

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN KUORMA-AMMUSTEN TULEN TEHON  
ARVIOINTI**

Pro Gradu

Kadetti  
Tuomas Mäkinen

Kadettikurssi 89  
Kenttätykistölinja

Helmikuu 2006

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
89. Kadettikurssi	Maavoimalinja
Tekijä	
Kadetti Tuomas Mäkinen	
Tutkielman nimi	
<b>RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN KUORMA-AMMUSTEN TULEN TEHON ARVIOINTI</b>	
Oppiaine johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Tekniikka	Kurssikirjasto ( MpKK:n kirjasto )
Aika	Tekstisivuja 60                      Liitesivuja 5
Helmikuu 2006	

### TIIVISTELMÄ

Tehokasta asevaikutusta pitkille kantamille haettaessa yhdeksi varteenotettavaksi vaihtoehdoksi nousee raskas raketinheittimistö. Sen kuorma-ammusvalikoimassa on myös monipuolisia tytäkranaatteja, jotka soveltuvat niin henkilöstöä, panssaroituja ajoneuvoja kuin linnoitteitakin vastaan. Raskaalla raketinheittimistöllä olisi myös mahdollista korvata tulevaisuudessa jalkaväkimiinojen käyttöä.

Tutkimuksessa esitellään käytössä olevien yleisimpien raskaiden raketinheittimien ampumatarvikkeita sekä niiden käyttöä ja tulen tehoa. Tutkimusongelma on asetettu seuraavaksi: Mikä on raskaan raketinheittimistön tulen teho tutkimuksen maalimalleja vastaan? Tutkimuksessa pohditaan myös tulen tehon parantamista ja siihen vaikuttamista erilaisin ratkaisuin.

Tutkimuksen aineistona on käytetty julkisia kirjallisuus- sekä internetlähteitä. Tutkimuksessa on käytetty tutkimusmenetelminä ovat kirjallisuustutkimus sekä Monte Carlo -simulaatio. Simulaatio toteutetaan tietokoneen taulukkolaskentasovelluksessa. Saatuja tuloksia tullaan myös vertailemaan aikaisempien tutkimusten laskentatuloksiin.

Tutkimuksen pohjalta on nähtävissä, että raskas raketinheittimistö on erittäin tehokas asejärjestelmä. Näin on ainakin tutkimukseen asetettuja maalimalleja

vastaan. Tutkimuksessa olleilla raketinheittimillä ja niiden kuorma-ammuksilla on maalit lamautettavissa osin yhden heittimen puolisarjalla eli kuudella raketilla.

Tulen tehon kasvattamiseksi tutkimuksessa on pohdittu niin teknisiä, ampumateknisiä kuin tulenjohto- ja maalinosoituksellisia asioita. Itsessään tehokas ampumatarvike ei riitä, jos sitä ei saada toimitettua riittävän lähelle maalia.

Kehitystyön kohteita raskaalle raketinheittimistölle ovat aktiivisempää suurempi hajonta, tytäkranaattien toimintavarmuus sekä asevaikutuksen tehokkuus amputarvikkeiden älykkyyttä ja ohjautuvuutta lisäämällä.

Simuloinnin osalta tutkimuksessa esitellään yksinkertainen, itsetehty taulukkolaskentasimulaatio. Sen epätarkkuuksia sekä puutteita on tutkija pyrkinyt huomioimaan laskennassa ja tuloksia analysoidessa. Kaikenkaikkiaan voidaan todeta näinkin vaivattoman simulaation antavan oikean suuntaisia tuloksia.

#### AVAINSANAT

Raskas raketinheittimistö, kuorma-ammus, tytäkranaatti, tulen teho, simulointi

# RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN KUORMA-AMMUSTEN TULEN TEHON ARVIOINTI

1 JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimuksen tutkimusongelmat ja päämäärä sekä rajaus	2
1.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen rakenne	3
1.4 Aikaisemmat tutkimukset	4
1.4 Keskeiset lähteet ja lähdekritiikki	5
2 RAKETINHEITTIMISTÖN JA SEN AMPUMATARVIKKEIDEN OMINAISUUDET JA RAKENNE	7
2.1 Raketinheittimien rakenne ja varustelu	7
2.1.1 Lavetti	7
2.1.2 Heitinosa	10
2.1.3 Raketinheittimen lisävarusteet	12
2.2 Raketin rakenne ja raketinheittimistön ampumatarvikkeiden ominaisuudet	13
2.2.1 Raketti	13
2.2.2 Kuormaraketit	15
2.2.3 Erikoisampumatarvikkeet	19
2.3 Yhteenveto	21
3 TULEN VAIKUTUKSEN LASKENNAN PERUSTEET	22
3.1 Maalianalyysi	22
3.1.1 Maalien jakautuneisuus	23
3.1.2 Maalin haavoittuva pinta-ala	23
3.1.3 Maalien esiintymistiheys	24
3.2 Maalin ominaisuuksien ja maaliballistiikan vaikutus tulen tehon määrittämiseen	25
3.3 Tulen vaikutuksen laskenta	26
3.3.1 Tulen vaikutuksen laskentaohjelma	26
3.3.2 Tulen vaikutuksen laskennan perusteet	27

4 RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN TULEN VAIKUTUS	31
4.1 Raskaan raketinheittimistön tulen vaikutus moottoroitua jalkaväkikomppaniaa vastaan	31
4.1.1 Maalimalli 1	32
4.1.2 Tulen vaikutus maalimallia 1 vastaan	33
4.2 Raskaan raketinheittimistön tulen vaikutus moottoroidun jalkaväkidiivisionan komentopaikan ryhmitystä vastaan	35
4.2.1 Maalimalli 2	36
4.2.2 Tulen vaikutus maalimallia 2 vastaan	36
4.3 Raskaan raketinheittimistön tulen vaikutus panssarihaupitsipatteria vastaan	38
4.3.1 Maalimalli 3	39
4.3.2 Tulen vaikutus maalimallia 3 vastaan	39
5 RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN TULEN TEHON ARVIOINTI	42
5.1 Tuliasematoiminta	42
5.1.1 Ampumasuunnan vaikutus	42
5.1.2 Ampumaetäisyyden sekä hajonnan vaikutus	45
5.2 Tulenjohto- ja tiedustelutoiminta	46
5.3 Aseen ja ampumatarvikkeen vaikutus tulen tehoon	47
5.3.1 Rakettien määrän vaikutus	47
5.3.2 Tytärammusten tehon vaikutus	49
5.4 Simulointi tulen tehon laskennassa	50
5.4.1 Sään vaikutus	50
5.4.2 Maaston ja suojautumisen vaikutus	51
5.4.3 Laskentaohjelman vaikutus saatuihin tuloksiin	52
5.5 Muita tapoja vaikuttaa tulen tehoon	52
5.6 Raskaan raketinheittimistön tulen tehon vertailu	53
6 YHTEENVETO	56
LÄHTEET	61
LIITTEET	64

# RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN KUORMA-AMMUSTEN TULEN TEHON ARVIOINTI

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tutkimuksen tausta

Suomen puolustusvoimien kantamaltaan ulottuvin ja tuleltaan tehokkain epäsuoran tulen ase on kanuuna 155 K 98, jonka maksimikantama on noin 40 kilometriä. Kuitenkin tulevaisuudessa pitkän kantaman epäsuoran tulen asejärjestelmäksi tarvittaisiin ase, jonka kantama mahdollistaisi asevaikutuksen, muunmuassa tehokkaan vastatykistötoiminnan, suurilla, noin 50 - 70 kilometrin ampumaetäisyyksillä. Tähän tarkoitukseen raskas ja järeä raketinheittimistö olisi tehokas asejärjestelmä mietittäväksi.

Sodan kuva on muuttunut ja kehitys on jatkuvaa. Uudet uhat asettavat myös tulenkäytölle muutosvaatimuksia. Monipuolisuus, nopea liike sekä kauaskantoinen asevaikutus tulevat näyttelemään suurta roolia esimerkiksi strategisen iskun torjunnassa. [4] Näihinkin vaatimuksiin voitaisiin vastata raketinheittimistöllä.

Raskaalla ja järeällä raketinheittimistöllä on myös laaja ampumatarvikevalikoima. Asevaikutukseltaan suurten yksittäisten sirpalerakettien sijasta kehitys on johtanut kuorma-ammusteknologian kehittymiseen. Raketinheittimen toiminta periaate sekä raketin rakenne mahdollistavat myös esimerkiksi ohjausosien ja muun tekniikan käyttämisen tytärammuksissa. Kuorma-ammusten monipuolistuessa tytärkraanaattien panssarintorjuntakyvyn sekä muunlaisten asevaikutusten, esimerkiksi sytytys-, savu- tai valaisuvaikutuksen, avulla kyetään taistelemaan vihollista vastaan monipuolisemmin sekä erilaisissa olosuhteissa. Kuorma-ammustekniikka tarjoaa myös vaihtoehdon korvattaessa jalkaväkimiinoja muilla asejärjestelmillä.

Irakin sekä Kosovon sodista on havaintona myös raketinheittimistön taktinen käyttö, tulituki joukkojen lähelle, joka johtuu pääosin ampumatarvikkeiden monipuolisuudesta ja tarkkuudesta myös yksittäisiä kohteita vastaan. Toisaalta samoissa taisteluissa raketinheittimistöllä toteutettiin sellaisia tulitehtäviä, joita esimerkiksi ilmavoimat eivät kyenneet toteuttamaan sääolosuhteista johtuen. [17]

Tutkittaessa asejärjestelmän vaikutusta ja tehoa on suoritettava ainakin jonkinlaista simulointia. Tässä tutkimuksessa simulointi on toteutettu taulukkolaskentaohjelmaan rakennetulla Monte Carlo -simulointiin perustuvalla ohjelmalla. Tässä simuloinnissa arvotaan todennäköisyyslaskennan sääntöjen mukaan iskemät maalin keskipisteen ympärille.

Tällaiseen simulointiin sisältyy aina epävarmoja asioita ja joissain asioissa on valmistauduttava tyytymään tiettyyn epätarkkuuteen esimerkiksi laskentaohjelman tai siihen syötettyjen parametrien johdosta. Koeammuntojen ja kenttäkokeiden tuloksiin ei ehkä simuloinnilla tarkalleen päästä, koska esimerkiksi sääolojen huomioonotto on lähes mahdotonta laskentaohjelmalla. Vasta nämä kaikki epävarmuustekijät läpikäytyään tutkija voi perustellusti esittää saamiaan tuloksia.

## 1.2 Tutkimuksen tutkimusongelmat ja päämäärä sekä rajaus

Tutkimuksessa tullaan ensisijaisesti selvittämään **mikä on raskaan raketinheittimistön tulen teho valittuja maalimalleja vastaan.**

Lisäksi tutkija on asettanut seuraavat alaongelmat:

- Millaisia maaleja vastaan tutkittavat ampumatarvikkeet ovat tehokkaimmillaan?
- Mitkä ampumatarvikeen tai aseiden ominaisuudet vaikuttavat tulen tehoon?
- Miten raskaan raketinheittimistön tulen tehoa voidaan parantaa tai siihen vaikuttaa?

Tutkimuksen päämääränä on antaa mahdollisimman kattava kuva erilaisista raketinheittimien rakennevaihtoehdoista sekä ampumatarvikkeista.

Raketinheittimien rakennetta käsittelevässä luvussa ei suoriteta rajauksia kaliiperin, mallin tai valmistusmaan mukaan, vaan luvussa pyritään käsittelemään mahdollisimman monia rakenteeltaan erilaisia raketinheittäimiä.

Raskaan raketinheittimistön ampumatarvikkeita esiteltäessä tutkimus rajataan käsittelemään muutamaa raketinheitinmallia ja niille kehitettyjä kuorma-ammuksia. Kaikkia raketinheittäimiä tai niiden ampumatarvikkeita ei esitellä, vaan kustakin ampumatarviketyypistä esitellään toisistaan erilaisia versioita.

Tutkielman simulointiosuutta varten tutkija on valinnut kolme raketinheitinmallia ja näille yhden kuorma-ammusmallit kullekin. Perusteluna valinnalle on se, että kullekin valitulle raketinheittimelle oli ohjautuva ampumatarvike sekä riittävästi tietoja saatavilla laskennan mahdollistamiseksi. Kyseiset raketinheittimet ovat tai ovat olleet myös yleisesti käytössä. Laskennassa käytetyt raketinheitinmallit ja niiden kuormaraketit olivat seuraavat:

- jugoslavalainen Orkan M87-raketilla
- venäläinen Smerch 9N235-raketilla
- yhdysvaltalainen/monikansallinen MLRS M77-raketilla.

Erikoisampumatarvikkeista tutkimuksessa esitellään vain käytetyimmät, jo käytössä olevat ampumatarvikkeet. Asejärjestelmän tulevaisuuden näkymiä tullaan käsittelemään tietojen luotettavuuden perusteella. Yksittäisiä sirpale- tai panssarintorjuntaraketteja ei tutkimuksessa käsitellä.

Maalimallit on rajattu käsittelemään kolmea toisistaan erilaista ryhmitystä, jotka taistelukentällä sijoittuvat eri etäisyyksille toisistaan. Maalimallien kalusto on venäläisvalmisteista, mutta nykyään monikansallista kalustoa. Maalimallit eivät vastaa mitään valmista kokoonpanoa vaan on muodostettu oikeista osista muokkaamalla vastaamaan yleisimpiä, usean maalityypin yhdistelmiä. [20]

### 1.3 Käytetyt tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen rakenne

Tutkimuksessa on käytetty tutkimusmenetelminä kirjallisuustutkimusta sekä simulointia. Tutkimuksen toisessa luvussa, jossa tutkija esittelee raketinheittimien ja rakettien toimintaperiaatetta sekä rakennetta, on käytetty teoreettista kirjallisuustutkimukseen perustuvaa tutkimusta. Samoin on menetelty luvussa kolme,



jossa tarkastellaan raketinheittimistön tulen tehoa, maalimallien luomisessa sekä erilaisten parametrien ja vakioiden, kuten hajonta, muodostamisessa.

Pääosin luvussa neljä on käytetty tutkimusmenetelmänä Monte Carlo -simulointia. Tässä luvussa esitellään maalimallit sekä laskennan tulokset. Simulointi on toteutettu Lotus 1-2-3 -taulukkolaskenta pohjaisella simulointiohjelmalla. Tarkempi kuvaus kyseisestä simuloinnista ja siinä käytetyistä parametreista luvussa kolme.

Luvussa 5 Raskaan raketinheittimistön tulen tehon arviointi analysoidaan tarkemmin luvun 4 tuloksia ja niistä saatuja havintoja. Tämän lisäksi pyritään löytämään tulen tehoon vaikuttavia aseiden ominaisuuksia tai ampumateknisiä asioita.

Pro gradun lukuun 6 on koottu koko työn havainnot ja johtopäätökset sekä tulen tehon laskennan osalta, että tulosten vertailun ja niiden oikeellisuuden arvioinnin kannalta.

#### 1.4 Aikaisemmat tutkimukset

Raskaasta raketinheittimistöstä on tutkittu aiemmin lähinnä tulen vaikutusta sekä eri kalustoa ja sen ominaisuuksia. Aiemmista tutkimuksista kaluston ja tulen vaikutuksen ominaisuuksien esittelyyn ovat keskittyneet seuraavat opinnäytteet:

- Forsman, Hannu, Majuri: Kenttätykistön ja raketinheittimistön erikoisampumatarvikkeiden tarve ja käyttö. Sotakorkeakoulun diplomityö n:o Y1758/1991
- Kärnä, Paavo, Kadetti: Raskaan ja järeän raketinheittimistön kohteena moottoroidun jalkaväkidiivisioonan tykistöjärjestelmä. Maanpuolustuskorkeakoulun tutkielma n:o 501/2001
- Martikainen, Timo, Kapteeni: Raskaiden ja järeiden raketinheitinjärjestelmien vertailu. Esiupseerikurssin tutkielma n:o E3595/2002
- Tunkkari, Antti, Kapteeni: Taktisen tulenkäytön maalimallit sekä niihin vaikuttaminen kenttätykistön ja kranaatinheittimistön tulella. Esiupseerikurssin tutkielma n:o E3548/2001

**Forsman** toteaa pitkänkantaman aktiivikistön sekä raketinheittimistön ampumatarvikkeiden soveltuvan parhaiten panssaroimattomat tai vain kevyesti panssaroidut maalit vihollisen selustassa. Forsmanin tutkimuksesta on myös otettu raskaan raketinheitinpatterin malli, jossa on neljä heitintä ja täten kaksi kaksi heittimistä jaosta. Kyseinen malli on käytössä myös ainakin venäläisillä raketinheitinjoukoilla. [7]

**Kärnä** on tutkimuksessaan simuloinut kuorma-ammuksia käyttävän raskaan raketinheittimistön tulen vaikutusta vihollisen tykistöjärjestelmiin. Tutkimuksessaan Kärnä on tullut muunmuassa sellaiseen tulokseen, että venäläistä panssarihaupitsipatteria vastaan 60 kilometrin etäisyydellä jo yhden raketinheittimen puolisarja (6 kuorma-ammusta) tuottaa 26% kokonaistappiot.

**Martikainen** selvittää tutkimuksessaan mikä olisi käyttäjän asettamiin vaatimuksiin paras raskas tai järeä raketinheitinjärjestelmä. Käyttäjän vaatimukset on asettanut Pääesikunnan kenttätykistöosasto vuonna 1998. Tutkimuksessaan Martikainen vertailee kolmea eri raketinheitinjärjestelmää. Tämän lisäksi tutkielmassa selvitetään millainen on nykyaikainen raketinheitinjärjestelmä ammunnanhallintalaitteineen.

**Tunkkari** on tutkinut työssään vihollisen moottoroidun jalkaväkirykmentin ja sitä tukevien joukkojen osien muodostamia maaleja taktisen tulenkäytön maaleja. Tunkkari on tarkastellut erilaisten maalien esiintyvyyttä ja sijaintia esimerkkihyökkäykseen sitoen. Tunkkari on muun muassa tullut siihen tulokseen, että tuhoamalla esimerkiksi komentopaikan tai pioneerien raivausosaston, saadaan viholliselle suuremmat tappiot suhteellisesti kuin lamauttamalla rykmentin yksi jalkaväkikomppania. Tunkkarin tutkimusta on käytetty lähteenä maalimallien muodostamisessa.

## 1.5 Keskeiset lähteet ja lähdekritiikki

Raketinheittimien rakennetta ja ominaisuuksia käsittelevässä luvussa pääasiallisena lähteenä on käytetty Jane's Armour and Artillery 2003-2004 -teosta. Koska kyseisestä teoksesta ovat myös monet laskennan ja simuloinnin pohjaksi saadut numeeriset arvot, kyseistä teosta voidaan pitää niinsanottuna päälähteenä, jota muilla lähteillä kyetään täydentämään.

Raketin toimintaa ja rakennetta esiteltäessä on tutkija käyttänyt päälähteenään Yleistä ase- ja asejärjestelmäopasta sekä erilaisia valmistajien kalustoesitteitä.

Simuloinnin ja sen perusteiden selvittämiseksi ja toteuttamiseksi tutkija on käyttänyt laskentaohjelmaa, joka toimii Lotus 1-2-3 -taulukkolaskentaohjelmassa. Simuloinnin toteutuksessa lähteenä on käytetty tohtori Matti Lehtisen Pientä simulointikirjaa. Perusteiden laskennassa ja eri parametrejä selvittäessä on tutkija käyttänyt muunmuassa Kenttätykistöoppaan osaa 1; ampumaoppi ja Todennäköisyys- ja ampumaopin perusteet -teosta. Lisäksi tutkija on käyttänyt lähteinä eri opetusmonisteita, joissa käsitellään tulen tehon ja todennäköisyyslaskennan perusteita. Myös tekniikan laitoksen tietopankki cd-levyltä löytyvää materiaalia on käytetty lähteenä.

Aikaisemmista tutkimuksista lähteinä on käytetty kadetti Paavo Kärnän tutkimusta Raskaan ja järeän raketinheittimistön kohteena moottoroidun jalkaväkidivisioonan tykistöasejärjestelmä, sekä kapteeni Timo Martikaisen työtä Raskaiden ja järeiden raketinheitinjärjestelmien vertailu. Majuri Forsmanin tutkimustyöstä ei sen iän ja osin vanhentuneen tiedon vuoksi ole otettu kuin malli raketinheitinpatterista, jossa on neljä heitintä. Tutkimuksessa käytettyjä maalimalleja rakennettaessa lähteenä on lähes yksinoman käytetty kapteeni Antti Tunkkarin tutkielmaa Taktisen tulenkäytön maalimallit sekä niihin vaikuttaminen kenttätykistön ja kranaatinheittimistön tulella.

Tutkimuksessa on käytetty myös muutamia internet-lähteitä, varsinkin tämänpäivän tuoreinta tietoa on ollut internet-lähteistä saatavissa, mutta niiden tiedot on pyritty varmistamaan myös muista lähteistä. Yleensä ottaen tutkimuksessa käytetty materiaali on pyritty keräämään puolueettomista ja yleisesti tunnetuista lähteistä, kuten Jane's kustantamon teoksista.

Joitakin tutkimuksessa käytettyjä tietoja on otettu eri raketinheitinvalmistajien esitteistä tai internet-sivuilta. Näitä tietoja on käsitelty commercial confidence -aineistona, mutta, koska tiedot eivät eroa esim Jane's julkaisuista saadusta materiaalista, osaa esitteistä on käytetty tutkimuksen lähteinä.

Eräät tutkielmassa heräävät kysymykset tai tutkimuksessa käsiteltävät tiedot pohjautuvat keskusteluihin sekä kirjeenvaihtoon Puolustusvoimien Materiaalilaitoksen esikunnassa työskentelevien insinöörikapteeni Lauri Rajalan sekä majuri Esa

Mäkisen kanssa. Näitä tietoja ja ajatuksia joko ei ole saatu tutkijan käyttöön muualta tai kyse on esiinnostetuista ajatuksista enemmän kuin tutkimuksellisen faktan esittämisestä.

Tutkimuksessa olevat kuvat on otettu, ellei toisin mainita, Jane´s Armour and Artillery tietokannasta, joka löytyy PvNet:stä.

## 2 RAKETINHEITTIMISTÖN JA SEN AMPUMATARVIKKEIDEN OMINAISUUDET JA RAKENNE

### 2.1 Raketinheittimien rakenne ja varustelu

Raketinheittimen osia ovat lavetti, heitinosa sekä erilaiset mahdolliset lisävarusteet. Tarkastelemalla ja kehittämällä näiden osien eri sovelluksia ja toimintaa on mahdollista vaikuttaa myös tulen tehoon. Näiden raketinheittimen rakenteellisten ominaisuuksien kehittäminen parantaa myös asejärjestelmän taistelunkestävyyttä ja näin ollen tehokkuutta taistella pitkiäkin aikoja eri olosuhteissa.

#### 2.1.1 Lavetti

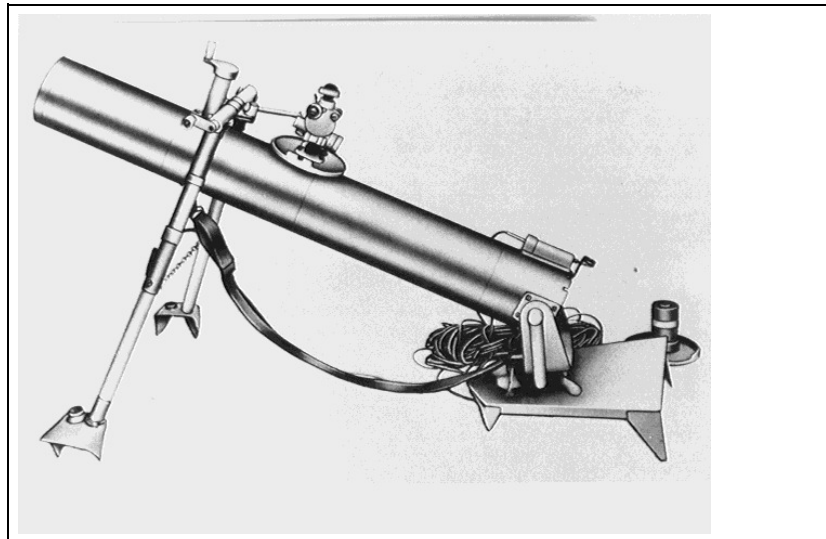
Raketinheitin muodostuu raketin lähetyslaitteesta eli itse heitinosa ja lavetista. Käytössä on sekä moottoroituja, että vedettäviä lavetteja. Näistä moottoroitu lavetti on yleisimmin käytössä.

Vedettävät raketinheittimet voivat yksinkertaisimmillaan koostua vain pyörien ja akselin päälle asennetusta putkipakasta. Putkipakka on varustettu vedettävissä raketinheittimissä normaalisti mekaanisella suuntauskoneistolla. Tällainen vedettävä raketinheitin muistuttaa moniputkista kenttätykkiä. Esimerkkinä pelkistetystä vedettävästä raketinheittimestä on jugoslavalainen M-63-heitin sekä brasilialasivalmisteinen Avibras Sbat-70. [7]



KUVA 1: Vedettävä brasilialaisvalmisteinen Avibras SBAT-70 -raketinheitin

Raketinheitin voi olla myös kannettava, jolloin se muistuttaa ulkoisesti kranaatinheitintä. Esimerkiksi jugoslavalainen 128 millimetrin M-71 Partizan on varustettu tuella ja vastimella aivan kuten kranaatinheitin. [7]



KUVA 2: Jugoslavalainen 128 millimetrin M-71 Partizan kannettava raketinheitin.

Nykyisin yleisin vaihtoehto on kuitenkin asentaa heitinosa maastokuorma-auton alustalle. Venäläinen 300 millimetrinen 9A52 Smerch on asennettu MAZ-543A maastokuorma-auton päälle. Samaa ajoneuvoa käytetään myös asejärjestelmän

latausajoneuvona. Raskaan raketinheittimen paino asettaa vaatimuksia moottoreiden teholle. MAZ-543A:ssa on 518-hevosvoimainen moottori, joka antaa ajoneuvolle 60 km/h nopeuden. [7]



KUVA 3: Venäläinen 300 millimetrinen 9A52 Smerch -raketinheitin MAZ-543A -maastokuorma-autoalustalla.

Yhdysvaltalainen 227 millimetrin MLRS (Multiple launch rocket system) on asennettu M 993 tela-ajoneuvon alustalle. Kyseinen ajoneuvo on lähes vastaava kuin Bradley taisteluajoneuvo. Tästä syystä M 993 on erittäin hyvä liikkumakyvyltään; se kykenee kahlaamaan noin metrin syvyydessä ja nousemaan 60 prosentin nousuja. M 993 on kevyesti panssaroitu sekä suojattu ABC-aseilta ja sähkömagneettiselta pulssilta. [7]



KUVA 4: Yhdysvaltalainen MLRS-raketinheitin M 993 tela-ajoneuvon alustalla. Maassa heittimen edessä normaali kuuden raketin rakettikasetti sekä yksi ATACMS -taktinen ohjus.

Raketinheitimiä on myös asennettu panssarivaunujen alustoille. Tällöin aseensa suoja ja taktinen liikkuvuus parantuvat huomattavasti. Muunmuassa israelilainen LAR 160 -raketinheitin on asennettu kevyen AMX-13 panssarivaunun alustalle [32] sekä venäläinen TOS-1 raketinheitinjärjestelmä joka on asennettu T-72:n alustalle. [7]

### 2.1.2 Heitinosa

Rakettien liikkeelle saamiseksi tarvitaan energiaa, joka saadaan raketin takaa purkautuvista kaasuista. [22] Rakettimoottoria käytettäessä putkien on oltava takaa aukinaisia, jotta kaasut pääsisivät vapaasti purkautumaan eikä laukaisutapahtuman yhteydessä putkeen juurikaan tule painevaikutusta. Raketinheitimissä putken tarkoitus on antaa raketille sen lähtösuunta sekä pidättää rakettia kunnes rakettimoottori antaa riittävän työnnin raketin lentoradalle saattamiseksi. [22]

Kaliiperia raketinheitimille määritettäessä käytetään raketin halkaisijaa, koska monissa raketinheitimissä käytetään putken sijasta laukaisukehikkoa tai -kiskoa. Kaliiperinsa puolesta raketinheitimet luokitellaan kevyisiin, raskaisiin ja järeisiin raketinheitimiin seuraavalla tavalla:

- kevyet; raketin halkaisija alle 200 millimetriä
- raskaat; raketin halkaisija 200 - 240 millimetriä sekä
- järeät; raketin halkaisija yli 240 millimetriä. [21]

Lähetyslaitteita on kolmea eri mallia. Näistä yleisin on putkipakka, jossa on päällekkäin yhdestä viiteen riviä, joissa kolmesta kymmeneen putkea aseiden kaliiperista riippuen. Putket ovat yleensä teräksisiä, ja niissä on mahdollisesti ohjausura tai jokin muu vastaava osa raketin pyörimisliikkeen saavuttamiseksi. Putket voivat olla myös varustettuja pidätinlaitteilla rakettien paikallaan pitämiseksi ja tarvittavan työnnin saavuttamiseksi. Näistä esimerkkeinä 122 millimetrin raketinheitin m/89, jonka putken nousullinen ura antaa raketille pyörimisnopeudeksi 500 kierrosta minuutissa. Sama raketinheitin on myös varustettu niinsanotuilla saksipidättimillä. [22]

Raketti voidaan lähettää lentoradalleen myös laukaisukiskoilta. Silloin kun raketin lähetyslaitteena on kisko, tapahtuu raketin vakavointi vain ohjaussiivekkeiden avulla. Kiskoille voidaan mallista riippuen asettaa raketteja joko yhdelle tai kahdelle sivulle ja kiskoja yhdessä raketinheitimessä voi olla kahdesta viiteen. Laukaisukiskot ovat vanhimpia lähetysrakenteita ja nykyään niitä käytetään pääasiassa vain suurikaliiperisissa heittimissä. [6]

Laukaisukehikko ei ole saavuttanut suurta suosiota ja siksi sitä ei juuri sellaisenaan käytetäkään. Venäläisessä BM-24 -raketinheitimessä laukaisukehikko esiintyy puhtaimmillaan. Sen laukaisukehikko on rakenteeltaan yksinkertainen ja kevyt. Eräissä raketinheitinmalleissa ollaan kylläkin käytetty kiskoja ja kehikon yhdistelmää. [6]

Oma lähetyslaitteensa on muunmuassa MLRS-raketinheitimissä käytetty kehikko, johon ladataan erillinen rakettikasetti. MLRS:ssä on kaksi alumiinista kehikkoa joihin ladataan kertakäyttöiset, lasikuituiset kuuden raketin kasetit. Rakettikasetit ovat sijoitettuina laukaisumoduuliin. Rakettikasetti nopeuttaa raketinheitimen lataamista, varastointia ja kuljetusta. MLRS lupaakin raketeille kymmenen vuoden varastointikestävyyden. Tämän lisäksi MLRS:llä on mahdollista ampua erikaliiperisia raketteja sekä ATACMS (US Army Tactical Missile System) -mallisia taktisia ohjuksia samalta alustalta. [7] Samankaltainen rakettikasetti on käytössä myös turkkilaisvalmisteisessa Toros -tykistö-rakettijärjestelmässä. [31]



### 2.1.3 Raketinheittimien lisävarusteet

Raskaille raketinheittimille on ollut pakko kehittää latausta helpottavia laitteita, koska raketit ovat suuria ja lataustoiminta käsin olisi hidasta. MLRS-raketinheittimessä heitinosaan on asennettu rakettikasettitilojen yläpuolelle kummallekin puolelle oma hydraulinen latausvarsi. Uusi rakettikasetti kiinnitetään varteen vaijerilla, ja latausvarsi vetää kasetin paikoilleen. Molemmat kasetit voidaan ladata samanaikaisesti ja lataus kestää kolme minuuttia. Lataamisen suorittaa heittimen oma kolmen hengen miehistö. [25] Raketinheittimen latauslaitteisto voi sijaita myös ampumatarvikeajoneuvossa kuten muunmuassa venäläisessä Smerch-raketinheittimessä. [7]

Itse raketinheittimen yhteyteen on asennettu joissakin malleissa oma latauslaitteistonsa ja rakettien säilytystila. Esimerkiksi jugoslavialaisessa Ogajn-heittimessä on lavettiin rakennettu latauslaitteisto sekä rakettien säilytystila 32 raketille. Näin lataaminen kestää kaksi minuuttia, eikä heitin ole riippuvainen ensihätään ammusajoneuvosta. [7] Saman tyyppinen järjestelmä on käytössä myös Suomen puolustusvoimien 122 RakH 89 -raketinheittimessä. [22]

Raketinheitinjärjestelmään kuuluu olennaisena osana myös ampumatarvikeajoneuvot. Venäläisen Smerch-raketinheittimen ammusajoneuvo on rakennettu samalle kahdeksan pyöräiselle maastokuorma-autolle, MAZ-543 A, kuin itse heitinkin. Ammusajoneuvo kykenee kuljettamaan vain kaksitoista rakettia eli heitin kytetään lataamaan vain kerran yhdestä ammusajoneuvosta. [7]

MLRS-järjestelmän ammusajoneuvona on maastokuorma-auton päälle asennettu M985 -ammusajoneuvo. Se pystyy kuljettamaan kahdeksan raketti- tai ohjuskasettia eli 48 rakettia tai 8 ohjusta. Näin ollen heitin voidaan ladata samasta ajoneuvosta neljästi ilman täydennyksiä. Lisäksi MLRS-järjestelmään kuuluu ammusperävaunu M989, jolla pystytään kuljettamaan sama määrä ampumatarvikkeita. [7]

Raketinheittimiin on myös asennettu paikantamislaitteita heittimien sijainnin selvittämiseksi. Tämä mahdollistaa ampuma-arvojen määrittämisen.

MLRS-raketinheitin käyttää paikantamiseen GPS -järjestelmää. MLRS käyttää myös PADS (Position Azimuth Determining System) -paikantamisjärjestelmää, jolla saadaan horisontaalisesti seitsemän ja vertikaalisesti kolmen metrin tarkkuus. Tämä

mahdollistaa suunta- ja koordinaattitietojen vertaamisen keskenään. [7] Kun jokaiselle aseelle saadaan tarkka sijainti, voidaan yhtä asetta käyttää omana tuliyksikkönään ja kullekin aseelle saadaan omat ampuma-arvonsa. Näin ollen mahdollistuu myös yksikön hajauttaminen. [30] Jugoslavalainen Orkan-raketinheitin käyttää paikantamiseen saksalaisvalmisteista Teldix-järjestelmää. Teldix-järjestelmä paikantaa itsensä pääasiassa inertianavigoinnilla, jota GPS täydentää ja varmentaa. Järjestelmää ei ole asennettu jokaiseen heittimeen vaan se sijaitsee raketinheitinpatterin komentoajoneuvossa. [7]

Moottorilavettiset raketinheitimet voivat olla varustettuja myös omasuoja-aseilla. Esimerkiksi jugoslavalainen Orkan on varustettu 12,7 millimetrin ilmatorjuntakonekiväärillä ja etupuskuriin asennetuilla 82 millimetrin savuheittimillä. Lisäksi miehistöllä on vakiovarusteena 90 millimetrin RBR-90 panssarintorjuntaraketinheitin. [7]

## 2.2 Raketin rakenne ja raketinheitimistön ampumatarvikkeiden ominaisuudet

Jotta haluttu asevaikutus saataisiin maalialueelle, on kuormaraketille annettava tietty suunta ja nopeus raketin saattamiseksi oikealle lentoradalleen. Tähän liittyen, varsinkin suurilla ampumaetäisyyksillä, on raketin tärkeää myös säilyttää ennalta laskettu lentoratansa. Näin ollen asevaikutusta optimoitaessa on luotava tasapaino raketin rakenteen, ohjautuvuuden ja kantaman (polttoaineen määrä) sekä tytäkranaatti- tai muun asekuorman välille.

### 2.2.1 Raketti

Raketin pääosat ovat runko, moottori ja taisteluosa. [22] Nykyään on laskettava pääosiin myös rakettiin kuuluva ohjausosa. Palveluskäytössä olevista raketeista ainakin Smerch-raketinheitimen 300 millimetrinen raketti korjaa lentorataansa laukaisun jälkeen. Ohjattavuus toteutetaan rakettiin asennettujen hyrrien ja kiihtyvyyssantureiden määrittäessä raketin suunnan, jota verrataan saatuihin ampuma-arvoihin. Mahdollinen ero korjataan aktiivisen lentovaiheen aikana ja raketti suunnataan kohti alkuperäistä maalipistettä ja näin ollen Smerchin hajonta on vastaava kuin aktiotykistöllä. [7,16]

Yhdysvaltalaisessa MLRS järjestelmässä ohjattavuus on korvattu samalta alustalta ammuttavalla ATACMS ohjuksella. Länsimaissa on myös kehitteillä ohjattava raketinheitinjärjestelmä GMLRS (Guided Multiple launch rocket system). Tämän järjestelmän ohjattavuus perustuu yhdistettyyn GPS -järjestelmään ja inertiasuunnistukseen. [7] MLRS järjestelmälle on myös kehitteillä raketin lentoradankorjausjärjestelmä CORECT (CONtraves REferenced Correction for Trajectories). Järjestelmässä GPS-vastaanotin ja hyrrät korjaavat raketin lentorataa pienten, raketin kärjessä olevien suuttimien avulla. Tavoitteena järjestelmällä on raketin tarkkuus 20 kertaa 20 metriselle alueelle. Tällä hetkellä koeammunnoissa ei tätä tavoitetta ole saavutettu, vaan on päästy noin puoleen. Tämän johdosta tutkija käyttääkin 200 metrin poikkeamaa tutkimuksen simulointiosuudessa. [31]

Israelilaisella LAR-raketinheitinjärjestelmällä ohjaus toteutetaan seuraamalla raketin lentorataa patterin komentopaikalta tietokonein ja lentorataa maalin suuntaan näin korjaamalla. Korjaukset tehdään ruutikaasusuuttimilla ja samalla on mahdollista korjata sytytyksen ajankohtaa. Näin ollen hajonta saadaan noin kolmen piirun tarkkuuteen ampumaetäisyydestä. Tämä Accular nimellä tunnettu järjestelmä on jo valmistuksessa. [1]

Rakettien moottorit ovat yleensä ruutirakettimoottoreita (solid propellant rocket), joiden tehtävänä on kiihdyttää raketti riittävään nopeuteen niin, että haluttu kantama ja lentorata saavutetaan. Ruutirakettimoottorin toimintaperiaate on yksinkertaisempi kuin nestemäisiä polttoaineita käytettäessä. Raketinheitimillä käytetään kiinteää polttoainetta myös siksi, että asejärjestelmän hinta pysyy alhaisempana, moottorit ovat toimintavarmempia sekä kiinteät polttoaineet säilyvät nestemäisiä kauemmin. Ruutirakettimoottorin toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Sytytin sytyttää ruudin palamaan halutuilta pinnoilta, jolloin kaasuja syntyy hyvinkin nopeasti. Nämä kaasut täyttävät vapaan tilan ja mahdollistavat tasaisen palamisen paineen kasvaessa noin 70 ilmakehään. Ruutikaasut työntyvät ulos raketista ensin kapean, sitten laajenevan suuttimen (Laval-suutin) läpi. Ruutipanoksen muotoilu vaikuttaa työnnin suuruuteen ja sen muutokseen ajan suhteen. [13,15,22]

Raketti vakavoidaan kuten ammuksilla aerodynamiikkaa sekä siipi- ja pyörimisvakavointia hyödyntäen. Rakettien siivet on sijoitettu raketin takaosaan, massakeskipisteeseen tai aerodynaamisen pisteen takapuolelle johtuen aerodynaamisesta vakavoinnista. Yleensä rakettien siivet ovat taittuvia tilantarpeen

pienentämiseksi. Kuitenkin myös kiinteitä siipiä käytetään. Raketin lento-ominaisuuksiin vaikuttavat valmistuksen epätarkkuustekijät. Tämän takia siipivakavoitu raketti on edullista saattaa myös pieneen pyörimisliikkeeseen. Näin ollen saadaan virheitä rakettien lentoradalla korjattua. Pyörimisliike saadaan aikaan joko suuntaamalla palokaasuja pienistä suuttimista tai laittamalla rakettiputkeen loivat kierteet. [22] Esimerkiksi MLRS-järjestelmässä putken kierteillä annetaan raketille pyörimisnopeudeksi 10 - 12 kierrosta minuutissa. [7]

Raketin taisteluosaan kuuluu taistelulataus tai muu hyötykuorma, varmistus- ja viritinjärjestelmä sekä sytytysjärjestelmä. Erilaisista taistelulatauksista valitaan käytettävä lataus maalin ominaisuuksien ja siihen halutun vaikutuksen mukaan. Taistelulatauksen vaikutusmekanismit ovat tavallisesti paine-, sirpale-, poltto- ja suunnattu räjähdysvaikutus. Varmistus- ja viritinjärjestelmä takaavat rakettien käsittelyturvallisuuden. Rakettien sytytinvaihtoehtoja ovat muun muassa isku-, heräte-, aika- ja uusimpana GPS-sytytin. Kuten aktiivisilla myös rakettien sytyttimissä voi olla useampia toimintoja kuten esimerkiksi aikasytytin, jossa on myös iskutoiminto. Itsetuho toiminto on sekä rakettien, että tytärammusten sytyttimissä, sillä räjähtämättömät ammukset ovat edelleenkin verraten yleisiä. [22]

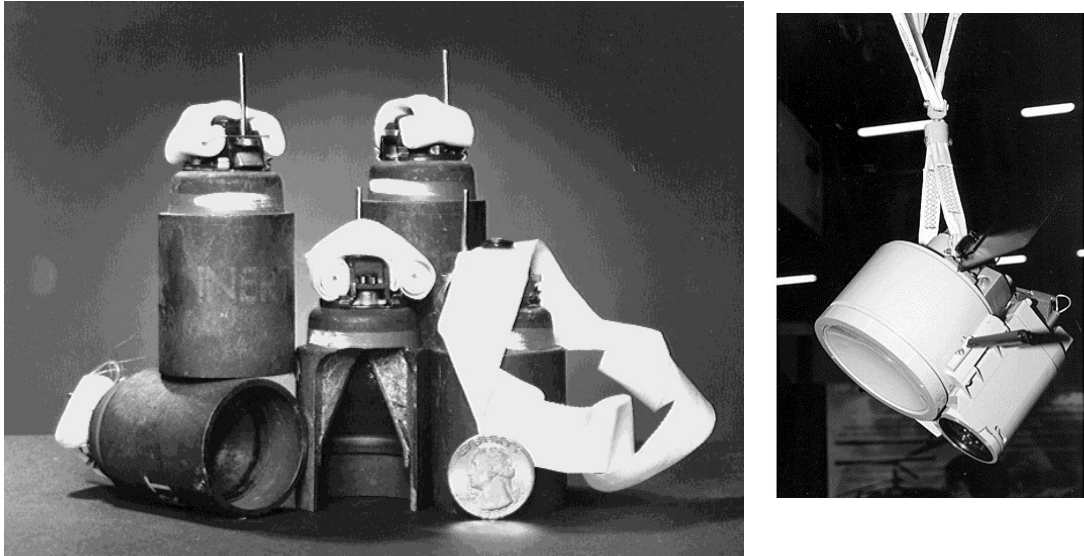
### 2.2.2 Kuormaraketit

Raskaan raketinheittimen kantama, suuri kaliiperi ja rakettiaseen toimintaperiaate mahdollistavat suuren hyötykuorman ampumisen kaukanakin oleviin kohteisiin. Tämän johdosta kuormarakettien kehitystyö on saanut suuren huomion.

Kuorma-ammuksiksi lasketaan kaikki ammukset, joiden kuori ei vaikuta maalissa. [3] Kuorma-ammusten vaikutus maalissa perustuu useiden tytärkraanaattien lähes yhtenäiseen toimintaan maalialueella. On myös mahdollista vaikuttaa ampumalla miinoja kuljettavia kuorma-ammuksia ja näin ollen muodostaa nopeasti miinakenttiä. Miinat leviävät maastoon joko vapaasti pudoten tai laskuvarjoin hidastettuina. [21] Lähes kaikille raketinheittinjärjestelmille löytyy kuormaraketti, koska sen hyötykuormalla saadaan pienennettyä raketinheittimistön suuresta hajonnasta aiheutuvia haittoja.

Kuorma-ammusten tytärkraanaatit voivat olla tarkoitettut ainoastaan elävää voimaa vastaan, ainoastaan panssarintorjuntaan tai samalla tytärammuksella voidaan

vaikuttaa useampaa eri maalityyppiä vastaan. Tämän lisäksi edelleenkin on käytössä normaaleja sirpaleraketteja.



KUVA 5: Kaksi erityyppistä tytärkранаattia. Vasemalla MLRS-järjestelmän M77-tytärkранаatti ja oikealla Smerch-raketinheittimen 9N139-ohjautuva panssarintorjuntatytärammus.

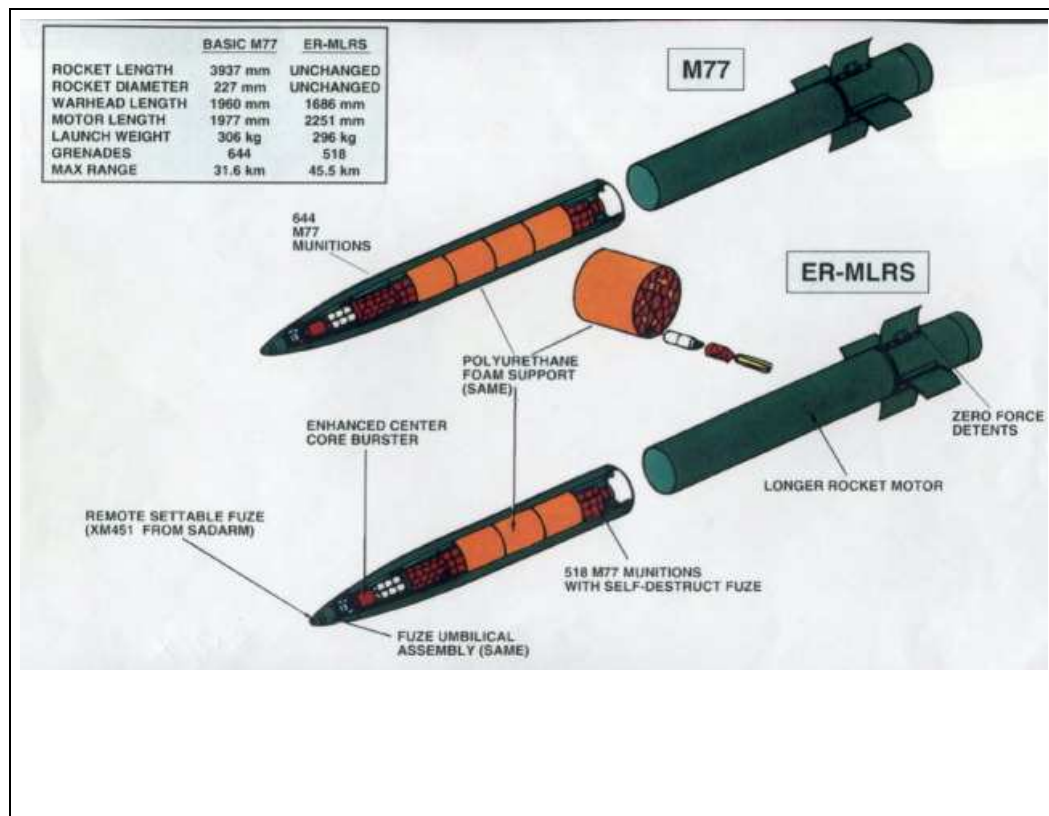
Esimerkkinä jälkimmäisestä venäläisen Smerch-raketinheittimen 9M55K-raketti, jonka kuormana on 72 1,75 kilogramman 9N235-tytärammusta. Jokainen tytärammus on esisirpaloitu niin, että räjähtäessään siitä muodostuu 96 4,5 gramman ja 300 0,8 gramman sirpaleita. Sirpaleista kevyemmät ovat elävää voimaa vastaan ja raskaammat panssaroimattomia ajoneuvoja vastaan. Raketin kantama on noin 70 kilometriä ja yhden raketinheittimen, sisältää 12 putkea, on mahdollista peittää 672000 neliömetrin suuruinen alue. [7]

Toisena vaihtoehtona on 9M55F, jonka sisällä on esisirpaloitu, 95,5 kilogramman sirpalekранаatti. Tämä ammus on tehokas henkilöstöä, kevyesti panssaroituja ajoneuvoja sekä rakennuksia vastaan. Raketin tytärammus irtautuu raketista kohteen lähellä ja laskuvarjon avulla se vakautuu niin, että se vaikuttaa kohdealueella 90 asteen iskukulmalla. Panssarintorjuntaan on kuormaraketti 9M55K1, joka sisältää viisi 15 kilogramman panssarintorjunta-ammusta. Tytärammusten toiminta perustuu infrapunahakuun, joka etsii maalia 30 astetta leveältä alueelta, ja maalin löytyessä siihen vaikuttaa suunnattu räjähdysvaikutus. Ammuksilla päästää noin 70 millimetrin läpäisyyn (homogeenistä terästä). [7]

Smerch -raketinheittimelle on kehitetty uusia pitkän matkan raketteja. Näiden kantama on noin 90 kilometriä. Tällaisia raketteja ovat esimerkiksi 9M55K4, joka sisältää 25 panssariimiinaa, joissa on 1,85 kilogrammaa räjähdysainetta. Miinojen sytytin sisältää itsetuhotoiminnon, joka on säädettävissä 16 tai 24 tuntiin. Toinen uusi kuormaraketti, 9M531, sisältää 646 tytärammusta, joita käytetään kevyesti panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Myös näissä tytärammuksissa on säädettävä itsetuhosytytin. Uusia pitkän kantaman raketteja voidaan myös käyttää vanhempien kuorma-ammusten levittämiseen. [7]

MLRS-raketinheitinjärjestelmälle on kehitetty useita eri kuormaraketteja. M26-raketti pystyy kuljettamaan maalialueelle 644 kaksitoimista M77 tytärammusta. Kyseiset ammuksat vaikuttavat panssariin suunnatulla räjähdysvaikutuksella. Ammuksen läpäisykyky on 76 millimetristä aina 102 millimetriin. Samalla räjähtäessään ammuksen kuori vaikuttaa sirpaleilla henkilöstöön neljän metrin säteellä. Ammuttaessa keskimääräisellä etäisyydelle (noin 15 kilometriä) raketilla on mahdollista kattaa 200 kertaa 100 metrin alue. [7] Raketinheittimen tulinopeuden ollessa 12 rakettia minuutissa maalialueelle saadaan minuutin aikana 7728 tytärkранаattia. Uusi versio kyseisestä raketista on XR-M77-raketti, jossa tytärkранаattien määrää on pienennetty 518 ja raketin polttoainetilaa jatkettu niin, että raketin kantamaksi on saatu 45,5 kilometriä entisen 31,6 kilometrin sijasta. [7]

Panssarintorjuntaan on kehitetty SADARM (Sense and Destroy Armour) -raketti. Raketin kuusi tytärammusta laskeutuvat laskuvarjon varassa ja etsivät maalia noin aluemaalin eli 200 - 400 kertaa 200 - 400 metriseltä alueelta. Tytärkранаatin paikannettua maalin sytytin toimii ja ammus vaikuttaa maalin kattoon. AT 2 on panssariimiinaraketti. Miinat ovat seitsemässä neljän miinan säiliössä. Miinat ovat varustettu itsetuholaitteistolla sekä purkamisenestojärjestelmällä. Miinoissa oleva ontelopanos läpäisee terästä noin 140 millimetriä. Rakettia käytetään lähinnä miinoitteiden tekemiseen syvälle vihollisen selustaan. TGW-raketti (Terminal Guided Warhead) sisältää kolme lämpöhakuista tytärammusta. Irrottuaan raketista tytärammukset lentävät kohdealueen yli ja hakupään havaittua maalin ammus lukittuu kohteeseensa ja iskeytyy siihen. [13,16]



KUVA 6: MLRS-raketinheittimen M26-raketti, jossa 644 M77-tytärkranaattia (kuvassa ylempi) sekä uusi versio samasta raketista XR-M77, jossa kantamaa on lisätty vähentämällä tytärkranaattien määrää (alempi).

Brasilialaiselle Avibras Astros 2 -raketinheittimen SS-40 ja SS-60 raketeille on tytärammuksina kaksitoimisia ammuksia, jotka on suunniteltu sekä henkilöstöä, että panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Yksi tällainen raketti sisältää 64 tytärkranaattia. Tämän lisäksi on SS-40, SS-60 ja SS-80 raketeilla mahdollista levittää erilaisia miinoja joko henkilöstöä tai kalustoa ja panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Erikoisempaan ampumatarvikkeena kyseisellä heittimellä on raketti lentokenttien tuhoamista varten. Raketissa on kuormana useita TNT (Trinitrotolueeni)-latauksia, jotka on varustettu hidasteisilla sytyttimillä. Nämä tytärammukset tekevät kentän pintamateriaalista riippuen 550-860 millimetrin säteisiä ja 340-650 millimetrin syviä kuoppia. [7]

Kiinalaisvalmisteisen Angel-120 -raketinheittimen valikoimaan kuuluu kuormaraketti, jonka tytärammuksiksi voidaan valita 40 kappaletta henkilöstöä vastaan tarkoitettua tai 40 kappaletta kaksitoimisia sekä henkilöstöä, että panssaroituja ajoneuvoja

vastaan tarkoitettua tytärammusta. Samalle raketinheittimelle on käytössä myös miinojen levitykseen tarkoitettuja raketteja. [6]

Kiinalaiselle WM-80 -raketinheittimelle on kuormaraketti, jossa on 380 kappaletta kaksitoimisia tytärammuksia. Tytärammuksissa on HEAT (High Explosive Anti-Tank) taistelukärki, jonka panssarinläpäisykyky on 80-100 millimetriä homogeenistä terästä. Kyseiselle raketinheittimelle on olemassa myös tavallinen sirpaleraketti. [7] Myös kiinalaisvalmisteiselle CPMIEC A100 -raketinheittimelle on kehitetty kaksi rakettia, WS-1 ja WS-1B, jotka voidaan ladata joko yksittäisellä sirpaletaistelukärjellä tai 466 tytärkранаattia sisältävällä kuorma-ammuksella. [7]

Jugoslavialaiselle LRSV M-87 "Orkan" raketinheittimelle on kolmea erilaista kuormarakettia; miinasirotelataus, kaksitoimisia tytärammuksia sisältävä raketti sekä raketti, jossa on panssarimiinoja sisältävä lataus. Kaksitoimisia ammuksia kuljettavan raketin kuormana on 288 kappaletta HEAT-taistelukärjellä varustettua ammusta, joihin vaikutuksen tehostamiseksi on lisätty 420 teräskuulaa. Yksi tällainen tytärkранаatti on räjähtäessään tappava aina 10 metriin asti ja panssaria se läpäisee yli 60 millimetriä. Panssarimiinaraketti sisältää 24 kappaletta KB-2 panssarimiinaa. [7]

Venäläiselle 220 millimetrin BM-27 Uragan raketinheittimelle on olemassa kuormaraketti, johon mahtuu 30 kappaletta tytärammuksia, jotka on tarkoitettu henkilöstöä vastaan. Samalle heittimelle on myös olemassa miinoja sisältäviä raketteja. Näillä voidaan levittää joko 24 panssarimiinaa tai 312 henkilömiinaa. Miinaraketteja käytetään esimerkiksi hyökkäysurien sivustojen miinoittamiseen. Samalle heittimelle on kehitetty raketti, jonka viisi laskuvarjon varassa laskeutuvaa tytärammusta hakeutuvat automaattisesti maaliinsa. Tytärammusten panssarinläpäisykyky on noin 60 millimetriä homogeenistä terästä. [7]

### 2.2.3 Erikoisampumatarvikkeet

Raskasta raketinheittimistöä voidaan käyttää kantokykynsä puolesta myös erikoisempien rakettien toimittamiseen kohdealueelle. Esimerkiksi yksi venäläisen Smerch-raketinheittimen raketeista on tarkoitettu valvontaan ja tiedusteluun. Raketissa on kamera, joka laskeutuu noin yhdeksän kilometrin korkeudesta laskuvarjon avulla. Kamera laskeutuu noin 30 minuuttia, jonka aikana se ehtii liikkua noin 70 kilometriä tuulten mukana. Kamera välittää kuvaa lähetysasemalle



reaaliajassa ja raketti sisältää myös paikantamislaitteen, joka ilmoittaa jatkuvasti kameran sijainnin. Tietojen mukaan tämä on kuitenkin edelleen prototyypin asteella. [7]

Smerchille on kehitetty myös raketinheittimellä ammuttava miehittämätön ilma-alus. Tämän tiedustelulennokin tehtävänä on paikantaa kohdealueeltaan raketinheittimistölle sopivia maaleja. Lennokin ohjaukseen käytettävät siivet avautuvat raketin lähdettyä putkesta. Käytössä olevalla lennokilla ilma-aika on noin 30 minuuttia kohteen yläpuolella. [18]

Kehittyvä ammustyyppi on erilaiset aerosolilataukset. Tällaiset raketit levittävät kohteen ylle aerosolipilven (Fuel Air Explosive, FAE), joka syttyessään saa aikaan kovan paineen kohteessa ja näin ollen on tehokas elävää voimaa vastaan. Kyseistä tekniikkaa käytetään myös miinakenttien raivaamiseen raketein.

Smerch-raketinheittimellä on 9M55C raketissaan 100 kilogramman aerosolilataus, joka räjähtäessään synnyttää halkaisijaltaan 25 metrisen pilven, jossa lämpötila nousee noin 1000 celsiusasteeseen. Pilven vaikutus kestää noin 1,5 millisekuntia. Räjähdys on tehokas niin suojautumatonta vihollista kuin kaivautunutta vihollista ja ajoneuvoja vastaan. [7]

Venäläisillä on myös käytössä TOS-1 Buratino raketinheitinjärjestelmä, jonka ampumatarvikkeena on 30 FAE-vaikutteista rakettia. Kyseisen aseiden kaliiperi on 220 millimetriä. Raketissa olevien kemikaalien vapauduttua ja sekoituttua happeen syntyy korkealämpöinen "pilvi" sekä kova paine. Yksi TOS-1 sarja aiheuttaa tuhoa noin 400\*200 metrisellä alueella. Kyseisellä aseella minimikantama on 400 metriä maksimin ollessa 3,5 (lähteestä riippuen jopa 5) kilometriä. Kyseistä rakettia on käytetty ainakin Tsetsenian taisteluissa. [28,29]

Kuten aktiivisille myös raketinheittimistölle on kehitetty esimerkiksi valo-, savu-, sytytys- ja kaasuraketteja. Muun muassa brasilialaisille SS-40, SS-60 ja SS-80 raketeille on kehitetty taistelulataus, johon on sirpalevaikutuksen tehostamiseksi lisätty valkoista fosforia. Kyseisillä raketeilla on näin ollen sekä savu-, että sytytysvaikutus. [7]

Raskaiden raketinheittimien koulutusta varten on kehitetty useille eri malleille myös harjoitusraketteja. MLRS-raketinheittimelle on M28 harjoitusraketti, jonka lentorata on

sama kuin varsinaisella M26-raketilla. Edellisen harjoitusraketin variaatio M28A1 on kuin M28, mutta sen kantamaa on pienennetty vaara-alueiden pienentämiseksi. [7] Avibras Astros 2:lle on harjoitusraketti Avibras AV-SCTA 70 M9, Royal Ordnance 160 harjoitusrakettia käyttää muun muassa Rayo MRS-järjestelmä ja MLRS-järjestelmälle on kehitetty iso-britannialainen Royal Ordnance Reduced Range Practice Rocket (RRPR). [7]

Myös Smerch -raketinheittimelle on oma harjoitusraketinsä. 9F840 harjoitussarjaan kuuluu alikaliiperinen putki jokaiseen heittimen omaan putkeen, laukaisusimulaattori sekä erinäisiä oheislaitteita ja työkaluja. Paketilla voidaan harjoitella niin heittimen lataamista, ammunnan valmisteluja kuin itse ammuntaakin. [7,26]

### 2.3 Yhteenveto

Voidaan todeta, että raskaan raketinheittimistön ampumatarvikevalikoima on todella monipuolinen (liite 3). Elävää voimaa vastaan tehokkaan vaikutuksen lisäksi pystytään vaikuttamaan panssarituihin ajoneuvoihin. Panssarintorjunnassa ehdoton etu saadaan kuorma-ammustekniikan myötä, kun pystytään vaikuttamaan maaleihin suurella iskukulmalla ylhäältäpäin, mistä vaunut ovat heikoiten suojattuja. Tämän lisäksi raketinheittimillä voidaan sekä levittää, että raivata miinoitteita. Rauhan aikana myös käyttökustannuksia saadaan pienennettyä, jos käytetään raketinheittimille suunniteltuja harjoitusraketteja.

Kuorma-ammusteknologian lisäksi asekohtaiset varusteet, esimerkiksi paikantamislaitteet, mahdollistavat ampuma-arvojen määrittämisen yksittäisille aseille nopeasti ja tarkasti, sekä mahdollistavat yhden aseiden käyttämisen ikäänkuin omana tuliyksikkönään. Tämä taas mahdollistaa tuliyksiköiden hajauttamisen sekä säästää ampumatarvikkeita sekä muita resursseja kuten huolto-, lataus- sekä viestitoimintoja. Teknisillä ratkaisuilla lavettia tai heitinosa muuttaen vaikutetaan aseiden taistelukestävyyteen sekä myös ampumatarvikkeen toimittamiseen mahdollisimman tarkasti kohdealueelle. Vaikuttamalla taas itse rakettien rakenteeseen ja luomalla asekuorman sekä kantaman ja ohjattavuuden välille tarkoitusta vastaava suhde päästään entistä tehokkaampiin kuorma-ammuksiin.

Nykyään raskaiden raketinheittimien liikkuvuus vastaa iskevien osien vauhtia lavettiratkaisujen parantuessa, ja näin ollen taistelun tukeminen on jatkuvaa. Myös

aseiden suuri kantama mahdollistaa taistelun tukemisen operatiivisella tasolla, muun muassa vastatykistötoiminnalla ja suojaavien miinoitteiden levittämällä.

Ongelmina, joihin heittimien valmistajat pyrkivät keksimään ratkaisun, on hajonta, kantama ja aina vain tehokkaampi kuorma-ammustekniikan hyväksikäyttö. MLRS-järjestelmän ATACMS-ohjuksen kaltaisia ratkaisuja tullaan jatkossa kehittämään ja testaamaan. Taktinen ohjus, joka on ohjattavissa tarkasti kohteeseen mukanaan suuri kuorma monivaikutteisia hakeutuvia tytäkranaatteja ja, joka kyetään ampumaan samalta lavetilta kuin normaalitkin kuormaraketit, vähentää hajontaa, lisää kantamaa ja mahdollistaa tehokkaan asevaikutuksen.

Raketinheittimistöllä selvästi näkyvä kehityssuunta on MLRS ja Astross-tyyppisten raketikasettien (launcher pod) käyttöönotto. Lataaminen sekä ampumatarviketäydennykset helpottuvat näin ollen huomattavasti. Tällainen kehitystyö on työn alla muunmuassa venäläiselle Smerch-raketinheittimelle. [7] Tämän lisäksi edelleenkin tulisi kehittää tytäkranaattien toimintavarmuutta, tosin sen nyt jo olessa lähteestä riippuen noin 1-2 prosenttia ammutuista tytärammuksista. [15]

Raskaan raketinheittimistön tehojen optimoimiseksi ei tule tarkastella kuitenkaan vain ja ainoastaan ampumatarviketta tai itse asetta, vaan tarkastelu tulee aloittaa raketinheitinyksiköiden kokoonpanoista, niiden tulitoiminnan johtamisesta sekä ehkä tärkeimpänä huollon toimivuudesta. Myös maalitiedustelu, maalitietojen toimittaminen sekä tulenjohdon järjestelyt, viestitoiminnot mukaanlukien, koko raskaan raketinheittimistön kantaman puitteissa tulee suunnitella asejärjestelmän tehokkaan käytön mahdollistamiseksi.

### 3 TULEN VAIKUTUKSEN LASKENNAN PERUSTEET

#### 3.1 Maalianalyysi

Maalianalyysi luo perusteet tulen tehon ja vaikutuksen arvioinnille. Maalianalyysissä tutkitaan maalien ominaisuuksia sekä esiintymistä tulitettavalla alueella. Laskennassa ratkaisevia maalien ominaisuuksia ovat muunmuassa jakaantuneisuus, koko (haavoittuva pinta-ala) sekä lukumäärä. Maalianalyysin jälkeen on koko kohteesta muodostettavissa simuloinnin perustaksi maalimalli, jota vastaan asevaikutusta tutkitaan. Tämän luvun lähteinä on käytetty Todennäköisyys- ja ampumaopin

perusteet -teosta ja sekä erilaisia matematiikan opetusmonisteita tulen tehon ja muun laskennan alueelta. Tärkeimpänä monisteena Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksen moniste Tulen vaikutus ja teho sekä tekniikan laitoksen tietopankki CD-levy.

### 3.1.1 Maalien jakautuneisuus

Maalien jakautuneisuudella käsitetään maalialkioiden määrää tulitettavalla kohdealueella. Maalit ovat joko yksittäisiä maaleja tai aluemaaleja. Aluemaaleissa on sisällä aina useita maalialkioita.

Raskaalla raketinheittimistöllä käytettäessä kuorma-ammuksia voidaan katsoa tulitettavan yksittäisiä maaleja, vaikkakin yleensä kenttätykistön ja yleensäkin epäsuoran tulen maalit ovat aluemaaleja. Tämä johtuu tytäkranaatin luonteesta yksittäisenä projektiilinä, jonka osuvuus ja tulen teho määräävät yksittäisen maalin tuhoutumisen. Toisin sanoen nykyinen kuorma-ammusteknologia mahdollistaa yksittäisen maalin tuhoamisen yhdellä tytäkranaatilla.

### 3.1.2 Maalin haavoittuva pinta-ala

Yksittäisellä maalilla haavoittuva pinta-ala on niiden alojen summa, joihin vaikuttaessaan esimerkiksi raketinheittimistön tytäkranaatti voi tuhota kohteen. Maalin haavoittuva pinta-ala riippuu maalin koosta, sen erilaisista suojavälineistä sekä siitä suunnasta, josta sitä asevaikutuksella uhataan. Esimerkiksi panssariajoneuvot ovat kohtuullisesti suojattuja edestä ja sivuilta, joista niitä todennäköisimmin uhataan, mutta suojaus katossa ja pohjassa ovat sitävastoin heikommat. Myös rakentamalla matalempia vaunuja pienennetään sinkomiehen todennäköisyyttä osua maaliin, jos ampumaetäisyys säilyy samana. Kuten edellä todettua kuorma-ammusten tytäkranaateille voidaan laskea maalin haavoittuva pinta-ala yksittäisenä maalina.

Aluemaaleissa haavoittuvaksi pinta-alaksi lasketaan sen sisältämien yksittäisten maalien haavoittuvien alojen summa.

Ihmisellä haavoittuvaa pinta-alaa on koko ihmiskehon pinta-ala. Tätä voidaan pienentää käyttämällä erilaisia suojavarusteita kuten kypärää ja sirpaleliiviä. Esimerkkinä ihmisen haavoittuva pinta-ala eri maalitilanteissa taulukossa 1.

Maalialkio	Haavoittuva pinta-ala(m <sup>2</sup> )
Pystyssä oleva taistelija	0,6
Maassa makaava taistelija	0,4
Poterossa seisova taistelija	0,1 - 0,2
Poteroon suojautunut taistelija	0 - 0,3

Taulukko 1: Ihmisen haavoittuva pinta-ala eri tilanteissa. [23]

Panssarivaunun haavoittuvat pinta-alat on määritetty Nato-standardin mukaan. [11,23] Kuitenkin tulee muistaa, että haavoittuviin pinta-aloihin vaikutetaan muunmuassa erilaisin teknisin ratkaisuin (lisäpanssarointi), ja myös vaunun asento sekä muoto vaikuttavat kulloisenkin aseprojektiin osuvuuteen ja tehoon. [23]

Näin ollen maalien liike ja muuntautumiskyky sekä niiden mahdolliset vastatoimet on huomioitava mietittäessä maalien haavoittuvaa pinta-alaa tai itse tulen vaikutuksen laskentaa kyseisiä maaleja vastaan.

### 3.1.3 Maalien esiintymistiheys

Se kuinka paljon minkäkinlaisia maaleja tulialueella esiintyy on arvioitavissa vastustajan organisaatiosta ja sen joukkojen käyttöperiaatteista. Toki maalien esiintymistiheyteen maalialueella vaikuttaa myös maalialueen koko ja aseiden tulialue. Maalien esiintymistiheyttä tulenkäytössä tarkasteltaessa suurin rooli on tulenjohtajalla, joka määrittää ja paikantaa sellaisen maalin keskipisteen, että hajonnan puitteissa tulen alle jää mahdollisimman monta yksittäistä maalia. Tämä tulee ottaa huomioon myös maalien liikkuessa, esimerkiksi tulikomennon viestitykseen kuluvassa ajassa, eri nopeuksilla.

Maalien esiintymiseen kohdealueella liittyy myös termi kyllästettävyyden kesto. Se tarkoittaa tilannetta maalialueella silloin, kun yksittäisiä maalialkioita on niin paljon, että asejärjestelmän kyky ei riitä tuhoamaan kaikkia. Raketinheittimistön kuorma-ammuksilla kyllästettävyyden kesto on jopa satojen tytärammusten johdosta parempi kuin esimerkiksi yksittäisin sirpaleraketein.

### 3.2 Maalin ominaisuuksien ja maaliballistiikan vaikutus tulen tehon määrittämiseen

Maaliballistiikka on asevaikutusta maalissa. Toisin sanoen maaliballistiikka on asejärjestelmän vaikuttavan osan, esimerkiksi panssarintorjuntatytkranaatin ontelohanoksen, ja maalin välisen vuorovaikutuksen tarkastelua. Maaliballistiikassa tutkimuksen kohteena ovat aseosan vaikutusosan ja maalin tyypit sekä ominaisuudet ja erilaiset aseosan tehoon vaikuttavat fysikaaliset muuttujat kuten esimerkiksi iskukulma ja -nopeus.

*Iskunopeus* on se nopeus, jolla maaliin vaikuttavat taisteluosat iskeytyvät kohteen pintaan. Tämän nopeuden kautta on laskettavissa kyseisen kappaleen liike-energia, yksikkönä Joule, kaavaa 1 käyttäen.

Kaava 1:  $E = 1/2 \times m \times v^2$ ,

jossa  $m$  = kappaleen massa [kg] ja  $v$  = nopeus [m/s]. [19]

Näin lasketulla energialla on mahdollista määrittää esimerkiksi luotien läpäisyä ja tehoa eri pintoja ja maaleja vastaan. Esimerkkinä ihmisen ihon läpäisee luoti, jonka liike-energia on noin 10 Joulea. [22]

*Iskukulma* on ammuksen tulosuunnan ja maalin pinnan välinen terävä (=alle 90 astetta) kulma. Iskukulma siis vaikuttaa esimerkiksi panssariajoneuvoja tarkasteltaessa ammuksen todelliseen läpäisyyn. Iskukulman ollessa pieni läpäisyyn tarvittava matka kasvaa ja tulee vaara ammuksen kimpoamisesta. Tämän takia pyritään 90 asteen iskukulmaan, jossa vaikutetaan suoraan vaunun ylä- tai alapuolelta. [22] Tähän päästään muunmuassa raketinheittimistön panssarintorjuntakykyisillä tytkranaateilla.

Ammusten maaliballistisia ominaisuuksia ovat muunmuassa maaliin tunkeutuvan osan muoto, lujuus ja koko. Näin ollen esimerkiksi esisirpaloinnilla ja kranaatin kuoren materiaalilla voidaan vaikuttaa läpäisyyn ja aiheutettaviin vaurioihin kohteessa.

Asevaikutus on jaettavissa välittömään ja välilliseen vaikutukseen. Välittömässä vaikutuksessa ammus tarvitsee maalin tuhotakseen suoran osuman kun taas välillisessä vaikutuksessa osuman tulee olla jollain tietyllä etäisyydellä kohteesta.

Useimmat tytäkranaatit ovat kaksitoimisia, jotka tehoavat suoraan osumasta kevyesti panssaroiuihin ajoneuvoihin ja samalla vaikuttavat ympäristöön sirpalein.

Maalit on jaettavissa kovuutensa perusteella kolmeen eri luokkaan; kovat, puolikovat ja pehmeät maalit. Näistä taistelupanssarivaunu on tyypillinen kova maali, kuljetuspanssarivaunu ja epäsuorantulen asejärjestelmät puolikovia maaleja ja ihminen tyypillinen pehmeä maali. Näin ollen voidaan maaliballistisesti tärkeänä pitää materiaalia, mistä maali on tehty ja, kuinka paljon sitä on kohteen suojana.

### 3.3 Tulen vaikutuksen laskenta

#### 3.3.1 Tulen vaikutuksen laskentaohjelma

Tässä tutkimuksessa on tulen vaikutuksen laskentaan käytetty Lotus 1-2-3 -taulukkolaskentaohjelmapohjaista menetelmää. Sovellusta tehtäessä on lähteenä käytetty FT Matti Lehtisen teosta Pieni simulointikirja.

Kyseisessä sovelluksessa arvotaan iskemät kulloisenkin maalin keskipisteen ympärille. Tällä niin sanotulla Monta Carlo -simuloinnilla saadaan ohjelman arpomilla satunnaisluvuilla saadaan ensin kuormaraketin iskemä ja sen myötä saadaan määritettyä kunkin tytäkranaatin iskemän paikka koordinaatistossa. Iskemätietojen perustaksi ohjelmaan tarvitaan sekä kuormaraketin, että irronneiden tytäkranaattien hajonnat.

Maalit on kuvattu ohjelmaan yksittäisiksi pisteiksi koordinaatistoon (pehmeät maalit, esimerkiksi henkilöstö) tai eri koordinaattien rajaamiksi alueiksi (esimerkiksi ajoneuvot). Maalit on ryhmitetty sama-akseliseen koordinaatistoon maalimallien kuvaamalla tavalla. Pehmeisiin maaleihin osumaksi lasketaan osuma tytärammuksen vaikutussäteen sisäpuolelle. Panssaroiduille ajoneuvoille amupumatarvikkeesta riippuen joko osuma vaikutussäteen sisään "laatikon" rajoilta tai suora osuma "laatikon" alueelle. Kuorma-autoilla ja muilla pehmeillä ajoneuvoilla osuma vaaditaan tytärammuksen vaikutussäteen mukaisen ympyrän sisään. Tämä siitä syystä, että pehmeissä ajoneuvoissa osuma tarvitaan ohjaamon tai moottoritalan tärkeisiin osiin.

Ohjelmasta saadut havainnot ilmoitetaan kunkin tytäkranaatin osuessa maaliin tai maalista vaikutussäteen etäisyydelle numerolla yksi ja ohi mennyttä tytäkranaattia

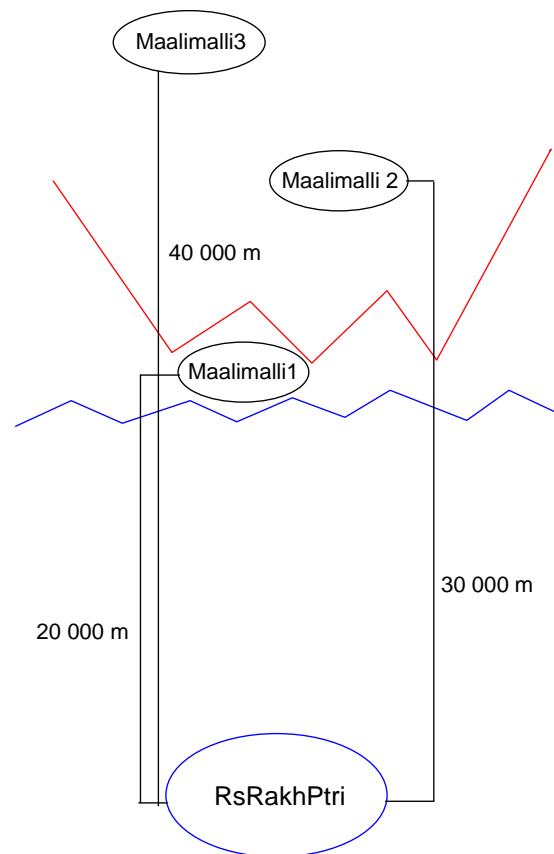
kuvataan nollalla. Näistä yksittäisten tytäkranaattien osumista saadaan yhteisellä laskurilla tulos moneenko eri maaliin ja monellako tytäkranaatilla on osuttu. [12]

### 3.3.2 Tulen vaikutuksen laskennan perusteet

Ohjelman ampuvan raketinheitinpatterin kokoonpano on samanlainen kuin venäläisten Smerch -patterilla ja kapteeni Erkki Utusen diplomityössä. Tällöin raketinheitinpatteriin kuuluu yhteensä neljä raskasta raketinheitintä. Patterin ampuessa ei huomioida sen ryhmitystä. Tulen vaikutusta laskettaessa raketinheitinpatteri ampuu suuntaan 00-00 eli suoraan pohjoiseen. Maalikulma jokaisessa amunnassa on nolla astetta. Raketinheitinpatterin tarkistusammunnat on suoritettu ja tuli osuu suoraan maaliin. Tulen tehon laskennassa käytetty taistelutilanteellinen viitekehys kuvassa 7.

Laskennassa olevien tulyyksiköiden hajontana on käytetty kullekin kalustolle eri lähteistä saatavaa metristä poikkeamaa paikannetun maalin keskipisteestä tai eri lähteistä ilmenneiden lukujen keskiarvoja. Laskennassa on käytetty vain ohjautuvia kuorma-ammuksia, joten erillisiä pituus- ja sivuhajontoja ei ole käytetty. Hajontakuvio on siis näin ollen ympyrä.





Kuva 7: Taistelutilanne ja maalien paikat simuloinnin perustana.

Tytärkранаattien purkautuessa syntyvää hajontaa ei eri lähteissä juuri mainita, mutta myös tytäkranaattien leviäminen on huomioitu erillisellä hajonnalla. Simuloinnin helpottamiseksi ja parempien tietojen puuttuessa tytäkranaattien hajontakuviona on käytetty ympyrää. Todellisuudessa hajontakuvio olisi enemmän tai vähemmän ampumasuunnan suuntainen ellipsi. Orkanin ilmoitetaankin purkavan yhden raketin tytärammukset hyvissä olosuhteissa 180 kertaa 165 metriselle, ampumasuuntaan pidemmän, ellipsin alueelle. MLRS:llä saman ellipsin mitoiksi ilmoitetaan 200 kertaa 100 metriä. [7] Käytetyt hajonnat on esitetty tarkemmin taulukossa 2.

	Raketin hajonta	Tytärkранаattien purkautuminen
MLRS	Kaikille ampumaetäisyyksille 200 m [31]	120 m
Smerch	Ampumaetäisyydet: 20 000 m            50 m 30 000 m            75 m 40 000 m            100 m	130 m
Orkan	Ampumaetäisyydet: 20 000 m            88 m 30 000 m            132 m 40 000 m            176 m	170 m

Taulukko 2: Laskennassa käytetyt kuormarakettien ja tytärkранаattien leviämisestä aiheutuvat hajonnat. Metrit ilmoittavat sen maalin keskipistekeskeisen ympyrän säteen, jonka sisään raketin odotetaan osuvan. [7,11]

Tytärkранаattien tehokkaat vaikutussäteet, joita tutkimuksessa on käytetty ovat pääasiassa valmistajan antamista esitteistä tai Jane's Armour and Artillery -teoksista. Säteiden oikeansuuntaisuuden varmistamiseksi on tutkimusta varten laskettu sirpaleiden vaikutusetäisyydet kullekin käytettävälle tytärkранаatille. Sirpaleiden vaikutusetäisyys on laskettavissa kaavojen 3 ja 4 avulla.

Kaava 3:  $S = -\ln(1-p) / a$ , jossa [19]

S on sirpaleitiheys, joka maalin tuhoamiseen vaaditaan, p todennäköisyys, jolla ainakin yksi sirpaleista osuu (laskuissa käytetty 0,5) ja a on maalin haavoittuva pinta-ala.

Kaava 4:  $r = [N / (4,81 \times S)]^{0,5}$ , jossa,

r on ammuksen vaikutusetäisyys, N on sirpaleiden (tehoisten) lukumäärä ja S on edellisen kaavan mukainen sirpaleitiheys. [24]

Esimerkkinä kaavojen 3 ja 4 käytöstä Orkan-raketinheittimen kuormaraketti, jonka tytärkранаatin 420 teräskuulaa vaikuttavat pystyssä olevaa suojatonta taistelijaa

vastaan. Vaadittava sirpaletiheys on tällöin 1,16 sirpaletta neliömetrille ja tällöin vaikutusetäisyydeksi saadaan noin 8,7 metriä. Tähän voidaan lisätä vielä ammuksen kuoren aiheuttamat sirpaleet, jolloin todellinen vaikutussäde kasvaisi vielä hieman. Jane´s Armour and Artillery 2003-2004 ilmoittaaakin vaikutusetäisyydeksi 10 metriä.

Tutkija on kuitenkin laskuissa pyrkinyt ottamaan huomioon maaston, suojautumisen ja puuston vaikutukset vaikutusetäisyyttä määrittäessä ja on vähentänyt laskennallisista tai ilmoitetuista etäisyyksistä noin 10 prosenttia. Tarkemmin kullakin tytärkранаatilla käytetyt vaikutussäteet eri maalityyppejä vastaan on taulukossa 3.

	<u>Puolikovat maalit</u> Tykistöase, rynnäköpanssarivaunu	<u>Pehmeät maalit</u> Kuorma-auto ja henkilöstö
M77-tytärkранаatti (MLRS)	Vaati osuman	3,6
9N235-tytärkранаatti (Smerch)	2,6	8,4
Tytärkранаatti (Orkan)	Vaatii osuman	9

Taulukko 3: Laskennassa käytettyjen tytärkранаattien vaikutussäteet (metreinä). Laskujen lisäksi Smerch:in arvot on varmennettu Kärnän tutkimuksesta. [7,11]

Herkkyysanalyysissä pyritään selvittämään optimaalisin toistomäärä tulosten muutoksen kannalta. Tässä tutkimuksessa herkkyysanalyysi suoritettiin laskemalla Orkan -järjestelmän tytärkранаatilla tappioita maalimallia 1, hyökkäävää moottoroitua jalkaväkikomppaniaa vastaan. Maalimalli sekä siihen liittyvät perusteet esitellään tarkemmin luvussa 4.

Herkkyysanalyysissä maaliin ammuttiin yhden raketinheittimen sarja siten, että ammuttiin 1 toisto, 10 toistoa, 20 toistoa, 30 toistoa ja 50 toistoa. Ammunnoissa maalille saatetut tappiot ovat taulukossa neljä.

	Pehmeät maalit (tappiopros.)	Puolikovat maalit (tappiopros.)
1 toisto	90	9,1
10 toistoa	94,6	30
20 toistoa	94,4	35
30 toistoa	94,3	35
50 toistoa	95,2	31,5

Taulukko 4: Herkkyysanalyysissä kullakin toistomäärällä tuotetut tappiot.

Yhdellä toistokerralla saadut tappiot poikkeavat muiden toistomäärien tappioista varsinkin panssaroitujen maalien osalta niin paljon, että tulokset eivät ole yhdellä toistolla riittävän luotettavia laskentaan. 10 ja 50 toistokerran tulokset ovat samankaltaiset ja eroavat vain hieman 20 ja 30 toistokerran tuloksista, jotka ovat keskenään lähes samat. Vaikka jo 10 toistokerralla saadut tulokset näyttävät luotettavilta tutkimuksessa kaikki laskut on laskettu 20 toistokerralla, koska puolikovia maaleja vastaan tuotetuissa tappioissa on 10 ja 20 toiston tuloksilla 5 prosenttiyksikön ero.

#### 4 RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN VAIKUTUS MAALIMALLEJA VASTAAN

##### 4.1 Raskaan raketinheittimistön vaikutus moottoroitua jalkaväkikomppaniaa vastaan

Maalimalli 1 on tutkimuksessa moottoroidun jalkaväkikomppanian hyökkäysryhmitys. Moottoroitu jalkaväkikomppania hyökkää joko moottoroidun jalkaväkipataljoonan osana tai erillisenä esimerkiksi maahanlaskuosastona. Komppanialle on mahdollista alistaa pataljoonasta taistelupanssarivaunujoukkue eli kolme taistelupanssarivaunua. Tämän lisäksi komppanian hyökätessä sen alueella saattaa toimia osia moottoroidun jalkaväkirykmentin pioneerikomppaniasta tai tulenjohto-osia rykmenttiä tukevasta tykistöstä. [5,20]

Moottoroidussa jalkaväkipataljoonassa on kolme moottoroitua jalkaväkikomppaniaa ja jalkaväkikomppaniassa puolestaan kolme jalkaväkijoukkuetta.

Jalkaväkikomppanian tärkein kalusto on sen 10 kappaletta miehistönkuljetus- tai rynnäkköpanssarivaunuja. Tässä tutkimuksessa kalustona jalkaväkikomppanioilla on

BMP-2 -rynnäköpanssarivaunut. Moottoroituun jalkaväkikomppaniaan kuuluu yhteensä 128 miestä. [5,20]

Moottoroituja jalkaväkikomppanioita hyökkävällä rykmentillä on useita ja täten yhden sellaisen lamauttaminen ei aiheuttane ongelmia tehtävän toteuttamiseksi. Sen sijaan komppanian alueelta mahdollisesti löytyvän tulenjohtajan vaunun tai miinoitteita raivaavan pioneeriosaston tuhoaminen aiheuttaisi isomman ongelman hyökkäyksen jatkamiselle. [20]

#### 4.1.1 Maalimalli 1

Tutkimuksen tulen tehon arviointia varten muodostettiin moottoroidun jalkaväkikomppanian hyökkäysryhmityksestä maalimalli. Tarkempi kuva maalimallista on liitteenä 1.1.

MAALIMALLI 1: Moottoroidun jalkaväkikomppanian hyökkäysryhmitys

- syvyys 200 metriä
- leveys 400 metriä
- taistelupanssarivaunut 30 - 40 metriä ryhmityksen edessä
- kolme joukkuetta rinnan, joukkueväli noin 50 metriä
- komentovaunu ja tulenjohtovaunu noin 50 metriä jalkaväkijoukkueiden takana
- rynnäkövaunuista jalkautuneena 60 taistelijaa noin 5 - 20 metriä vaununsa ympärillä

Komppanian alueella olevista maaleista ei laskennassa ole huomioitu taistelupanssarivaunuja, koska niitä vastaan kuorma-ammuksilla ei ole vaikutusta. Taulukossa viisi ilmenee laskennassa olleiden maalien tyypit, määrät ja koot.

Nimike	Maalin tyyppi	Määrä	Koko
Rynn.psv (BMP-2)	Puolikova	11	7x3 metriä
Henkilöstö	Pehmeä	60	pistemäinen

Taulukko 5: Maalimallissa 1 esiintyvien maalien laatu, määrä ja koko.

#### 4.1.2 Tulen vaikutus maalimallia 1 vastaan

Maalimallia ammuttiin MLRS-kaluston M77- (664 tytärammusta), Smerch-kaluston 9N235- (64 tytärammusta) sekä Orkan-kaluston M87 (288 tytärammusta)-raketeilla. Ammunnassa ampumaetäisyys oli 20 000 metriä, maalikulma nolla astetta ja maalin keskipiste oli paikannettu ryhmytyksen keskimmäisen joukkueen keskelle. Taulukoihin 6, 7 ja 8 on koottu kullakin raketinheitinkalustolla maalimallille tuotetut tappiot.

Maalimallille1 Orkan-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	15	78,7	63,4
heitin sarja	27,7	96,3	85,8
jaos sarja	50,9	99,4	92
patteri sarja	70	100	95,4

Taulukko 6: Tulen vaikutus maalimallia 1 vastaan Orkan-raketinheitinpatterin eri tulimuodoilla.

Maalimallille1 Smerch-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	19,5	44,5	40,7
heitin sarja	38,2	70,4	65,5
jaos sarja	56,8	89,2	84,2
patteri sarja	78,6	98,7	95,6

Taulukko 7: Tulen vaikutus maalimallia 1 vastaan Smerch-raketinheitinpatterin eri tulimuodoilla.

Maalimallille1 MLRS-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	20,9	35,9	33,7
heitin sarja	39,1	58,3	55,4
jaos sarja	61,4	80,7	77,7
patteri sarja	79,1	96,8	94,1

Taulukko 8: Tulen vaikutus maalimallia 1 vastaan MLRS-raketinheitinpatterin eri tulimuodoilla.

Saaduista tuloksista voidaan päätellä Orkan kaluston olevan tehokkain henkilöstöä vastaan ja Smerchin ja MLRS lähes yhtä tehokkaita panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Orkanin teholle on selitys ainakin M87 -raketissa, jossa on melko paljon tehokkaita (vaikutussäde 9 metriä) tytärammuksia. Smerchillä on 9N235 raketissa lähes yhtä tehokkaita tytärammuksia, mutta niitä on vain noin neljäsosa Orkanin määrästä. MLRS:llä on eniten tytärammuksia raketissaan, mutta ne ovat selvästi tehottomampia ja sen lisäksi MLRS:n hajonta on yli kaksinkertainen muihin kalustoihin verrattuna.

Panssariajoneuvojen tappioprosentit olivat MLRS:llä ja Smerchillä lähes samat ja Orkan-kalustolla 5-10 prosenttiyksikköä pienemmät. Tähänkin ainakin yksi selitys löytyy kuorma-ammuksesta. M77- ja M87-rakettien tytärammukset vaativat suoran osuman vaunuun, joten tällöin tuloksiin sopii se, että MLRS tuottaa enemmän tappioita, koska siinä on kaksi kertaa enemmän tytärammuksia kuin Orkanin M87-raketissa. Smerchillä sen sijaan riittää osuma 2,4 metrin etäisyydelle vaunusta, jolloin vaunun haavoittuvasta pinta-alasta tulee yli 1,5 kertainen. Näin ollen, vaikka tytärkranaatteja on vähän, tehokas ampumatarvike tuottaa senkin edestä tappioita.

Tuotetuita kokonaistappioita tarkasteltaessa on raskas raketinheitin todettavissa tehokkaaksi asejärjestelmäksi. Kenttätykistöopas 2; tulenjohtotoiminta, määrittelee tuotetut tappiot seuraavasti:

- **Tuhoaminen** on joukon saattamista pysyvästi tai ainakin sen hetkisen taistelun ajaksi toimintakyvyttömäksi. Tuhoamisen katsotaan edellyttävän yleensä vähintään 50 prosentin tappioita.

- **Lamauttaminen** on joukon toiminnan estämistä tai sen saattamista taisteluvaiheen tai ainakin usean tunnin ajan toimintakyvyttömäksi. Lamauttaminen edellyttää vähintään 20 prosentin tappioita.
- **Häirintä** tarkoittaa vihollisen toiminnan vaikeuttamista ja samalla tappioiden tuottamista. [9]

Näiden kriteereiden mukaan Orkan-(63%) ja Smerch-kalustolla (41%) jo heittimen puolisarjalla ja MLRS:lläkin jo heittimen sarjalla (55%) tuotettaisiin tuhoamiseen vaadittavat tappioprosentit. Kuten määritelmässä todetaan jo lamauttaminen riittäisi saamaan vihollisen toimintakyvyttömäksi kyseisen taisteluvaiheen ajaksi. Maalimallia vastaan suurempiin tappioihin päästäisiin jos ampumasuunta ei olisi ryhmitystä kohtisuoraan vaan päästäisiin ampumaan sivulta ryhmityksen suuntaisesti. Tämä siitä syystä, että oikeasti sekä raketin, että tytärammusten leviämisen hajontakuviot ovat ampumasuuntaan pidemmät ellipsit.

Kuitenkin laskuja tarkasteltaessa tulee muistaa, että ohjelmalla on vaikeaa ottaa huomioon maaston, puuston ja suojautumisen vaikutusta henkilöstö- ja kalustotappioissa. Sen lisäksi tulee muistaa, että maalimallissa on jalkautuneena 60 henkilöä komppanian 128 henkilöstä, joista tosin osa tuhoutuisi vaunujen mukana.

Todellisuudessa tytärammuksen läpäisy saattaisi riittää panssarivaunun katon läpäisyyn, mutta esimerkiksi reaktiivipanssaria vastaan tytärammus jäisi tehottomaksi. Näin ollen tehoa taistelupanssarivaunuja vastaan on vaikea mallintaa ja ne jätetään huomioimatta. Voitaneen kuitenkin todeta, että mikään panssarintorjunta-ase raketinheitin ei ole.

#### 4.2 Raskaan raketinheitin vaikutus moottoroidun jalkaväkidivisioonan komentopaikan ryhmitystä vastaan

Toisena tutkimuksessa käsiteltävänä maalina on moottoroidun jalkaväkidivisioonan komentopaikan ryhmitys. Vihollinen ryhmittää komentopaikkojaan hyvin etupainoisesti. Täten divisioonan esikuntakin tuodaan noin 5 kilometrin etäisyydelle etulinjasta. Koko esikunta liikkuu ajoneuvoin, joista 2 on panssaroituja esikunta-ajoneuvoja ja 7 kuorma-autoa. Lisäksi noin 30 hengen miehistö hoitaa esikunnan kahta radioasemaa. Esikunta johtaa divisioonaa ajoneuvoista siten, että



tärkein johtohenkilöstö on esikuntapanssarivaunuissa ja niinsanottu kakkosesikunta kuorma-autoissa. Ryhmittynyt esikunta on noin 300 kertaa 300 metrisellä alueella. [5,20]

#### 4.2.1 Maalimalli 2

Tulen tehon tarkastelua varten on rakennettu maalimalli 2 divisioonan esikunnan ryhmitysalueesta. Kuva maalimallista on liitteessä 1.2.

MAALIMALLI 2: Moottoroidun jalkaväkidivisioonan esikunnan ryhmitys

- syvyys 300 metriä
- leveys 300 metriä
- ajoneuvot ja radioasemat ryhmitettynä tasaisesti alueelle 50 metrin välein
- jalkautuneet taistelijat 2 - 15 metrin päässä ajoneuvoistaan
- sisempänä ryhmityksessä esikuntapanssarivaunut, kuorma-autot ja viesti asemat ulompana

Maalimallin 2 sisältämät maalit ovat laadun, määrän ja koon mukaan lajiteltuna taulukossa 9.

Nimike	Maalin tyyppi	Määrä	Koko
esikuntapanssarivaunu	1/2-kova	4	7x3 metriä
radioasema	pehmeä	3	pistemäinen
kuorma-auto	pehmeä	10	8x3 metriä
taistelija	pehmeä	30	pistemäinen

Taulukko 9: Maalimallissa 1 esiintyvien maalien laatu, määrä ja koko.

#### 4.2.2 Tulen vaikutus maalimallia 2 vastaan

Maalimallia 2 ammuttiin samoilla kuorma-ammuksilla kuin maalimallia 1. Myös käytetyt tulimuodot olivat samat. Maalin keskipiste on paikannettu ryhmityksen keskelle. Ampumaetäisyytenä on käytetty 30 000 metriä ja maalikulma on nolla astetta. Kullakin ampumatarvikkeella maalille tuotetut tappiot ilmenevät taulukoista 10, 11 sekä 12.

Maalimallille 2 Orkan-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	7,9	70,5	65,1
heitin sarja	21,3	91	85,3
jaos sarja	41,3	98,5	93,8
patteri sarja	55	100	96,2

Taulukko 10: Tulen vaikutus maalimallia 2 vastaan Orkan-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla.

Maalimallille 2 Smerch-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	20	42,3	40,4
heitin sarja	51,3	69,1	67,7
jaos sarja	71,3	91	89,6
patteri sarja	91,3	98,6	98,1

Taulukko 11: Tulen vaikutus maalimallia 2 vastaan Smerch-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla.

Maalimallille 2 MLRS-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	20	33,7	32,6
heitin sarja	37,5	58,6	56,8
jaos sarja	62,5	81,6	80
patteri sarja	82,5	95,6	94,5

Taulukko 12: Tulen vaikutus maalimallia 2 vastaan MLRS-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla.

Moottoroidun jalkaväkidiivisionan esikunnan ryhmitystä vastaan tuotetuista tappioista on johdettavissa samankaltaisia havaintoja kuin maalimallia 1 vastaan

tuotetuista tappioista. Orkan ja sen M87-raketti on edelleen heikoin panssaroituja ajoneuvoja vastaan, mutta tehokkain henkilöstöä ja muita pehmeitä kohteita vastaan.

MLRS ja M77-raketti on melko tehokas panssaroituja ajoneuvoja vastaan, mutta Smerchiin nähden kaksinkertaisella hajonnalla on vaikutusta kun panssaroidut kohteet ovat maalin keskipisteen välittömässä läheisyydessä. Henkilöstöä vastaan eroa tuotetuissa tappioissa aiheuttaa myös kilpakumppaneihin verrattuna tehoton ampumatarvike. Tässä tapauksessa ampumatarvikkeen teho korostuisi määrään nähden.

Smerch on vahvin panssaroituja ajoneuvoja vastaan ja toiseksi tehokkain jalkaväkeä vastaan. Ero Orkanin tappioihin johtunee ainoastaan tytärammusten vähäisestä määrästä, koska ampumatarvike on lähes yhtä tehokas ja hajontakuviot lähes samanlaiset. Smerchin heikkous saattaisi olla ammuttaessa laajaa aluemaalia (yli 400 kertaa 400 metriä), koska sen sekä raketin, että tytärkранаattien leviämisen hajonnat ovat molemat 100 metrin luokkaa ja tytärkранаatteja alueelle putoaa vain 64 kappaletta.

Maalimallissa 2 tulokseen tuo virhettä samat seikat kuin maalimallissa1. Puuston tai maaston korkeuserojen antama suoja sekä henkilöstön suojautuminen pienentäisivät tuotettuja tappioita. Tässä maalissa ongelma on myös neljän esikuntapanssarivaunun määrä, josta johtuen erot toistokertojen välillä ovat suuret. Toisin sanoen jollain toistokerralla tuhoutui kaikki ja seuraavalla toistolla ei taasen yhtään. Tämä aiheuttanee pientä epätarkkuutta varsinkin pienillä laukausmäärillä.

#### 4.3 Raskaan raketinheittimistön vaikutus panssarihaupitsipatteria vastaan

Moottoroidun jalkaväkidivisioonan omaan tykistörykmenttiin kuuluu kolme patteristoa, tiedustelupatteri sekä esikunnan ja huollon eri osia. Yksi patteristo rakentuu kolmesta kuusitykkisestä tulipatterista ja komento- sekä huolto-osista. Tykistörykmentin patteriston kalusto on tyypillisesti 152 millimetrinen panssarihaupitseista tai 152 millimetrin telakanuunoista koostuva. Tällä kalustolla kantama on noin 20-25 kilometriä. [14]

Panssarihaupitsipatteristo ryhmitetään yleensä kolmioksi pattereittain. Tällöin patteriden välinen etäisyys on noin kilometri. Tulipatterit ryhmittyvät yleisimmin

kootusti, jolloin tykit ovat linjassa 20-60 metrin välein. Tällöin koko patterin leveys on vain 100-300 metriä. Patteriupseerin komentopaikka on ryhmitetty tykkirintaman taakse. Ammusajoneuvot on ryhmitetty noin 100 metriä tykkirintamasta taakse tai sivulle. Kalustosta riippuen ammunnanhallintalaitteisto on sijoitettu joko kuorma-autoon tai MT-LBu -panssariajoneuvoon. [14]

#### 4.3.1 Maalimalli 3

Maalimalliksi 3 on valittu panssarihaupitsipatteri. Patteri ei suoraan vastaa minkään tietyn organisaation omaa tulipatteria. Tarkempi kuva maalimallista liitteenä 1.3.

##### MAALIMALLI 3: Panssarihaupitsipatteri tuliasemaryhmyksessä

- syvyys 100 metriä
- leveys 300 metriä
- panssarihaupitsien väli 30 - 50 metriä
- jaosten väli 45 metriä
- jalkautuneet tykkimiehet 2 - 10 metriä tykistä tai ajoneuvostaan
- komentopaikka 60 metriä tykkirintaman takana
- jaosjohtajat 40 metriä jaostensa takana
- ammusajoneuvot 40 - 75 metriä

Maalimallin 3 sisältämät maalit ovat laadun, määrän ja koon mukaan lajiteltuna taulukossa 13.

Nimike	Maalin tyyppi	Määrä	Koko
panssarihaupitsi (2S3)	1/2-kova	6	8x3,5 metriä
komentopaikka-ajoneuvo	1/2-kova	1	7,5x3 metriä
kuorma-auto	pehmeä	6	8x3 metriä
taistelija	pehmeä	30	pistemäinen

Taulukko 13: Maalimallissa 3 esiintyvien maalien laatu, määrä ja koko.

#### 4.3.2 Tulen vaikutus maalimallia 3 vastaan

Maalimallia 3 ammuttiin samoilla kuorma-ammuksilla kuin maalimalleja 1 ja 2. Myös käytetyt tulimuodot olivat samat. Maalin keskipiste on paikannettu ryhmytyksen

keskelle siten, että se on tykkirintaman keskipisteestä noin 20 metriä komentopaikalle päin. Ampumaetäisyytenä on käytetty 40 000 metriä ja maalikulma on nolla astetta. Kullakin ampumatarvikkeella maalille tuotetut tappiot ilmenevät taulukoista 14, 15 sekä 16.

Maalimallille 3 Orkan-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	11,4	69,2	59,8
heitin sarja	22,1	90,6	79,5
jaos sarja	42,1	99,2	90
patteri sarja	62,9	100	94

Taulukko 14: Tulen vaikutus maalimallia 3 vastaan Orkan-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla.

Maalimallille 3 Smerch-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	30	37,5	36,3
heitin sarja	41,4	60,6	57,4
jaos sarja	62,9	85	81,4
patteri sarja	89,3	98,1	96,7

Taulukko 15: Tulen vaikutus maalimallia 3 vastaan Smerch-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla.

Maalimallille 3 MLRS-raketinheitimellä tuotetu tappiot			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	20	30,4	28,8
heitin sarja	39,3	56	53,5
jaos sarja	60	78,3	75,3
patteri sarja	88,6	96,1	94,9

Taulukko 16: Tulen vaikutus maalimallia 2 vastaan MLRS-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla.

Tulokset panssarihaupitsipatteria vastaan ovat edelleenkin samankaltaisia edellisten tulosten kanssa. Orkanin raketin tehottomuus panssaroituja kohteita vastaan erottuu jälleen selkeästi. Panssarihaupitseja ja komentoajoneuvoa vastaan heittimen puolisarjalla ja sarjalla saavuttaa M87-raketti noin puolet Smerchin tappiolukemista. Yli puolitoista kertainen hajonta ja suoran osuman vaativa tytärkранаatti lienevät syynä tähän.

Tähän maalimalliin myös MLRS on heittimen puolisarjalla ja sarjalla noin 10 prosenttiyksikköä Smerchiä heikompi panssaroituja kohteita vastaan. Edellisissä tuloksissa MLRS on päässyt lähes samoihin ja osin suurempiinkin tappiolukuihin. Selitys tähän on ainakin matematiikassa. Koska panssaroituja kohteita on vain seitsemän, pienikin ero määrässä tuntuu suurelta prosenteissa. Heittimen puolisarjalla Smerch tuhoaa keskimäärin 2,1 ja MLRS 1,4 panssariajoneuvoa. Eli tässä ei ole eroa kuin "puoli" ajoneuvoa. Toisin pitemmältä ampumaetäisyydeltä tehottomampi MLRS:n tytärkранаatti leviää Smerchin tehokkaampaa vastinetta laajemmalle alueelle. Täten tuli leviää myös panssarihaupitsipatteriston rajojen ulkopuolelle.

Henkilöstöä vastaan Orkan ja M87-raketti ovat jälleen ylivoimaisia teholtaan. Tappiot ovat heittimen puolisarjalla kaksinkertaiset toisiin heitinmalleihin verrattuna. Muillakin tulimuodoilla ero on kymmeniä prosenttiyksiköitä paitsi koko patterin sarjalla, jossa kaikki heitinmallit pääsevät yli 95 prosentin henkilöstötappioihin. Henkilöstöä vastaan MLRS ja Smerch ovat lähes samoilla tappiolukemilla kuten edellistenkin maalimallien tuloksissa. Orkanin suurille tappioille selitys löytyy tehokkaasta tytärkранаatista, jonka vaikutussäde on 9 metriä verrattuna Smerchin 8,4 ja MLRS 3,6 metriin. Vaikka

Smerchillä on lähes yhtä tehokas tytärammus, Orkanin raketissä on tytäkranaatteja nelinkertainen määrä.

MLRS ja M77 -raketti, jossa on 644 tytärammusta, osoittautui näistä kolmesta vähätehoisimmaksi tarkasteltaessa tuotettuja kokonaistappioita. Sama tilanne on toistunut jokaista maalimallia vastaan. 20 000 ja 30 000 metriin ammuttaessa se on selitettävissä suurimmalla hajonnalla, mutta nyt hajonta on lähes sama kuin Orkanilla. Saatujen tietojen mukaan MLRS kuitenkin levittää tytärammuksensa kahta muuta järjestelmää pienemmälle alueelle. Koska panssaroituja kohteita vastaan MLRS on Orkania tehokkaampi, niin kuin sen sopii suuremman tytäkranaattimäärän takia ollakin, ei laskennassa oletettavasti ole virhettä vaan tytärammus on vaikutussäteeltään tehoton ja raketin kuorma leviää myös maalin alueen ulkopuolelle.

Jälleen tuotetuista tappioista olisi vähennettävissä jonkin verran johtuen olosuhteiden vaikutuksesta rakettiin ja tytärammuksiin, sekä suojautumisesta ja maaston tarjoamasta suojasta johtuen.

## 5 RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN TULEN TEHON ARVIOINTI

Tässä tutkielman luvussa tarkastellaan simuloinnin tuloksia ja tutkitaan miten tulen tehoon voidaan vaikuttaa. Osin muutetaan jo laskettuja simuloiteja ja esitellään tässä luvussa vain laskujen perusteista muuttuneet tiedot. Maalimallit sekä raketinheittimet ampumatarvikkeineen ovat muuttumattomat. Osa esitetyistä havainnoista tulen tehon kasvattamiseksi ja siihen vaikuttamiseksi perustuu vain ajatuksiin ja teoriaan, joiden vaikutusta ei ole simuloitu.

### 5.1 Tuliasematoiminta

Tässä tapauksessa tarkoitetaan tuliasematoiminnan vaikutuksilla tulen tehoon ampumasuunnan, ampumaetäisyyden, ja sitä kautta hajonnan ja kantaman, sekä tuliasemaryhmyksen aiheuttamia muutoksia tulen tehoon.

#### 5.1.1 Amupumasuunnan vaikutus

Aikaisemmissa simulaatioissa ammuttiin suunnasta, joka oli suoraan ryhmyksiä kohtisuorassa. Maalimallia 2, divisioonan esikunnan ryhmytystä, vastaan

ampumasuunnalla ei ole vaikutusta, koska ryhmitys on yhtä syvä kuin leveäkin. Sen sijaan tulitettaessa hyökkävää moottoroitua jalkaväkikomppaniaa ja panssarihaupitsipatteria, joiden ryhmitys on selkeästi leveämpi kuin syvempi, ampumasuunta vaikuttaa tulen tehoon. Kuten edellä todettua, ohjautuvalla raketilla hajontakuvio on ympyränmuotoinen. Sen sijaan todellisuudessa tytärkранаattien hajontakuvio irrotessaan raketista on oletettavasti ampumasuunnan suuntainen ellipsi.

Tätä ei simulointi ohjelmalla nytkään saada mallinnettua, mutta ammutaan silti maalimallia 3, panssarihaupitsipatteria, sen ryhmityksen suuntaisesti ampumasuunnan vaikutuksen tutkimiseksi. Tämä simulaatio suoritetaan ampumalla suuntaan 15-00 eli ammutaan maalia lännestä. Maalimalli on sinänsä muuttumaton ja maalin keskipiste on edelleenkin ryhmityksen keskellä, mutta koordinaattiakseleita on käännetty 90 astetta. Simulointi toteutetaan kaikilla laskennassa käytetyillä raketinheittimillä. Tulokset kokeesta ovat taulukoissa 17, 18 sekä 19.

Maalimallille 3 Orkan-raketinheittimellä tuotetu tappiot ams 15-00			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	12,9	72,5	62,8
heitin sarja	18,6	86,4	75,3
jaos sarja	31,4	98,6	87,7
patteri sarja	54,3	100	92,6

Taulukko 17: Tulen vaikutus maalimallia 3 vastaan Orkan-raketinheittipatterin eri tulimuodoilla ampumasuuntaan 15-00.



Maalimallille 3 Smerch-raketinheitimellä tuotetu tappiot ams 15-00			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	34,3	34,2	34,2
heitin sarja	54,3	66,4	64,4
jaos sarja	74,3	84,7	83
patteri sarja	85,7	98,3	96,3

Taulukko 18: Tulen vaikutus maalimallia 3 vastaan Smerch-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla ampumasuuntaan 15-00.

Maalimallille 3 MLRS-raketinheitimellä tuotetu tappiot ams 15-00			
	Tappiot (%) 1/2-kova	Tappiot (%) pehmeät	Tappio(%) kaikki
heitin 1/2-sarja	17,1	37,8	34,4
heitin sarja	41,4	56,4	54
jaos sarja	75,7	80,8	80
patteri sarja	90	96,4	95,3

Taulukko 19: Tulen vaikutus maalimallia 3 vastaan MLRS-raketinhetinpatterin eri tulimuodoilla ampumasuuntaan 15-00.

Havainnot ampumasuunnaan vaikutuksesta tulen tehoon osoittautuikin tällä ohjelmalla pyöreine hajontoineen vaikeaksi saada. Orkanilla laskivat henkilöstötappiot sekä panssariajoneuvoille tuotetut tappiot kaikilla muilla tulimuodoilla paitsi yhden heittimen puolisarjalla. Smerchin tuottamat tappiot olivat henkilöstön osalta hyvinkin samoissa, mutta panssaroiduille kohteille aiheutetut tappiot kasvoivat patterin sarjaa lukuunottamatta muilla tulimuodoilla. MLRS-kalustolla tappiot olivat lähes samoissa paitsi jaoksen sarjalla oli 15 prosenttiyksikön nousu panssarimaalien tuhoutumisen osalta. Koska tulokset olivat kaikenkaikkiaan hyvin samansuuntaiset ei tästä kokeesta ole todistamaan ampumasuunnan vaikutusta tulen tehoon.

Orkanin ilmoitetaan purkavan yhden raketin tytärammukset hyvissä olosuhteissa 180 kertaa 165 metriselle, ampumasuuntaan pidemmän, ellipsin alueelle. MLRS:llä

saman ellipsin mitoituksi ilmoitetaan 200 kertaa 100 metriä. [7] Tällöin ammuttaessa suoraan sivulta molemmilla aseilla hajontakuvio peittää koko maalimallin 3 alueen. Suoraan edestä reunimmaisat maalit jäävät kuvion ulkopuolelle ja syvyys suunnassa tytäkranaatit leviävät hieman patterin alueen ulkopuolelle. Näin ollen voidaan todeta ampumasuunnan vaikuttavan tytärammusten leviämiseen ja sitä kautta tulen tehoon.

### 5.1.2 Ampumaetäisyyden sekä hajonnan vaikutus

Tuliaseman paikan valinnalla voidaan vaikuttaa myös aseiden hajontaan. Tässä tutkimuksessa simulontia varten aseille saatiin seuraavat hajonnat.

- Orkan 0,44 prosenttia ampumaetäisyydestä
- Smerch 0,25 % etäisyydestä
- MLRS etäisyydestä riippumatta 200 metriä  
(CORECT-järjestelmä)

MLRS-järjestelmälle annettu hajonta lienee muuttuvan myös suhteessa ampumaetäisyyteen, mutta CORECT-ohjauksen ollessa kehitysasteella tarkempia tietoja ei lähteistä ole löytynyt. [31]

Käytettäessä tavallisia kuorma-ammuksia hajonnalla ei ole niin suurta vaikutusta tulen tehoon. Näin on, koska tytäkranaatit purkautuessaan kattavat joka tapauksessa suuremman alueen. Tämä voidaan myös päätellä simuloinnilla saaduista tuloksista. Niissä hajonnan kasvun vaikutusta kasvavan ampumaetäisyyden myötä ei Smerch- tai Orkan-kalustoilla ole havaittavissa. Smerch-raketinheittimellä on muunmuassa tuotetut tappiot suuremmat maalimallia 3 vastaan kuin tappiot maalimalli1 vastaan, vaikka hajonta on lähes kaksinkertainen. Kaikilla kalustoilla jokaista maalia vastaan tuotetut tappiot pysyvät kullakin tulimuodolla samansuuruisina. MLRS-raketinheittimellä tulokset ovat keskenään myös samankaltaiset, mutta etenkin henkilöstöä vastaan tuotetuissa tappioissa MLRS suuri hajonta aiheuttanee osiltaan selkeän eron muihin aseisiin. Tosin eroa osiltaan on perusteltavissa myös tehottomammalla tytäkranaatilla.

Kuten jo aiemmin on tutkimuksessa todettu yksi syy Smerchin alempiin tappioprosentteihin pienemmillä etäisyyksillä voi olla aseiden "liiallinen" tarkkuus. Raketin hajontakuvio yhdistettynä tytäkranaattien hajontaan ei riitä kattamaan välttämättä koko laajan aluemaalin aluetta. Kun taas MLRS:n raketin suhteessa suuri

hajonta levittäisi tytärammuksia myös aiotun maalialueen ulkopuolelle kun ammuttiin suuremmille ampumaetäisyyksille.

Yksittäisiä sirpale- tai muita taistelukärkiä käytettäessä hajonnalla on toki vaikutusta tulen tehoon. Tulevaisuudessa älykkäitä kuorma-ammuksia käytettäessä liian iso hajonta johtaisi siihen, että tytäkranaatti ei pääse riittävän lähelle maalia, jotta sen hakupää voisi lukittua kohteeseen. Venäläisen Smerchin panssarintorjuntaraketin 9M55K1 tytärammukset keilaavat maastoa 30 asteen laajuudella. [7] Jos tytäkranaatti irtoaisi raketista 500 metrin korkeudessa olisi maastossa keilan leveys noin 270 metriä. Toisin sanoen tytärammus hakee maaliaan säteeltään noin 135 metrisen ympyrän sisältä. Kun kaikki raketin viisi tytärammusta hakevat maaleja alueelta noin 500 kertaa 500 metriseltä alueelta, on raketti itsessään toimitettava melko oikeaan paikkaan. Tällöin ampumaetäisyydellä, ja sitä myötä hajonnalla, on väliä.

Tämän tutkimuksen simuloinnissa käytetty tilanne vastanee melko hyvin nykyajan taistelukentän etäisyyksiä. Tukevat tuliyksiköt sekä johto-osat tullaan ryhmittämään etupainoisesti. Näin ollen voidaan päätellä, että kantama kyseisillä raketinheitinmalleilla riittää hyvin muun muassa vastatykistötoimintaan ja vastavalmisteluihin. Smerchin 90, Orkanin 50 ja MLRS:n 45 kilometrin kantama riittänee raskaalle raketinheittimistölle suunniteltuihin tulitehtäviin hyvin.

## 5.2 Tulenjohto- ja tiedustelutoiminta

Tässä luvussa käsiteltävät maalitiedon tuottaminen ja tulenjohton järjestelyt eivät suoranaisesti vaikuta raketinheittimistön tulen tehoon, mutta nämä toiminnot vaikuttavat raketinheittimistön käyttöön ylipäättään. Ollakseen tehokas ja käyttökelpoinen asejärjestelmä raskas raketinheittimistö tarvitsee maalitietoa koko kantamansa puitteissa.

Tehokkaassa käytössä raskas raketinheittimistö tarvitsee, kuten kaikki kaukovaikutteiset aseet, maalitietoa koko kantamansa puitteissa. Tässä tutkimuksessa mainituilla raketinheittimillä se tarkoittaa matkaa noin 20 - 80 kilometrin verran vihollisen selustaan. Tiedustelu- ja maalinosoitusjärjestelmä olisi luotava kattamaan ainakin tämän ylimalkaisen etäisyyden. Tämä järjestelmä on suuri kokonaisuus, koska vaaditaan niin muunmuassa viesti-, sensori-, johtamis- ja

maalinsoitusjärjestelmien yhteensovittamista. Varsinkin etäisyyksien kasvaessa tällainen järjestelmä on herkkä häirinnälle ja tuhoutumiselle. Toisaalta hyötynä olisi myös tiedustelutieto ja tilannekuva muidenkin yksiköiden ja yhtymien käyttöön.

Kalustollisesti voidaan hyödyntää esimerkiksi Ranger -tiedustelulennokkijärjestelmää maalitiedon ja havaintojen tuottamiseen. Voidaan käyttää myös esimerkiksi maastovalvonta- tai vastatykistötutkaa kaukovaikutteisen asevaikutuksen tulenjohtoon. Yksinkertaisimmillaan kuitenkin tähytys on järjestettävissä miesvoimin. Valmiusprikaatin kokoonpanossa olevan tiedustelukomppanian neljä tiedusteluryhmää ovat kykeneviä tulitehtävien toteuttamiseen 30 - 40 kilometrin etäisyydelle vihollisen selustaan. [17]

Oman haasteensa tuo mahdollisesti maaliin ohjauksen vaativat ampumatarvikkeet, joita on kehitteillä tai jo käytössä raketinheittimistön lisäksi myös muille asejärjestelmille. Tällainen ohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi valaisemalla haluttu kohde laserilla. Tällöin on järjestettävä valvonta- ja tulenjohto aivan kohteelle asti.

### 5.3 Aseen ja ampumatarvikkeen vaikutus tulen tehoon

#### 5.3.1 Rakettien määrän vaikutus

Maaliin ammuttujen rakettien määrällä on tottakai suuri merkitys tulen tehoon. Jos tarkastellaan simulaatioista ammuntaa moottoroitua jalkaväkikomppaniaa vastaan, saadaan yhden heittimen puolisarjalla henkilöstölle keskimäärin 53 prosentin tappiot. Jo heittimen sarjalla sama luku on 75 prosenttia. Pelkästään esimerkiksi Smerchillä tuotetut tappiot kasvavat sarjalla yhden neljänneksen, noin 16 taistelijaa verrattuna heittimen puolisarjaan. Smerchillä puolisarjassa on 6 kuormarakettia ja 384 tytärkранаattia ja sarjassa siis 12 rakettia ja 768 tytärammusta. Eli kaksinkertaisella ampumatarvikemäärällä saadaan tuotettua hieman yli puolitoistakertaiset tappiot. Lähes sama suhde pätee panssaroiduille maaleille tuotetuihin tappioihin.

Lopulta käytettävien ampumatarvikkeiden määrän määrittää se vaikutus, jonka käyttäjä maaliin haluaa. Vain henkilöstötappioita tarkasteltaessa tuotetaan maalimallia 1 vastaan Orkanilla jo heittimen puolisarjalla ja Smerchillä sekä MLRS:llä heittimen sarjalla tuhoamiseen riittävät tappioprosentit. Rakettimäärinä tämä on siis Orkanilla kuutta ja Smerchillä sekä MLRS:llä 12 rakettia. Joka kalustolla päästään

simuloinnissa melkein täydellisiin tappioihin ampumalla jokaisella patterin heittimellä sarja. Tämä tarkoittaa 48 rakettia patteria kohden. Jo kustannussyistä ei siis liene järkevää tulittaa yhtä kohdetta patterin sarjalla jos jo neljäsosalla ampumatarvikkeista tuotetaan tuhoamiseen riittävät tappiot.

Koska simuloinneissa pienimpänä tulimuotona oli heittimen puolisarja, on syytä tarkastella millaisiin tappioihin päästään sitä pienemmällä rakettimäärillä. Seuraavaksi ammuttiinkin maalimallia 3, panssarihaupitsipatteria, yhdellä, kahdella sekä neljällä raketilla. Tulokset näistä laskuista ovat taulukossa 20.

Yhdellä, kahdella ja neljällä raketilla tuotetut tappiot maalimallille 3			
Tuotetut tappiot	pehmeät %	puolikovat %	kaikki %
Orkan			
1 raketti	14,7	1	12,4
2 raketia	28,8	2,8	24,6
4 raketia	49,3	5	42
Smerch			
1 raketti	4,9	3,2	4,6
2 raketia	9,7	7,1	9,3
4 raketia	20,8	17,9	20,3
MLRS			
1 raketti	5,6	1,4	4,9
2 raketia	10,6	4,3	9,6
4 raketia	19,7	13	18,6

Taulukko 20: Maalimallille 3 yhdellä, kahdella sekä neljällä raketilla tuotetut tappiot

Näilläkin laukausmäärillä Orkan on tehokkain henkilöstöä vastaan. Eroa neljällä ja kuudella raketilla tuotetuissa tappioissa on noin 20 prosenttiyksikköä raketinehittimen sarjan eduksi. Tämä tarkoittaa noin 7 pehmeää kohdetta enemmän. Muilla kalustoilla erot ovat myös samansuuruisia. Pientä epätarkkuutta on havaittavissa, mutta se on perusteltavissa pienen rakettimäärän suurilla vaihteluilla toistokertojen välillä. Esimerkkinä tästä Orkanilla neljällä raketilla pienimmät tappiot olivat 10 pehmeää kohdetta suurimpien ollessa 24 kohdetta.

Kun tarkastellaan kokonaistappioita päästään Orkanilla kahdella raketilla sekä Smerchillä neljällä raketilla lamauttamiseen riittäviin tappiolukuihin. MLRS-kalustolla jäädään neljällä raketilla 20 prosentin tappioista vain 1,5 prosenttiyksikköä. Näin ollen päästään määritelmän mukaisesti tekemään vihollinen kyseisen taisteluvaiheen ajaksi taistelukyvyttömäksi jo yhden heittimen neljällä raketilla. Säästöä heittimen puolisarjaan syntyy 2 rakettia ja sarjaan 8 rakettia. Näin ollen, karkeasti yleistäen, yhden raskaan raketinheittimen sarja riittäisi kolme eri maalin lamauttamiseen.

### 5.3.2 Tytärammusten tehon vaikutus

Tarkasteltaessa yksittäisen tytärammuksen tehoa aikaisempien simulointien perusteella on Orkanin tytäkranaatti vaikutussäteensä takia tehokkain pehmeitä kohteita ja Smerchin tytärammus tehokkain panssaroituja kohteita vastaan. Tämä johtuu siitä, että se ei tarvitse suoraa osumaa ajoneuvoon vaan osuma alle 2,4 metrin etäisyydelle kohteesta riittää tuhoamiseen.

MLRS:n M77-tytäkranaatti on henkilöstöä vastaan yksittäisenä tehottomin, mutta niitä on yhdessä raketissa määrältään eniten. Panssaroituja kohteita vastaan niin M77 kuin Orkanin M87 vaativat suoran osuman kohteeseen. Täten edelleen vain määränsä takia on MLRS Orkania tehokkaampi panssaroituja maaleja vastaan.

Simulointien perusteella on havaittavissa se, ettei määrä korvanne täysin laatua. MLRS pärjää vertailussa Smerchille vain maalimallia 1 vastaan, jolloin se on tehokkain ampumatarvike panssaroituja kohteita vastaan. Muita maalimalleja vastaan MLRS jää muille henkilöstötappioissa ja Smerchille panssaroituja ajoneuvoja vastaan. Osin tämä selittyy myös edellä mainitulla suuremmalla hajonnalla.

Tytärkranaattien lukumäärä sekä teho ja raketin kantama ja ohjattavuus ovat kaikki osin riippuvaisia toisistaan. Tehokas tytäkranaatti on suurempi kooltaan ja kun niitä on lukumäärältään paljon, on tällöin tingittävä raketin polttoainekuormasta tai sen ohjausosien tilasta. Toisaalta pitkä kantama ja hyvä raketin sekä tytärammusten osuvuus ei välttämättä riitä, kun ampumatarvike on tehoton maalialueen kohteita vastaan.

## 5.4 Simulointi tulen tehon laskennassa

Simulointeja tehdessä on myös syytä tarkastella mahdollisia virheitä ja epätarkkuuksia laskennassa tai sen perusteissa. Nämä asiat tiedostettuaan tutkija pystynee tekemään havainoja tulosten oikeellisuudesta sekä laskennan toistettavuudesta.

### 5.4.1 Sään vaikutus

Ensimmäisenä on huomioitava, että laskennassa on mahdoton huomioida tarkasti kulloinkin vallitsevia olosuhteita. Sään vaikutus on yksi näistä. Vasta koeammunnoissa ja kentällä selviäisi todellinen tulen teho. Muutamia tuloksiin vaikuttavia sään ominaisuuksia ovat muunmuassa tuuliolot, lämpötila sekä näkyvyys.

Tuulella on suuri vaikutus niin laukaistaessa rakettia, sen ollessa lentoradallaan kuin tytärammusten irrotessa raketista. Laukaistaessa rakettia on otettava huomioon vallitseva pintatuuli. Esimerkiksi voimakas takatuuli tuliasemissa painaa raketin kärkeä alaspäin sen tultua ulos putkista ennen matkamoottorin syttymistä. Näin ollen raketin lähtösuunta muuttuu jo ennen oikealle lentoradalle siirtymistä. [10] Lentoradallaan rakettiin vaikuttavat ilman virtaukset huomioidaan kuten tavallisella aktiokykistölläkin. [10] Tutkijalla ei tosin ole täyttä varmuutta tuleeko pintatuuli huomioida myös ohjautuvan ampumatarvikkeen osalta.

Maalialueella vallitsevat tuuliolot vaikuttavat taasen tytärkранаattien siirtymiseen tuulen mukana. Tämä vaikutus koskee lähinnä kuorma-ammustyypppejä, jotka laskeutuvat laskuvarjon varassa. Näillä tuulen vaikutus on suurin, mutta toki tuuli siirtää myös muunlaisia laskeutuvia tytärammuksia.

Lämpötilaerot voivat aiheuttaa tiettyä epätarkkuutta raketin lentoon ruudin läpötilan kautta. Lämmin ruuti palaa nopeammin kuin kylmä ja tämä aiheuttaa pituushajontaa raketien välillä. Tytärammusten toimintaan lämpötilalla ei mainittavaa vaikutusta sen sijaan ole. Raketiruudin lämpötilan vaikutukset huomioidaan raketille ampuma-arvoja laskettaessa.

Sumu sekä pilvisuus vaikuttavat mahdollisesti erilaisten hakupäiden toimintaan. Mahdollisesti tiedonsiirto ohjattavasta raketista maahan tai tytärammusten hakupään

toiminta voivat häiriintyä. Jos näin kävisi olisi näillä olosuhteilla jonkinlainen vaikutus tulen vaikutukseen maalialueella.

Näitä edellä mainittuja sään vaikutuksia ei sinänsä esiinny tämän tutkielman simulaatioissa, koska kaikki raketit ovat ohjattavissa lentoradallaan. Tämän lisäksi ammunnanhallintajärjestelmät ottavat sääolot huomioon määrittäessään ampuma-arvoja raketeille. Näin ollen tutkimuksessa eivät sääolot aiheuttaisi kuin sangen pientä epätarkkuutta tuloksissa.

#### 5.4.2 Maaston ja suojautumisen vaikutus

Laskentaohjelmilla on myös vaikeaa ottaa huomioon maastoon liittyviä epätarkkuustekijöitä. Näitä ovat muunmuassa puusto ja maanpinnan epätasaisuudet. Kyseiset asiat vaikuttavat tytärammusten vaikutukseen maalissa. Tytärkraatin vaikutus on erilainen jos se räjähtää maanpinnan sijasta 10 metrin korkeudessa puun oksistossa. Pehmeitä maaleja vastaan tytärammuksen teho säilynee jonkinlaisena, mutta panssarituihin kohteisiin ammus ei näin toimiessaan vaikuta. Samaten tytärammuksen teho pienenee tai se voi jäädä jopa olemattomaksi räjähtäessään, esimerkiksi ojassa, maanpinnan korkeuseroista jotuen.

Myös suojautumisen vaikutusta on vaikea mallintaa simulointiohjelmilla. Laskettaessa yhden raketin tuottamia tappioita suojautumisen vaikutusta ei juurikaan näy, koska tulivaikutus tulee alueelle yllättäen nopeassa ajassa. Sen sijaan tutkittaessa isompien tulimuotojen aiheuttamaa vaikutusta on huomioitava, että ensimmäisten iskemien jälkeen kaikki taistelijat pyrkivät suojautumaan joko vartavasten tehtyihin poteroihin tai vain luonnon tarjoamaan suojaan. Vielä maahan heittäytyneeseen jalkaväkitaistelijaan on jonkinlainen vaikutus mahdollista, mutta sirpalesuojalla katettuun poteroon suojautunut taistelija on lähes täysin tytärammusten ulottumattomissa.

Suojautumiseen laskettaneen myös kalustolle sekä ajoneuvoille kaivetut suojatilat sekä niiden naamiointiin ja suojaamiseen käytetyt esimerkiksi luonnonmateriaalit, kuten oksat, puut tai vastaavat. Näillä on vaikutusta niin sirpaleita kuin myös ylhäältä vaikuttavia ontelohanoksia vastaan.



Muunmuassa näiden edellämainittujen seikkojen huomioimiseksi on kunkin tytärämmuksen vaikutussäteestä vähennetty noin 10 prosenttia alkuperäisestä. Tosin ontelohanosten tehoa ei ole vähennetty.

#### 5.4.3 Laskentaohjelman vaikutus tuloksiin

Kuten monesti edellä todettua epätarkkuutta aiheuttaa tässä tapauksessa tytärämmusten ympyrähajonta. Kuitenkin tämä hajontakuvio on laskettu lähes samansuuruisiksi kuin ellipsin muotoiset alkuperäishajonnat. Lisäksi, koska tytärämmusten leviämiseen vaikuttavat vallitsevat olosuhteet sekä raketin asento irtautumishetkellä, voidaan pitää tutkielmassa käytettyjä hajontoja onnistuneina arvauksina.

Toinen epätarkkuustekijä on oletamus, että henkilöstö ja radioasemat ovat pistemäisiä eivätkä tiettyjä pinta-aloja. Kärnä on käyttänyt tutkimuksessaan ohjelmaa, jossa maaliakioilla on tietyt ympyrän säteet ja täten osuma säteestä lasketun pinta-alan sisään (panssaroitu kohde) tai vaikutussäteen päähän siitä (pehmeät maalit) tuhoaa kohteen. [11]

Näin ollen tässä tutkimuksessa käytetty menetelmä tekee pehmeän maalin tohoamisesta hieman liian helppoa, mutta myös tämän huomioimiseksi on tytärämmusten vaikutussäteitä lyhennetty. Toisaalta taas ajoneuvoja sekä panssaroituja kohteita vastaan tutkijan mielestä tässä tutkielmassa käytetty ajoneuvon kokoinen, ja Smerchillä 2,6 metriä suuntaansa suurempi, laatikko, jonka sisään osuman on tultava on laskennassa tarkempi kuin ympyränmuotoinen kuvio, josta osuma vaikutussäteen päähän riittää.

#### 5.5 Muita tapoja vaikuttaa tulen tehoon

Maalin keskipisteen valinnalla voidaan vaikuttaa mitä maalin osia vastaan tulella vaikutetaan. Keskipisteen valinnalla saadaan myös hajontakuvio sirrettyä parhaiten peittämään maalin aluetta.

Kärnä on tutkimuksessaan laskenut maalin keskipisteen vaikutusta tulen tehoon. Hänen esimerkissään maalimalli on pitkälti sama kuin tämän tutkimuksen maalimalli

3. Tätä hän on ampunut kahdella eri kuorma-ammuksella 30 kilometrin etäisyydelle.

Kolme eri keskipistettä olivat seuraavasti:

- tykkirintaman keskellä samalla tasalla
- tykkirintaman keskellä noin 30 metriä linjasta komentopaikkaa kohti
- komentopaikka, joka oli leveys suunnassa keskellä ryhmitystä noin 70 metriä tykkien takana.
- maalikulma nolla astetta. [11]

Tulitettuaan näitä maaleja huomattiin maalin keskipisteen valinnalla olevan vaikutusta. Tulen teho kasvoi hieman keskipisteeseen 2 ammuttaessa 1 ja 3 pysyessä samalla tasolla. [11]

Tämä ero tulen tehossa johtuu tytärammusten tasaisemmasta levittämisestä maalin alueelle. Ammuttaessa lähelle maalin ulkorajoja leveys- tai syvyys suunnassa tytärkraanatteja leviää myös maalin alueen ulkopuolelle. Juuri tästä johtuen tässä tutkimuksessa on käytetty kaikkien maalien keskipisteenä varsinaisen ryhmityksen keskustaa suurimman mahdollisen tulen tehon määrittämiseksi.

#### 5.6 Raskaan raketinheittimistön tulen tehon vertailu

Tähän lukuun eri lähteistä kerätyt tappioprosentit esitetään tässä tutkimuksessa saatujen tulosten rinnalla kahdesta syystä. Ensiksi siksi, että kyetään vertailemaan raketinheittimistön tulen tehoa eri asejärjestelmien sekä esimerkiksi aktiivisen tulen välillä. Toisena tekijänä on tutkimuksen simulointien oikeellisuuden todistaminen. Kaikki tulokset ovat todennäköisesti laskettu eri sovelluksilla ja eri parametrejä käyttäen. Jos kyseiset tiedot ovat saatavilla olleet, on ne tässä tulosten yhteydessä esitetty. Myös tästä syystä tulokset eivät täysin ole vertailukelpoisia, mutta varmasti oikean kuvan eri aseiden tai asejärjestelmien eroista ne antavat.

Kadetti Paavo Kärnän tutkielmassa on käytetty maalimalli 3 kanssa yhtenevää maalimalli panssarihaupitsipatterista. Tätä Kärnä on ampunut muunmuassa seuraavin perustein:

- maalin keskipiste tykkirintaman keskeltä 30 metriä komentopaikan suuntaan
- ampumaetäisyys 30 kilometriä

- raketin vaikutusosana 60 9N235-tytärämmusta
- maalikulma nolla astetta.

Näillä perusteilla on saavutettu yhdellä raketilla 11, heittimen puolisarjalla 41, heittimen sarjalla 43 ja jaoksen sarjalla 56 prosenttia kokonaistappiot. Tässä tutkimuksessa luvuissa kolme ja neljä esitetyin parametrein vastaavat tulokset ovat 5, 36, 57 ja 81 prosenttia. Eroavina arvoina amunnassa ovat muunmuassa erilainen raketti, hajonta sekä ampumaetäisyys. [11]

Tulen tehoon katsottuna raskas raketinheittimistö on tehokas ase. Esimerkiksi molemmilla simuloinneilla on vihollinen lamautettu yhden heittimen puolisarjalla. Eli näiden tulosten perusteella yhden heittimen sarjalla, 12 raketilla, on lamautettavissa kaksi eri kohdetta. Jos saadaan paikallistettua esimerkiksi koko panssarihaupitsipatteristo, saadaan se kokonaan lamautettua näihin tuloksiin vedoten, kun patterin kaikki raketinheittimet ampuisivat eri maaleja, kolmea tulipatteria ja patteriston komentopaikkaa.

Vertailun kannalta tuloksia katsottaessa on samankaltaisuutta havaittavissa. Etenkin heittimen puolisarjalla tuotetut tappiot ovat lähekkäin. Vain jaoksen sarjalla tappioissa on epätavallisen suuri ero, 25 prosenttiyksikköä. Samaten hieman ihmetyttää tappioiden kehitys heittimen puolisarjan ja sarjan välillä. Kärnäällä kasvua on 2 prosenttiyksikköä ja tässä tutkielmassa 21 prosenttiyksikköä. Tälle asialle tutkija ei selitystä löydä. Muuten tulokset tuntuvat vertailukelpoisilta laskentatapojen ja -arvojen erot huomioiden.

Kenttätykistön taisteluohjesäännössä esitetään tykistön ja kranaatinheittimistön tulen tehon lukuarvoja erityyppisiin maaleihin. Laskujen perusteissa:

- iskemäkeskeispiste yhtyy maalin keskipisteeseen
- 50 % iskemistä on rp:n alueelle maalin keskipisteestä
- iskemät ovat jakautuneet tasaisesti maalialueelle
- aluemaali. [8]

Maaleista tai laskennan muista perusteista tietoa ei ole. Tulosten mukaan 16 kilometrin ampumaetäisyydelle tarvitaan kolme (herätesyöttimin 2) 18-tykkisen patteriston iskua sirpalekranaatein lamauttamaan ryhmittynyt tulipatteri tai kranaatinheitinyksikkö. Laukausmääränä tämä tarkoittaa esimerkiksi 155K98

-kanuunakalustolla 324 (216) kranaattia. 24 kilometrin ampumaetäisyydelle tarvitaan jo viisi (3) iskua. [8]

Näihin lukemiin verrattuna raskaan raketinheittimistön tulen teho olisi huomattavasti parempi. Raketinheittimen puolisarjalla kyetään lamauttamaan sama vihollinen. Jos lasketaan, että raketinheitinpatterin tuliannos olisi yksi patterin sarja, joita tuliasemissa on kaksi (aseissa ja yksi latausajoneuvoissa) riittäisi patterin ampumatarvikkeet 16 eri kohteen lamauttamiseen. Jos patteristossa olisi tuliasema-alueellaan yhteensä neljä tuliannosta, niillä kyetään lamauttamaan 16 kilometriin noin 13 kohdetta kolmen iskun ollessa kunkin 0,3 tuliannosta.

Tunkkari on tutkielmassaan laskenut tulen teho muunmuassa maalimalliin 2, divisioonan komentopaikan ryhmitykseen, 155K98-patteriston kuorma-ammuksin.

Laskujen perusteet ovat seuraavat:

- patteriston hajonta kuorma-ammuksilla 4 % pituussuuntaan ja 2 % sivusuuntaan
- tuli osuu maalin keskipisteeseen
- kuorma-ammuksessa on 50 kaksitoimista sirotetta
- ampumaetäisyys 10 kilometriä
- tuliyksikön kerta oli 12 kuorma-ammusta
- maalialueen pinnanmuotoja ei huomioitu. [20]

Tutkielmassaan Tunkkari on laskenut komentopaikalle näillä perustein tuotetuiksi kokonaistappioiksi 51 prosenttia tuliyksikön kerralla. [20] Tässä tutkielmassa maalimallille saavutetut kokonaistappiot olivat heittimen puolisarjalla Orkanilla 65, Smerchillä 40 ja MLRS:llä 33 prosenttia. Heittimen sarjalla samat luvut olivat 85, 68 ja 80 prosenttia. [20]

Ensiksi havaintona on, että kuorma-ammuksin voidaan kasvattaa aktiivisen tulen tehoa perinteiseen sirpalekranaattiin verrattuna. Toiseksi ainakin 10 kilometrin etäisyydellä tulen teho on aivan raketinheittimistön tasolla. 12 155-millisen kuorma-ammuksen tulen teho vastaa ja on osin suurempikin kuin tulen teho raketinheittimen puolisarjalla. Kuitenkin raskaan raketinheittimistön eduksi voidaan laskea pidempi kantama, joka mahdollistaa tämän suuruisen tappioiden tuottamisen ainakin 40 - 60 kilometrin päähän.

Tämä ei kuitenkaan poista aktiivisen merkitystä epäsuoran tulen käytössä. Se on korvaamaton lyhyemmille etäisyyksille tarkkuutensa ja rajatun tehonsa johdosta. Raskaalla raketinheittimistöllä on helpompi vaikuttaa isoihin maaleihin ja ennenkaikkea sinne, mihin muilla asejärjestelmillä ei yllätä. Sen lisäksi raketinheittimistö sekä sen kuorma-ammusten ongelma on lähelle ammuttaessa suuri hajonta ja muunmuassa räjähtämättömät tytäkranaatit voivat olla ongelma jatkotoimia ajatellen.

## 6 YHTEENVETO

Tämän ajan taistelun kuvaan kuuluvat muunmuassa suuri liikkuvuus, kauaskantoinen ja tehokas tulenkäyttö sekä aloitteen merkitys taistelussa. Kaikkiin näihin pystytään vastaamaan raketinheittimistöllä. Ollaan siirtymässä myös entistä enemmän täsmäaseiden sekä ohjautuvien ammusten käyttöön. Tulevaisuudessa ja jo nytkin raskaan raketinheittimistön eri ampumatarvikkeilla voidaan vastata myös näihin vaatimuksiin. Tähän lukuun tutkija on koonnut simuloinnin sekä pohdinnan perusteella tehtyjä havaintoja sivulla kaksi asetettuihin tutkimuskysymyksiin viitaten. Lisäksi käsitellään myös saatuja havaintoja simuloinnista tutkimusmenetelmänä.

Tutkimuksessa maalimalleina käytettiin erilaisia kohteita, jotka sijoittuvat eri etäisyyksille ja pitävät sisällään eri määriä erilaisia maalialkioita. Näistä maaleista kaikkia vastaan raskaan raketinheittimistön osoittautui tehokkaaksi. Tutkimuksen perusteella raketinheittimistön kuorma-ammukset ovat tehokkaita niin panssaroituja kuin panssaroimattomia ajoneuvoja sekä henkilöstöä vastaan. Tämän lisäksi varsinkin kuorma-ammuksia käytettäessä raketinheittimistö on varsin aluevaikutteinen ase, joka ei tutkimuksen tulosten perusteella sovellu pistemaalien tulittamiseen. Tähän tarkoitukseen käytettävissä ovat mahdollisesti ohjautuvat yksittäiset sirpaleraketit tai mahdollisesti ATACMS-tyyppiset tykistöohjukset.

Yhteenvetona voisi todeta raketinheittimistön kuorma-ammuksien soveltuvan parhaiten tuliyksikön tai komentopaikan tyyppisiä maaleja vastaan, jotka ovat laajoja kooltaan, sisältävät niin henkilöstöä kuin kevyesti panssaroitua kalustoa ja ajoneuvoja. Aivan välittömään taistelun tukemiseen kuorma-ammuksien raketinheittimistö ei ehkä sovellu tytärammusten suuren hajonnan sekä mahdollisten räjähtämättömien tytäkranaattien takia.

Eri maaleille eri etäisyyksillä voidaan pääsääntöisesti tuottaa yhden heittimen puolisarjalla lamauttamiseen riittävät kokonaistappiot. Näin ollen tulevaisuudessa tultaneen mahdollisesti tulittamaan yhdellä raketinheittimellä yhtä maalia. Tämä mahdollistaisi tuliyksikön hajauttamisen sekä muun muassa keventäisi ampumatarviketaydennyksiä huomattavasti. Kun vain yksi heitin ampuisi yhteen tulitehtävään, vapauttaisi se patterin muut, esimerkiksi kolme, heittimet muita tulitehtäviä varten käytettäviksi. Vaikuttamiseksi esimerkiksi häirinnällä ei tutkijan mielestä ole hyödyllistä käyttää kaikkia heittämiä rakettien ampumiseen, vaan sen sijasta kannattaisi ampua edellä mainituista syistä yhdellä heittimellä esimerkiksi neljä rakettia.

Tulen tehon edelleenkehittämiseksi tullaan kehittämään ampumatarvikkeen lisäksi myös aseiden ominaisuuksia. Aseiden alustojen sekä niiden varusteiden, esimerkiksi suoja, aseistus ja paikantamislaitteet, ominaisuudet ovat kehittyneet niin, että raskaan raketinheittimistön taistelukyky ja liikkuvuus ovat aivan iskevän portaan joukkojen tasolla. Yksi kehityskohde on ladattavan rakettkasetin käyttö, joka mahdollistaa esimerkiksi taktisten ohjusten laukaisun samalta alustalta sekä nopeamman latausajan. Paikantamislaittein on mahdollistettu aseiden kyky toimia itsenäisesti, oman tuliyksikön omaisesti. Näin on parannettu aseiden käytettävyyttä. Tätä kasvatetaan myös parannettujen, osin automaattistenkin, ammunnanhallintalaitteiden kehittämällä. Parannetulla ammunnanhallinnalla nopeutetaan tuliasematoimintaa sekä parannetaan tulen osuvuutta, ja näin ollen parannetaan myös tulen vaikutusta maalissa.

Rakettien hajontaan pyritään vaikuttamaan erilaisin lentoradan korjausmenetelmin kuten kaikilla simuloinissa olleilla aseilla jo on tehty. Nykyään ohjaus toteutetaan lähinnä gps-ohjauksella, jota inertiaohjaus tukee varmentavasti. Hajonnan pienentyessä saadaan paras mahdollinen teho tytärammuksista. Lisäksi tarkasti maaliin saatettu kuormaraketti mahdollistaa hakeutuvien tytärammusten käytön.

Raskaan raketinheittimistön osalta tultaneen kehittämään kuorma-ammuksia entistäkin tehokkaammiksi. Tämä tarkoittaa erilaisin tavoin, esimerkiksi infrapuna-alueen hakupään avulla, hakeutuvia tytärammuksia. Tällöin voidaan vähentää tytärammusten määrää kun niiden tulen teho on entiskin korkeampi. Näin olisi varsinkin panssaroituja kohteita vastaan. Toisaalta voidaan pyrkiä tytärammuksia parantamalla, ja sitä myöten vähentämällä, myös pidempään

kantamaan. Tulevaisuudessa kehitys saattaisi jopa johtaa tilanteen mukaan räätälöitäviin raketteihin, jotka voitaisiin varustaan esimerkiksi kunkin tulikomennon mukaan. Tilanne saattaa johtaa myös siihen, että tulenjohtajan ilmoittaman maalin tyyppin mukaan, raketinheitinyksikkö päättäisi itse mitä rakettia ja kuinka paljon se maaliin ampuisi. Mahdollista olisi myös tulitehtävän toteuttaminen siten, että esimerkiksi yksi jaos ampuu tavallisia kaksitehoisia tytärammuksia ja toinen jaos hakeutuvia panssarintorjunta tytärkranaatteja.

Tämän tutkimuksen havaintojen perusteella tehokkaimmaksi ampumatarvikkeeksi osoittautui Orkan M87-raketti. Se oli tehokkain kuorma-ammus henkilöstöä vastaan kaikissa maalimalleissa. Panssaroituja kohteita vastaan Smerch ja MLRS olivat Orkania parempia johtuen Smerchin tehokkaammasta tytärammuksesta ja MLRS:n suuremmasta tytärkranattimäärästä. Syy, miksi tutkija kuitenkin pitää Orkanin rakettia tehokkaimpana on siinä, että henkilöstön tappioilla on suurempi vaikutus joukon taisteluun kuin kalustotappioilla. Poikkeuksen tästä tekee tosin maalina ollut panssarihaupitsipatteri. Voidaan kuitenkin todeta, että simuloinnin perusteella kaikki laskennan ampumatarvikkeet ovat tehokkaita niin henkilöstöä kuin kalustoa ja panssaroituja kohteita vastaan.

Laskennassa oli mukana osin toisistaan eroavia kuorma-ammuksia. Smerchin tehokkaan, mutta määrältään pienten tytärammusten teho osoittautui olevan melko sama kuin MLRS:n pienempitehoisten, mutta useampien tytärammusten. Tämän tutkimuksen perusteella on vaikea sanoa kumpaan suuntaan kuorma-ammuksia tulisi kehittää. Kyse on kompromissista tytärammusten määrän, tehon, raketin kantaman ja sen ohjausosien välillä. Jatkotutkimuksella olisikin syytä selvittää mitä ominaisuutta tulisi painottaa tulevaisuuden muuttuvaan sodankäyntiin liittyen. Tämän hetken taistelunkuvaan ja tutkimuksen maalimalleja vastaan nykyiset kuorma-ammukset ovat sekä riittävän tehokkaita, että kantamansa puolesta käytettävissä.

Ampumatarvikkeiden kehitys saattaa johtaa myös yksittäisten, mutta sitävastoin suurten taistelulatauksien käyttöön. Raketin ohjattavuuden ansiosta saadaan näin tehokkaita raketteja esimerkiksi rakennuksia tai muita hyvin rajattuja kohteita vastaan. Näissä tapauksissa kuorma-ammusten käyttö olisi hankalaa suuren tulen leviämisen takia. Myös mahdollisten erikoislatausten käyttö ja kehitystyö jatkunee. Aerosolilataukset sekä erilaiset raketinheitinpatterin omat tiedusteluvälineet, kuten

Smerchin lennokki, lisäävät raketinheittimistön vaikutusmahdollisuuksia. Ampumatarvikkeiden osalta kehityskohteena ovat vielä tytäkranaattien toimintavarmuus sekä itsetuholaitteet jo mainittujen ohjautuvuuden ja älykkyyden lisäksi.

Raketinheitinpatterin tuliasemien valinnalla on mahdollista vaikuttaa yksikön tulen tehoon ja sen säilymiseen taistelukykyisenä. Ryhmittämällä tulyyksikkö mahdollisimman lähelle maaleja saadaan ampumaetäisyydet pienemmiksi ja täten hajontakin säilyy pienenä. Tätä puoltaa myös ajatus siitä, että todennäköisesti vastustajalla on myös kaukovaikutteisia aseita, joten suojautumiseksi ei kannata jäädä pitkälle selustaan. Tämän lisäksi kuorma-ammuksia käytettäessä kannattaa pyrkiä mahdollisuuksien mukaan sivustatuliasemiin, koska ytärammukset purkautuvat kuormaraketeistaan ampumasuuntaan pidemmän ellipsin alueelle. Näin ollen suurempi osa maalialueesta saataisiin asevaikutuksen alaiseksi. Itse ohjautuvan kuormaraketin hajontakuvio tosin on lähes ympyrä ja tällöin ampumasuunnalla ei ole vaikutusta.

Tuliasematoiminnan lisäksi myös maalinosoitus- ja tulenjohtojärjestelmää tulee kehittää tulitoiminnan tarkentamiseksi, nopeuttamiseksi sekä koko raskaan raketinheittimistön kantaman hyödyntämiseksi. Tulevaisuudessa kehitys saattaa johtaa siihen, että tulyyksikölle muodostetaan sen oma tiedustelu- ja tulenjohtoyksikkö. Tästä viitteenä on esimerkiksi Smerchille kehitetty raketinheittimellä laukaistava tiedustelulennokki, jonka maalitieto välittyy suoraan tulyyksikköön. Tosin tällaisessa toiminnassa etäisyydet kasvavat ja viestiyhteydet sekä niiden toimivuus korostuvat. Käytännön toimenpiteenä tulenjohtaja voi myös vaikuttaa tulen tehoon ja maalille tuotettuihin tappioihin paikantamalla maalin keskipisteen siten, että raketinheitinpatterin hajontakuvio peittää mahdollisimman hyvin koko maalin alueen.

Toimiva ja tehokas tulyyksikkö asettaa muun muassa huollolle sekä muulle yhteistoiminnalle omat vaatimuksensa. Näihin asioihin on jo vastattu varustamalla raketinheitinyksiköiden huolto- ja komento-osat lähes samat taistelunkestävyys- ja liikkuvuusominaisuudet omaavilla ajoneuvoilla. Huollon keventämiseksi ollaan myös kehittämässä aseille erilaisia rakettikasetteja. Suuresti ampumatarvikkeiden täydennyksiin vaikuttaa myös ampumatarvikkeiden kulutuksen optimointi eli maalin tulittaminen vain tarvittavalla määrällä raketteja.



Tutkimusmenetelmänä käytetty simulointi soveltuu eri aseiden tulen vaikutuksen arviointiin ja vertailuun. Selvää on, että käytännössä ampumalla ja mittaamalla tulen teho olisi varmasti erilainen kuin paperilla laskettu. Kuitenkin simuloinilla lasketut tulen tehon luvut ovat hyvä perusta esimerkiksi eri järjestelmien keskinäiseen vertailuun tai perusoleutusten tekoon. Varsinkin tässä työssä käytetty tietokonepohjainen simulointi sopii monenlaisten aseiden ja maalien käsittelyyn helppouden sekä toteutuksen nopeuden johdosta. Aina ei edes tarvitse itse luoda laskentasovellustaan vaan muun muassa Maanpuolustuskorkeakoulun Tekniikan laitoksella on valmiita tulen tehon laskentasovelluksia.

Ongelmia simuloinissa ja sen toteutuksessa on tosin useita. Tämän työn kannalta suurimpia niistä olivat luotettavien parametrien, kuten hajonta ja tytärammusten vaikutussäde, löytäminen sekä olosuhteiden vaikutuksen arviointi. Laskennan arvot ovat kerätty eri lähteistä sekä niitä on laskettu luvussa kolme esitetyin kaavoin, joten jonkinlainen oikeellisuus lienee saavutetun. Olosuhteiden vaikutusta on vaikea kuvata muilla parametreillä kuin tytärammusten vaikutussäteellä. Tätä onkin korjattu 10 prosentin verran alkuperäistä pienemmäksi.

Tulokset osoittautuivat vertailussa luotettaviksi, mutta epävarmuutta aiheuttaa Kärnäan verrattuna tappioiden suuri ja selittämätön nousu eri tulimuotojen välillä. Kuitenkin kaikenkaikkiaan tuloksia voidaan pitää oikeansuuntaisina varsinkin vertailtaessa tutkimuksessa olleita asejärjestelmiä keskenään.

## LÄHTEET

## 1. JULKAISTUT LÄHTEET

- [1] ACCULAR - Trajectory Corrected System. Israel Military Industries Ltd.
- [2] Composition and basic performance characteristics of the Smerch long-range multiple rocket launcher system. Julkaisu saatu insinöörikapteeni Lauri Rajalalta Puolustusvoimien Materiaalilaitoksen esikunnasta.
- [3] Forsman, Hannu, majuri: Kenttätykistön ja raketinheittimistön erikoisampumatarvikkeiden tarve ja käyttö. Sotakorkeakoulun diplomityö n:o 1758/1991.
- [4] Hartikainen, Esko, everstiluutnantti: Tykistö - tulivoimaa nyt ja tulevaisuudessa. Sotilasaikakauslehti 3/2004 s. 58- 64
- [5] Isby, David, C: Weapons and Tactics of the Soviet Army. Jane's Publishing Company Limited, London, 1988.
- [6] Jane's Armour and Artillery 1999-2000. Jane's Information Group Limited, 1999.
- [7] Jane's Armour and Artillery 2003-2004. Jane's Information Group Limited, 2003.
- [8] Kenttätykistön taisteluohjesääntö, Vaasa 1997.
- [9] Kenttätykistöopas 2; tulenjohtotoiminta. Luonnos.
- [10] Kenttätykistöopas 3; tuliasematoiminta, Vaasa 1997. Kohdat 664-675.
- [11] Kärnä, Paavo, kadetti: Raskaan ja järeän raketinheittimistön kohteena moottoroidun jalkaväkidivisioonan tykistöasejärjestelmä, Maanpuolustuskorkeakoulun tutkielma n:o 508/2001.

- [12] Lehtinen, Matti: Pieni simulointikirja. Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, Helsinki 2004.
- [13] Manson, M.,P: Guns, Mortars and Rockets. Brassey's Ltd, 1997.
- [14] Pirinen, Antti, kadettikersantti: Venäjän kenttätykistön käyttö hyökkäysoperaatioissa nykyään. Maanpuolustuskorkeakoulun tutkielma n:305/1999.
- [15] Sotatekninen arvio ja ennuste, osa 1, 1997.
- [16] Sotatekninen arvio ja ennuste, osa 2, 2001.
- [17] Sotatekninen arvio ja ennuste, 2020 osa 1, 2004.
- [18] Sotilasaikakauslehti, 5/2005, s. 45.
- [19] Todennäköisyys- ja ampumaopin perusteet. Helsinki 1984.
- [20] Tunkkari, Antti, kapteeni: Taktisen tulenkäytön maalimallit sekä niihin vaikuttaminen kenttätykistön ja kranaatinheittimistön tulella. Esiupseerikurssin tutkielma n:o E3548/2001.
- [21] Utunen, Erkki, kapteeni: Raketinheittimistölle asetettavat vaatimukset ja raketinheittimistön käyttö yhtymien taistelujen tukemisessa. Sotakorkeakoulun diplomityö n:o 1714/1989.
- [22] Yleinen ase- ja asejärjestelmäoppi. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala 2001.

## 2. MUUT LÄHTEET

- [23] Tulen vaikutus ja teho. Opetusmoniste. TeknL, Helsinki.
- [24] Tekniikan laitoksen tietopankki. CD- levy. TeknL 2001.

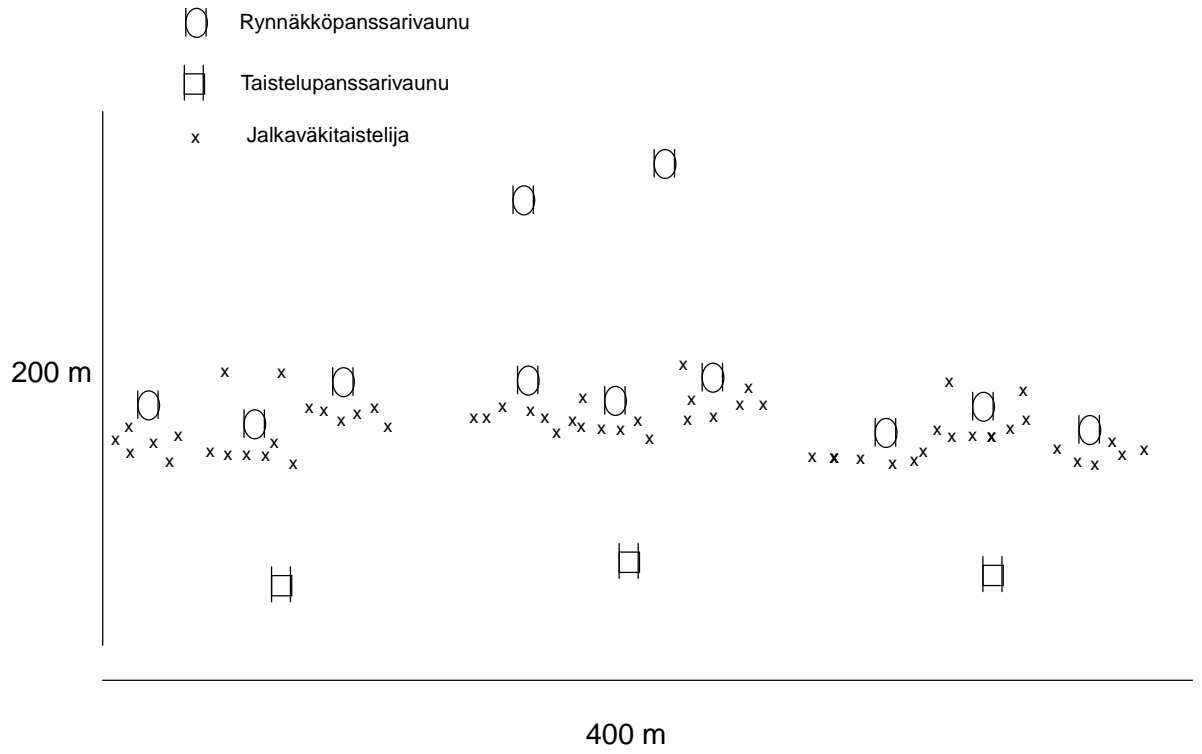
### 3. INTERNETLÄHTEET

- [25] <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/m270.htm> 3.1.2004
- [26] <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/m26.htm> 3.1.2004
- [27] <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/himars.htm> 12.9.2004
- [28] <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/row/tos-1.htm> 12.9.2004
- [29] <http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/tos-1.htm> 12.9.2004
- [30] <http://www.hqmc.usmc.mil>. 5.1.2004
- [31] Jane´ s tietokantapalvelu, PVNet. mm. 12.4.2005
- [32] [http://www.tdg.nu/OOBs/1946+/oob\\_toe\\_venezuela\\_1990\\_2000.htm](http://www.tdg.nu/OOBs/1946+/oob_toe_venezuela_1990_2000.htm)  
10.8.2004

## LIITTEET

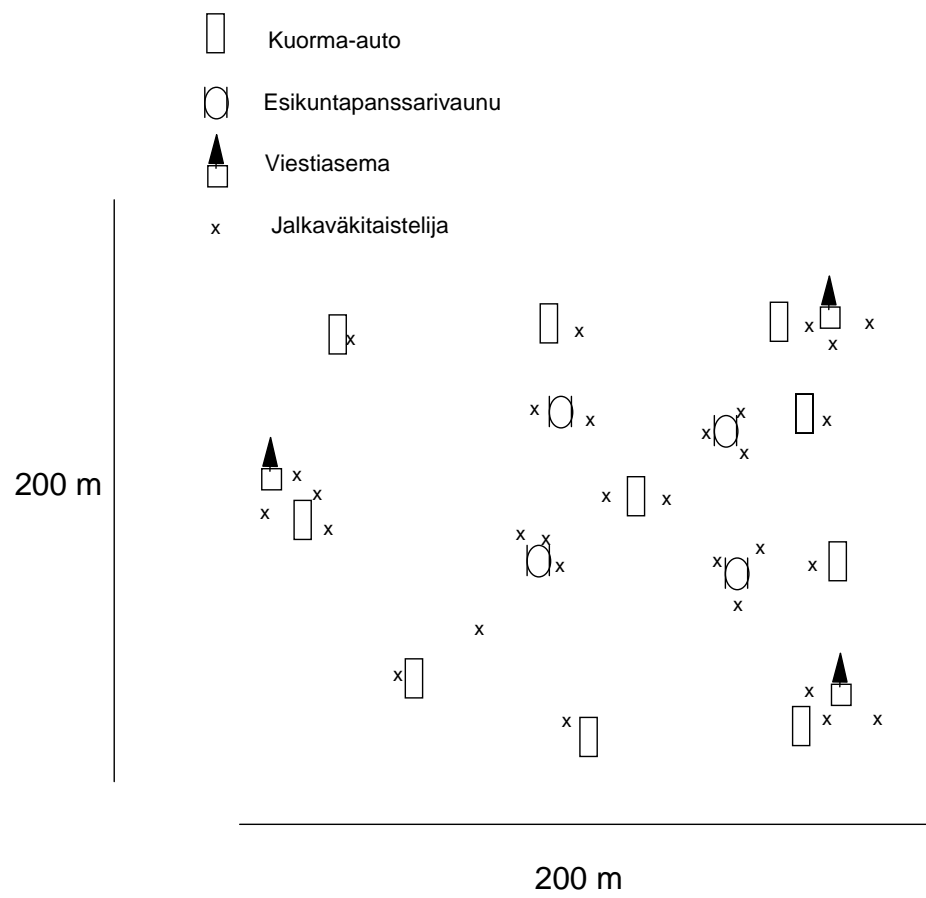
- Liite 1      Maalimallit
- 1.1 Hyökkäykseen ryhmittynyt moottoroitujalkaväkikomppania
  - 1.2 Divisioonan vast. esikunnan ryhmitys
  - 1.3 Panssarihaupitsipatteristo tuliasemaryhmityksessä
- Liite 2      Raskaiden raketinheittimien ominaisuuksien vertailu
- Liite 3      Raskaan raketinheittimistön ampumatarvikkeiden vertailu

Maalimalli 1: Moottoroidun jalkaväkikomppanian hyökkäysryhmitys



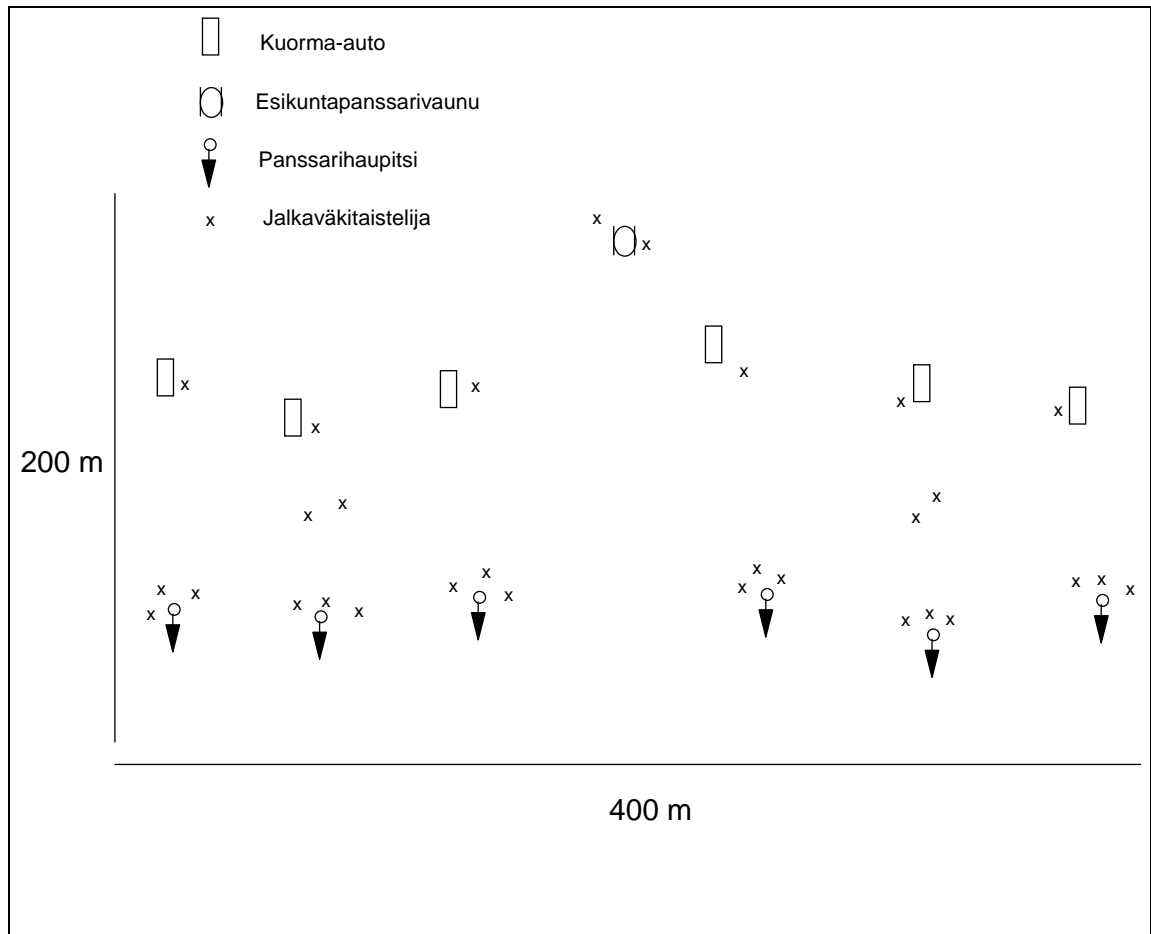
Lähde: [5], [20]

Maalimalli 2: Divisioonan vast. esikunnan ryhmitys



Lähde: [5], [20]

Maalimalli 3: Panssarihaupitsipatteri tuliasemaryhmyksessä



Lähde: [14]



**RASKAIDEN RAKETINHEITTIMIEN OMINAISUUKSIEN VERTIALU**

<u>Raketinheitin</u>	MLRS	Smerch	Avibras Astros 2	Orkan	Uragan	Angel- 120
<u>Ominaisuus</u>						
Valmistaja	LMMFC Yhdys- vallat	Splav Venäjä	Avibras Brasilia	Yugoim- port SDPR Yugosla- via	Splav Venäjä	BBLST Kiina
Käytössä mm.	NATO (ainakin 13 maata)	Venäjä, Ukraina, Kuwait	Brasilia, Irak, Qatar, Malesia	Kroatia, Irak, Yugosla- via	Venäjä , Ukrai- na, Jemen	asetet- tu myyn- tiin
Kaliiperi [mm]	227	300	300	262	220	300
Amet [km] (min/max)	10/(32) 45,5	20/70	20/60 22/90	-/50	10-35	50/120
Putkien lukumäärä	12	12	4	12	16	8
Laukaisunope- us s/pakka	40	40	-	28-48	20	30
Latausaika [min]	9	20	-	-	20-30	-
Tulivalmius [min]	2,5	3	-	2	3	10
Asemistalähtö [min]	3	3	-	1	3	-
Miehistö	3	3	-	5	4	-

<u>Aseen alustan ominaisuuksia</u>						
Ajoneuvo	Bradley-tela-ajon .	MKA 8x8	MKA 4x4	MKA 8x8	MKA 8x8	MKA 8x8
Paino(taistelukunto) [kg]	25 191	43 700	11 600	32 000	20 000	-
Tomintasäde [km]	483	850	-	600	570	-

Lähde: [6], [7]

**RASKAAN RAKETINHEITTIMISTÖN AMPUMATARVIKKEIDEN VERTAILU**

Raketinheitin	MLRS	Smerch	Avibras Astros 2	Orkan	Uragan	Angel-120
Kuorma-ammus- tyyppi						
Sirpalekranaatti	x	x	x	x	x	x
Kaksitoiminen tytärkranaatti	x	x	x	x		x
Panssarintorjunta- tytärkranaatti	x	x	x		x	x
Miinaraketti (ps tai jv)	x	x	x	x	x	x
Rakettien ohjattavuus	x <sup>1</sup>	x		x		x
Aerosoliraketti		x				
Muu erikoisvaikutteinen ampumatarvike	Atacms- taktinen ohjus	Tieduste- lukamera	Raketti lento- kenttiä vastaan			
Harjoitusraketti	x		x			

<sup>1</sup> Korvattu samalta alustalta laukaistavalla ATACMS -taktisella ohjuksella. Valmisteilla CORECT- ja GMLRS- järjestelmän tarkkuuden parantamiseksi.

Lähde: [6], [7]