroiuihin maaleihin kuin suurella määrällä tavanomaisia tytärkraatteja.

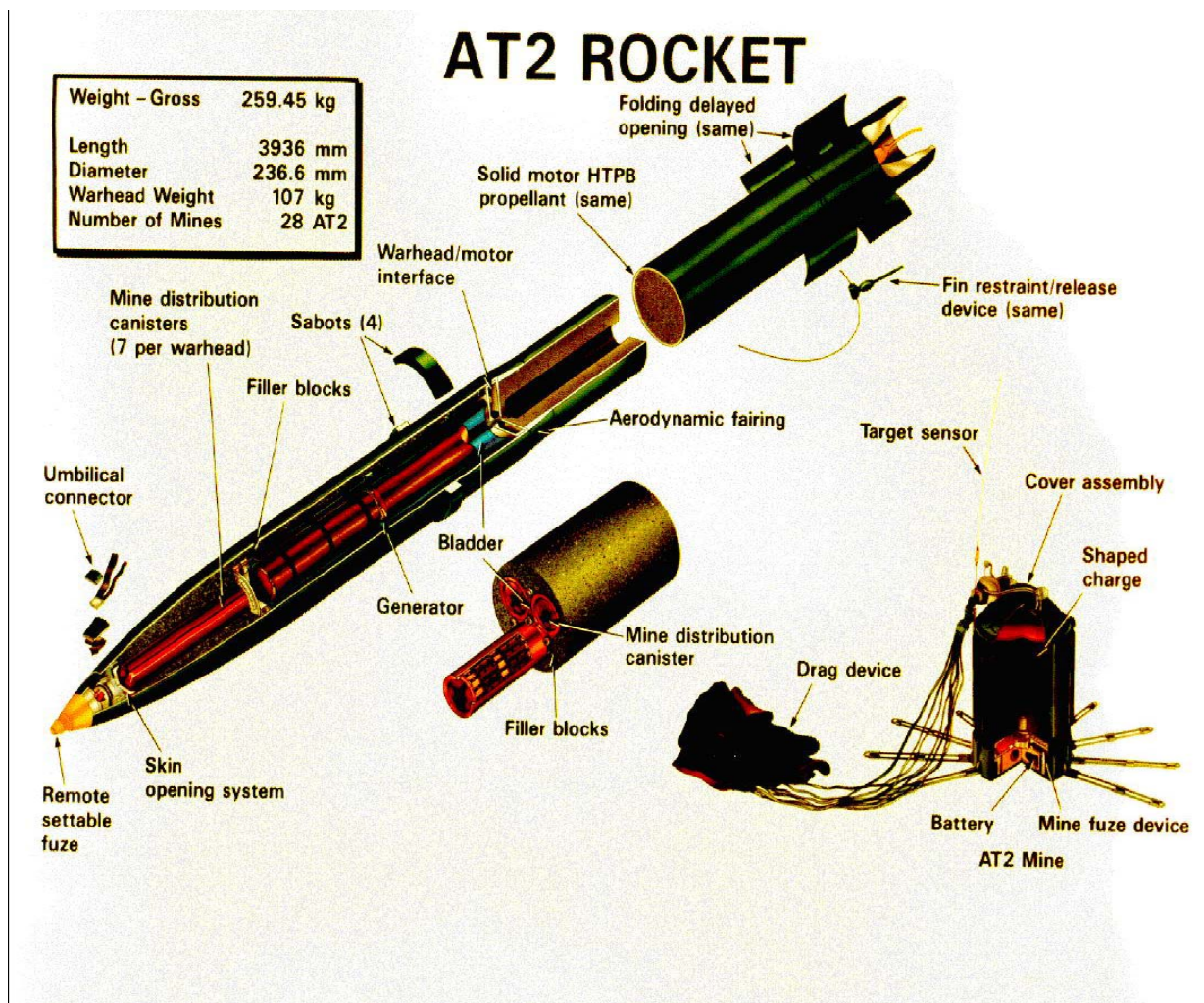
Panssarintorjuntaraketit vaikuttavat maalissa läpäisemällä panssarin joko ontelohanoksella tai taistelukärjen liike-energialla. Viimeksi mainittu on usein muodoltaan niin sanottu nuoliammus (flechette). [56]

Saksassa kehitetään älykästä kuorma-ammusta, joka saavuttaa 60 kilometrin ampumaetäisyyden. Sen hyötykuormaksi on suunniteltu SMart tytärammuksia.

Raketissa on automaattiohjaus GPS paikannuksella, lisäksi raketti kykenee muuttamaan lentorataansa raketissa olevien ohjauskanavien avulla. [22]

### 3.2.3 Miinaraketit

Ensimmäisessä vaiheessa Suomeen on hankittu raskaalle raketinheittimelle ainoastaan AT2 miinaraketteja. AT2 miinaraketti sisältää 28 kappaletta AT2 panssarimiinoja, jotka ovat pakattu seitsemään alumiiniseen kanisteriin. Miinat laskeutuvat laskuvarjojen hidastamina maahan ja muodostavat miinoitteen. [32]



Kuva 8. Miinaraketin ja AT2 panssarimiinan läpileikkaus [22]

AT2 miinaraketti on kevyt, se painaa vain 259 kilogrammaa, joten sen kantama on suhteellisen pitkä, noin 40 kilometriä. Miina painaa 2,25 kilogrammaa, josta noin 700 grammaa on räjähdysainetta, sen läpäisy on 140 millimetriä panssariterästä. [23] Miinan tuhovaikutus perustuu räjähtämällä muotoutuvaan projektiiliin. Miinassa on lisäksi käsittelynestolaitteisto käsin raivaamisen vaikeuttamiseksi. [24]

AT2 miina virittyy 20,8 sekunnin kuluttua maahan osumisesta. Miinassa on itsetuhomekanismi, jossa on kuusi eri aikautusvaihtoehtoa, miina tuhoaa itsensä viimeistään neljän vuorokauden kuluttua virittymisestä. Todennäköisyys, että miina ei tuhoudu itsetuhomekanismin toimesta, on erittäin pieni. Miinaraketin optimaalinen hajonnasta ja virittymisajasta johtuva ampumaetäisyys on 11,5 – 30 kilometriä. Lyhin mahdollinen ampumaetäisyys miinaraketilla on 11,5 kilometriä, joka johtuu miinaraketin lentoratavarmistuksen vaatimasta 10 sekunnin lentoajasta ennen virittymistä. [58]



Kuva 9. AT2 panssari miina kääntyy maahan pudottuaan oikein päin oikaisuvarsien avulla [24]

Miinan osuessa maahan sen laskuvarjo irtoaa ja miinaan asennetut oikaisuvarret kääntyvät esiin varmistaen, että miinan taistelukärki osoittaa ylöspäin. Tarvittaessa oikaisuvarret kääntävät miinan oikein päin. Miinan maalintunnistusantenni (puikkolaukaisin) nousee esiin vasta sen jälkeen kun oikaisuvarret ovat saattaneet miinan oikeaan asentoon. Miina räjähtää kun maalintunnistusantenni tai miinan päälle sijoitettu painepala antavat komennon sytyttimelle. AT2 panssarintorjuntamiinan räjähdeosa on 128 millimetriä korkea, runko kokonaisuudessaan on 165 millimetriä korkea ja 103,5 millimetriä leveä. Maalintunnistusantenni virittyneenä on 700 millimetriä korkea. [24]

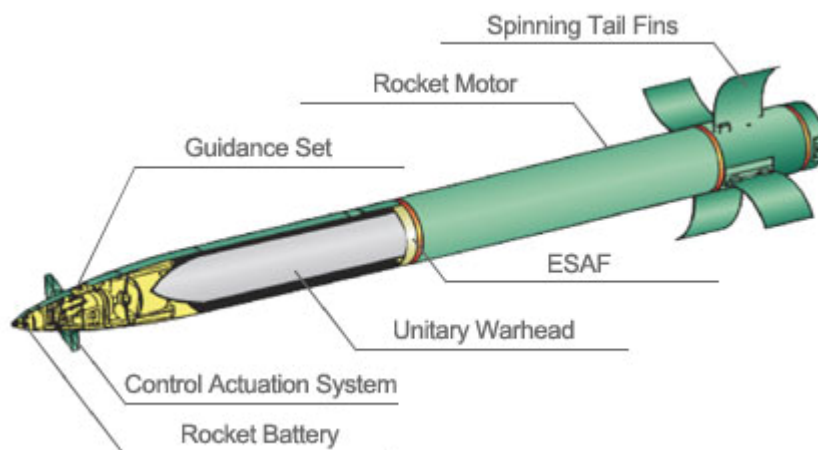


Miinoitusraketti 9M527 sisältää 25 panssariamiinaa, joissa on 1,5 kilogrammaa räjähdysainetta. Raketin kantama on 90 kilometriä. Miinoissa on itsetuhomekanismi, joka on säädettävissä 16 tai 24 tuntiin. [23]

### 3.2.4 GMLRS

GMLRS (Guided Multiple Launch Rocket System) on kehitteillä oleva raketti, jonka ammusten ohjattavuus perustuu GPS (global positioning system) ohjaukseen sekä inertiasuunnistukseen. [23] GMLRS raketit ovat ensimmäistä kertaa operatiivisessa käytössä Irakissa.

Lockheed Martinin kehitteillä oleva GMLRS XM30 raketti ohjautuu maaliin GPS ohjauksen sekä inertiasuunnistuksen avulla. Raketissa on ohjaussiivekkeet, jotka mahdollistavat lentoradan korjauksen paikkatiedon perusteella. Ammuksen valmistajan ilmoittama maksimi ampumaetäisyys on noin 70 kilometriä. [11]



Kuva 10. Unitary latauksella varustettu GMLRS raketti [11]

GMLRS järjestelmä sisältää kaksi erityyppistä rakettia, niiden ohjausperiaate on sama mutta niissä on erilaiset taistelukärjet. DPICM (Dual-Purpose Improved Conventional Munition) raketti koostuu 404 tytärammuksesta, sitä käytetään kevyesti panssaroituja, paikallaan olevia kohteita, kuten tykkitorneja sekä ilmatorjunta- ja viestiasemia vastaan. Unitary rocket (kuva 10) puolestaan on raketti, jonka taistelulataus on 90 kilon painoinen yksittäinen taistelukärki. Sen sytytin voidaan asettaa toimimaan kolmella eri tavalla. Henkilöstöä vastaan sytytin voidaan asettaa toimimaan ilmaräjähteisesti (proximity fuze), linnoitettuja asemia vastaan hidastetusti

(delayed fuze) ja yksittäisiä kevyesti panssaroituja kohteita vastaan iskusytytyksellä (point detonating fuze). [29]

GMLRS raketit kantavat selkeästi pidemmälle ja osuvat maaliinsa huomattavasti tavallista vapaasti lentävää rakettia paremmin. Lisäksi niiden korkeampi tulen teho mahdollistaa maalien tuhoamisen aikaisempaa pienemmällä rakettimäärällä, jolloin raketinheittimistön vaatima kuljetuskapasiteetti on pienempi kuin ammuttaessa vapaasti lentäviä raketteja. 11.1.1999 Yhdysvalloissa suoritetuissa testeissä GMLRS raketilla osuttiin parhaillaan 2.1 metrin päähän maalipisteestä kun ampumaetäisyys oli 49 kilometriä. Valmistaja lupaa ammuksen todennäköisen osumatarkkuuden (CEP) olevan 5 metriä. [29] GMLRS raketin tarkkuudesta ei ole olemassa puolueettomia mittaustuloksia, koska ammus on vasta Yhdysvaltojen armeijan käytössä ja kaikki julkisuuteen ilmoitetut testitulokset ovat valmistajan ilmoittamia.

Rakettien toimintavarmuuden kehittäminen on tällä hetkellä valmistajan suurin ongelma. GMLRS järjestelmän suurin ongelma on vielä tällä hetkellä suuressa prosentuaalisessa määrässä räjähtämättömäksi jäävissä tai vain osittain toimivissa DPICM ammuksissa. Räjähtämättä jäävien tai viallisesti toimivien rakettien osuuden hyväksytyksi määräksi oli alun perin asetettu yksi prosentti. Testeissä ammutuista DPICM raketeista 1.2 – 7.6 prosenttia on joko jäänyt laukeamattomaksi tai ei ole levittänyt tytärammuksia. Kuitenkin jo nykyisellä tasolla GMLRS järjestelmän raketit ovat luotettavampia kuin käytössä olevat M26 raketit. [29]

### **3.3 155 K 98 kuorma-ammukset**

Kuorma-ammukset ovat nousseet merkittäväksi tykistön ampumatarvikkeeksi niiden kantaman suuren hyötykuorman ansiosta. Kuorma-ammukset mahdollistavat erilaisten taistelulatausten ampumisen samalla aseella. Kuorma-ammuksia voidaan käyttää tehokkaasti sekä pehmeitä että kovia maaleja vastaan. Tytärammuksia on olemassa kahdenlaisia, hakupäällä varustetut etsivät maaliinsa itsenäisesti ja tavanomaisilla tytärammuksilla osuma varmistetaan suurella tulen tiheydellä. Suuri tulentiheys aiheuttaa suuret tappiot erityisesti jalkaväelle.

Kuorma-ammuksen toimintaperiaate on yksinkertainen. Kuorma-ammuksen toimiessa aikasytytin sytyttää mustaa ruutia olevan ulosheittopanoksen noin 300 - 500 metrin korkeudessa maalialueen yläpuolella. Ruutikaasujen aiheuttama paine

työntää männän avulla tytäkranaatteja taaksepäin ja ammuksen peräosa irtoaa. Tytäkranaatit leviävät ympäriinsä ammuksen pyörimisliikkeen aiheuttaman keskipakoisvoiman vaikutuksesta ja putoavat maahan noin 120 x 150 metrin kokoiselle ellipsin muotoiselle alueelle. Alueen koko riippuu ammuksen pyörimisnopeuden lisäksi sen tulonopeudesta, tulokulmasta ja toimintakorkeudesta. Ilmalennon aikana tytäkranaatit virittyvät ja itsetuhoelementin pyrotekninen viiveosa syttyy tai sähköinen itsetuhomekanismi virittyy. Vakautusnauhan ansiosta tytäkranaatit kääntyvät oikein päin ja osuvat maahan 70-80 asteen kulmassa. Maahantulonopeus on noin 45 metriä sekunnissa. Jarrusiivekkeet hidastavat tytäkranaatin pyörimisnopeuden alle 2500 kierrokseen minuutissa. Tytäkranaatin osuessa kohteeseen herkkä iskusytytin toimii ja räjäyttää panoksen. [3]

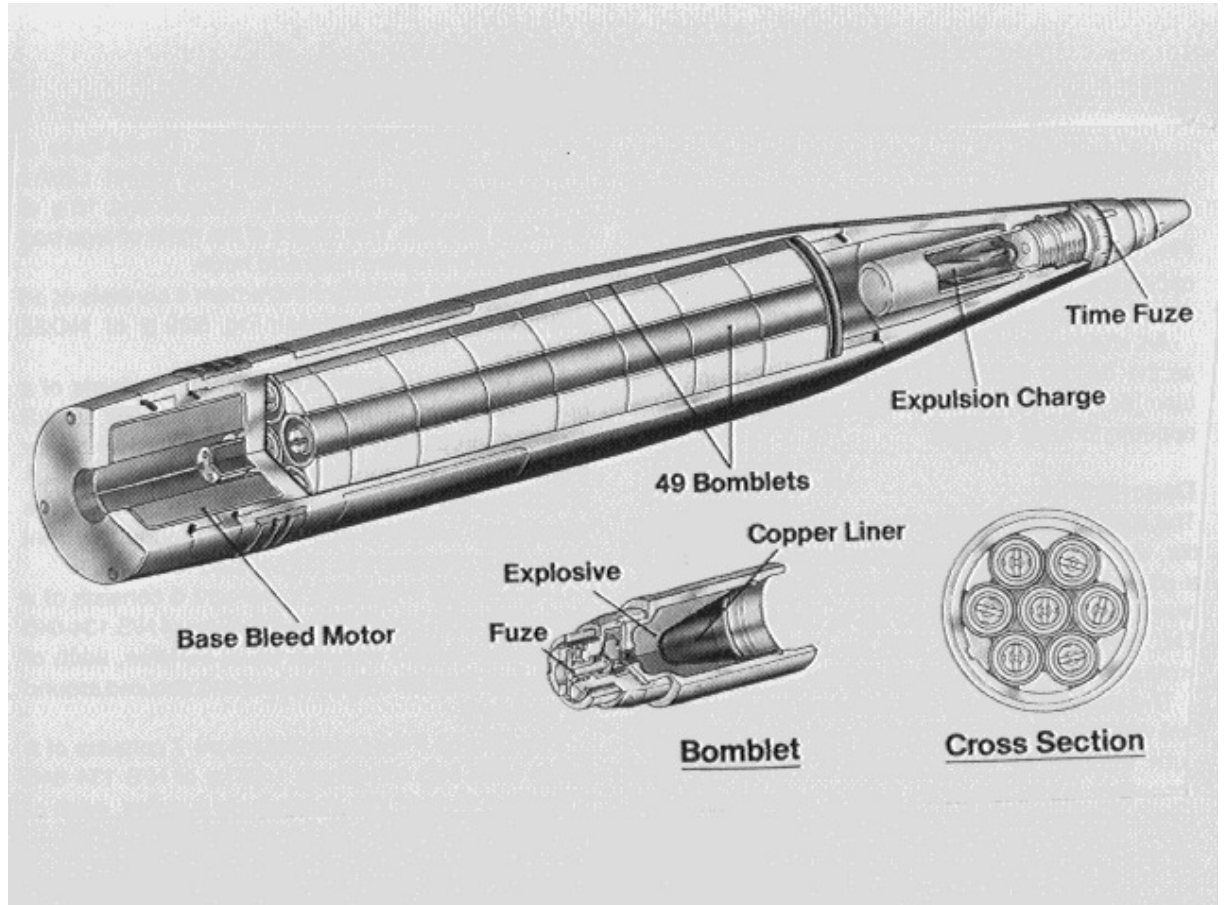
Euroopassa ja Yhdysvalloissa on viimeisen vuosikymmenen ajan ollut käytössä kaksitoimisia kuorma-ammuksia, joilla kyetään vaikuttamaan tehokkaasti sekä kevyesti panssaroituihin ja suojattomiin maaleihin. Hyvin panssaroituja maaleja vastaan on kehitetty vaikutusosan toiminnan perusteella joko ontelopanoksen vaikutukseen (Strix, Kitolov) tai räjähtämällä muotoutuvan projektiin (SADARM, BONUS, SMart) vaikutukseen perustuvia maaliin itsenäisesti hakeutuvia tai laservalaisuun hakeutuvia ammuksia. [39]

Itsenäisesti maaliin hakeutuvat kuorma-ammukset, kuten ruotsalais-ranskalaisena yhteistyönä kehitettävä BONUS, saksalainen SMart tai Yhdysvaltalainen SADARM muodostavat oman uuden sukupolven kuorma-ammusryhmänsä. Nämä purkavat 155 millimetrin kuorma-ammuksen sisältä kaksi tytärammusta, jotka vakautetaan joko tytärammuksen siivekkeillä tai laskuvarjoilla ja saatetaan pyörimään noin 300 metrin korkeudella. Tytärammuksessa olevat sensorit tunnistavat kohteena olevan maalin ja laukaisevat räjähtämällä muotoutuvan projektiin, joka läpäisee maalin katon. Hakupäinä edellä mainituissa ammuksissa käytetään millimetriaaltoalueen tutkaa, infrapuna-alueen sensoria, radiometriä tai edellä mainittujen yhdistelmiä. [39]

### **3.3.1 DM 662**

Suomeen on hankittu 155 K 98:lle saksalaisia DM 662 kuorma-ammuksia. Kranaatti sisältää 49 ontelopanoksella varustettua ja sirpaloituvaa DM 1385 tytäkranaattia. Tytäkranaateissa, jotka ovat tehokkaita panssaroituja- ja henkilömaaleja vastaan, on herkkä itsetuhotoiminnalla varustettu sytytin. Ammuksen maksimikantama 155 K 98

tykillä on 35,9 kilometriä. Tytärkreenaattien ulosheitto ammukselta tapahtuu 300 – 500 metrin korkeudessa maalin yläpuolella ja ne räjähtävät iskusta. Ulosheittokorkeudesta riippuen tytärkreenaattien iskemäalueen koko vaihtelee. Noin 350 metrin korkeudelta iskemäalue on noin 100 x 150 metriä. [1]



Kuva 11. DM 662 kuorma-ammuksen läpileikkaus. Kuvan kreenaatissa perävirtausyksikkö [22]

Ammus on varustettu perävirtausyksiköllä, joka pidentää oleellisesti ammuksen kantamaa. Perävirtausyksikön ruutipanokset palavat 20 – 35 sekuntia, jona aikana perävastus on merkittävästi vähentynyt. Ennalta määrättyssä pisteessä lentoradalla aikasytytin sytyttää ulosheittopanosen. Tytärkreenaatit ja muut osat putoavat omalla ballistisella radallaan maahan ja leviävät maalialueelle muodostaen ovaalinmuotoisen iskemäkuvion. Tytärkreenaatit pyörivät pitkittäisakselinsa ympäri ja vakautusnauha suuntaa ne putoamaan ontelopanos edellä maahan. Itsetuhoyksikkö toimii 15 sekunnin viiveellä jos iskusytytin ei ole räjäyttänyt tytärkreenaattia. [1]

Tytärkreenaatin kuori rakentuu 13 teräsrenkaasta, jotka ovat puristettu yhteen stand-off –renkaan ja tytärkreenaatin kannen kanssa. Teräsrenkaat ovat ammuksen



sisäpinnalta esisirpaloitu maksimaalisen sirpalevaikutuksen varmistamiseksi. Tytärkranaatti sisältää 44 gramman räjähdyspanoksen. [1] Ammus vakautetaan sen perässä olevalla nauhalla ja pyörimistä hidastetaan pienillä siivekkeillä. Panssariin osuessaan ontelopanos läpäisee 105 millimetriä panssariterästä. Kuoresta syntyneet sirpaleet ovat tehokkaita alle 10 metrin etäisyydellä olevia pehmeitä maaleja vastaan. [19] Tytärkranaatin hyvä läpäisy on todennettu Koeampumalaitoksen testeissä, joten valmistajan ilmoittamaa läpäisyä voidaan pitää luotettavana tietona.

### **3.4 Tykistön hakeutuvat panssaritorjunta-ammukset**

Tykistön kranaattien hajonnan ja osumatarkkuuden parantaminen on maalien pientymisen ja yksittäisten pistemaalien merkityksen lisääntymisen seurauksena sotatekniikassa ajankohtainen aihe. Täsmäammukset ovat suunniteltu pääasiassa panssaroituja maaleja vastaan. Niiden infrapunasensorit ja millimetrialtoalueen tutkat ovat suunniteltu tunnistamaan helposti maastosta erottuvat panssarivaunut. Täsmäammusten tuhovaikutus perustuu yleensä ontelokranaattiin ja ammukset ovat suunniteltu iskeytymään panssarivaunujen kattoon. Läpäisy ontelokranaateilla on yleensä yli 100 millimetriä panssariterästä, joka riittää läpäisemään nykyaikaisenkin rynnäköpanssarivaunun tai panssarihaupitsin kattopanssaroinnin.

Tykistön osalta puhuttaessa älykkäistä ammuksista voidaan tarkoittaa kolmen tyyppisiä ammuksia. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat laservalaisua hyväksi käyttävät ammukset, toiseen luokkaan ammukset, jotka omalla hakupäällään itsenäisesti etsivät maalinsa ja kolmanteen satelliitti- tai inertianavigointia hyväksi käyttävät ammukset. [18]

Tykistön kranaattien loppuvaiheen ohjaukseen on jo käytössä tai kehitteillä useita eri ratkaisuja. Niin idässä kuin lännessäkin kehitettyjen laservalaisuun hakeutuvien kranaattien käyttö tulee jatkumaan ja mahdollisesti niiden käytön onnistumista varmennetaan lisäämällä laseryksikön ohelle infrapunahakupää, jonka avulla kranaattia ohjataan, mikäli kranaatti ei löydä hakeutumisvaiheessa lasersäteilyä. Ilman erillistä maalinvalaisuyksikköä toimivia hakeutuvia kranaatteja tullaan varustamaan infrapuna- ja millimetrialueen hakupäillä sekä radiometreillä tai näiden yhdistelmillä. [16]

Saamansa herätteen tai ohjauskomennon perusteella ammus ohjautuu maaliinsa siten, että ammus ammutaan maalipisteen yli ja saamansa maalitiedon perusteella ammuksen kuoressa tai sytyttimessä olevat siivekkeet jarruttavat ammuksen lentoa niin, että ammus osuu maaliinsa. Kehitteillä on myös CCF (course-correction fuze) sytyttimiä, jotka korjaavat ammuksen lentorataa myös sivusuunnassa muuttamalla ammuksen aerodynamiikkaa.

Tykistön täsmäammuksia on kahden tyyppisiä, yksittäisiä kranaatteja kuten venäläinen Krasnopol sekä kuorma-ammuksia kuten saksalainen SMart. Länsimaissa yleisin täsmäammuksen kaliiperi on 155 millimetriä, Venäjällä 152 millimetriä. Uusimmissa hakupäissä käytetään multisensorijärjestelmiä, joissa hyödynnetään useaa sensoritekniikkaa, jolloin ammuksen maalin erottelukyky ja osumatarkkuus paranee huomattavasti. [51]

### **3.4.1 Laser-hakupää**

Laserohjatut ammukset ohjautuvat maaliin vastaanottamansa lasersäteilyn perusteella. Maalit valaistaan laserilla oikealla hetkellä. Ammuksen hakupää tunnistaa kohteesta takaisin heijastuvan lasersäteilyn, jonka perusteella ammuksen ohjausyksikkö antaa siivekkeille ohjauskomennot. Laserohjauksen avulla voidaan merkittävästi parantaa pommien osumatarkkuutta ja vanhoihin pommeihin on kehitetty hakupästä ja ohjaussiivekkeistä koostuvia lisäsarjoja, joiden avulla ne voidaan muuttaa suhteellisen edullisesti täsmäammuksiksi. [5] Kehittyneimmissä laserhakupäällä varustetuissa ammuksissa on varajärjestelmänä GPS ohjaus.

Venäläiset ovat erikoistuneet tykistön ja kranaatinheittimistön hakeutuvissa ammuksissa puoliaktiivisen laser-hakupään käyttöön. Puoliaktiivinen laserhakupää toimii passiivisesti, sen toiminta perustuu kohteesta heijastuvan lasersäteilyn vastaanottamiseen, se ei lennä suoraan kohteeseen lasersädettä pitkin. Kranaatti ammutaan ballistiselle lentoradalle ja maali valaistaan erillisellä laser-valaisimella. Lähestymisvaiheessa hakupää kiinnittyy kohteesta heijastuvaan laserpulssiin ja ohjautuu maaliin. Näin toimii esimerkiksi Kitolov-2M, 27 kiloa painava venäläinen 122 mm tykillä ammuttava laserohjattu ampumatarvike. Venäläiset 152 mm Krasnopol ja 155 mm Krasnopol-M ammukset ovat myös laserohjattuja. [37]

Laservalaisuun hakeutuvien ammusten käytölle on kuitenkin useita rajoitteita, joista merkittävimmät ovat

- viestiyhteyksien on toimittava koko ammunnan valmistelun ja ammunnan ajan tulenjohtajan ja ampuvan tuliyksikön tai aseiden välillä
- maalin on oltava lähes keskeytyksettä tulenjohtajan tähystettävissä. Tämä aiheuttaa sen, että ammusta voidaan käyttää joko paikallaan oleviin yksittäisiin maaleihin tai aukealla alueella liikkuviin panssarivaunuryhmittymiin, jolloin voidaan olla varmoja siitä, että ammuksen lentoajan viimeisen 20 sekunnin ajan jokin kohteena olevan panssarivaunuryhmittymän maali-alkioista on tulenjohtajan valaistavissa. [39]

Savu, sumu, lumi, pöly, sade ja matalalla olevat pilvet vähentävät laservalaisuun perustuvien ammusten tarkkuutta. Riittävän vaikeat sääolosuhteet voivat estää kokonaan laservalaisuksen käytön, sillä laservalaisuksen väärä heijastuminen edellä mainituista olosuhteista johtuen, saattaa ohjata ammuksen täysin väärään kohteeseen. [5]

Laservalaisuusta vastaan on kehitetty erityisiä maaleja, jotka eivät heijasta lasersäteilyä juuri ollenkaan. Erikoismaalit ovat melko laajassa käytössä kehittyneissä taisteluaoneuvoissa. Erikoismaalit eivät täysin estä laservalaisuksen käyttöä, mutta laskevat laserohjattujen ammusten osumatodennäköisyyttä huomattavasti. [5]

### **3.4.2 Itsenäiset hakupäät**

Itsenäiset hakupäät eivät vaadi ulkopuolista apua esimerkiksi paikkatietoa tai maalin valaisua vaan ne ohjautuvat maaliin yleensä ammuksen sytyttimen vastaanottaman herätteen perusteella. Tyypillisin itsenäinen hakupää on infrapunaseensori, jonka toiminta on moderneissa ammuksissa varmennettu millimetrialtoalueen tutkalla. Infrapunahakupää voi toimia joko aktiivisena tai passiivisena. Passiivinen infrapunahakupää ei lähetä mitään, se vain vastaanottaa infrapunaseiteilyä. Käytännössä kaikki nykyaikaiset täsmäammusten infrapunaseensorit ovat passiivisia.

Länsimaissa erityisesti kranaatinheitinammusten ammuksissa on käytössä passiivinen infrapunahakupää. Hakupää lukittuu lähestymisvaiheessa ehdot täyttävän maalin lämpösiluettiin ja ammus ohjautuu impulssiohjauksella kohteeseen. Oikean maalin löytymistä voidaan tehostaa valaisemalla maalia 1,06 mikrometrin laser-säteellä. [39]

SMart ja Bonus ovat Euroopassa palveluskäytössä olevia ampumatarvikkeita. Molemmat ovat 155 millimetrin tykillä ammuttavia kuorma-ammuksia, joiden taistelulatauksena on kaksi tytärkranaattia. Tytärammuksissa on infrapunahakupää ja korkeusmetri (radiotaajuus tai laser). Tytärammukset laskeutuvat spiraalimaisessa liikkeessä jolloin infrapunahakupää etsii maaleja ympyrän muotoiselta alueelta, jonka halkaisija on 175 metriä. Maalin löydyttyä tytärammus laukaisee sopivalla korkeudella ollessaan räjähtämällä muotoutuvan EFP (explosively formed penetrator) ammuksen, jonka läpäisy on yli 120 millimetriä panssariterästä. [19]

Vaikka infrapunasensorit ovat teknologisesti ja tuotannollisesti valmiita, halpoja sekä toiminnaltaan luotettavia, ne eivät ole ongelmattomia. Erityisesti Eurooppaan kuvitellulla taistelukentällä on vaikuttamassa useita toimintaolosuhdetekijöitä, jotka vaikeuttavat ratkaisevasti lämpösäteilyn mittaamista. Esimerkiksi voimakas sade, soihdut, pöly ja savu saattavat häiritä infrapunasensoria ratkaisevasti. [55] Perinteiset harhautusmenetelmät, kuten valemaalit ja lämpösäteilyä estävän naamioverkon oikea käyttö, ovat tehokkaita keinoja pelkästään infrapunasensorilla varustettua ammusta vastaan. Infrapunasensori ei yksin pysty tunnistamaan lämpösäteilyn lähdeä esimerkiksi sen muodosta, ainoa kriteeri on oikea lämpösäteilyn määrä.

Infrapuna-alueella esiintyvät ongelmat poistuvat muuttamalla mitattavaa taajuusaluetta eli ottamalla käyttöön millimetriaaltoalue. Tutkataajuinen sähkömagneettinen säteily kykenee tunkeutumaan helposti läpi useimpien taistelukentällä esiintyvien partikkeleiden. [55]

Radiometrisella havaitsemisella tarkoitetaan taivaalta tulevan millimetriaallonpituisen säteilyn mittaamista maalista ja sen ympäristöstä. Panssarimaali näyttäytyy tällaisessa mittauksessa ympäristöään kylmempänä. Sen radiometrisesti kylmin kohta on sensorista katsoen maalin painopisteessä. Tämä piste sijaitsee projektiin laukaisevien hakusirotteiden etsintäkulma huomioon ottaen lähellä maalin keskipistettä. Radiometri on siis oivallinen apuväline optimaalisen iskupisteen valinnassa. Mikäli hakupäässä on vielä lisäksi infrapunailmaisin, voidaan iskupiste valita halutun vaikutuksen tai vallitsevien olosuhteiden mukaisesti ja lisäksi eliminoida radiometrin toimintaa häiritsevän maalivälkkeen vaikutus. [55]

Mittausetäisyys millimetriaaltoalueella on tavanomaisia tutkataajuuksia pienempi. Kun epäsuorasti ammuttavien projektiilien pieni koko rajoittaa myös tutkan

enimmäistehon muutamaan wattiin, ovat millimetriaaltoalueen tutkasensoreiden suurimmat teoreettiset mittausetäisyydet alle kahden kilometrin. Asettamalla projektiin painoraja siten, että niitä mahtuu esimerkiksi 155 millimetrin kaliiperiseen kuorma-ammukseen kolme kappaletta, putoaa mittausetäisyys käyttökelpoisilla taajuusalueilla muutamaan sataan metriin. [55] Millimetrisensoria käytetään yleensä infrapunasensorin rinnalla. Esimerkiksi saksalaisessa SMart kuorma-ammuksessa on infrapunasensori ja millimetriaaltotutka.

### 3.4.3 Suunnistavat täsmäammukset

Täsmäammus vaatii maaliin suunnistusta varten tarkan ja reaaliaikaisen paikkatiedon koko lennon ajan. Paikkatieto kranaattiin saadaan kahdella tavalla, joko GPS satelliittijärjestelmän tai inertianavigoinnin avulla. Nykyaikaiset ammuksset käyttävät inertianavigointia GPS ohjauksen rinnalla varmentavana menetelmänä erityisesti lennon loppuvaiheen navigoinnissa.

Satelliittinavigointia hyväksikäyttävät sytyttimet vaikuttavat ammuksen lentorataan sen ulkoballistisessa vaiheessa, jolloin sytytin korjaa ammuksen lentorataa. Periaatteena on ohjata ammus ballistisen maalipisteen taakse, eli ammus ammutaan periaatteessa tarkoitettua kauemmaksi. Ammuksen sytyttimessä on vastaanotin, joka ottaa vastaan satelliitin signaalin. Satelliittien signaalien perusteella ammus paikantaa sijaintinsa. Ammuksen kärjessä, joko sytyttimessä tai ammusrungon etuosassa, on jarrusiivekkeet. Siivekkeiden avulla ammusta jarrutetaan siten, että se osuu mahdollisimman lähelle maalia. [18]

Osa satelliittinavigointijärjestelmää hyväksi käyttävistä sytyttimistä on suunniteltu asennettaviksi normaaleihin ammuksiin, esimerkiksi ranskalainen SAMPRAS. Tämä järjestelmä on kaksisuuntainen. Sytytin lähettää tietoa tuliyksikölle, jonka päästä tulee käsky milloin ammuksen pitää jarruttaa. [18]

Toinen lähestymistapa on ollut suunnitella koko ammus uudelleen, kuten Boforsin TCM. Kranaatin BROMSA sytytin mittaa GPS vastaanottimen avulla kranaatin lentorataa ja antaa korjauskomentoja ammukselle. Järjestelmään kuuluvalla tutkalla voidaan seurata myös ammuksen lentoa ja lähettää korjauskomentoja ammukselle. Ohjaussiivekkeiden avulla ammus voi jopa nostaa lentorataansa. Perävirtausyksiköllä ammus saavuttaa 60 kilometrin kantaman. Järjestelmän

ammunnanhallintajärjestelmä mahdollistaa kuuden tykin, siis tulipatterin ja 24 yhtäaikaisen ammunnan hallinnan. Ruotsalaisen TCM:n tarkkuudeksi on esitetty 30 kilometrin ampumaetäisyydellä, että 50 prosenttia ammuksista osuu alle 60 metrin alueelle ja 100 prosenttia ammuksista ovaalin muotoiselle 100 x 400 metriä alueelle. [18]

GPS ohjaukseen pohjautuvien ammusten todennäköinen poikkeama annetusta koordinaattipisteestä on 5 - 25 metriä. Häirittynäkin poikkeama lienee alle 50 metriä. [39] Tarkkoja lukuarvoja on vaikea saada, koska ammuksia ei ole Suomessa käytössä, on luotettava valmistajan testeihin ja ulkomaalaisten käyttäjien ilmoittamiin testituloksiin.

GPS tulee jatkossakin pysymään merkittävänä tekijänä täsmäammusten hakupäissä. Yhdysvallat vahvistaa vanhenevaa GPS järjestelmää uusilla GPS IIF satelliiteilla, joilla. Block IIF satelliitit ovat uuden sukupolven satelliitteja nopeammilla prosessoreilla ja pidemmällä eliniällä kuin alkuperäiset satelliitit. Tärkeimpänä uudistuksena Block IIF satelliiteissa on uusi M-koodaus sotilaskäyttöön, joka mahdollistaa entistä tarkemman paikannuksen. Block IIF satelliitit ovat operatiivisessa käytössä 2010. Lisäksi Yhdysvallat valmistautuu lähivuosina GPS III satelliittien käyttöönottoon, joiden on tarkoitus korvata kokonaan alkuperäinen GPS järjestelmä 2010-luvulla. [10]

Venäjä kehittää tulevaisuudessa voimakkaasti suunnistavia ammuksia, niiden paikkatieto tulee perustumaan GLONASS järjestelmään. GLONASS on GPS:n venäläinen vastine, jolla päästään jatkuvasti alle 10 metrin mittaustuloksiin, koska sen signaalia ei ole kryptattu eikä se lähetä häirintäsignaalia. [37]

Inertiasuunnistus perustuu pommin liiketilojen mittaukseen siinä olevien asentohyrrien ja kiihtyvyyssanturien avulla. Integroimalla kiihtyvyyssiato kerran saadaan pommin nopeus ja integroimalla vielä toisen kerran saadaan sen paikka laskettua. [27] Inertiasuunnistusta käytetään yleensä GPS navigoinnin yhteydessä. Sen tarkkuus riittää yksin noin neljän minuutin ajan ohjaamaan ammus muutaman metrin tarkkuudella maaliin GPS:n lamaannuttua. [16] Inertianavigoinnin etuna on sen toimintavarmuus, sen häirintä on käytännössä mahdotonta, kun taas GPS ohjaus on häirittävässä häirintälähtetimin, joskin sekin on melko haastavaa ja vaatii erittäin voimakkaita häirintälähtettä.

### 3.5 Sirotemiinat

Sirotemiina on nopeasti levitettävänä paremmin hyökkäjälle sopiva ase kuin käsin maastoon asetettava miina. Levitettäessä sirotemiinat jäävät maanpinnalle mutta pienikokoisina sekä muodoltaan että väriltään maastoon sulautuvina niitä ei ole helppo havaita. Sirotemiinojen sytyttimet voivat toimia useista erilaisista herätteistä, kuten tärinä ja magneettinen impulssi tai kosketus miinaan tai laukaisulankaan. Sirotemiinoissa voi olla myös itsetuholaite ja toisaalta myös erilaisia raivauksenestotoimintoja. Sirotemiinat voidaan levittää tykillä ampumalla, lentokoneesta tai helikopterista tiputtamalla tai erityiseltä laukaisualustalta levittämällä. Levitystavasta riippuen miinoitteen koko vaihtelee 200 – 200 metristä aina 1500 – 2000 metriin saakka. Jalkaväkimiinojen käyttöä rajoittava Ottawan sopimus ei rajoita sirotemiinojen käyttöä.

Sirotemiinat sisältävät itsetuhomekanismin, joka tuhoaa miinat miinatyyppistä ja ajastuksesta riippuen 4 tunnin – 15 päivän kuluttua. [6] Sirotemiinat sisältävät usein vähemmän räjähdysainetta kuin vastaavat käsin asennettavat miinat, niiden teho on kuitenkin säilytetty käyttämällä tehokkaampia räjähdysaineita. Pieni koko mahdollistaa suuren miina määrän levittämisen pitkän matkan päähän. Panssarmiinojen toiminta perustuu pääasiassa magneettiseen herätteeseen tai paineeseen. Muita mahdollisia toimintaperiaatteita ovat seismisten ja akustisten värähtelyjen mittaaminen sekä infrapuna-alueen ja millimetrisensorien hyväksikäyttö.

Sirotemiinojen suurimmat edut ovat niiden kyky muodostaa nopeasti miinakenttä etäälle omista asemista, niiden käyttö on hyvin joustavaa, miinoitteen kokoa on helppo muunnella, miinat ovat tehokkaita panssaroituja maaleja vastaan ja ne mahdollistavat laajan miinoitteen muodostamisen vähäisellä henkilöstömäärällä. Sirotemiinoja on sekä henkilöstöä että ajoneuvoja vastaan, niiden toimintaperiaatteet eivät eroa perinteisen miinan toimintaperiaatteesta.

Rajoituksia sirotemiinojen käytölle asettavat niiden vaatima tarkka koordinaatio alueella toimivien joukkojen kesken, etenkin hyökätessä kauas ammutut miinoitteen on saatava kaikkien alayksiköiden ja muiden alueella toimivien joukkojen tietoon. Sirotemiinoitteita ei kyetä naamioimaan eikä valvomaan. Sirotemiinat ovat huomattavasti tavallisia miinoja vaikeampia raivata, koska niistä ei ole mahdollista

tehdä tarkkaa sulutteen selostetta. Sirotemiinoilla rakennetut sulutteet eivät ole yhtä tarkkoja kuin käsin rakennetut, niiden käyttö perustuu laajojen alueiden vapaan käytön kiistämiseen, yksittäisiin maalipisteisiin niillä ei kyetä riittävällä tarkkuudella vaikuttamaan. Miinatyyppistä riippuen noin 5 – 15 prosenttia miinoista laskeutuu vakautusjärjestelmistä huolimatta siten, että ne eivät räjähdä vaikka niiden yli ajetaan ajoneuvolla. Erityisesti lumipeite tai pehmeä muta laskevat huomattavasti sirotemiinan toimintavarmuutta. [6]

### **3.6 Johtopäätökset**

Raskaasta raketinheittimestä tulee Suomessa merkittävä operatiivisen tulenkäytön asejärjestelmä pitkän kantaman ja erittäin suuren tulen tehon ansiosta. Suomesta puuttuva ilmavoimien ilmasta–maahan kyky lisää entisestään operatiiviseen tulenkäyttöön kykenevän asejärjestelmän tarvetta. Raskaan raketinheittimen käyttöä rajoittaa eniten ampumalaitteiden vähyys sekä alkuvaiheessa yksipuoleinen ampumatarvikevalikoima. 22 raketinheitintä, kolme raketinheitinpatteria, kykenee luomaan vain alueellisen ja ajallisen tulenkäytön painopisteen. Raskaita raketinheitimiä voidaan kuitenkin käyttää yhtä aikaa kolmessa eri suunnassa, koska raketinheitin patteri toimii itsenäisenä tuliyksikkönä. Raketinheittimen suuri tulenteho ja –tiheys tekee tarpeettomaksi patterien kootun käytön. Lisäksi patteri kykenee itsenäiseen tulitoimintaan ja huoltamaan itsensä. Alkuvaiheessa raketinheittimelle on hankittu vain miinoitusraketteja, joten muut tulitehtävät eivät ole vielä mahdollisia.

MLRS järjestelmään on saatavissa monipuolinen ampumatarvikevalikoima, joka mahdollistaa tulevaisuudessa useita erilaisia tulitehtäviä sekä parantaa huomattavasti epäsuoran tulen asejärjestelmän mahdollisuuksia toimia esimerkiksi panssaroituja maaleja sekä laajoja aluemaaleja vastaan. Asejärjestelmä, joka mahdollistaa taktisten ohjusten ja ohjautuvien rakettien ampumisen, kykenee tulevaisuudessa tarjoamaan vielä merkittävämmän kyvyn toimia operatiivisia maaleja vastaan. Lisäksi miinaraketit tuovat Suomeen täysin uudenlaisen kaukomiinoittamiskyvyn, joka mahdollistaa taistelukentän eristämisen jopa 40 kilometrin etäisyydeltä.

Taktiselta kannalta tarkasteltuna raskas raketinheitin tulee asettamaan uusia vaatimuksia tulenjohtotoiminnalle. Tulenjohtoon on kyettävä paikantamaan maaleja entistä laajemmalla alueella, tulevaisuudessa jopa 70 kilometrin etäisyydeltä.



Raketinheitinpatteri vaatii laajan tuliasema-alueen ja suojan alueella olevilta muilta joukoilta, koska sen kyky valvoa alueensa ja suojata toimintansa on hyvin rajallinen. Raketinheittimistö on helppo paikantaa taistelukentällä. Raketinheittimistö paljastuu tulitoimintansa aikana helposti jopa satojen metrien korkeuteen nousevien savuvanojen ja kirkkaiden rakettien laukaisun aiheuttamien liekkien takia. Lisäksi rakettien lentoradat ovat mitattavissa vastatykistötutkalla. Raketinheittimistön toiminta perustuukin jatkuviin aseman vaihtoihin sekä nopeaan tulitoimintaan.

Ampumaetäisyyden kasvattaminen ei vähennä täsmäammusten tulen vaikutusta. Tulen tarkkuuden pysyminen samana koko ampumamatkalla mahdollistaa tarkan operatiivisen tulen ulottamisen jo nykyään olemassa olevalla kalustolla lähes 40 kilometriin. Vaatimukset tulen tarkkuuden kasvattamista kohtaan ovat maailmalla erittäin ajankohtaisia. Nykyaikaiseen sodankäyntiin liittyy kiinteästi reaaliaikainen tiedonvälitys ja median jatkuva läsnäolo, tiedon lisääntymisen myötä asenteet sivullisille aiheutuvia tappioita kohtaan ovat koventuneet ja omien joukkojen tappioiden sietokyky laskenut. Lisäksi maalit ovat nykyään usein yksittäisiä pistemaaleja, jonka saattaa muodostaa esimerkiksi yksittäinen vahvasti aseistettu ja linnoittautunut taistelija. Omien tappioiden pelossa tällaiset maalit tuhotaan usein täsmäammuksella, jonka tarkkuuteen kohdistuu maalin laadusta ja sijainnista johtuen suuret vaatimukset.

Kuorma-ammukset kykenevät vaikuttamaan laajoihin panssarimaaleihin suurella tulen tiheydellä ja älykkäät tytärammukset suurella osumatodennäköisyydellä. Lisäksi niiden tuhovaikutus on erittäin hyvä, johtuen niiden kyvystä iskeä panssarivaunujen heikoimpaan kohtaan eli kattoon. Panssarivaunut ovat korkean lämpötilansa ansiosta helppoja maaleja infrapunasensoreilla varustetuille täsmäammuksille.

Tykistön perinteisiä sirpalekranaatteja ei ole järkevää ampua omaan miinoitteeseen, koska miinoista osa tuhoutuu, hajoaa tai niiden asento muuttuu siten, että miinoista tulee toimintakyvyttömiä, joko kranaatin osuman tai paineen vaikutuksesta. Älykkäillä tytärammuksilla varustetuilla kuorma-ammuksilla kyetään vaikuttamaan tehokkaasti omaan miinoitteeseen pysähtynyttä panssaroitua vihollista vastaan laskematta merkittävästi oman miinoitteen torjunta-arvoa. Panssareihin hakeutuvat tytärammukset sisältävät huomattavasti sirpalekranaattia vähemmän räjähdysainetta, joten kohteesta ohi menneet ja itsetuhomekanismin räjäyttämät ammuksset eivät aiheuta miinoitteelle vastaavaa tuhoa kuin sirpalekranaatit. Lisäksi useista erilaisista

tytärammuksista merkittävä osa jää räjähtämättöminä maastoon aiheuttaen erityisesti jalkaväelle merkittävän vaaran. Esimerkiksi NATO:n Serbiaan ampuvista BLU-97 tytärammuksista arvioidaan lähteistä riippuen 10 – 15 % jääneen räjähtämättä. Toisaalta räjähtämättömien ammusten suuri määrä aiheuttaa paineita kyseisenlaisten ammusten kieltämiselle jalkaväkimiinojen tapaan, tästä syystä Suomeen ei voitu hankkia raskaalle raketinheittimelle tehokkaita M26 raketteja.

Mahdollisuus ampua miinoitteeseen pysähtynyttä vihollista lisää oleellisesti tulen tehoa, koska vihollinen on pysähtynyt tai sen liike on hidastunut eikä uudella ampumatarvikkeelle ole tarvetta paikantaa maalipistettä enää oman miinoitteen taakse kuten sirpalekranaateilla ammuttaessa. Maalin hakeutuvien tytärammusten osuma tarkkuus ja teho on todettu koeammunnoissa erittäin hyväksi paikallaan olevaa maalia vastaan.

#### **4. TYKISTÖASEJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖ SULUTTAMISEEN JA SULUTTEIDEN ESTEARVON LISÄÄMISEEN**

Operatiivisilla joukoilla luodaan puolustuksen painopiste. Ne koostuvat puolustushaarojen suorituskykyisimmistä yhtymistä ja yksiköistä, ja niitä käytetään keskitetysti koko valtakunnan alueella. Joukot kykenevät liikkuviin yhteisoperaatioihin ja kauaskantoiseen tulenkäyttöön. [57] Erityisesti liikkuvuus sekä puolustus että hyökkäys operaatioissa aiheuttaa haasteita, joihin sekä miinoitusjärjestelmän että tulenkäyttöosien on kyettävä tulevaisuudessa vastaamaan.

Tärkeimmät torjuntasulutteet rakennetaan jo ennen varsinaisten sotatoimien alkua. Strategisen iskun torjunta ja valmiusyhtymien kyky siirtyä nopeasti satojen kilometrien päähän ja aloittaa hyökkäys suoraan liikkeestä edellyttää kuitenkin nopeaa miinoittamiskykyä hyökkäykseen liittyen. Käsini miinoittamista ei voida merkittävästi hyödyntää hyökkäystaistelussa eikä uusien miinoitteiden rakentaminen ole mahdollista merkittävässä laajuudessa taistelutoimien ollessa käynnissä.

Kenttätykistön tulevaisuuden kalusto ja järjestelmät tuovat miinoittamiseen neljä uutta kykyä, valvonta-, maalinosoitus- ja kaukomiinoittamiskyvyn sekä ampumatarvikkeet, joilla kyetään ampumaan suoraan miinoitteeseen.

#### 4.1 Maalinosoitus ja valvontakyky

Tykistöasejärjestelmään kuuluvat maalinosoitus- ja valvontajärjestelmät kykenevät kattamaan pataljoonan taistelujen painopistealueen. Niillä kyetään valvomaan tärkeimmät miinoitteet ja osoittamaan niistä maalit tykistölle. Pataljoonan tyypillinen vastuualue taistelujen painopistesuunnassa on noin 3 – 6 kilometriä leveä ja 4 – 8 kilometriä syvä. Pataljoonan puolustusaseman yhteyteen rakennetaan yleensä 2 – 3 torjuntasulutetta. Torjuntasulutteen tyypillinen koko on 0,5 – 1 kilometriä leveä ja syvä. Sulutteet on kyettävä valvomaan, koska valvomattomana ne menettävät merkittävän osan tehostaan ja niiden kiertäminen sekä raivaaminen helpottuvat merkittävästi jos niihin ei käytetä panssarintorjunta-aseiden tulta sekä epäsuoraa tulta.

Pataljoonan puolustusaseman ollessa noin 2 x 3 kilometriä, kyetään sille alueelle sijoitetut torjuntasulutteet valvomaan kattavasti kaikissa sääolosuhteissa tykistön valvontajärjestelmillä, jotka kykenevät johtamaan tulta suoraan havaittuihin maaleihin. Maastonvalvontatutka ei tarvitse edes näköyhteyttä kohteeseen ja sen parhaillaan 180 asteen keilaus riittää kattamaan koko valvottavan alueen jalkaväkimaalienkin osalta parhaillaan viiden kilometrin etäisyydelle. Näköyhteyden vaatimat maalinosoituslaitteet ja Maakotka riittävät yksinään täyttämään valvontatarpeen erikoiskoulutetun tulenjohtoryhmän kanssa vähintään pataljoonan tärkeimpään sulutteeseen. Valvontalaitteet eivät kuitenkaan poista muun jalkaväen tarvetta, koska miinoitteisiin on kyettävä käyttämään panssarintorjunta-aseiden suora-ammuntatulta. Valvonnan kannalta jalkaväkimiinojen tehtävä sulutteissa on estää käsin raivaus sekä miinoitteen vapaa läpikulku jalkaväeltä. Valvonta- ja maalinosoitusjärjestelmillä kyetään pääosin korvaamaan jalkaväkimiinojen jättämä valvontatarve miinoitteissa ja taistelukentällä.

Lisäksi jalkaväkimiinoja on käytetty valvomaan ja estämään katvealueiden vapaa käyttö. Erityisesti komppaniatasolla katvealueiden sulkeminen jalkaväkimiinoilla on ollut tehokas menetelmä estää tähykseltä suojassa olevien alueiden käyttö, tätä tehtävää on valvontalaitteilla melko vaikea täyttää. Maastonvalvontatutkat soveltuvat tähän tehtävään hyvin mutta näköyhteyden vaativat valvontajärjestelmät eivät kykene aukottomasti valvomaan alueita, jonne ei ole suoraa näköyhteyttä. Lämpökamera on luonnollisesti ihmissilmää tehokkaampi väline valvontaan mutta se ei kykene täysin korvaamaan jalkaväkimiinojen suorituskykyä katvealueiden valvonnassa.

## 4.2 Tulivaikutus

Suluttaminen liitetään aina muuhun taistelusuunnitelmaan ja erityisesti huomioidaan yhteistoiminta panssaritorjunta-aseiden ja epäsuoran tulen kanssa. Nykykäytäntö on paikantaa maalipiste tai torjunta puolustustaistelun kannalta tärkeimmän miinoitteen taakse noin 500 metrin päähän etulinjasta. Vihollisen kärjen törmätessä miinoitteeseen annetaan tulikomento paikannettuun maalin ja pyritään vaikuttamaan miinoitteen pysäyttämään viholliseen. Tykistöllä ei ammuta omaan miinoitteeseen, koska kranaattien osumat, sirpaleet ja paine hajottavat tai tekevät toimintakyvyttömiksi merkittävän määrän miinoja vähentäen sulutteen tehoa huomattavasti. Seuraavassa tarkastellaan edellä esitettyjen järjestelmien mahdollisuuksia tehostaa tulivaikutusta sulutteissa. Tarkastelun pääpaino on Suomeen jo hankitulla DM 662 kuorma-ammuksella.

Tykistön älykkäät ampumatarvikkeet sekä ontelopanokseen tai räjähtämällä muotoutuvaan projektiiliin perustuvat tytäkranaatit mahdollistavat suoraan miinoitteeseen ampumisen ilman, että miinoitteen teho oleellisesti laskee. Nykyaikainen älykäs kranaatti on erittäin tehokas miinoitteeseen pysähtynyttä vihollista vastaan, hakupäillä varustetut Bonus ja SMart pudottavat kaksi tytäkranaattia 300 metriä maalin yläpuolella, josta ne laskeutuvat maaliin noin 120 x 150 metrin suuruiselle alueelle. Liike on tehokkain keino välttää hakeutuvan tytäkranaatin osuma. Niiden osumatarkkuus on erinomainen panssaroituun maaliin, erityisesti miinaan ajaneen tai miinoitteessa paikallaan olevan vaunun mahdollisuudet jäädä älykkään ammuksen huomaamattomaksi ovat erittäin heikot. Panssarivaunujen kattoon osumaan suunnitellut kranaatit läpäisevät yli 100 millimetriä panssariterästä, joka riittää tuhoamaan nykyaikaisen rynnäkköpanssarivaunun.

Suunnistavilla, hakeutuvilla tai ohjautuvilla ampumatarvikkeilla kyetään vaikuttamaan hyvin lähelle omien joukkojen ryhmitystä, ne kyetään ampumaan riittävällä tarkkuudella 300 metrin etäisyydellä omista joukoista sijaitsevaan telamiinaesteeseen. GPS ohjaukseen pohjautuvien ammusten todennäköinen poikkeama annetusta koordinaattipisteestä on 5 – 25 metriä ja inertianavigoinnilla varmennettuna saavutetaan parhaimmillaan muutamien metrien osumatarkkuus. GPS ohjaukseen perustuvien ammusten käyttö edellyttää kuitenkin, että maali on

paikallaan. Miinoitteeseen pysäytetty arvokas maali, joka ei ole menettänyt toimintakykyään, kyetään suurella varmuudella tuhoamaan GPS ohjatulla ammuksella, kriittisin tekijä ei ole ammuksen vaan maalinpaikannuksen tarkkuus. Maalin tarkoissa koordinaateissa hyväksytään 30 metrin virhe, joka ohjaa GPS ohjatun ammuksen ohi maalista. Etenkin kovia maaleja ammuttaessa muutaman metrin virhekin saattaa estää maalin tuhoutumisen.

Laservalaisuun perustuvat tai passiivisella infrapunahakupäällä maaliin hakeutuvat ammuksiset soveltuvat huomattavasti GPS ohjattuja ammuksia paremmin panssarintorjuntaan, koska ne kykenevät osumaan liikkuvaan kohteeseen, tosin niidenkin osumatarkkuus on merkittävästi parempi jos maali on paikallaan. Maalin laservalaisu miinoitteessa on yksinkertaista ja mahdollista valmistelluista tuliasemista. Infrapunahakupäällä voidaan tunnistaa tuhoutunut palava vaunu vielä toimintakuntoisesta lämpötilansa perusteella, jolloin arvokkaamman maalin valinta on mahdollista.

Raskaalle raketinheittimelle ei ole olemassa sellaista kuormarakettia miinarakettia lukuun ottamatta, jonka räjähtämättömäksi jäävien tytäkranaattien määrä on riittävän pieni, jotta ne eivät aiheuta merkittävää vaaraa sivullisille. Tästä syystä nykyisiä kuormaraketteja ei voida hankkia korvaamaan jalkaväkimiinoja. Tämä estää Suomea hankkimasta muun muassa erittäin tehokkaita M26 raketteja.

#### **4.2.1 Kuorma-ammus DM 662 tulen vaikutus**

Suomeen hankitun 155 millimetrin kanuunan DM 662 kuorma-ammuksen sisältämät 49 tytäkranaattia koostuvat jokainen 44 grammasta räjähdysainetta sekä ontelohanoksesta. Tytäkranaatit, jotka eivät osu kohteeseensa, tuhoavat itsensä 15 sekunnin kuluttua maahan osumisesta. Niiden räjähdysten aiheuttama tuho miinoitteeseen on marginaalinen verrattuna esimerkiksi 155 K 98:n 49 kilogrammaa painavaan kranaattiin, jonka vaikutus perustuu sirpaloitumiseen. DM 662 kykenee kattamaan reilusti telamiinaesteen kokoisen alueen, sen tytäkranaatit leviävät 100 x 150 metrin suuruiselle ellipsin muotoiselle alueelle.

DM 662 kuorma-ammuksen tulen vaikutusta tarkastellaan Topi Paloharjun kehittämällä taulukkolaskentaan perustuvalla TU\_OS\_SI.WK4 ohjelmalla. TU\_OS\_SI.WK4 taulukossa voidaan vaihdella laukausten ja sirotteiden lukumäärää,

ampumaetäisyyttä, ampumasuuntaa, pituus- ja sivuhajonnan prosenttimäärää, sirotteiden hajonnan metrimääriä, sirotteiden vaikutusetäisyyttä sekä maalien sijaintia. [34]

Tarkasteltaessa DM 662 kuorma-ammuksen tulen vaikutusta kappaleessa 2.4 esitettyyn vihollisen mekanisoituun komppaniaan on ensin määriteltävä panssarivaunun haavoittuva pinta-ala, johon tytärkraanaatin on osuttava vahingoittaakseen panssarivaunua. Liitteessä 1 esitetyn NATO:n standardien mukaisen panssarivaunun pituus on 4,6 metriä ja leveys telojen kanssa 3,1 metriä. Tällöin vaunun haavoittuva pinta-ala ylhäältä iskevää tytärkraanaattia vastaan on 14,26 neliometriä.

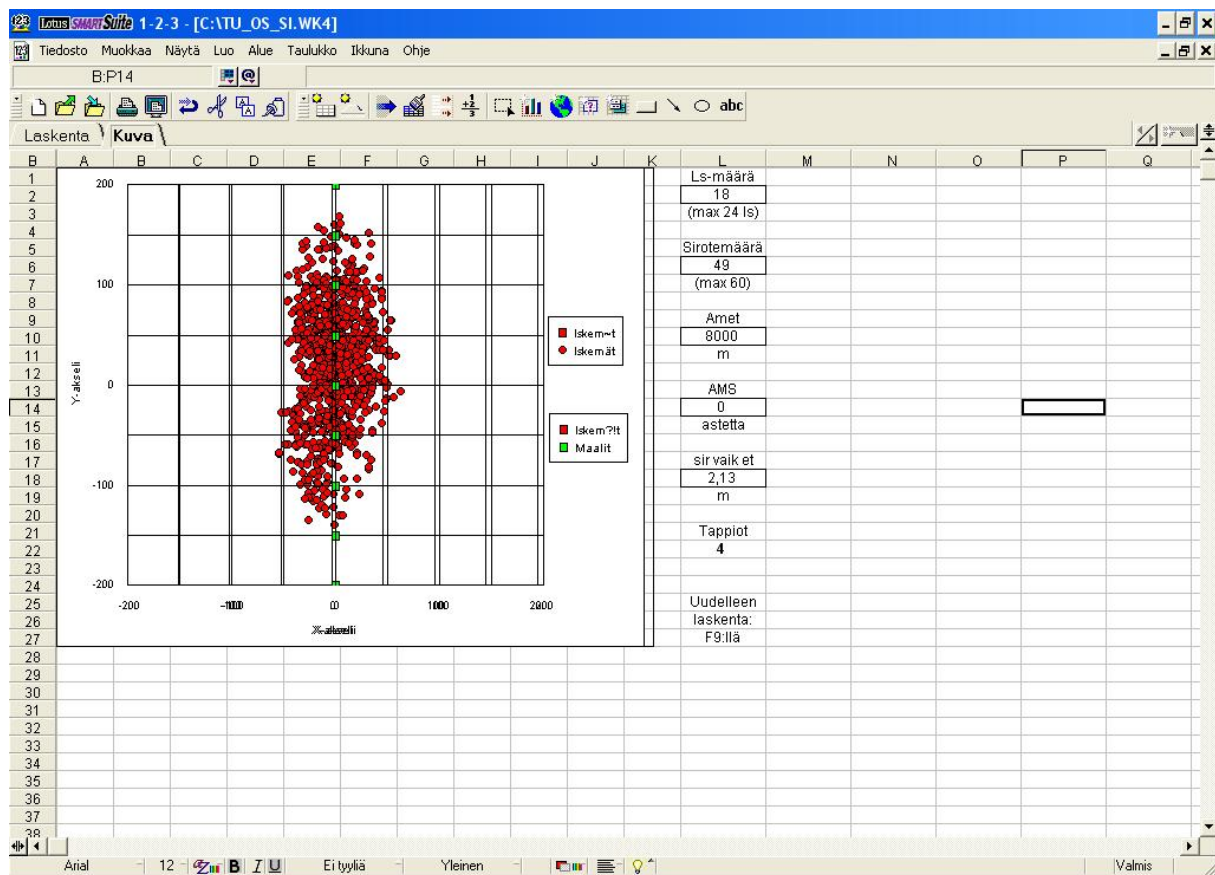
Osumat maaleihin lasketaan vertaamalla maalin ja sirotteiden keskipisteiden välistä etäisyyttä sirpaleiden vaikutusetäisyyteen. Laskentaohjelmassa maali on mallinnettava ympyränä, jonka pinta-ala on 14,26 neliometriä, tällöin maalin ympyrän säde on 2,13 metriä. Panssaroidun maalin osalta vaikutussäde on maalin pinta-alan säde, koska sirpaleilla tässä tapauksessa ei ole vaikutusta. [34]

Laskuesimerkissä oletetaan, että ampuvana yksikkönä toimii 155 K 98 patteristo, jonka ampumaetäisyys maaliin on kahdeksan kilometriä, maalia ammutaan suoraan sivulta. Sekä topografisen että ballistisen valmistelun perusteet ovat tarkat. Tuli osuu suoraan maaliin, ammunnan hajontana käytetään ampumasuunnassa neljää prosenttia ja sivusuunnassa yhtä prosenttia. Kahdeksan kilometrin ampumaetäisyydellä prosentuaaliset hajonnat tarkoittavat 320 metrin hajontaa äärimmäisten iskemien välillä ampumasuunnassa ja 80 metrin hajontaa sivusuunnassa. Hajonnalla tarkoitetaan kuorma-ammusten hajontaa toisistaan, joten todellinen maalialue on laajempi, koska tytärammukset leviävät maastoon ellipsin muotoiselle alueelle.

Todennäköisyyslaskennan kannalta ei ole merkitystä liikkuvatko vaunut vai ovatko ne paikallaan, merkittävää on maalialueella iskemien osuessa olevien panssarivaunujen määrä. Todellisuudessa optimaalinen tilanne on ampua vihollista kun se on ajanut miinoitteeseen, jolloin ainakin osa vaunuista on paikallaan ja varmasti maalin alueella. Maalimallin mukainen vihollinen hyökkää miinoitteen läpi siten, että vaunujen väli on 50 metriä toisistaan, tällöin kuorma-ammusten kranaatit kykenevät suoraan sivulta ammuttaessa kattamaan 9 panssarivaunun hyökkäysuran.

Laskentaohjelma laskee kuinka moneen maaliin sirote on osunut tai maali ollut sirotteen sirpaleiden vaikutusetaisyydellä. Laskenta tapahtuu arpomalla kuvitellun iskemäkeskeispisteen (0,0) ympärille iskemät ja "venyttämällä" hajonta edellä mainituilla prosentteilla ampumaetaisyydestä. [34] Laskenta on toistettu 100 kertaa, jotta tuloksesta saadaan poistettua yksittäisen ammunnan tuloksen vaikutus. Eri laskukertojen tulokset ovat liitteessä 2.

Lasketaan tulen vaikutus ammuttaessa maaliin 18 tykkisen patteriston kerta. Jokainen laukaus koostuu 49 tytärkranaatista, yhteensä tytärkranaatteja osuu alueelle 882. Taulukkolaskennan perusteet ovat liitteessä 3 ja taulukon käyttöohjeet liitteessä 4.



Kuva 12. TU\_OS\_SI.WK4 ohjelman laskema yksittäisen ammunnan hajontakuvio

Patteriston kerralla kyetään vahingoittamaan yhdeksästä panssarivaunusta keskimäärin 2,74:ä eli kokonaistappiot maalialueella olevalle hyökkäjälle ovat 30,4 prosenttia sen kokonaisvahvuudesta. Tappiot ovat merkittävät hyvin pienellä ampumatarvikemäärällä ja lyhyessä aikayksikössä. Viholliselle tappioksi lasketaan

kaikki osuman saaneet vaunut osuman aiheuttaman vahingon suuruudesta riippuen. Ammunta toistettiin 100 kertaa, viholliselle aiheutetut tappiot vaihtelivat 0 ja 5 tuhotun vaunun välillä. 1. ja 9. vaunu eivät tuhoutuneet kertaakaan sadalla ammutakerralla.

Tytärkranatit läpäisevät 105 millimetriä terästä. Telaan osunut tytärkranatti vähintään katkaisee telan ja vahingoittaa telapyörästä estäen vaunun hyökkäyksen jatkamisen, kattoon osunut kranaatti estää vaunun käytön käynnissä olevassa taistelunvaiheessa tai tuhoaa sen kokonaan. Tiiviissä marssiryhmyksessä tai suppeassa tuliasemaryhmyksessä olevaan viholliseen ammuttuna jo patteriston kerta saattaisi tuhota vihollisen taistelukyvyttömäksi.

Ammuttaessa miinoitteeseen varmistetaan, että maalialueella on mahdollisimman paljon panssarivaunuja. Jatkettaessa ammuntaa samaan maaliin vihollisen tappioihin vaikuttaa merkittävästi alueelta pois ajaneiden vaunujen lukumäärä. Tällöin korostuu alueella olevan sulutteen merkitys. Jatkaessaan suoraviivaisesti hyökkäystään merkittävästi heikentynein voimin puolustajan tehtävä taistelussa käsiasein vihollista vastaan helpottuu. Taistelusta irtaantuva tai epäsuoran tulen alta pakeneva vaunu puolestaan joutuu kulkemaan miinoitteessa pidemmän matkan kuin suoraviivaisesti hyökkäävä, jolloin sen todennäköisyys ajaa miinaan kasvaa.

Jalkautuneelle miehistölle tappiot ovat merkittävät. Jokaisen tytärkranatin sirpaleiden vaikutusalue on 10 metriä eli 314 neliometriä. Voidaan todeta, että vastaavaan tulen tehoon ja tiheyteen yhtä lyhyessä aikayksikössä ei perinteisellä sirpalekranatilla ole mahdollista päästä useallakaan ampuvalla tulyyksiköllä. Tytärkranattien vaikutusalueella ei suojaamattomalla jalkaväellä juuri ole mahdollisuuksia selvitä hengissä. Lisäksi sirpaleet vahingoittavat panssaroimattomia maaleja yhtä tehokkaasti kuin jalkaväkeä.

Jalkaväkimiinojen tehtävän aiheuttaa hyökkääjälle tappioita voidaan täysin korvata käyttäen DM 662 kuorma-ammuksia suoraan sulutteeseen. Tappioiden aiheuttamisen edellytyksenä on kuitenkin aina ampumavalmiina olevan erikoisampumatarvikkein varustetun tulyyksikön tuki. Jalkaväkimiinoja on käytetty myös vartiopaikkojen ja yksittäisten asepesäkkeiden suojana. Tätä tehtävää ei tykistöillä voida täyttää, koska epäsuora tuli on tarkoitettu suurempia maaleja vastaan ja varmuusetäisyydet eivät mahdollista yksittäisten maalien tuhoamista omien joukkojen välittömästä läheisyydestä.



### 4.3 Kaukomiinoittaminen

Raskaalle raketinheittimelle ei ole laadittu suomalaista ohjesääntöä, joten sen käyttöperiaatteita tarkastellaan tässä tutkimuksessa brittien käyttämien toimintamallien mukaan. Asiantuntijana brittien raskaan raketinheittimen käyttöperiaatteiden osalta on haastateltu kapteeni Nikolai Votshenkoa.

Puolustukseen liittyen miinaraketteja käytetään kuten tavallisia miinoitteitakin, lisäksi niitä käytetään nopean rakennustapansa takia rajoittamaan vihollisen saavuttamia murtoja, suojaamaan yllättäen heikentyneitä sivustaa ja paikkaamaan vihollisen raivaamia miinoitteita. Miinaraketteja käytetään eristämään vihollisen toinen porras taistelusta tai estämään taistelujen painopisteen muutos vihollisen reservien käytöllä. Usein toisella portaalla ei ole yhtä tehokasta liikkeen edistämiskykyä kuin ensimmäisellä portaalla ja riittävän ajoissa ammuttu miinoite osuu toiseen portaaseen kun se on vielä marssiryhmityksessä. Oikein ajoitettu ja sijoitettu miinoite katkaisee huoltoyhteyden vihollisen iskevältä portaalta sekä hidastaa tai estää reservin käytön. Näihin tehtäviin miinaraketin 40 kilometrin kantama on riittävä. [58]

Miinarakettien kantaman ansiosta niiden käyttömahdollisuudet ovat hyvin samantapaiset sekä hyökkäyksessä että puolustuksessa. Hyökkäyksen erityispiirteiksi miinarakettien käytön osalta voidaan lukea mahdollisuus suojata sivustasuunnat sekä estää vihollisen vapaa liike puolustusasemassa sulkemalla hyökkääjän haluamat alueet ja vastahyökkäysreitit miinoitteilla. Miinaraketit mahdollistavat vihollisen hallussa olevan alueen miinoittamisen ja tarvittaessa estävät vihollisen irtaantumisen. [58]

Miinaraketteja käytetään usein yhdessä M26 kuormarakettien kanssa. Miinaraketit ja kuormaraketit saatetaan ampua samaan maalipisteeseen tappioiden maksimoimiseksi tai kuormaraketteja käytetään miinaraketeilla muodostettuun miinoitteeseen jälkikäteen tiedustelu- ja valvontatietojen perusteella, koska vaikka miinoite on ammuttu kauas vihollisen syvyyteen, myös sen teho kärsii, ellei sitä kyetä valvomaan tulella. Suomessa M26 rakettien puuttuminen on korvattavissa tykistön DM 662 kuorma-ammuksella. Miinoitteita ei kuitenkaan tarvitse valvoa eikä kyetä paikantamaan kuten perinteisiä miinoitteita, koska AT-2 panssari-miinoissa on

itsetuhomekanismi, joka tuhoaa miinan 3 – 96 tunnin kuluttua. Rakennettaessa miinoitteita etäälle omista joukoista, ei niitä aina edes pyritä valvomaan. [58]

Miinoite pyritään rakentamaan yhdellä heittimellä, jotta muiden heittimien rakettikasetit säilyvät täysinä eikä näin paljasteta viholliselle enempää kuin yksi heitin. Yhden heittimen kahdella täydellä kuuden raketin kasetilla kyetään muodostamaan 500 x 500 metrin suuruinen miinoite. Miinoitteesta voidaan periaatteessa rakentaa minkä kokoinen tahansa, perusmenetelmänä on ampua 1000 x 1000 metrin suuruinen miinoite, muutkin variaatiot 500 x 500 metrin – 1500 x 1500 metrin suuruisten miinoitteiden välillä ovat käytössä. Perusmenetelmän mukainen 1000 x 1000 metrin suuruinen miinoite rakennetaan organisaatiosta riippuen esimerkiksi neljällä heittimellä siten, että jokainen heitin ampuu oman 500 x 500 metrin suuruisen miinoitteen 12 raketilla. Miinoitteet rakennetaan siten, että niiden miinatiheydeksi tulee 0,6 miinaa rintamametriä kohden. [58]

Miinoitteen syvyyttä ei kyetä määrittämään yhtä tarkasti kuin sen leveys. Miinakentän syvyys riippuu kantaman aiheuttamasta hajonnasta ja maalin jaosta pienempiin alueisiin. Miinakenttä, joka on 1000 metriä leveä ja jossa on 0,6 miinaa rintamametriä kohti, pystytään kattamaan 90 prosenttisella varmuudella seuraavanlaisilla laukaisumäärillä:

10 - 15 kilometriä – 4 kasettia, 24 raketia 672 miinaa (kaksi raketinheitintä)

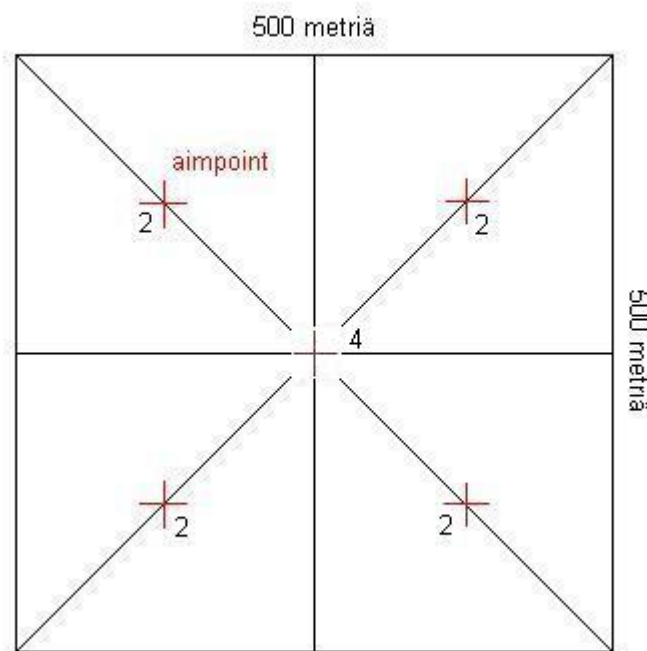
15 - 30 kilometriä – 6 kasettia, 36 raketia 1008 miinaa (kolme raketinheitintä)

30 - 35 kilometriä – 8 kasettia, 48 raketia 1344 miinaa (neljä raketinheitintä) [58]

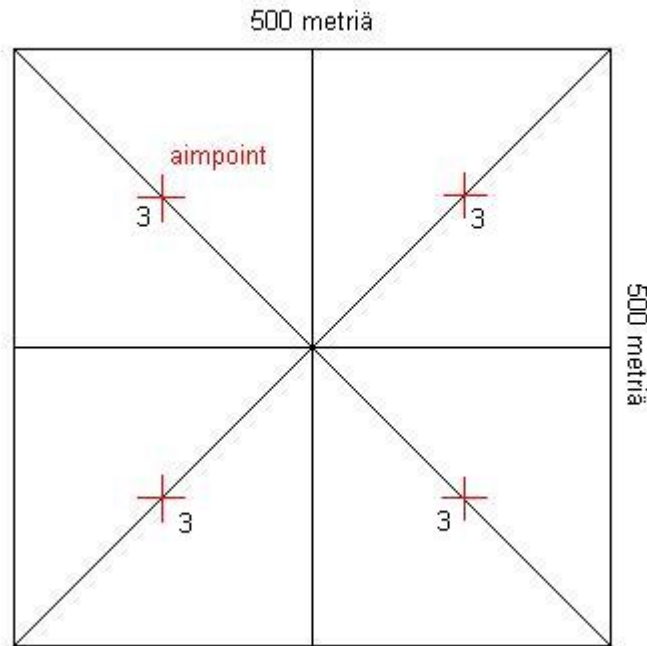
Jos raketinheitinjaoksessa on kolme raketinheitintä, pystytään sillä muodostamaan yhdellä kertaa 10 kilometrin kantamalla 1400 metriä leveä bbzmiinoite, 27 kilometriin 1000 metriä ja 37 kilometriin 300 metriä leveä miinoite siten, että miinatiheys pysyy 0,6:ssa. Jos jaoksessa on neljä raketinheitintä, pystytään niillä yhdellä kertaa muodostamaan edellä mainituille etäisyyksille 1900, 1500 ja 600 metriä leveät miinoitteet. [58]

Ammuttaessa yhdellä heittimellä 500 x 500 metriä leveä miinoite, paikannetaan sille neljästä viiteen maalipistettä (aimpoint) kuvien 13 ja 14 mukaisesti. Näin kukin maalipiste muodostaa 250 x 250 metriä leveän neliön keskipisteen. Jokaiseen maalipisteeseen ammutaan raketteja siten, että yhteen laskettujen rakettien

lukumäärä on 12, jotta saavutetaan 0,6 miinatiheys rintamametriä kohden. Kuvissa 13 ja 14 on esitetty kaksi vaihtoehtoa miinoitteen maalipisteiden määrittämiseen ja niihin ammuttavien rakettien lukumäärästä. Maalipisteiden määrittämistä ohjaa miinoitteeseen haluttu painopiste. Todellinen yhden raketin hajontakuvio on ympyrä, jonka halkaisija on 10 kilometrin ampumaetäisyydellä 82 metriä ja 40 kilometrin ampumaetäisyydellä 106 metriä. Ammuttaessa kahdesta neljään rakettia yhteen maalipisteeseen kattaa rakettien laskennallinen hajonta 250 x 250 metrin suuruisen neliön. [58]



Kuva 13. Miinoite on muodostettu viidellä maalipisteellä. Miinoitteeseen on haluttu selkeä painopiste, esimerkiksi teiden risteys



Kuva 14. Miinoite on muodostettu ampumalla neljään maalipisteeseen yhteensä 12 rakettia. Tässä vaihtoehdossa ei ole selkeää painopistettä, miinoitetta voidaan käyttää esimerkiksi laajan huoltoalueen käytön estämiseen

Jokaisessa AT2 miinaraketissa on 28 panssariamiinaa, jolloin 12 raketissa on 336 miinaa. Miinatiheys lasketaan jakamalla miinojen lukumäärä rintamametreillä, eli miinoitteen leveydellä vihollisen tulosuuntaan nähden. Näin ollen esimerkin mukaisen miinoitteen miinatiheydeksi saadaan 0,672 miinaa rintamakilometriä kohden.

#### 4.3.1 AT2 panssariamiinan suorituskyky

Seuraavassa arvioidaan raskaalla raketinheittimellä muodostetun miinoitteen suorituskykyä todennäköisyyslaskennan avulla. Esimerkin miinoitteen ominaisuudet lasketaan keskimääräisen AT2 panssariamiinoilla muodostetun miinoitteen ominaisuuksien mukaan. Lopuksi miinoitteen aiheuttamia tappioita verrataan kappaleen 2.4 mukaista vihollista vastaan. Maalimallin mukainen vihollinen ei ole tyypillinen maali raskaan raketinheittimen miinaraketeille, tarkoitus on mahdollistaa vertailu tavanomaisen sulutteen kanssa, joten tarkastelu maalimallia vastaan on perusteltua. Laskuesimerkin mukainen tehtävä saattaisi tulla kyseeseen esimerkiksi hyökkäyksen välitavoitteeseen ryhmityessä, jossa vihollinen suorittaa yllättävän

vastahyökkäyksen sivusuunnalta. Vihollisen oletetaan hyökkäävän AT2 panssarimiinoitteen läpi noudattaen periaatteita, jotka ovat esitely kappaleessa 2.6.

Miinoite ammutaan 13 kilometrin etäisyydelle ja sen leveys on 1000 metriä. Miinoitteen muodostamiseksi ammutaan 24 rakettia, jotka sisältävät yhteensä 672 AT2 panssarimiinaa. Miinoitteen laskennallinen miinatiheys on 0,672 miinaa rintamametriä kohden. Saatu miinatiheys kuvastaa teoreettista maksimia, joka kyseisellä määrällä miinaraketteja on mahdollista saavuttaa. Tämän edellytyksenä on, ettei yksikään raketti hajoa kuvan 13 tai 14 mukaisen kuvion ulkopuolelle, mikä on hajonnasta johtuen epätodennäköistä ampumaetäisyyden kasvaessa. Käytännössä kyseisellä rakettimäärällä saavutetaan käytössä olevalla ampumaetäisyydellä 0,6:n miinatiheys. Alueelle ammutuista 672 miinasta laskussa otetaan huomioon vain 600, jotta ne täsmäävät haluttuun miinatiheyteen. Loput miinat ovat laskeutuneet laskuesimerkin rajaaman miinoitteen ulkopuolelle.

Laskettaessa miinaraketeilla muodostetun miinoitteen suorituskykyä on määritettävä AT2 panssarimiinan tehollinen laukaisuleveys. Miina laukeaa joko yliajon seurauksena paineen vaikutuksesta tai laukaisupuikon riittävästä taipumisesta, joten miinan tehollinen laukaisuleveys on panssarivaunun koko leveys. Miinan toimintakerroin joudutaan arvioimaan saatavilla olevien lähteiden perusteella. Telamiinan tavoin myös AT2 on erittäin luotettava miina, jonka osumasta huolimatta räjähtämättä jääneiden miinojen määrää kuvaillaan useissa lähteissä erittäin vähäiseksi. AT2 miinaan vaikuttavat osin eri ympäristötekijät kuin telamiinan, pääosin levitystavasta johtuen. Maalialueella olevat puut saattavat sotkea miinojen laskuvarjot ja jopa estää miinojen maahan osumisen. Heittimellä levitetyt miinat laskeutuvat paikkoihin, jotka eivät sovellu miinoittamiseen, kuten suurten kivien väliin tai alueella oleviin kosteisiin tai upottaviin maastonkohtiin. Maaston ja levitystavan aiheuttamat haasteet on huomioitu miinan rakenteessa, oikaisuvarret kääntävät sen automaattisesti oikein päin ja pitkä laukaisupuikko toimii vaikka miina olisi tippunut painaumaan tai matalaan ojaan. Edellä mainituista tekijöistä johtuen laskuesimerkissä käytetään miinojen toimintakertoimena 0,9:ää.

Lasketaan edellä kuvatuilla perusteilla tappiot vihollisen mekanisoidun komppanian iskeville osille. Alueen läpi hyökkää kymmenen rynnäkköpanssarivaunua. Miinoite on vihollisen hyökkäysryhmitystä selvästi leveämpi.

$$M = 600 \text{ kpl}$$

$$f = 0,9$$

$$b = 3,1 \text{ m}$$

$$a = 1000 \text{ m}$$

$$p = \frac{b}{a} = \frac{3,1\text{m}}{1000\text{m}} = 0,0031$$

$$P = 1 - e^{-M \times f \times p} = 1 - e^{-600 \times 0,9 \times 0,0031} = 0,813$$

$$K = N \times P = 10 \times 0,813 = 8,13 \text{ vaunua.}$$

Miinoite aiheuttaa sen läpi hyökkävälle rynnäköpanssarivaunuosastolle 81 prosentin tappiot. Maalimallin tapauksessa 10 rynnäkövaunusta 8 tuhoutuu tai vaurioituu miinoitteessa. Huolimatta tavanomaista miinoitetta pienemmästä miinatiheydestä, tappiot ovat valtavat ja pysäyttävät käytännössä osaston etenemisen täysin. Tappioiden suuruuteen tavanomaiseen miinoitteeseen verrattuna vaikuttava merkittävin yksittäinen tekijä on AT2 panssariimiinan tehollinen laukaisuleveys, joka vastaa pohjamiinan laukaisuleveyttä.

Laskuesimerkissä ei ole huomioitu miinojen sijaintia maanpinnalla pelkän naamiovärityksensä turvin. Koska miinoja ei ole kaivettu maahan ja naamioitu, osa niistä kyetään varmasti kiertämään. Havaittujen miinojen määrää on vaikea arvioida, käynnissä oleva taistelutilanne ja miehistön koulutus sekä näkyvyys panssariajoneuvosta ovat suurimmat tekijät, jotka vaikuttavat miinojen havaitsemiseen. Raskaalle raketinheittimelle on saatavissa savutusraketteja, joiden käyttö miinoitteeseen vähentää miinojen havaittavuutta.

Kaukomiinoittamiskyvyllä on merkittävä vaikutus vihollisen kärsimiin tappioihin. Raskaan raketinheittimen miinaraketit mahdollistavat lukuisat uudet miinoittamistehtävät, niillä kyetään tukemaan ja vahventamaan merkittävästi tavanomaista panssariimiinoittamista. Nopeus ja kantama ovat järjestelmän suurimmat edut, viholliselta kyetään helposti kiistämään halutun alueen vapaa käyttö kymmenien kilometrien etäisyydeltä muutamassa minuutissa. Miinoitteita ei

ainoastaan kyetä rakentamaan kauaksi ja nopeasti, myös niiden aiheuttamat tappiot viholliselle ovat huomattavan korkeat tehokkaan AT2 panssarimiinan ansiosta.

## 5. Yhdistelmä

Suomi liittyy Ottawan sopimukseen 2012 ja hävittää jalkaväkimiinat vuoden 2016 loppuun mennessä. Jalkaväkimiinojen suorituskykyyn haetaan korvaajaa muun muassa tykistöasejärjestelmästä. Raskas raketinheitin, tykistön hakeutuvat panssarintorjunta- ja kuorma-ammukset sekä erilaiset valvonta- ja maalinosoitusjärjestelmät ovat tutkimuskohteena korvattaessa menetettävää suorituskykyä sekä kehitettäessä jäljelle jäävää miinoittamiskykyä.

Tavanomainen miinoite on erityisesti puolustajan käytössä erittäin tehokas ase. Oikeassa maastonkohdassa ja optimaalisissa olosuhteissa panssarimiinoitteista rakennetulla sulutteella kyetään tuhoamaan jopa 70 prosenttia vihollisen läpi hyökkäävästä mekanisoidusta komppaniasta. Vahventamalla sulute jalkaväkimiinoilla aiheutetaan paitsi merkittävät yli 15 prosentin miehistötappiot jalkautuneelle henkilöstölle myös miinakauhua, jonka vaikutusta ei voi matemaattisesti mitata. Sulute rakennetaan muuhun taistelusuunnitelmaan liittyen ja oikein suunniteltuna se ohjaa vihollisen hyökkääjän kannalta epäedulliseen maastoon puolustajan panssarintorjunta tulen ulottuville ja epäsuoran tulen alle.

Jalkaväkimiinoista luovuttaessa menetetään kyky valvoa miinoitteita, estää niiden käsin raivaaminen, estää alueiden vapaa käyttö jalkaväeltä sekä merkittävä jalkaväen tappioita aiheuttava ase. Näihin tehtäviin haetaan korvaajaa muun muassa tykistöstä. Tutkimuksessa havaittiin, että tykistöasejärjestelmä kykenee kattamaan suuren osan jalkaväkimiinojen suorituskyvystä.

Maalinosoitus- ja valvontajärjestelmät kykenevät kattavasti valvomaan ja johtamaan tulta laajoihin sulutekokonaisuuksiin taistelujen painopistealueella. Niiden kantama ja tarkkuus riittävät hyvin korvaamaan jalkaväkimiinojen valvontakyvyn sekä tehostamaan erityisesti tulivaikutuksen ohjaamista oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan. Suurin puute maalinosoituslaitteiden osalta on modernin vastatykistötutkan puute, vihollisen tykistön tuliasemiin kyetään olemassa olevilla asejärjestelmillä vaikuttamaan tarvittaessa jopa 40 kilometriin saakka mutta maalien paikantaminen yhtä kaukaa on erittäin haastavaa. Tehokas vastatykistötutka tehostaisi

kaukomiinoittamista ja tulivaikutusta selvästi. Tällä hetkellä ainoa järjestelmä reaaliaikaiseen kaukotulenjohtoon on Ranger-lentotiedustelujärjestelmä, jonka toimintasäde on jopa 180 kilometriä.

Kaikkia jalkaväkimiinojen massamaisesta käytöstä, helposta saatavuudesta, halvasta hinnasta ja yksinkertaisesta käytettävyydestä johtuvia tehtäviä ei kyetä tykistöasejärjestelmillä täyttämään. Pienten erillisosastojen, kuten tiedustelijoiden tai yksittäisten vartiopaikkojen, suojana jalkaväkimiinat ovat erinomainen ase. Ne ovat kaikkien joukkojen saatavilla ja niillä pystytään helposti ja luotettavasti turvaamaan vartiopaikka tai tähystysasema sekä ansoittamaan ja sulkemaan reitit, joita ei haluta käyttää sekä katveet, joihin ei kyetä tähystämään. Valvontalaitteiden vähäinen määrä ja niiden tarvitsema erikoiskoulutettu henkilöstö aiheuttavat sen, että niillä ei kyetä täysin korvaamaan jalkaväkimiinojen kykyä valvoa alueita ja estää alueiden käyttö.

Jalkaväkimiinojen tappioita aiheuttavan tehtävän tykistö kykenee korvaamaan uusilla kuorma-ammuksilla. Niiden aiheuttamat tappiot jalkaväelle ovat hyvin merkittävät, lisäksi ne ovat hyvin tehokkaita myös panssaroituja-ajoneuvoja vastaan. 30 prosentin tappiot tutkimuksessa käytetyn maalimallin maalialueelle jääneitä rynnäkköpanssarivaunuja vastaan ovat merkittävän suuret kun huomioidaan, että ne saavutettiin patteriston kerralla. Kuorma-ammusten tulenteho perustuu hyvin suureen tulentiheyteen, tuhovaikutusta tehostaa mahdollisuus ampua suoraan miinoitteeseen. Vaikutusta jalkaväkeen ei ole erikseen simuloitu. Selvää on, että suojaamattoman jalkaväen tappiot ovat hyvin korkeat kuorma-ammusten maalialueella.

Kaukomiinoittamisen suhteen AT2 miinaraketit luovat tykistölle täysin uuden kyvyn, jolla tavanomaisen panssarmiinoittamisen tehtäväkenttää voidaan laajentaa uudelle tasolle. Miinaraketit tuovat mahdollisuus miinoittaa alueita, jotka ovat vihollisen hallussa ja jopa 40 kilometrin etäisyydellä omista asemista. AT2 todettiin erittäin suorituskykyiseksi miinaksi ja miinaraketeilla saavutettava miinatiheys riittävän suureksi, yli 80 prosentin tappiot sulutteen läpi ajaneelle mekanisoidulle komppanialle pysäyttävät varmasti sen hyökkäyksen. Lasketut tappiot viholliselle ovat optimistisia arvioita, todellisuudessa vihollisen raivauskalusto ja havaitsemat miinat vähentävät tappioita. Tästä huolimatta AT2 miinaraketti voidaan todeta erittäin tehokkaaksi ampumatarvikkeeksi ja sen vaikutus erityisesti liikkuvassa sodankäynnissä on suuri.



Tykistöasejärjestelmä kykenee tehostamaan tavanomaista panssarimiinoittamista huomattavasti. Painopistealueille yhtä aikaa suunnattavilla järjestelmillä saavutetaan suuri tuhovaikutus. Tulivaikutus voidaan maksimoida ampumalla miinaraketteja ja kuorma-ammuksia yhtä aikaa suoraan vihollisen tuliasemiin tai marssiryhmitykseen sekä käyttää kuorma-ammuksia taisteluun vetotasalla miinoitteeseen törmänneeseen hyökkäykseen ryhmittyvään vihollisosastoon. Maalitieto näihin kohteisiin saadaan maavalvontatutkalta tai esimerkiksi Maakotkalta, joten varsinaista miinoitetta valvovaa joukkoa ei tarvitse käyttää lähelläkään miinoitetta. Käytettäessä tykistöasejärjestelmän tuomia uusia mahdollisuuksia yhdessä tavanomaisten miinoitteiden rinnalla, saavutetaan painopistealueella huomattavasti aikaisempaa suluttamista tehokkaampi vaikutus niin aluevalvonnan kuin tappioiden tuottamisenkin osalta.

Tulevaisuudessa tykistöllä on mahdollisuuksia vielä monipuolisempaan vaikuttamiseen miinoittamiseen liitettävän tulivaikutuksen osalta. Markkinoilla on saatavilla tehokkaita täsmäammuksia sekä 155 millimetriselle kanuunalle että raskaalle raketinheittimelle. Nämä ampumatarvikkeet tulevat olemaan Suomessakin keskustelunaiheena, kun mietitään seuraavia tykistön kehitysaskelia. Täsmäammuksilla kyetään vielä DM 662 kuorma-ammustakin suurempaan tulen tehoon. Ohjautuvat tytärammukset osuvat suurella todennäköisyydellä maaliinsa ja mahdollistavat tulevaisuudessa ampumisen tarkasti hyvinkin lähellä omia joukkoja sijaitsevaan sulutteeseen tai erittäin pitkän ampumaetäisyyden päähän miinaraketeilla rakennettuun miinoitteeseen.

Korvattaessa erikoisampumatarvikkeilla ja moderneilla valvontalaitteilla massamaisesti käytetyn jalkaväkimiinan suorituskykyä törmätään helposti ongelmaan, että tehtävä kyetään täyttämään, usein jopa tehokkaammin kuin ennen, mutta ei samassa laajuudessa kuin jalkaväkimiinoilla. Jalkaväkimiinat ovat kaikkien joukkojen saatavilla. Vapaata raskas raketinheitinpatteria tai lähintä 155 K 98 patteristoa, joka on varustettu kuorma-ammuksilla, saattaa joutua taisteluentällä odottamaan liian kauan vaikka joukko olisikin taistelujen painopistealueella. Sivusuunnalla taisteleva joukko joutuu todennäköisesti jatkossakin pärjäämään ilman kalliita erikoislaitteita.

Uudet järjestelmät tuovat tulevaisuudessa uusia haasteita sodan ajan joukkojen koulutukseen. Lisääntyvä teknillistyminen ja kaluston monipuolistuminen tulevat

vaatimaan enemmän teknistä osaamista tulevaisuuden joukoilta. Jotta maalinsoitus- ja valvontajärjestelmillä todellisuudessa voidaan täyttää jalkaväkimiinojen valvontatehtäviä ja kehittää miinoitteeseen vaikuttamista sekä laajentaa niiden valvontaa on uusia ja moderneja laitteita tuotavat lähemmäksi jalkaväkeä ja liitettävä kiinteästi niiden organisaatioihin. Erikoisjoukkoja ei riitä kaikkialle mutta käyttötarvetta on jalkaväessä jo komppaniatasolla. Lisääntyvä maali- ja valvontatieto tulee aiheuttamaan jalkaväellekin tarpeen tietojärjestelmään, joka kykenee hallinnoimaan ja johtamaan lisääntyvää tiedon määrää.

## LÄHTEET

- [1] 155 kua DM 662 pvy-51E (KTA 5814) ja tytäkranaatti DM 1385. Tekninen ohje.
- [2] A2 Mekanisoitu pataljoona taistelussa. Pääesikunta/Maavoimaosasto. Ohjesääntönumero 409. Edita Prima Oy, Helsinki 2005.
- [3] Aalto, Pekka. Kuorma-ammukset. Sotatekniikan kehitys tekniikan aloittain. Sotatekninen arvio ja ennuste STAE, osa 1. Gummerus kirjapaino oy. Jyväskylä 1993.
- [4] Alasjärvi, Jouko ja Mäki, Erkki. Taktiikan ja sotatekniikan kehittymisen asettamia vaatimuksia kenttätykistön tulenkäytölle. Tiede ja Ase, Suomen sotahistoriallisen seuran vuosijulkaisu 43/1985. Joensuu 1985.
- [5] Aldrich, Robert. Laser fundamentals. <http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/laser/fundamentals.htm>, viitattu 20.12.06.
- [6] ARTHUR artillery hunting radar. Army Technology. <http://www.army-technology.com/contractors/surveillance/ericsson/>, viitattu 1.12.06.
- [7] Cluster bombs. Federation of american scientists. <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/dumb/cluster.htm>, viitattu 4.2.07.
- [8] Cluster Munition Questions and Answers: The M26 Rocket. Human right watch. <http://hrw.org/english/docs/2006/08/18/global14050.htm>, viitattu 28.2.07.
- [9] Dual-Purpose Improved Conventional Munitions. Globalsecurity.org. <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/dpicm.htm>, viitattu 12.1.07.
- [10] Glasner, Joanna. Position fix. C<sup>4</sup>ISR, The journal of net-centric warfare, Vol. 5, No. 8. Army times publishing. 9/2006.
- [11] GMLRS XM30 rocket. Lockheed Martin.

[http://www.missilesandfirecontrol.com/our\\_products/firesupport/Guided\\_MLRS\\_XM30/product-Guided\\_MLRS-XM30.html](http://www.missilesandfirecontrol.com/our_products/firesupport/Guided_MLRS_XM30/product-Guided_MLRS-XM30.html), viitattu 19.1.07.

[12] Haapamäki, Markus. Suomalaisille kolmen patterin verran raskaita raketinheittämiä. Reserviläinen 2/2006.

<http://www.reservilainen.fi/show.php?year=2006&magazine=2&article=1>, 31.7.06.

[13] Haapamäki, Tapio. Afotas-art. PowerPoint esitys.

[14] Haapamäki, Tapio. Kaukotähystysjärjestelmä. PowerPoint esitys.

[15] Haapamäki, Tapio. Maastonvalvontatutka. PowerPoint esitys.

[16] Hautala, Jukka, Kakkola, Timo ja Kaukoranta, Timo. Taisteluvälineet 2020. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Julkaisusarja 1 n:o 10/2002. Edita Oyj, Helsinki 2002.

[17] Heininen, Tapio. Tutkija, DI, PVTT. Haastateltu 8.10.06 klo 16 Tykistökoululla.

[18] Ikonen Ilkka. GPS-asejärjestelmät, niiden käyttö ja häiritävyys. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, julkaisusarja 4 N:o 2. Kymenlaakson Ammattikorkeakoulun insinööriyö 2004. Edita Prima Oy, Helsinki 2004.

[19] Ikonen, Ilkka ja Tuovinen, Pekka. Tykistön ja kranaatinheittämisen erikoisampumatarvikkeet. Tiede ja ase, Suomen sotatieteellisen seuran vuosijulkaisu N:0 64. Kirjapaino Waasa graphics oy. Vaasa 2006.

[20] Jalkaväkimiinaselvitystyöryhmän raportti 16.12.1997. [www.defmin.fi](http://www.defmin.fi).

[21] Jalkaväkimiinojen käytön, varastoinnin, tuotannon ja siirron kieltämistä ja niiden hävittämistä koskeva yleissopimus. Epävirallinen suomennos. [www.defmin.fi](http://www.defmin.fi).

[22] Jane's ammunition handbook 2005-2006. PVNET  
<http://164.13.10.221:8080/swish.cgi>. Jane's libraries.

- [23] Jane's armour and artillery 2003-2004. PVNET  
<http://164.13.10.221:8080/swish.cgi>. Jane's libraries.
- [24] Jane's Mine and Mine Clearance 2005-2006. PVNET  
<http://164.13.10.221:8080/swish.cgi>. Jane's libraries.
- [25] Jane's radar and electronic warfare system 1996 – 1997. PVNET  
<http://164.13.10.221:8080/swish.cgi>. Jane's libraries.
- [26] Kivelä, Antti. Kenttätykistön tiedusteluyksiköiden tarve, organisaatiot ja käyttöperiaatteet maanpuolustusalueella. Esiupseerikurssin tutkielma. Helsinki 1994.
- [27] Lappalainen, Esa. Käytetäänkö pelotepommeja Irakin kriisissä? Kirjoitettu 24.3.2003. <http://tietokannat.mil.fi/irak/artikkelit.php3?navi=2&id=22>, viitattu 7.9.2005.
- [28] M26 Multiple Launch Rocket System (MLRS). Globalsecurity.org.  
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/m26.htm>, viitattu 15.2.07.
- [29] M30 Guided multi launch rocket system (MLRS). Globalsecurity.org.  
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/mlrs-g.htm>, viitattu 19.1.07.
- [30] Maavoimien kalustoesittely. <http://www.mil.fi/maavoimat/kalustoesittely/>.
- [31] Majuri, Pekka. Suomen sotavarustus. Ruotuväki, Suomen graafiset palvelut oy. Kuopio 1997.
- [32] Minenrakete MLRS-AT2 im scharfen schuss. Wehrtechnik 1/1995.
- [33] Niemelä, Joni. Kääriäinen: Rypälepommit ovat tärkeä osa puolustusta. Kirjoitettu 23.02.2007. <http://www.mil.fi/ruotuvaki/index.dsp?aid=2778>, viitattu 24.2.07.
- [34] Paloharju, Topi. Tulen tehon taulukoiden laskenta ja käyttö. Ohje, Maanpuolustuskorkeakoulu 3/98.

- [35] Parkkari, Juhani ja Rosén, Gunnar. Sodan lait, käsikirja. Edita Publishing Oy, Helsinki 2004.
- [36] Pengelley, Rupert. The art of detection: UGS systems make a quantum leap in reliability and utility. Jane's international defence review, volume number 39 September 2006.
- [37] Poutanen, Markku. GPS-paikanmääritys. Ursan julkaisuja 64, 2. painos. Karisto Oy. Hämeenlinna 1999.
- [38] Puolustusjärjestelmien kehitys, sotatekninen arvio ja ennuste STAE 1993, osa 2. Pääesikunta sotatalousosasto. Gummerus kirjapaino oy. Jyväskylä 1993.
- [39] Puolustusjärjestelmien kehitys, sotatekninen arvio ja ennuste STAE 2020, osa 2. Pääesikunta sotatalousosasto 2004.  
[http://www.mil.fi/paaesikunta/paaesikunta/sotatalous/STAE/sotatek\\_osa2\\_www.pdf](http://www.mil.fi/paaesikunta/paaesikunta/sotatalous/STAE/sotatek_osa2_www.pdf), viitattu 4.9.2006.
- [40] Puolustusministeriön Jalkaväkimiinaselvitystyöryhmän loppuraportti 14.7.2004. [www.defmin.fi](http://www.defmin.fi).
- [41] Puolustusministeriön Jalkaväkimiinaselvitystyöryhmän väliraportti 19.12.2003. [www.defmin.fi](http://www.defmin.fi).
- [42] Pääesikunnan maavoimaosaston ak:n Jalkaväkimiinojen suorituskyvyn korvaamiseen liittyvä tutkimus. Pääesikunta/Maavoimaosasto 19.12.2005. PEmaav-os ak R6315/8/E/IV.
- [43] Ranger UAV system, RUAG Aerospace defence technology. Valmistajan .pdf -esite. [www.ruag.com](http://www.ruag.com).
- [44] Raskaan raketinheitinjärjestelmän hankinta. Tiedote. Puolustusministeriö 5.1.2006.  
<http://www.vn.fi/ajankohtaista/tiedotteet/tiedote/en.jsp?oid=147216>, viitattu 31.7.06.

- [45] Raskaat raketinheittimet ovat saapuneet Suomeen. Pääesikunta. Kirjoitettu 22.02.2007. <http://www.mil.fi/paaesikunta/artikkelit/2770.dsp>, viitattu 24.2.07.
- [46] Roslund, Riku. Rakettipattereihin lisää virtaa leveästä reiästä, Ruotuväki 2/06, 27.1.2006. [http://www.mil.fi/ruotuvaki/index.dsp?action=read\\_page&pid=63&aid=974](http://www.mil.fi/ruotuvaki/index.dsp?action=read_page&pid=63&aid=974), viitattu 31.7.06.
- [47] Sihvonen, Aki. Operatiivisen tulenkäytön järjestelyt yhtymässä. Tykkimies 1994. Suomen kenttätykistösäätiö. Cosmoprint oy. Helsinki 1994.
- [48] Suluttamisopas. Pääesikunnan koulutusosasto 1992. 3.painos, Karisto Oy, Hämeenlinna 2000.
- [49] Suomi liittyy Ottawan sopimukseen.  
<http://www.valtioneuvosto.fi/vn/liston/base.lsp?r=88555&k=fi&old=754&rapo=1240>, viitattu 25.2.06.
- [50] Tauru, Mika. Raskas raketinheitinjärjestelmä – Iskukykyä maavoimille. Tykkimies 2006, Suomen kenttätykistösäätiön vuosikirja nro 26. Vammalan kirjapaino Oy 2006.
- [51] Teknisen kehityksen suuntalinjat. Tekniikan laitos, Maanpuolustuskorkeakoulu, julkaisusarja 4 n:o 1. FMV:n alkuperäistekstistä Tekniska Utvecklingstrender kääntänyt Pasi Pasivirta. Edita oyj. Helsinki 2002.
- [52] Teknologian kehitys, sotatekninen arvio ja ennuste 2020 STAE 2020, osa 1. Pääesikunta sotatalousosasto. Edita prima oy. Helsinki 2004.
- [53] Todennäköisyys- ja ampumaopin perusteet. Pääesikunta, Helsinki 1984.
- [54] Tulen vaikutus ja teho. Sotatekniikan laitos, opetusmoniste. Tammikuu 2006.
- [55] Utunen Erkki. Kenttätykistö kehitty - tuhovoima kasvaa. Tykkimies 1992, Suomen kenttätykistösäätiön vuosikirja N:o 19. Etelä-Saimaan kustannus Oy, Lappeenranta 1992.

[56] Utunen, Erkki. Raketinheittimistölle asetettavat vaatimukset ja raketinheittimistön käyttö yhtymien taistelujen tukemiseen. Sotakorkeakoulun diplomityö 1989.

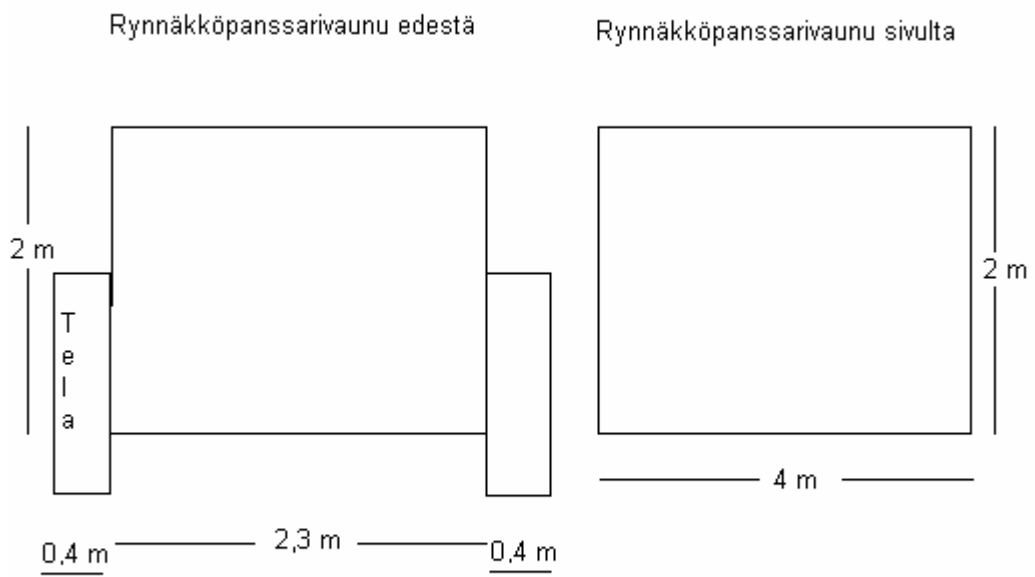
[57] Valtioneuvoston turvallisuus- ja puolustuspoliittinen selonteko 2004. Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2004. Valtioneuvoston kanslia. Julkaisusarja 16/2004.

[58] Votshenko, Nikolai. Suorittanut Finnish Army MLRS Conversion Course. 24.7.-25.8.06, Royal school of artillery, Iso-Britannia. Haastateltu 8.11.06 klo 15.00 Tykistökoululla.

[59] Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas. Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus. Vammalan kirjapaino oy. Vammala 2001.



NATO:N STANDARDOIMAT RYNNÄKKÖPANSsarIVAUNUN MITAT



**YKSITTÄISTEN AMMUNTOJEN TULIVAIKUTUKSET**

2	4	3	1	4	Toistoja	100
2	2	3	3	2	Yhteensä	274
2	4	4	2	3	Keskiarvo	2,74
4	3	3	3	2		
3	2	4	2	4		
2	3	5	1	3		
4	1	2	3	4		
3	1	1	4	3		
4	3	3	3	4		
3	5	2	0	3		
2	3	5	1	3		
1	1	3	2	3		
4	3	3	4	4		
2	1	3	4	2		
4	3	3	2	3		
4	4	0	2	4		
1	3	3	3	2		
3	3	3	2	3		
2	2	2	4	1		
2	3	3	3	2		

Pystysarakkeissa yksittäisten ammuntojen aiheuttamat tappiot viholliselle.



**TULEN TEHON LASKENTA TU\_OS\_SI.WK4 TAULUKOLLA**

Ohje on lyhennetty ja muokattu alkuperäisestä Paloharjun kirjoittamasta ohjeesta.  
[34]

Ammunnan epätarkkuuksiin liittyviä tekijöitä ei ole simuloitu tai laskettu, vaan ne on otettava huomioon syötettävissä maksimihajontaprosenteissa (esimerkiksi 4 % pituushajonta ja 1 % sivuhajonta) sekä maalialkioiden sijoittelussa (maalit siirrettävä pois oletetusta iskemäkeskeispisteestä - origosta, kun halutaan ottaa huomioon tulenavauksen virheiden vaikutus).

Laskenta tapahtuu arpomalla kuvitellun iskemäkeskeispisteen (0,0) ympärille iskemät ja "venyttämällä" hajonta edellä mainituilla prosenteilla ampumaetäisyydestä. Havainnollistamista varten on valittu  $\pm 200$  metrin alue näkyville. Laskenta toimii alueen ulkopuolella.

Kukin taulukko muodostuu kuva ja laskenta taulukkosivusta. Kaikki muutettavaksi tarkoitetut tekijät ovat kehystetyissä soluissa, joista arvot siirtyvät laskentataulukkoon. Laskenta käynnistetään tietojen syöttämisen/muuttamisen jälkeen F9:llä (1-2-3:n manuaalilaskenta).

Grafiikka on kikkailtu sijoittamalla kaksi kaaviota päällekkäin, joista päällimmäinen on läpinäkyvä. Päällimmäisessä kaaviossa on maaliin liittyvä osuus ja alemmassa ovat iskemät.

TU\_OS\_SI.WK4 laskee kuinka moneen maaliin sirote on osunut tai maali ollut sirotteen sirpaleiden vaikutusetäisyydellä.

**TU\_OS\_SI.WK4 taulukko**

TU\_OS\_SI.WK4 taulukossa voidaan vaihdella laukausten ja sirotteiden lukumäärää, ampumaetäisyyttä, ampumasuuntaa, pituus- ja sivuhajonnan %-määrää, sirotteiden

hajonnan metrimääriä, sirotteiden vaikutusetäisyyttä sekä maalien (maksimi 60 kpl) sijaintia.

Sirotteiden arvot lasketaan seuraavasti:

Sarakkeissa **arv x** ja **arv y** lasketaan kuorma-ammuksen piste sirotteita varten kuten edellä.

Sirotteet

-sarakkeessa **s(siro)** arvotaan sirotteelle suunta kuorma-ammuksen pisteestä

-sarakkeessa **r(siro)** arvotaan sirotteelle etäisyys kuorma-ammuksen pisteestä

- arvotaan neljä (4) Random lukua (välillä 0-1), joiden keskiarvo kerrotaan puolella sivuhajonnan metrimäärällä<sup>1</sup>.

-sarakkeissa **D x** ja **D y** muunnetaan edellä saatu suunta ja etäisyys sirotteen eroiksi kuorma-ammuksen x ja y koordinaatteihin

-sarakkeissa **s** ja **r** lasketaan sirotteen suunta ja etäisyys origosta **arv x** ja **arv y** (kuorma-ammus) sekä **D x** ja **D y** (sirote) perusteella

Ampumasuunnan vaikutuksen huomioidaan sarakkeissa **lop x** ja **lop y**

-lisätään suuntaan ampumasuunnan muutos (0 astetta on y-akselin suuntainen ja 90 astetta on x-akselin suuntainen)

-lasketaan uudella suunnalla lopulliset x ja y-koordinaatit

**Iske n:o** -saraketta käytetään halutun kuorma-ammuksien lukumäärän ilmaisemiseen. **Siro n:o** -sarakkeella huomioidaan sirotemäärä/kuorma-ammus. Sarakkeen **lop x** ja **lop y** funktio tarkistaa on **iske n:o** ja **siro n:o** -sarakkeen arvo suurempi kuin 0. Jos toinen arvoista on nolla **lop x** ja **lop y** kohdalle haetaan luku 1000000, jolloin iskemä siirtyy pois laskennasta. Näin koska arvolla nolla, iskemä tulee origoon ja osuisi origoon sijoitettuun maaliin.

Maalien koordinaatit sijoitetaan alueelle N2..BU3. Maaleja voi olla tässä taulukossa maksimissaan 60 kpl (järjestysnumero koordinaattien yläpuolella). Maalien määrää on säädelty sijoittamalla arvo 900 niiden maalien koordinaateiksi, joita ei ole haluttu tarkasteluun mukaan (arvo nolla tai tyhjä ohjelma laittaa maalit origoon, jolloin osumamäärä ei täsmää).

---

<sup>1</sup>Sirotteiden etäisyyden arvonnassa on käytetty 4 random-lukua, joka näyttää antavan samannäköisen hajonnan kuin koeampumalaitoksen ampumatulokset. On tyydytty yhdennäköisyyteen, koska ei ole ollut perusteita tarkemmalle laskennalle (alkuperäinen tarkoitus oli vain demonstroida - ei tarkka laskenta).

Osumat maaleihin lasketaan vertaamalla maalin ja sirotteiden keskipisteiden välistä etäisyyttä sirpaleiden vaikutusetäisyyteen. Jos etäisyys on pienempi kuin sirpaleiden vaikutusetäisyyteen tulostuu kohtaan arvo 1. Maalien koordinaattien alapuolella lasketaan montako osumaa maaliin on tullut (etäisyys pienempi kuin sirpaleiden vaikutusetäisyyteen). Huomio! Sirpaleiden vaikutusetäisyyteen on sisällytettävä maalin koon mukainen etäisyys. Esim. Kuorma-auto  $2\text{m} \times 6\text{m} = 12\text{ m}^2$  . Maali on mallinnettava ympyränä, jonka pinta-ala on  $12\text{ m}^2$  . Tällöin ympyrän säde on 1,95m, joka on lisättävä sirotteen sirpaleiden vaikutussäteeseen. Panssaroidun maalin osalta vaikutussäde on maalin pinta-alan säde, koska sirpaleilla tässä tapauksessa ei ole vaikutusta.