

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

RYNNÄKKÖKIVÄÄRIEN SEURAAVA SUKUPOLVI

Diplomityö

Majuri
Timo Prättälä

Yleisesikuntaupseerikurssi 60
Maasotalinja

Elokuu 2021

Kurssi Yleisesikuntaupseerikurssi 60	Linja Maasotalinja
Tekijä Timo Prättälä	
Opinnäytetyön nimi RYNNÄKKÖKIVÄÄRIEN SEURAAVA SUKULPOLVI	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Elokuu 2021	Tekstisivuja 82 Liitesivuja -
TIIVISTELMÄ	
<p>Tutkimuksessa selvitettiin rynnäkkökiväärien eri ominaisuuksia ja suorituskykyä sen historian alusta aina nykypäivään saakka. Tulevaisuuden rynnäkkökiväärin ominaisuuksien ja suorituskyvyn tunnistamiseksi selvitettiin tällä hetkellä kehitettävälle aseille, tähtäimille ja ampumatarvikkeille asetettuja vaatimuksia ja ominaisuuksia. Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää keinoja ja tapoja rynnäkkökiväärien kehittämiseksi.</p> <p>Tutkimus on sotatekniikan alan soveltava tutkimus. Tutkimus on luonteeltaan laadullinen tutkimus, jonka päämenetelmänä on kirjallisuustutkimus. Menetelmän tukena käytettiin ainestotriangulaatiota, sillä tutkimuksen aineisto koostuu useamman tieteen alan lähteistä.</p> <p>Rynnäkkökiväärien kehittämisen tavoitteena oli historiansa alkuvaiheessa jalkaväen tulenteen kasvattaminen ja liikkuvuuden parantaminen sillä 1900-luvun kiväärit olivat raskaita ja kömpelöitä käyttää lähitaistelussa. Rynnäkkökiväärit ovat pysyneet lähes muuttumattomina koko historiansa ajan. Komposiitti materiaalien kehittyessä aseiden runko-osia alettiin valmistaa komposiitista. Vaatimuksena oli ensisijaisesti painon keventäminen. 2000-luvun taitteesta ensisijaisena vaatimuksena oli mahdollisimman hyvä kyky hyödyntää erilaisia optiikkaa ja lisälaitteita. Rynnäkkökiväärien kiinnityskisko kapasiteetti maksimoitiin. Seurauksena lisälaitteiden ja optiikan kiinnityksestä aseiden paino kasvoi entisestään. Moderneimmissa ja kehitteillä olevat aseet ovat pääsääntöisesti rakenteeltaan modulaarisia, joilla mahdollistetaan aseiden muuntelu tehtävatarpeen mukaan. Uusimpien tutkimusten mukaan tietyillä rynnäkkökiväärien kaliiperilla on liian heikko suorituskyky huomioiden tulevaisuuden vaatimukset. Rynnäkkökiväärien kaliiperia pyritään kehittämään löytämällä optimaalinen ratkaisu nykyisten valtakäytössä olevia kaliiperien väliltä, hyödyntäen uusimpia tekniikoita niiden valmistuksessa.</p> <p>Seuraavan sukupolven rynnäkkökiväärit ovat todennäköisesti vielä pienikaliiperisia modulaarisen rakenteen aseita. Modulaarisella rakenteella saavutetaan useita hyötyjä, joita tavanomaisella aserakenteella ei saada. Modulaaristen aseiden käyttömahdollisuudet ovat laajat ja aseiden koko elinjakson huomioiden niiden tulisi olla kaikkein kustannustehokkain ratkaisu. Aseiden ampumatarvikkeiden kehittyminen on suurelta osin kiinni Yhdysvaltojen onnistumisesta kehittämisohjelmassaan. Riskien puolesta komposiittihylsyisillä saavutettaisiin paras hyötysuhde. komposiitti hylsyiset ampumatarvikkeet keventävät patruunoita, mutta ei niissä määrin kuin hylsyttömät tai teleskooppiset patruunat. Komposiittihylsyiset patruunat ovat tavanomaisten patruunoiden kaltaisia, joten aseessa voitaisiin tarpeen mukaan käyttää molempia ampumatarvikkeita.</p> <p>Tulevaisuudessa tähtäimet ja ammunnanhallintajärjestelmät tulevat olemaan eniten aseiden suorituskykyä nostava tekijä. Tulevaisuudessa ammunnanhallintajärjestelmillä kyetään automaattiseen tiedon ja tilannekuvan jakamiseen. Aseista ja taistelijasta kehittyä yksi taistelukentän sensoreista.</p>	
AVAINSANAT asejärjestelmä, rynnäkkökivääri, ampumatarvike, terminaaliballistiikka	

SISÄLLYS

P1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimuksen lähtökohdat ja oletukset ja rajaukset.....	1
1.3 Tutkimuksen rajaukset	2
1.4 Tutkimustehtävä ja kysymykset	2
1.5 Tutkimuksen teoreettinen viitekehys.....	3
1.6 Tutkimusmenetelmät	4
1.7 Kirjallisuuskatsaus	6
1.8 Keskeiset käsitteet ja määritelmät	7
2. RYNNÄKKÖKIVÄÄRIEN KEHITYS.....	9
2.1 Maailmansotien vaikutukset jalkaväen aseiden kehitykseen.....	9
2.2 Ensimmäisen rynnäkkökiväärin kehittäminen.....	11
2.3 Rynnäkkökiväärien kehitys Venäjällä.....	13
2.4 Nykyiset rynnäkkökiväärit	15
2.5 Rynnäkkökivääri kokeiluja	16
2.6 Yhteenveto rynnäkkökiväärien kehityksestä	19
3. AMPUMATARVIKKEIDEN OMINAISUUDET JA KEHITYS	21
3.1 Tavanomaiset kiväärin patruunat	21
3.2 Polymeerihylsyiset patruunat	21
3.3 Teleskooppiset hylsytömät patruunat (CLA)	22
3.4 Ampumatarvikkeen terminaaliballistiikka	24
3.5 Ampumatarvikkeiden läpäisykyky	28
3.6 Rynnäkkökiväärin ampumatarvikkeen tehokkuuden kehittäminen.....	31
3.7 Vaatimukset ampumatarvikkeiden kehityksessä	32
3.8 Yhteenveto	34
4. MODULAARISET ASEET JA KEHITTEILLÄ OLEVAT ASEET.....	39
4.1 Modulaariset aseet.....	39
4.2 Kehitteillä olevat seuraavan sukupolven aseet	43
4.3 TEXTRON NGSW	44
4.4 RM277 GENERAL DYNAMICS NGSW-R.....	45
4.5 SIG Sauer NGSW-R.....	47
5. ASEIDEN OPTIIKKA JA LISÄLAITTEET	50
5.1 Aseiden tähtäimet.....	50
5.2 Optiset tähtäimet	51
5.3 Ammunnanhallinajärjestelmät.....	52
5.4 Fuusiotähtäimet	54
5.5 Lämpökamerat.....	55
5.6 Suuhidastin, liekinsammutin ja kompensattori	56
5.7 Äänenvaimentimet	56
5.8 Aseiden rakenteen muuttamisen haasteita.....	57
6. MAASODANKÄYNNIN KEHITYS	60
6.1 Sodan kuva ja taistelunkuva	60
6.2 Teknologisen kehityksen vaikutukset sodankäyntiin	61
6.3 Venäläinen taistelunkuva maasodankäynnissä.....	62
6.4 Maasodankäynnin taistelunkuva Suomessa	66
6.5 Johtopäätökset tulevaisuuden taistelunkuvasta	68
7. RYNNÄKKÖKIVÄÄRI KONSEPTI.....	72
7.1 aseiden rakenne	73
7.2 aseiden ampumatarvike	74
7.3 vaatimukset aseelle.....	75
7.4 Aseen tähtäinlaitteet	76
8. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	78
8.1 Johtopäätökset	78
8.2 Tutkimuskysymykset	80
8.3 Pohdinta	81

KUVAT

Kuva 1: Tutkimuksen teoreettinen viitekehys [11]	3
Kuva 2: Sotatekniikan sijoittuminen tieteiden kenttään. [48] s.116	4
Kuva 3: HK417	15
Kuva 4: asejärjestelmä ja pituudet	18
Kuva 5: AK [4]	20
Kuva 6: Polymeerihylsy US patentti, US7610858 B2	22
Kuva 7: Range Problem[67]	31
Kuva 8: FN SCAR näkemys aseperheestä [27]	40
Kuva 9: NGSW ohjelman rynnäkkökiväärit	44
Kuva 10 Textron NGSW-R ase [46]	45
Kuva 11: Textron NGSWR[46]	45
Kuva 12: RM277	46
Kuva 13: 3-D malli Textronin kivääristä	47
Kuva 14 CTA ampumatarvike 40 mm Warrior	58

TAULUKOT

Taulukko 1: Luodin nopeus	29
Taulukko 2: Suojaliivien suoja-arvot	29
Taulukko 3: Luotien iskuenergia.....	29
Taulukko 4: patruunoiden vertailu	33
Taulukko 5: ampumatarvikkeiden kyvykkyudet.....	33
Taulukko 6 : Rynnäkkökiväärien eri ampumatarvikkeiden parametreja.....	35
Taulukko 7 Rynnäkkökiväärien eri ampumatarvikkeiden parametreja	36
Taulukko 8 Eri kaliiperien kineettiset energiat.....	36
Taulukko 9 Eri kaliiperin lähtönopeudet ja energiat, poikkileikkauspinta-alalla.....	37

RYNNÄKKÖKIVÄÄRIEN SEURAAVA SUKUPOLVI

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Puolustusvoimissa rynnäkkökiväärien modernisoinnilla on kyetty parantamaan aseiden ominaisuuksia käytettävyydessä, tarkkuudessa ja tulenavausnopeudessa. Modernisoinnilla on luotu myös perusta kokonaan uuden pimeätoimintakyvyn rakentamiseksi. [47] (s.41)

Parhailtaan Maavoimissa selvitetään kehityslinjoja pitkälle tulevaisuuteen aina 2030- luvulle saakka. Maavoimien kehittämisen painopiste tulee olemaan tulivoiman ja liikkuvuuden kasvattamisessa. Jalkaväen käsiaseista on käynnistetty kattava tutkimus- ja selvitystyö, jossa tutkitaan käsiaseiden kehittämistä laajemmin ja pitkäjänteisesti kohti 2030-lukua. [47] s. 40

Maavoimat vastaa toimintaympäristön muutoksiin nykyaikaisilla ja tehokkailla suorituskyvyillä, jotka muodostuvat kaikkien aselajien joukoista ja järjestelmistä [34]

Taistelijan menestyminen tulevaisuuden taistelukentällä tulee vaatimaan uusien teknologioiden ja sensorien käyttöönottamista, joilla voidaan havaita, tunnistaa ja vaikuttaa kohteisiin aiempaa tehokkaammin kaikissa sää- ja valaistusolosuhteissa.

1.2 Tutkimuksen lähtökohdat ja oletukset ja rajaukset

Opinnäyte työn aiheesta on sovittu yhdessä Maavoimien esikunnan kanssa. Aiheen tutkiminen on koettu tärkeäksi, sillä Puolustusvoimissa on tiedostettu nykyisten käytössä olevien rynnäkkökiväärien saavuttavan elinkaarensa pään 2030-luvun loppuun mennessä. Korvaavan suorituskyvyn rakentaminen kaikille henkilökohtaisille aseille tulee olemaan sekä kustannuksiltaan ja laajuudeltaan yksi merkittävimmistä tulevaisuuden hankkeista.

Tutkimuksen tulevaisuuteen suuntautuvan luonteen vuoksi tutkimuksessa käytetään useita oletuksia tutkimuksen lähtökohtana. Viime vuosikymmenellä tapahtuneet muutokset turvallisuusympäristössä arvioidaan pitkäkestoisiksi. [61] s.47 Venäjä tulee jatkamaan voimapolitiikkaansa ja sen vaikutukset näkyvät myös Suomessa. Venäjä sijoittaa Suomen lähialueille teknologisesti kehittyneimpiä ja entistä suorituskykyisempiä asejärjestelmiä. Tulevaisuudessakin Venäjällä on valmius ja kyky keskittää joukkoja hyvin nopeasti. [61] s.21

Suomi tulee säilyttämään yleisen asevelvollisuuden ja maan puolustaminen perustuu tulevaisuudessakin yleiselle asevelvollisuudelle [34] Euroopan unionin puitteissa tehtävä puolustusyhteistyö tulee tiivistymään ja se tulee vahvistamaan jäsenvaltioiden käytössä olevia suorituskykyjä [61] s.19 Erityisesti Ruotsin kanssa tehdään tiivistä ja laaja-alaista yhteistyötä. Ruotsilla on kaikista kumppaneista kaikkein läheisin suhde Suomen kanssa. [61] s.20 Kansainvälinen puolustusyhteistyö sekä mahdollisuus antaa ja ottaa vastaan kansainvälistä apua tulevat olemaan tärkeä osa Suomen puolustuskykyä. [61] s. 25 Yleinen teknologinen kehitys tulee johtamaan myös jalkaväen aseiden ja sen laitteiden kehittämiseen.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Rynnäkkökiväärien eri ominaisuuksia ja kykyä selvitetään sen historian alusta aina nykypäivään saakka. Tulevaisuuden rynnäkkökiväärien ominaisuuksien ja suorituskyvyn tunnistamiseksi selvitetään tällä hetkellä kehitettäville aseille, tähtäimille ja ampumatarvikkeille asetettuja vaatimuksia ja ominaisuuksia. Tässä tutkimuksessa pyritään etsimään keinoja ja tapoja rynnäkkökiväärien kehittämiseksi.

Tulevaisuuden tutkimuksessa keskeisin ominaisuus on sen monitieteisyys. Nykyhetkessä olevasta empiirisen tutkimuksen kohteesta pyritään monitieteisen tutkimuksen keinoin saavuttamaan mahdollisimman laaja-alainen ymmärrys. Vaikka tutkimuksessa tiedon muodostamiseen käytetään esimerkiksi tilastoja tai tutkimusten tuloksia, vähintään yhtä tärkeää dataa sille ovat muiden tieteenalojen tuottamat tiedot [37]. Tässä tutkimuksessa hyödynnetään useiden eri alojen aineistona, joista erittelemällä ja yhdistelemällä tuotetaan tämän tutkimuksen kannalta oleelliset tulokset.

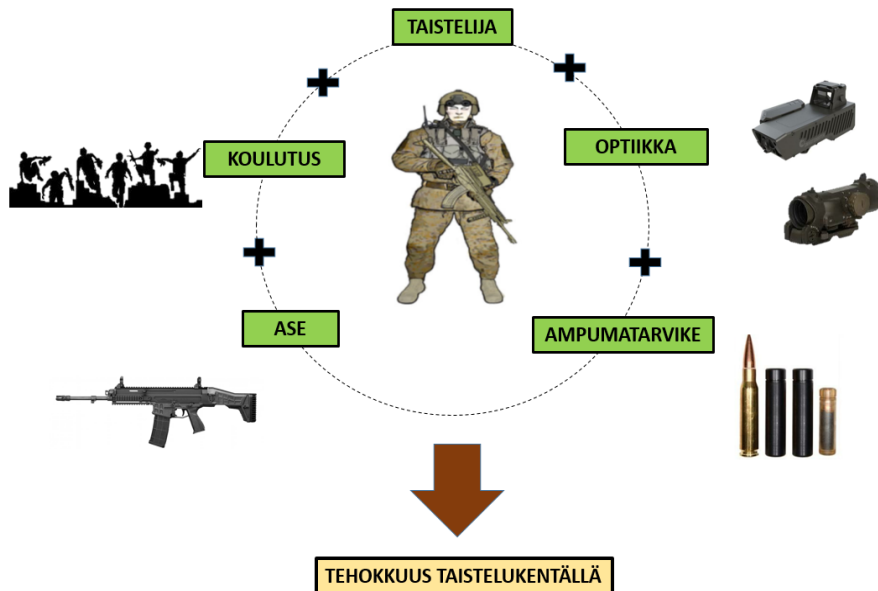
1.4 Tutkimustehtävä ja kysymykset

Tutkimustehtävänä on selvittää:

1. Miten rynnäkkökiväärien suorituskyky on kehittynyt?
2. Miten rynnäkkökiväärien suorituskykyä saadaan parannettua?
3. Millaista suorituskykyä ja ominaisuuksia tarvitaan tulevaisuudessa?

1.5 Tutkimuksen teoreettinen viitekehys

Tutkimuksen teoreettisena viitekehyksenä käytetään Yhdysvaltojen armeijan näkemystä taistelutehokkuudesta. Viitekehys rakentuu taistelijasta, aseesta, ampumatarvikkeesta, optiikasta ja koulutuksesta., [11]



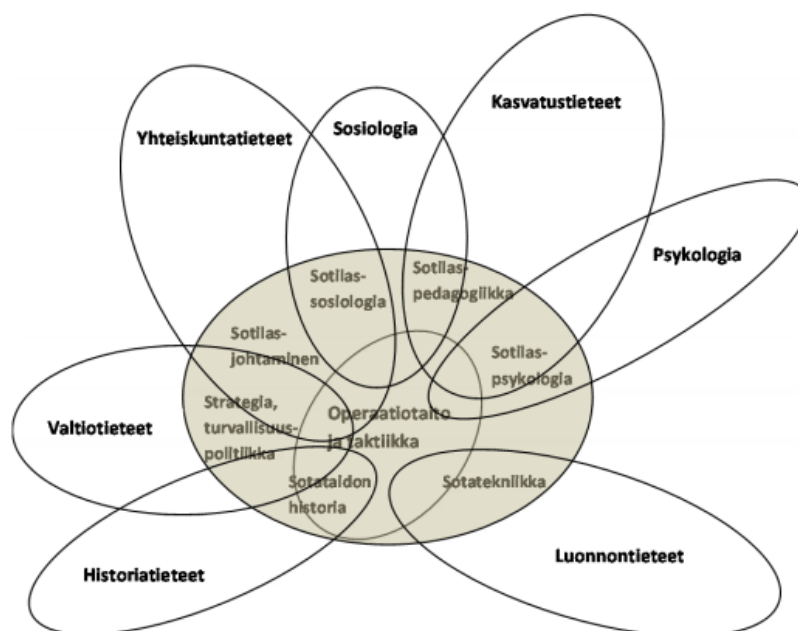
Kuva 1: Tutkimuksen teoreettinen viitekehys [11]

Taistelijan toimintakyky ja koulutus ovat tärkeimmät viitekehyksen kokonaisuudet, joilla voidaan vaikuttaa taistelutehoon ja kykyyn. [11]

Puolustusvoimissa on uudistettu koulutus 2020 -ohjelma, jolla kehitetään kokonaisuutena kutsuntajärjestelmää, palvelusvalintoja sekä koulutusmenetelmiä. Sen tavoitteena vaikuttava ja kustannustehokas koulutusjärjestelmä, joka vastaa tulevaisuuden haasteisiin. [32]

Osana koulutus 2020 -ohjelmaa kehitetään myös kokonaisvaltaisempaa toimintakyky ohjelmaa, joka koostuu taistelijan kehosta ja taistelijan mielestä. Taistelijan keho on liikuntakoulutuksen uudistus, joka perustuu viimeisimpään tutkimustietoon ja valmennusmenetelmiin. Taistelijan mieli on psyykkisen, eettisen ja sosiaalisen toimintakyvyn kehittämiseen suunniteltu ohjelma. Taistelijan mieli -ohjelma perustuu useilta eri maiden asevoimilta ja Suomen poliisilta saatujen kokemuksiin.[53]

1.6 Tutkimusmenetelmät



Kuva 2: Sotatekniikan sijoittuminen tieteiden kenttään. [48] s.116

Tämä tutkimustyö on sotatekniikan alan laadullinen soveltava tutkimus. Laadullinen menetelmä soveltuu monimutkaisten ja tulevaisuuden ennustamiseen pyrkivien ongelmien käsitteelyyn ja ratkaisemiseen. Soveltavaksi tutkimukseksi kutsutaan tutkimusta, jonka päämääränä tuottaa tietoa joltain käytännöllistä päämäärää varten [48] s.126

Soveltavassa tutkimuksessa päämääränä ei ole tieto, vaan jokin käytännön sovellus. Päämäärän saavuttamiseksi tietoa ja tutkimusta toimivat välineinä tuon käytännön päämäärän saavuttamiseksi. Se voi keskittyä löytämään uusia käyttökohteita perustutkimuksen tuottamalle tiedolle, tai se voi pyrkiä määrittelemään uusia keinoja tiettyjen ennalta määrättyjen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteena on ongelmanratkaisu. Soveltavan tutkimuksen tulokset ovat usein sovellettavissa vain johonkin tiettyyn tuotteeseen tai järjestelmään.

Tutkimuksessa on mahdollista yhdistää erilaisia tutkimusmetodeja, esimerkiksi laadullisen ja määrällisen menetelmien yhdistämisellä. Tällä tavoin voidaan tutkimuksen kattavuutta lisätä ja vähentää luotettavuusvirheitä. Määrällisen aineiston käytöllä on pyritty lisäämään ja syventämään tutkittavasta kohteesta saatavaa tietoa.

Tässä tutkimuksessa yhdistetään erilaisia tutkimusaineistoja aineisto triangulaatiolla. Tästä huolimatta voidaan tutkimus edelleenkin mieltään kokonaisuudessaan laadulliseksi tutkimusmenetelmäksi. Kirjallisuusselvityksen, -katsauksen ja -tutkimuksen käsitteissä on ristiriitaisuuksia ja epä johdonmukaisuuksia. Tämän vuoksi onkin tärkeää selvittää, käsitteillä tarkoitetaan [48] s.46

Kirjallisuustutkimus on yleinen tutkimustyyppi, joka käytetään monilla taiteen, muotoilun, tekniikan ja tieteen alalla. Kirjallisuustutkimuksesta voidaan käyttää myös nimitystä dokumenttianalyysi. Kirjallisuustutkimuksessa aiempaa tietoa käytetään, analysoidaan ja luokitellaan oman tutkimustyön pohjaksi. Ominaispiirteenä tutkimuksessa on, että aineistoa on hankittu mahdollisimman kattavasti, raportti sisältää perusteellista lähteiden analysointia. Kirjallisuustutkimuksen raportissa on mukana myös tutkijan omia johtopäätöksiä. Kirjallisuustutkimuksessa keskeisessä roolissa on myös lähdekritiikki. Tutkimuksessa tulee selvittää ja esitellä lähteiden tarkat metatiedot. Lisäksi yleisesti huomioituja keskeisiä osa-alueita ovat muun muassa kirjoittajan tunnettuus ja arvovalta, lähteen ikä, sekä lähteen uskottavuus.[48] s.46

Dokumenttianalyysi on tutkimuksen lähestymistapa, jonka kohteena on sellainen tutkimusaineisto, jota ei saada koottua suorien ja välittömien havaintojen teolla. Dokumenttianalyysissä käytetään valmista eli olemassa olevaa tietoa. Aineistona voidaan käyttää materiaaleja, jotka on aiemmin julkaistu esimerkiksi sanomalehtien tai aikakauslehtien artikkeleina, asiantuntijoiden haastatteluina, tilastoina tai kirjallisuudessa.

Kirjallisuustutkimuksessa tarkastellaan valittua ilmiötä kokoamalla ja analysoimalla tätä ilmiötä koskevaa tutkimuskirjallisuutta. koska tutkimuskirjallisuus edustaa ilmiötä, ei eroa tutkimusaineiston ja lähdeaineiston välillä tyypillisesti suoraan tehdä. [48]

Tässä tutkimuksessa selvitetään kehittyvien teknologioiden vaikutukset ja merkitykselliset tekijät, joiden arvioidaan tulevan laajamittaisesti käyttöön 2030- luvulle mennessä. Arviot kehittyvistä teknologioista perustuvat sekä ulkomaisiin että kotimaisiin arvioihin ja ennusteisiin. Historiaa tutkimalla ja kartoittamalla pyritään löytämään kehityskaari, jonka vaikutteiden mukaisesti aseiden kehitystä on tapahtunut. Kehityskaaresta on mahdollista tunnistaa suuntaa lähitulevaisuudelle ja mahdollisesti myös pidemmälle aikavälille

Tutkielmassa on laadullisen sisällön analyysillä etsitty tulevaisuuden taistelunkuvasta ja ilmiöistä tekijöitä, jotka vaikuttavat suoraan jalkaväen ja ryhmien aseiden käyttämiseen. Yhteneväisyyksien löytämisellä ja kuvaamisella on pyritty löytämään vaatimuksia käsiaseiden kehittämiseksi.

Aseiden vaikutusta on tutkittu taistelijan ja ryhmän kontekstissa. Ryhmä on ollut historiallisesti pienin taktisen tai taisteluteknisen tasan, jonka käytössä käsiaseiden käytöllä on ollut ratkaiseva vaikutus. Tutkimuksessa ei huomioida eikä pyritä kehittämään taistelutekniikkaa tai kokoonpanoja. vaikka rynnäkkökivääri on jokaisen taistelijan ase aselajista ja tehtävästä riippumatta, ei tässä tutkimuksessa ole pyritty löytämään, kuin vaatimuksia taisteleminen ja vaikuttamiselle.

Tutkielman kolmas ja neljäs luku käsittelevät aseiden kehitystä pintapuolisesti lukijan tutustuttamiseksi aihealueeseen: mistä lähdettiin liikkeelle, mitä asejärjestelmiä oli, miten niitä kehitettiin ja miten nykypäivän asejärjestelmiin päädyttiin.

Historiaa tutkimalla ja kartoittamalla pyritään löytämään kehityskaari, jonka vaikutteiden mukaisesti aseiden kehitystä on tapahtunut. Kehityskaaresta on mahdollista tunnistaa suuntaa lähitulevaisuudelle ja mahdollisesti myös pidemmälle aikavälille

Toiseksi luvuissa pyritään erittelemään ja vertaamaan kehityssuuntia toisiinsa ja löytämään niistä perusteltuja eroavaisuuksia ja samankaltaisuuksia, Neljännessä luvussa kootaan käsitteet kehityslinjoista ja tarkastelee nykytilaa.

Viidennessä luvussa tarkastellaan aseiden nykytilasta ja kehitteillä olevien teknologisten ratkaisujen ja keinojen mahdollisuuksia aseiden tehokkuuden ja vaikutuksen parantamiselle

1.7 Kirjallisuuskatsaus

Tapio Saarelainen on todennut Pro Gradussaan *Taistelija 2020 - Tulevaisuuden kärkitaistelija*, että kehittämisessä on tärkeää huomioida taistelija järjestelmäkokonaisuutena. Tähän järjestelmäkokonaisuuteen sisältyvät kaikki ne laitteet ja järjestelmät, joita taistelija tarvitsee toimiakseen taistelukentällä.[49] s.9 Saarelaisen mukaan aseiden kokonaisuutena on pienennettävä osana koko taistelijan kokonaisjärjestelmää. Tutkimuksessa on todettu rynnäkkökiväärin ja sen laitteiden kokevan voimakkaan muutoksen, kun aseissa otetaan käyttöön ammunnanhallintajärjestelmät. Tavoitteena on kaikkein ammunnanhallintaan liittyvien toimintojen automatisointi. [49] s.75 Tavoitetilassa taistelijanjärjestelmässä sen eri laitteista muodostuu verkko, jossa laitteet toimivat. [49] s.103-105)

Saarelaisen toteaa väitöskirjassaan, että kaikkien taistelijan varusteiden tulee olla keveitä, monipuolisia ja modulaarisia. Avaintekijänä hän pitää tarkoin määriteltyjä vaatimuksia taistelija-järjestelmälle ja sen osajärjestelmille, joiden tulee perustua uhkapohjaiseen analyysiin.[50] s.105

Amerikkalaisessa tutkimuksessa *Making The Soldier Decisive on Future Battlefield*- todetaan, että ryhmässä käytettävien aseiden täydennettävä toisiaan ja niillä on kyettävä tarkkaa suora-ammunta tuleen. Pientenkin ryhmien on kyettävä havaitsemaan ja taistelemaan vihollista vastaan valitsemallaan tavalla. [40]

Taistelevien joukkojen on kyettävä aloittamaan taistelut ja yhdistämään taisteluun ryhmän orgaaniset tulenkäytön sekä yhteiset tulenkäytön kyvyt. Ryhmien on kyettävä tarkkaan maalinpaikantamiseen. Ryhmien kyky vaikuttaa viholliskohteisiin riippuu enimmäkseen ryhmän omien aseiden suorituskyvystä. [40] (s.37)

Vuonna 2009 valmistunut majuri T. Ernhartin tutkimuksessa *Increasing Small Arms Lethality in Afghanistan: Taking Back the Infantry Half-Kilometer* löydettiin yllättäviä keskeisiä heikkouksia jalkaväen suorituskyvyssä. Tutkimuksen tulosten mukaan Yhdysvaltalaisten joukkojen käytössä olleilla aseilla, taistelukoulutuksella ja ase- ja ampumakoulutuksella ei kyetty riittävän tarkkaan ja tehokkaaseen tulenkäyttöön taisteltaessa yli 500 metrin etäisyyksille. Havaintojen mukaan yli 50 % taisteluista käytiin yli 300 metrin etäisyyksille, kun joukkojen taistelukoulutus, ase- ja ampumakoulutus sekä aseet olivat tehokkaimmillaan alle 300 metrin etäisyyksille. [12]

1.8 Keskeiset käsitteet ja määritelmät

Aseisiin, ampumalaitteisiin ja ampumatarvikkeisiin liittyvät terminologiset määritelmät ja käsitteet eivät ole täysin selkeitä tai yhteneviä. Kansainvälisesti yhteneviin luokitteluihin ja määritelmiin on kuitenkin pyritty mm. asekauppasopimuksessa.

Pienkaliiperiset aseet (*small arms*) ovat yleisesti ottaen henkilökohtaiseen käyttöön tarkoitettuja aseita. Niihin lukeutuvat, revolverit, itselataavat pistoolit, kiväärit, karbiinit, konekiväärit, rynnäkkökiväärit ja kevyet konekiväärit. Kaliiperinsa mukaan pienkaliiperisiin aseisiin lukeutuvat kaikki alle 20 mm ampuma-aseet, joissa käytetään patruunaa ampumatarvikkeena. [18] (s.28-29)

Kevyitä aseita (*light weapons*) ovat yleisesti ottaen kahden tai kolmen henkilön käytettäväksi tarkoitettut aseet, vaikka asetta kykenisi kuljettamaan ja käyttämään yksikin henkilö. Kevyisiin aseisiin kuuluvat raskaat konekiväärit, kranaattikiväärit, aseisiin kiinnitettävät kranaattiam-pumalaitteet, kranaatinheittimet, kannettavat ilmatorjunta-aseet, kannettavat panssaritorjunta-aseet, singot, kannettavat ilmatorjuntaohjusaseet ja kranaatinheittimet, joiden kaliiperi on alle 100 mm. [18](s.28)

Suomessa lainsäädäntö ja kansallisen tapa poikkeaa kansainvälisestä käytänteestä. Pienikaliiperiset aseet jaetaan Suomessa käsiaseisiin ja konekivääreihin. Käsiaseilla ja sotilaskäytössä henkilökohtaisilla aseilla tarkoitetaan käteen tai vartaloon tuettavaa asetta, joka on yhden henkilön hallittavissa. Konekivääreiksi ja sotilaskäytössä ryhmäkohtaisiksi aseiksi luetaan automaattiasemat, joita käytetään jalustaan tai etutukeen sekä vartaloon tuettuna. [60] (s.158)

Rynnäkkökivääri on luokkamäärittelyn mukaisesti mahdoton kategorioida mihinkään aseluokkaan yksiselitteisesti kuuluvaksi. Rynnäkkökiväärissä on kyse enemminkin väljistä asetyypin määritelmästä.

Tarkasti määriteltynä rynnäkkökivääreiksi luetaan kevyet itselataavat kiväärit, jotka käyttävät keskitehoista patruunaa, kuten 5.56 x 45 mm tai 7.62x39 mm. Aseen suunniteltu tehokas käyttöetäisyys on alle 400 metriä ja sillä voidaan ampua kerta- tai sarjatulta. [4]

Tässä tutkimuksessa rynnäkkökivääri käsitetään sen väljemmän määritelmän mukaan, jotta tarkastelun laaja-alaisuus huomioidaan paremmin asetyypin käytössä, eikä määritelmä rajaisi tiettyjä ominaisuuksia tarkastelusta ulos. Rynnäkkökiväärinä pidetään pienikaliiperista henkilökohtaiseen käyttöön tarkoitettua asetta, jonka kaliiperi on yleensä 5.54 - 7.62 mm [60] s.160-161.

2. RYNNÄKKÖKIVÄÄRIEN KEHITYS

Tässä luvussa tarkastellaan jalkaväen aseiden kehitystä 1900 -luvun alusta nykypäivään saakka. Tässä pyritään kokoamaan keskeiset aseiden kehitykseen vaikuttaneet kehityslinjat ja vaatimukset, mitä rynnäkkökiväärillä tavoiteltiin.

2.1 Maailmansotien vaikutukset jalkaväen aseiden kehitykseen

Ensimmäisen maailmansodan alussa taistelut perustuivat voimakkaalle epäsuorantulen tulivalmisteluille, jota jatkettiin jalkaväen kaavamaisilla hyökkäyksillä. Konekiväärien mukaan tuleminen taistelukentälle teki käytetyistä taktiikoista hyödyttömiä ja näissä jalkaväki kärsi suuria tappioita. Länsirintamalla tämä johti taisteluhautoihin sitoutuneeksi asemasodaksi. [59] s.24.

Joukkojen johtamistapaa pyrittiin muuttamaan enemmän taistelutoimintaa tukeviksi. Tehokkaimpien ja tulivoimaisimpien aseiden, kuten konekiväärien ja epäsuorantulen käyttöä, alettiin johtaa ja koordinoida alemmilla johtamistasoilla. Komppanioihin muodostettiin omat konekiväärijoukkueet ja kranaatinheitinjoukkueet, joita käytettiin niiden hyökkäysten tukemiseen. Ratkaisuilla ei kuitenkaan kyetty vaikuttamaan taistelujen asemasodan luonteeseen. Taistelukaivantojen väliselle alueelle pääseminen vaati käsiaseiden tulivoiman yhdistämistä koordinoituun epäsuorantulen käyttöön ja ryhmätason taistelutekniikan kehittämistä. [59] s. 24-25

Ensimmäisen maailmansodan kokemukset Euroopassa muuttivat radikaalisti jalkaväen käyttöä ja taktiikkaa. Saksassa ensisijaiseksi kehittämiskohteeksi nostettiin ryhmätason taistelutekniikka ja ryhmän tulivoiman kasvattaminen. Jalkaväkikomppanioihin liitettyjen konekiväärijoukkueiden ei koettu tukevan riittäväällä tavalla komppanian taistelua. Jokaiselle ryhmälle haluttiin orgaaninen kevyt konekivääri. Saksassa kevyttä konekivääriä pidettiin jopa välttämättömänä, koska ryhmän tulivoiman koettiin muodostuvan kevyen konekiväärin ympärille. Tehokkaan tulituen aikaan saamiseksi jokaisen jalkaväkiryhmän kivääritaistelijan tehtävänä oli suojata ja tukea konekiväärin käyttöä. [59]

Yhdysvaltojen kokemukset ensimmäisestä maailmasodasta johtivat erilaiseen näkemykseen. Sodan alkaessa yksittäistä kivääritaistelijaa pidettiin hyökkäävien yksiköiden keskeisimpänä osana. Taktinen perusoppi muodostui silti tulen ja liikkeen käsitteen ympärille. Kiväärimiesten aseiden tehoa pidettiin kuitenkin puutteellisena. Yhdysvaltojen jalkaväen pääasena oli

.30-06 kaliiperin 1903 Springfield kivääri, joka oli käytännössä suora kopio saksalaisten 8 x 57 mm kaliiperin 1898 Mauser kivääristä. [59] (s.25)

Huolimatta sodan aikaisista havainnoista, Yhdysvalloissa pidettiin edelleen tärkeimpänä yksittäistä taistelijaa ja hänen ampumataitoaan. Yhdysvalloissa konekivääreitä ei sijoitettu ryhmän kokoonpanoihin, vaikka muutoin jalkaväkiryhmistä kehittyi taktisen tason ja liikkeen tärkein kokoonpano. BAR automaattikivääreiden kehitys ei myöskään vaikuttanut tähän näkemykseen, sillä sen heikkoutena oli sen 10 patruunan kapasiteetti ja sitä oli hankala käyttää sarjatulella. Automaattisten kiväärien tulivoima ei koskaan kyennyt murtamaan luottoa kivääritaijelijoiden tehokkuuteen. Sodan jälkeen joukkueesta muodostui taisteluiden matalimman johtamistason joukko, koska joukkueen aseilla saavutettiin riittävä tulituki kivääriryhmille. Yhdysvallat säilyttivät erillisen konekiväärijoukkueen komppaniassa, joka teoriassa kykeni tukemaan eteneviä kivääriryhmiä.[59] (s. 26)

Taistelutekniikkaan ja tarkoitukseen nähden 1900 -luvun taitteessa kehitetyt kiväärit olivat käytännössä aivan liian tehokkaita ja samalla kömpelöitä käyttää. Lisäksi konekivääreihin verrattuna pulttilukkoisten kivääreiden tulinopeus oli varsin puutteellinen. Taistelukokemusten perusteella haluttiin sarjatulitoimisia aseita, mutta ei kuitenkaan raskaita ja vaikeasti käsiteltäviä konekivääreitä. Eräänä ratkaisuna käytettiin konepistoolia, jotka suunniteltiin pistoolien kaliipereille. Pienellä ampumatarvikkeella kyettiin suunnittelemaan ase, josta saatiin pienempi ja kevyempi. Heikkoudeksi niille jäi lyhyt kantama ja heikko läpäisykyky. Useissa maissa kiväärit ja konepistoolit koettiin toistensa suorituskykyjä täydentävinä aseina ja molempia aseita sijoitettiin joukoille ja lopulta ihan jalkaväkiryhmien aseiksi. Toinen ratkaisu oli suunnitella keskitehoinen ampumatarvike, joka olisi kompromissi kivääri- ja pistoolikaliiperin välillä. Pienemmälle kaliiperille voitiin suunnitella pienempi ja keveämpi ase. Sodan aikana keskeisiin aseisiin liittyvä haaste oli taistelijoiden kasvanut kantamus pääosin ampumatarvikkeina ja kyky käyttää tulta riittävän tehokkaasti pulttilukkoisilla kivääreillä. Lisäksi konekiväärit olivat aivan liian raskaita tuliasemien toistuvaan vaihtamiseen, mitä tarvittiin nopeasti etenevän jalkaväen tukemisessa. [15](s.31)

Yhdysvaltalainen asesuunnittelija John C. Garand kehitti armeijalle M1 Garand-kivääriin, jossa käytettiin .30 kaliiperin kevennettyä patruunaa. Toisen maailmasodan alkuun mennessä ase oli itselataavana kiväärinä tulivoimaisin sotilaiden henkilökohtainen ase maailmassa. Kokemukset sodan alussa vain vahvistivat käsityksiä sen suorituskyvystä, sillä ase osoittautui ylivoimaiseksi jalkaväkitaisteluissa.

M1 Garand oli kaasurekyylitoiminen puoliautomaattinen jokaisen taistelijan ase. Kaikkien taistelijoiden aseistuksen ollessa tulivoimaisempia, tuli jalkaväkijoukoista ja sen yksittäisistä taistelijoista liikkuvampia, kuin tukevina osina toimineet kranaatinheitin tai konekiväärijoukkueet. [59] s.26)

Toisessa maailmansodassa todettiin, että jalkaväkitaistelija tarvitsee entistä tulivoimaisemman henkilökohtaisen aseensa. Kehitystyölle annettiin sotakokemuksiin perustuvat tavoitteet. Yksi keskeisimmistä oli tulinopeuden lisääminen. Lisäksi lähinnä Varsovan liiton maissa katsottiin, että tehokkaaksi ampumaetäisyydeksi riittää kiväärin 500 metrin sijasta 300-400 metriä. Konekiväärille asetettiin tehokkaaksi ampumaetäisyydeksi 500-600 metriä. Uusien asejärjestelmien kehittäminen kesti 10-15 vuotta ja arvioitu käyttöikä on 30-50 vuotta [57]

2.2 Ensimmäisen rynnäkkökiväärin kehittäminen

Toisen maailman sodan aikana saksalainen Hugo Schmeisser suunnitteli kevyen automaattitoimisen kiväärin, jonka ampumatarvikkeeksi kehitettiin saksalaisesta täysitehoisesta 7.92 mm:n kivääripatruunasta lyhennetty versio. Patruuna oli teholtaan heikompi, mutta kevyt ja lyhyt. Patruunan nimeksi tuli 7.92x33mm Kurtz (lyhyt). Kehitysvaiheessa asetta kutsuttiin useilla nimikkeillä, kuten MP43, MP44 tai Sturmgewehr (rynnäkkökivääri) Stg44. [64]

Ominaisuuksiltaan ja ulkonäöltään ase oli lähes nykyisten rynnäkkökiväärien kaltainen. Aseen toimitapana oli kaasumäntäinen kaasurekyyliratkaisu. Aseessa oli vaihdettava 30 patruunan lipas ja sen tehokas käyttöetäisyys oli 300 metriä. Painoa aseella oli 4.9 kg ja pituutta 940 mm. Aseessa oli nykyisten rynnäkkökiväärien tapaan pistoolikahva ja lyhyt suora perä. Asetta voitiin käyttää sarja- ja kertatuli toimituksella. Tulinopeus sarjatulella oli 500 ls/min. Aseita valmistettiin sodan loppuun mennessä vajaa 450 000 kappaletta. Vaikka aseet eivät ehtineet vaikuttamaan sodan lopputulokseen syntyi siitä konsepti, josta tuli nimensä mukaisesti 1900-luvun merkittävin ase [64]

Ensimmäisessä maailman sodassa tulen ja liikkeen yhdistämisen haasteena oli taistelijoiden kantamus ja riittävä tulentiheys, jota tarvittiin liikkeen edistämiseksi. Tekninen ratkaisu kehitettiin jo varsin varhain vuosien 1900-1914 välillä. Tuolloin Ranskassa ja Isossa-Britanniassa kokeiltiin jo ensimmäisiä puoliautomaattisia kivääreitä, mutta niitä ei kuitenkaan koskaan päätyntä käyttöön. Länsimaissa oli myös vastustusta puoliautomaattisia aseita kohtaan. Britanniassa haluttiin jopa luopua automaattisesta toimintavasta ja toimintavarmuutensa vuoksi suosittiin tavanomaista pulatilukkoisia aseita. [15] s.31

Yhdysvaltainarmeijassa jakauduttiin kahteen oppikuntaan uusien aseiden vaaditusta suorituskyvystä. Valtaosa piti taistelijan ampumataitoa kaikkien tärkeimpänä tekijänä. Tuolloin taistelijoiden edellytettiin osuvan tähdätyillä laukauksilla yli 500 jaardiin. Toinen oppikunta muodostui sodan kokeneista sotilaista, jotka ymmärsivät taistelukentän ja toimintaympäristön edellyttämät vaatimukset. He näkivät, että aseiden tulinopeutta tulisi kasvattaa. [15] s.35

Aseiden suunnittelijoille tilanne oli varsin haasteellinen aseiden suunnittelussa, jos haluttiin täyttää kaikkien vaatimukset. Kiväärillä tuli kyetä ampumaan kauas ja tarkasti, sekä toisten mielestä oli selvä tarve tulivoiman kasvattamiselle. Suurempi tulinopeus merkitsi väistämättä lisää räsitystä aseelle. Toisaalta vaihtoehtona oli ampumatarvikkeen vaihtaminen tai aseiden painon kasvaminen, mikäli siitä tehtäisiin taistelu kestävämpi. [15] s.35

Haasteeseen ensimmäistä ratkaisua ehdotti Yhdysvaltalainen John Pedersen. Hän esitti ampumatarvikkeen pienentämistä .276 kaliiperiseksi, jolloin olisi mahdollista kehittää puoliautomaattinen kivääri siedettävän painoisena ja silti saavuttamaan .30'06 patruunaan verrattava tehokas kantaman. Armeijassa esitykseen suhtauduttiin hyvin epäluuloisena. Epäilyksiä herätti selvästi pienemmän ampumatarvikkeen kyky tappaa ja kevyemmän luodin herkkyyks ulkoisille olosuhteille ja tekijöille. [15] s.36

Yhdysvalloissa tahto alkoi muodostua kohti kevennettyä patruunaa, mutta .30-kaliiperinen patruuna ei ollut tarpeeksi tehokas ja sen tarkkuutta ei pidetty riittävänä. Fairchild Engine & Airplane Corporation niminen yritys oli ollut mukana lentokoneen runkojen suunnittelussa. Tämä yritys oli keskittynyt nykyaikaiseen tekniikkaan ja päätyi mukaan kehittämään kevyitä seos- ja valumetalleja aseisiin. Siten ensimmäinen Armaliten ase alkoi muodostua Eugene Stonerin johdolla. Loppujen lopuksi se saavutti AR-kivääreille tyypillisen muotonsa, jonka pohjaltehtiin useita versioita ja sen mallia hyödynnettiin lukuisten muiden aseiden suunnittelussa. [8] (s.77)

Ampumatarvikkeiden suuri määrä oli yksi halutuista vaatimuksista. Aseesta tuli M16 ja automaatti sarjatulitoimisena. Ase suunniteltiin 5.56x45 mm patruunalle. Patruuna oli alkujaan

tarkoitettu pienpetojen metsästykseseen, mutta tarkkuutensa ja keveyden ansioista asetta ja patruunaa pidettiin ideaalisempina uusille kivääreille. M-16 kiväärin kehitys jäi historian taakaksi Uudemmissa 5.56 mm on 4 g:n luoti ja sen lähtönopeus on noin 914 m/s. Varhaisin versio 3.6 g:n [8] (s.77)

Ensimmäiset M16 kiväärit otettiin käyttöön vuonna 1965, juuri Vietnamin sodan käynnistytessä. Uusien aseiden käyttöön ottamista pyrittiin jouduttamaan. Nopea käyttöön ottaminen ei sujunut kuitenkaan ongelmitta. Aseita päätyivät taistelukentälle ilman puhdistusvälineitä osittain siitä syystä, että Colt oli virheellisesti väittänyt aseeseen olevan "itsepuhdistuva". Yleisesti tiedetään aseeseen olevan huomattavasti arempi sietämään likaisia olosuhteita verrattuna AK-47 kilpakumppaniin. Koska aseita ei saatu puhdistettua, olivat häiriöt erittäin yleisiä. Useimmiten häiriön syynä oli hylsyjen jumiutuminen patruunapesään.

Taistelukentältä saaduissa raporteissa Usea raportit taistelukentältä nostivat esille, että kaatuneita taistelijoita oli löydetty kentältä ase osiinsa purettuna. Aseita oli epätoivoisesti yritetty palauttaa toimintakuntoon, jopa purkamalla ja huoltamalla kesken taisteluiden. Kokemukset johtivat uuden M16A1 version suunnitteluun ja käyttöönottoon. Havaintoihin pohjautuen laadittiin myös sarjakuvamaiset huolto-ohjeet, jotka jaettiin joukoille.

2.3 Rynnäkkökiväärien kehitys Venäjällä

Venäjällä askel sotilasaseiden uuteen aikakauteen tehtiin, kun Vladimir Fedorov suunnitteli ensimmäisen automaattitoimisen kiväärin. 1916 valmistettiin ensimmäinen Avtomat Fedorova, joka oli kaasurekyylitoiminen ja patruunan käytettiin alkujaan japanilaista 6.5x50SR patruunaa. Ase oli erinomainen verrattaessa aikansa muihin sotilaskivääreihin, jotka olivat huomattavasti raskaampia ja suurempi kaliiperisia. Pienennetyn kaliiperin etuna oli ammuttaessa kevyempi ja miellyttävämpi rekyyli. Aseita ei ehditty valmistaa kuin noin 3000 kappaletta osittain vuoden 1917 vallankumouksen seurauksena. [66] (s. 10)

Toisen maailmansodan lopulla venäläiset pyrkivät kehittämään aseeseen, mikä käyttäisi keskitehoista 7.62 kaliiperin lyhennettyä patruunaa. Vuonna 1947 otettiin käyttöön ensimmäiset venäläisvalmisteiset rynnäkkökiväärit. Aseen suunnittelijana oli Mikhail Kalashnikov. Ase sai nimekseen AK-47 (Avtomat Kalashnikova) saman periaatteen mukaisesti kuin saksalainen edeltäjänsä. Aseessa oli huomattavan paljon yhdennäköisyyttä saksalaisen rynnäkkökiväärin kanssa. AK-47 oli myös toimintatapana kaasumäntäinen kaasurekyyljärjestelmä.

Kaasumäntäisissä kaasurekyylijärjestelmissä ruutikaasut johdetaan asean piipussa olevasta reiästä kaasukammioon, josta kaasupaineet tuottavat lukolle peräytymisliikkeen kaasumännän avulla [60] (s.168)

Saksalaisen Stg 44 lukon toimintamekanismi oli tältä osin erilainen. Siinä lukon takaosa laski alaspäin peräytymisliikkeen aikana ja lukon etuosan mekanismi heitti patruunan hylsyn ulos. AK-47 toimintamekanismissa oli kiertävä lukkorakenne. Lisäksi luistin ja lukon palautinjousi olivat yhdistetty suoraan luistiin. se lukittui asean kanteen ja runkoon, kun Stg:ssä vastaava oli sijoitettuna asean perään. AK:ssa vaihdin toimi sekä tulenvalitsimena että varmistimena, mitkä StG:ssä olivat suunniteltu erillisille vaihtimille.

1959 valmistettiin AK versio AKM, jonka laatikko ja kehys valmistettiin prässäämällä pellistä. Valmistustapa kevensi asean painoa teräksestä taottuun tai jyrsittyyn runkoon verrattuna kilogrammalla. Aseesta valmistettiin vielä 5.45x39 kaliiperin versio nimellä AK-74.[64]

1974 päädyttiin myös pienemmän kaliiperin käyttöön, johon vaikutteita saatiin Yhdysvalloista. Kaliiperin pienentämiseen päädyttiin venäläisten saatua haltuunsa ensimmäiset M16 rynnäkkökiväärit. Niitä toimitettiin Vietnamista vaihtokauppana Neuvostoliiton tarjoamasta avusta. Venäläiset vakuutuivat M16 rynnäkkökiväärien pienemmästä kaliiperista, että se käynnisti oman pienemmän kaliiperin amputarvikkeen kehittämisen. Osittain samoista syistä kuin Yhdysvalloissa päädyttiin Venäjällä 5.45x39 mm kaliiperiin. Sillä asean rekyyli oli hyvin paljon kevyempi kuin 7.62 kaliiperilla ja luodin lentorata oli suurempi. Tällä amputarvikkeella ase oli helpommin hallittavissa sarjatulella ja tarkkojen kertalaukauksien ampuminen oli nopeaa. [64] (s.159)

Pienemmällä patruunalla oli myös logistinen etunsa, sillä venäläisen taistelijan tuliannos oli 8 lippaallista (240 ptr) ja se keveni nyt 1.4 kg. Neuvostoliiton armeijan koko luokassa, tämä tarkoitti huomattavaa logistista etua ja toisekseen säästöä ampumatarvikkeiden valmistamiseen tarvittavissa raakamateriaaleissa. [64] (s.179)

Jostain syystä AK74 kiväärien käyttöön ottamisesta jälkeen, aloitettiin "Abakan" koodinimellä uuden 5.45 kaliiperin rynnäkkökiväärin kehittäminen jonka täytyi olla vähintään 150 %:sti yhtä tehokas kuin AK-74. Kokeiluihin kuului vastamassa laitteellinen tekniikka, jolla kompensoitiin kaasumäntä toimisen asean, suurta rekyyliä. Ratkaisuna oli varsin yksinkertainen hammaspyörällisessä telineessä oleva vastamassa, joka oli kytketty liikkumaan kaasumännästä vastakkaiseen suuntaan. Viimeiseksi kokeiltiin tykistöä kehitettyä tekniikka. Siinä piippu

sekä luisti ja lukko liukuivat aseiden rungon sisälle, jossa ne t iskivät bufferi-jousia vasten. Tämä ei tuottamana piikkimäistä rekyyliä vaan rekyyli oli tunnettavissa vasta sarjatulella 2-3 laukauksen jälkeen. Mekanismilla päästiin myös lyhyillä sarjoilla 1800 ls/min tulinopeuksiin. "Abatan" kokeilta tehtiin vuoteen 1986 saakka, kunnes ne yllättäen lopetettiin. [64] (s.161)

Suosituimmaksi aseeksi nousi kuitenkin Nikonov ASM, koska sillä oli saavutettu 130 %:n parannus. Nikonovin ratkaisua ei nähty käytössä kuin vasta vuonna 1994, nimellä AN94. AN94 ei kuitenkaan ollut valmis operatiiviseen käyttöön vielä valmistuessaan. [64] (s 163) 1990-luvun lopulla useammat asetehtaat kokeilivat AN-94 ratkaisuaan aseissa ja mieltymyksistä huolimatta

Neuvostoliiton romahduksen jälkeen kaikki merkittävimmät asetehtaat säilyivät Venäjällä, mutta epävakaa taloustilanne merkitsi aseiden lähes olematonta aseiden kehitystä. Kaksi viimeisintä asetta olivat ukrainalainen Vepr 5x45 mm ja armenialainen K-3. Nämä aseet ovat oliv yllättävän paljon samanlaisia eikä merkittäviä parannuksia tullut kuin AK74 pullub rakenteellisina [64] (s165-s166).

2.4 Nykyiset rynnäkkökiväärät

Vielä muutamia vuosia sitten rynnäkkökivääreissä ensisijainen vaatimus oli maksimaalinen lisälaitteiden kiinnityskisko kapasiteetti, jota tarvittiin kaikkien uusien laitteiden tähtäämiseen, tähtäämiseen ja nopeampaan tulitoimintaan. Keskimäärin noin 2.73 kg:n (6 lb) kiväärissä oli saman painon edestä lisälaitteita. Toisena asetyyppinä on tukiampujan aseiden suosio noussut, jotka ovat rakenteeltaan ja lisälaitteiltaan hyvin paljon rynnäkkökiväärin kaltaisia. Näillä aseilla pyritään pidempiin kantamiin ja siksi nämä aseet ovat usein kaliiperiltaan suurempia kuin rynnäkkökiväärät. [20]



Kuva 3: HK417

Kuva (3) HK417 on erikoisjoukoille ja jalkaväelle suunniteltu kivääri, jolla on parempi pysäytysvoima ja kantama kuin rynnäkkökivääreillä. Toinen tämän tyyppisten rynnäkkökiväärien tarve on tullut myös yhdysvaltojen merijalkaväeltä [8]

Nykyisten rynnäkkökiväärien tärkeimpinä ominaisuuksina pidetään niiden modulaarisuutta. Aseen modulaarisella rakenteella pyritty parantamaan aseiden monikäyttöisyyttä ja täyttämään paremmin vaatimusten mukaisuus erilaisiin tehtäviin ja tilanteisiin. Yhtenevää määritelmää ei myöskään modulaarisuudelle ole olemassa. Modulaariset aseet tarjoavat käyttäjälleen mahdollisuuksia eri tähtäinten ja lisälaitteiden käytölle, vaihtaa piippua ja muita aseessa kuluvia osia. Vaikka aseet olisivat varusteltu ja tarkoitettu taistelutehtäviin, on aseiden perusrakenne, osat ja ampumatarvikkeet toisten aseiden kanssa yhteensopivia. Laajasti valmistetuista Toisen maailmasodan jälkeisistä aseista puuttuivat lähes kaikki nuo ominaisuudet. Mikäli aseita tarvitsi korjata tai varustella eri lisälaitteilla, se vaati aina aseseppän työtä tai työn mittavuus saattoi tehdä asian kannattamattomaksi, kuten piipun vaihtaminen. [20] (s.26)

2.5 Rynnäkkökivääri kokeiluja

1980-luvulla käynnistettiin Yhdysvalloissa ACR -ohjelma (*Advanced Combat Rifle*), jonka tavoitteena oli kehittää M16A2 rynnäkkökivääriä 100% tehokkaampi ase. Saavuttaakseen tehokkuus vaatimukset, aseissa kokeiltiin hylsytömiä patruunoita, flechette tyyllisiä nuoliammuksia sekä duplex-luodillisia ampumatarvikkeita. Aseiden testaaminen aloitettiin vuonna 1989 ja kaikilla ratkaisulla saavutettiin parempi osumistodennäköisyys kuin M16A2 kiväärillä. 100 %:n tehokkuuden parantamiseen ei kuitenkaan päästy ja ohjelma päätettiin 90-luvun alussa. [46] s.190

Ohjelman epäonnistuminen osoitti, teknologisen kehityksen olevan huipussaan ja tehokkuuden kehittäminen tulisi vaatimaan jotain mullistavan kehittämistä. Fort Beningin Jalkaväkikoulu raportoi jo vuonna 1985, ettei parempiin osumistodennäköisyyksiin voida päästä ilman aikasytetyisiä, sirpaloituvia ja ilmassa räjähtäviä ammuksia. Aseissa tulisi olla myös ammunnanhallintajärjestelmä, joka etäisyyksiä mitattaessa ohjelmoisi ammuksia räjähtämään suoraan halutun kohteen yläpuolella [64] 190)

Vuonna 1989 TRADOC julkaisi Small Arms Master Plan (SAMP). Asiakirjassa mukaan ainoa tapa kasvattaa merkittävästi tehokkuutta, on kehittää *Objective Individual Weapon* (OICW) aseperhe ratkaisu. Kehitettävään aseperheeseen kuuluisivat kaikki eri tehtäväroolien aseet. Aseissa hyödynnettäisiin viimeisintä tekniikkaa tähystyksessä ja tulitoiminnan seuraamiseksi. Aseilla piti pystyä ampumaan ilmassa räjähtävien kranaatteja ja saman aikaisesti ampumaan tavallisia patruunoita. [64] s.191

Tarkoituksena oli kehittää kevyt komposiittirunkoinen ase, joka käytti 5.56 mm kaliiperin patruunaa kineettiseen vaikuttamiseen ja 20 mm ilmaräjähteisiä sekä aika sytytyksellä varustettuja kranaatteja suojautuneiden kohteiden tuhoamiseen. Kranaatit ohjelmoitaisiin ammunnanhallintajärjestelmällä, joka olisi myös pimeätoiminta kykyinen. Kokonaisratkaisuna järjestelmä oli alusta alkaen vaikeuksissa aseiden ergonomian ja painon kanssa. Tavoite painoksi aseella asetettiin 6.8 kg, mutta kyettiin pääsemään vain 8.2 kg. [46] (s 191)

Kenttäkelpoiseen ratkaisuun pääsemiseksi projekti päätettiin jakaa kahteen osaan. Toisena kehitettiin kranaatteja ampuvaa kivääriä ja rynnäkkökivääriin. Kiväärikranaatteja ampuvan puoliautomaattiseen kranaatit muutettiin 25 mm kranaateiksi. Prototyypin nimettiin XM25.

HK-USA ja Picatinny Arsenal jatkoivat kiväärikaliiperisen rynnäkkökiväärin kehittämistä. XM8 on polymeerirunkoinen ja sen toimintatapana on lyhytiskuinen kaasumäntätoiminen ase. Ase perustuu pitkälle saksalaisen Heckler & Koch:n G36 rynnäkkökivääriin. Aseen kehykseen on mahdollista vaihtaa piippua ja kiinnittää erilaisia lisälaitteita.

Polymeerirunkoisuudella aseesta saatiin yli 20 % keveämpi, kuin M4A1 modulaarisesta rynnäkkökivääristä. Aseen viritinvipu, vaihtimet ja salvat ovat käytettävissä molemmin käsisesti. Perän pituus on säädettävissä viisi portaisesti. Aseen tähtäimenä on patterikäyttöinen punapistetähtäin, jossa on sisään rakennettu näkyvän valon ja IR-alueen laserosoitin. [64] (s.207)

Aseen modulaarinen rakenne, tähtäimen ominaisuudet ja säädettävä perä tekivät aseesta monikäyttöisen. Ase oli säädettävissä jokaiselle käyttäjälle ja jokaiseen tilanteeseen sopivaksi. Piippua ja optiikkaa vaihtamalla ase oli varustettavissa jokaiseen tehtävään. Aseeseen oli saatavissa piippuja 229-508 mm:n pituuksilla. Pidemmällä piipulla ja etujaloilla ase voitiin varustaa optiikan kanssa tarkkuuskivääriksi ja rumpulippailla konekivääriksi.

Vaikkakaan kaliiperin vaihtaminen ei aseessa ollut mahdollista, täytti se kaikkia edeltäjiään paremmin modulaarisuuden tavoitteen. Aseen osien vaihtamalla voitiin ase varustaa optimaalisesti jokaiseen tehtävään. Aseesta voitiin käytännössä kasata kaikki ryhmätason aseet ja vieläpä keskenään yhteensopivin osin. Millään aikaisemmalla aseella tämä ei ollut mahdollista. Pitkällisten evaluointien jälkeen Yhdysvaltojen maavoimat päättivät 2000-luvun alussa korvata XM8 mallin aseilla M16 ja M4 sarjan aseensa. Kuitenkin 911- tapahtumien myötä hankinta keskeytettiin. [20] (s.26)

Ensimmäisiä modulaarisen rakenteen omaavia aseita FN Herstalin FAL kivääri. Aseen tuotanto merkitsi yhä enemmän yleistynyttä muutosta kiväärien suunnittelussa kohti modulaarista rakennetta. AR-15 kiväärit valmistettiin alun perin vakiokonfiguraationa, etenkin ensimmäinen M16 versio. Myöhemmät versiot alkoivat paremmin huomioimaan edellisten mallien kanssa mekaanisesti samanlaisia osia. Aseen kehyksen oli kaksiosainen, joka salli käyttäjän tai vaihtaa aseensa nk. yläkertoja. Vaihtamisella voitiin säädellä piippujen pituuksia, painoja ja liekinsammuttimia. Varhaisia Coltin CAR-15 sarjan aseita markkinoitiin aseiden perheenä. [20] (s.26)

Monet valmistajat alkoivat valmistaa aseita, joissa oli enemmän yhteensopivia osia kustannusten ja käytännön syiden vuoksi. Asetetut vaatimukset erilaiset varaosien vähentämiseksi ja mahdollisimman kattavan yhteensopivuuden takaaminen eri aseversioiden kesken, johti vääjäämättä tietynlaiseen modulaarisuuteen. [20] (s.26)

Tehokkuus

Aseilla pyritään sen tehokkuuden maksimoimiseen. Se miten tehokkuus ymmärretään, voidaan selittää usealla eri tavalla

Asejärjestelmä	Aseen pituus	Perän pituus*
7.62 RK 62	93,5 cm	34 cm
7.62 RK 95 TP	94,5/69,5 cm	34,5 cm
7.62 AKMS	92/65,5 cm	33 cm
5.45 AKS-74/AK-74M	94/69,5 cm	32 cm
5.56 M16A1	98,5 cm	33 cm
5.56 M16A4	100,5 cm	34,5 cm
5.56 M4/M4A1	84–75,5 cm	33–24,5 cm
5.56 FN SCAR-L	90–84/65,5 cm	35,5–29,5 cm
5.56 StG-77A1 (AUG A1)	80,5 cm	38 cm
7.92 StG-44 (MP-43/44)	93,5 cm	36 cm

Kuva 4: asejärjestelmä ja pituudet

.223 remingtonin patruunan kehitystyön käynnistyessä vuonna 1977 otettiin Ranskassa käyttöön FAMAS F1 rynnäkkökivääri. FAMAS:n teoreettinen tulinopeus oli n.1200 laukausta minuutissa, kun sen ylikuumentumisen raja oli yli 250 laukausta minuutissa. 10 lippaan (a²⁵) ampuminen nopeasti taisteluissa saattoi siis johtaa aseiden rikkoontumiseen. [6] (s.30)

Samalla taistelijan kykeni kantamaan aikaisempaa enemmän ampumatarvikkeita ja yksilöllinen tulivoima kasvoi. Ennen ensimmäistä maailmansotaa jalkaväkiaseiden tulentehon ajateltiin muodostuvan joukon kollektiivisesta tulenkäytöstä. Toisen maailmasodan jälkeen tulentehon alettiin määritellä yksittäisen taistelijan kykynä vaikuttaa kohteisiinsa ja konekivääristä muodostui kollektiivisen tulenkäytön korvaaja. [6] (s.40)

Hitchmanin raportin mukaan jalkaväen yhdenaikaisella tulenkäytöllä kyettiin vain 5% osumatodennäköisyyksiin 500 jaardin etäisyydelle ja vielä alle 10 %:n 400 jaardin etäisyydelle.aseiden tehokkaan kantaman pienentämisellä oli myöhemmälle tulevaisuuden kehityksen kannalta merkittäviä vaikutuksia .[6] (s.40) Sitä ei välttämättä osattu ennakoida ja vaikutukset havaittiinkin vasta hyvin myöhään. Ensiksi jalkaväen aseiden tehokkuuden arvioiminen yksinkertaistui ja tieteellinen arvioiminen keskittyi osumistodennäköisyyteen (pH) ja terminaaliseen tehokkuuteen (pI/H). Toiseksi tehokkaan kantamana 300 metriä oli etäisyytenä varsin lyhyt, sillä se kyettiin takaamaan lähes kaikilla aseilla. [6] (s.40)

2.6 Yhteenveto rynnäkkökiväärien kehityksestä

Viime vuosisadan kuluessa tulivoimaa ja tulentehoa on keskitetty yhä alemmille organisaatiotasolle. Se on luonut mahdollisuudet yhä pienempien joukkojen hallita suurempia alueita ja vaikuttaa vastustajaan yhä tehokkaammin. Yhden konekivääreillä varustetun taistelijaparin tulenteho ylittää kokonaisen 1800-luvun aikaisen rykmentin kiväärimiehiä. Ryhmästä on muodostunut taisteluteknisen tason pienin organisaatorakenne.

Rynnäkkökivääri konsepti kehittyi kahden maailman sodan kokemusten ja havaintojen pohjalta. Aikaisemmat jalkaväen perusaseina käytetyt kiväärit oli suunniteltu alun perin pidemmille ampumaetäisyyksille, mutta ne olivat liian pitkiä, raskaita ja kömpelöitä käyttää. [4] Tulivoiman lisäämisen tarve, johti jalkaväen aseistuksen käytännön tehokkaan kantaman tipumiseen alle 400 metriin. [6] (s.41)

Rynnäkkökiväärien valmistaminen alkoi laajamittaisesti 1950- luvulla. Rynnäkkökivääreistä tuli useimpien jalkaväkijoukkojen ensisijaisia aseita ja sen vuoksi varmasti lukumääräisesti eniten valmistettuja sotilaallisen käyttötarkoituksen asejärjestelmiä [4] . Yleisimmiksi rynnä-

näkkökiväärien kaliipereiksi tulivat NATO standardin mukainen 5.56 x 45 mm ja Varsovan liiton 5.45 x 39 mm ja 7.62 x 39 mm ampumatarvikkeet.

Ainakin kolme syytä on rajoittanut uusien kaliiperien ja aseiden käyttöön ottamista:

1. Aseiden kestävyys ja valtioiden haluttomuus korvata niitä uusilla. Koko asejärjestelmän korvaaminen vaatii vähintään vuosikymmenen.
2. Muutamalle harvalle kaliiperivaihtoehdolle löytyy lukuisia eri valmistajia ja toimittajia, mukaan lukien eri maiden ylijäämä ampumatarvikkeet.
3. Ampumatarvikkeiden yhteensopivuus etenkin NATO-maiden kesken rajoittaa uusien kaliiperien laajamittaisen käyttöön ottamisen jäsen maissa. [4] .

Useiden maiden armeijat modernisoivat aseitaan pienin muutoksin ja lisävarusteita hankkimalla ennemmin, kuin korvasivat aseitaan hankkimalla täysin uusia. Aseiden varusteet olivat suurimmaksi osin kaupallisesti saatavilla olevia. Aseisiin lisätiin optisia tähtäimiä, etäisyysmittareita, taktisia valaisimia ja muita välineitä joilla suorituskykyä saatiin nostettua. Pieniin muutostöihin kuuluivat aseiden kahvojen, kiskollisten kädensuojuksien vaihtaminen ja etujalkojen lisääminen. Vaikka ulkoisesti aseet muuttuivat edeltäjiinsä verrattuna, säilyivät aseet keskeisistä osiltaan muuttumattomina. [4] .

Suurimmaksi osin sotilasorganisaatiot suosivat aseissa yksinkertaisia ja kustannustehokkaita ratkaisuja. Yksinkertaisimmat mallit osoittautuivat kestävimiksi ja helppokäyttöisimmiksi haastavissa olosuhteissa ja ympäristössä. Tästä syystä esimerkiksi 1940-luvulta alkujaan oleva AK-47 ja sen eri versiot ovat löytäneet markkinansa vuosi toisensa [4] . AK ja AR rynnäkkökiväärien variaatiot ovat maailman yhdet esimerkit maailman eniten valmistetuista aseista. Tarkkaan arviota aseiden määristä ei kyetä edes esittämään ja eri arvioissa lukumääräiset erot ovat miljoonia aseita.

Model	Production dates	Production estimates (units)
AK-47 (and very close derivatives)	1950s onwards	35-100 million*
M16 (and derivatives, including the M4 and C7/8)	1960s onwards	8-12 million

Kuva 5: AK [4]

3. AMPUMATARVIKKEIDEN OMINAISUUDET JA KEHITYS

3.1 Tavanomaiset kiväärin patruunat

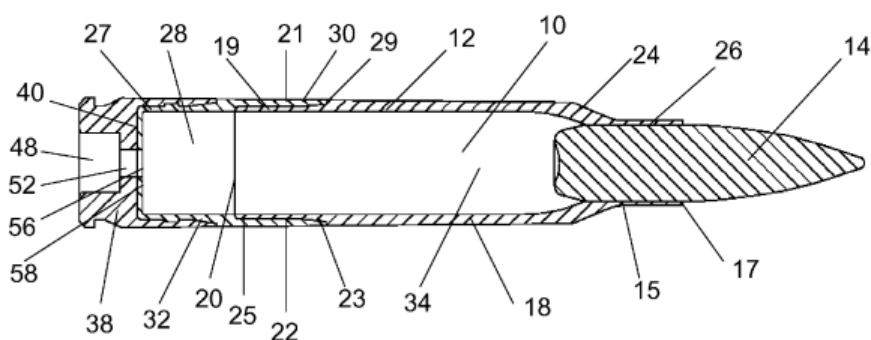
Itselataavien kiväärien yleistyminen sotilaskäyttöön oli mahdollista kahdesta teknisestä kehitysaskeleesta. Savuttoman ruudin käyttöön ottaminen ja patruunoiden lataamisesta metallihylsyyn. Luodin ja ruudin lataaminen metallihylsyyn mahdollisti ilma- ja vesitiiviin kuljetustavan patruunoille, millä saavutettiin, parempi toimintavarmuus eri olosuhteiden vaikutuksille. [20] (s.15-16)

Hylsyn raaka-aineena käytetään yleisesti hylsinessinkkiä joka on kuparin ja sinkin seosta (72% Cu ja 28% Zn). Toisesta maailmansodasta alkaen on kuparin säästämiseksi käytetty myös terästä hylsyjen materiaalina. Teräshylsyt joudutaan yleensä pintakäsittelyyn lakkaamalla, joka lisää lukon sulku-olakerasituksia. Teräshylsillä ei synny messinkihylsyn kaltaista kitkaa patruunapesään, jonka takia ase-ulosvetäjä kohdistuvat voimat ovat pienemmät. [60] (s. 186)

Luodit jaetaan rakenteensa perusteella normaali- ja erikoisluoteihin. Normaalit luodit on suunniteltu vaikuttamaan elävään kohteeseen iskuenergiallaan. Tehokkain vaikutus saavutetaan, kun luodin koko kineettinen-energia purkautuu kohteeseen, jolloin luodin tulee pysähtyä kohteensa sisälle. Toisaalta luodeilta vaaditaan riittävää läpäisykykyä, jotta se pystyy läpäisemään kohteen edessä tai suojana olevat esteet, kuten taistelu- ja suojavarustuksen, kasvillisuuden tai heikot suojarakenteet. Tunkeutumiskykyä ja pysähtymistä kohteeseen voidaan parantaa luodin muotoilulla, niin että se muotoutuu ja/tai menettää vakavuutensa tunkeutessaan. [60] (s. 188)

3.2 Polymeerihylsyiset patruunat

Polymeerihylsyisten patruunoiden on ymmärretty jo pitkään keventävän patruunoita. Toiseksi polymeerihylsyillä ampumatarvikkeen tuotantokustannukset saadaan alennettua ja päästään riippumattomuuteen tavanomaisten patruunoiden strategisesti tärkeistä metalleista. (ARES



Kuva 6: Polymeerihylsy US patentti, US7610858 B2

Teksiläinen yritys True Velocity kehitti polymeerihylsyisen patruunan alun perin helikopterien tukiaseita varten tavoitteena vähentää patruunan painoa. Polymeeripatruunassa on hylsyn kanta valmistettu metallista, joka luultavimmin on terästä. Muu osa hylsystä on valmistettu kahdesta polymeerimuovisesta osasta, jotka kiinnittyvät yhteen luodin olon alle. Metallisella hylsyn pohjaosalla hylsystä on saatu vahvempi. [13]

Muovisten ampumatarvikkeiden valmistusmenetelmien puutteisiin lukeutuvat luodin mahdollisuus painautua hylsyn sisään tai luoti voi pudota irti hylsystä. Luotien irrotessa hylsystä ei riittäviä laukauspaineita saada muodostettua. Hylsyn avautuvat osat voivat myös katketa ja aiheuttaa aseessa laukaushäiriön. Edellä mainittujen puutteiden korjaamiseksi tarvittiin parannuksia hylsyn suunnitteluun ja suorituskykyisempiin polymeerimateriaaleihin. Luodin täytyy

3.3 Teleskooppiset hylsyttömät patruunat (CLA)

Hylsystä muodostuu noin 50 % tavanomaisen patruunan painosta. Hylsyttömillä patruunoilla voitaisiin siis kaksinkertaistaa taistelijan kantama ampumatarvike määrä, kasvattamatta taistelijan kantamaa kokonaistaakkaa [6] s.33 Vastaavasti taistelijan tarvitseman tuliannoksen paino puolittuu hylsyttömällä patruunoilla.

Hylsyttömien patruunoiden kehittäminen jäi kokeiluiksi, koska ilman aktiivista aseiden jäähdytystä, hylsyttömät patruunat ylikuumentavat aseiden todella paljon alhaisemmin tulinopeuksilla ja laukaus määrillä, kuin vastaavat aseet normaalilla patruunalla. Suurempi ampumatarvike kapasiteetti ei kuitenkaan kompensoinut ylikuumentamisen heikkoutta, vaan aiheutti ennemmin turvallisuusriskin. Käyttöturvallisuus haaste havaittiin G-11 aseiden testeissä 1977-1979. [6] (s.33)

Cased telescoped cartridge (CTA) on vapaasti suomennettuna teleskooppinen patruuna. CT-patruunoissa luoti on istutettu koko pituudeltaan sylinterimäiseen koteloon. Lyhentämään patruunan kokonaispituutta. Luoti on myös upotettu koko pituudeltaan ruudin/ ajoaineen sisään. Varhaisimmissa CT-patruunoissa luoti istutettiin ajoaineen päälle, kun taas uusissa se on kokonaan ajoaineen sisässä. Tämän erottavan tekijän takia aikaisempia patruunoita tai haulikon patruunaa ei mielletä CT-patruunaksi. Teleskooppisissa hylsytömissä patruunoissa (*caseless telescoped ammunition, CLA*) ei ole nimensä mukaisesti erillistä hylsyä lainkaan. Hylsytömiin patruunoiden runko muodostuu ruudista, joka on pinnoitettu kestäväksi. Puristettu ruuti sisältää normaalin nallin ja tehosteaineen, jolla saavutetaan ruudin täydellinen syttyminen. Teleskooppinen hylsytön patruuna eroaa muista hylsytömistä patruunoista luodin upottamisessa kokonaan sen rungon sisään. [19]

Nykyiset CT-patruunat on sylinterimäisiä, mistä on tehty aiemmin muitakin versioita. 1971 Yhdysvallat tekivät useita testejä uuden pieni kaliiperisen ampumatarvikkeen valitsemiseksi. Yksi kilpailevista vaihtoehtoista oli saksalaisen Hekler & Kochin G11 kivääri, joka käytti ampumatarvikkeena rungoltaan neliskanttista 4.7 mm CT-patruunaa. Ase ja ampumatarvike ei menestynyt testeissä, mutta oli ensimmäinen kerta, kun teleskooppista hylsytöntä patruuna kokeiltiin. Kehitetty rakenne ja ratkaisu toimivat kuitenkin pohjana useille myöhemmille hylsytömiin patruunoiden kokeiluille. [19] (s.19)

Suurin syy patruunan huonoon menestykseen oli sen itsesyttymisessä (*cook-off*) aseiden kuumennuttua ampumisesta. Teknisenä ratkaisuna ongelmaan kokeiltiin kehittyneempää ruutia, jota kutsuttiin HITP- ruudiksi.

Yhdysvaltojen NGSW ohjelman ydin on muodostunut 6.8 mm kaliiperin patruunalle, jonka on tarkoitus toimia ryhmätason aseiden yleiskaliiperina (general purpose). Patruunan on ilmoitettu läpäisevän nykyisin ja tulevaisuudessa käytettävät keraamiset suojalevyt. Patruunassa käytetään 8.75 g:n luotia ja sen lähtönopeudet ovat nykyisiä ampumatarvikkeita huomattavan paljon korkeammat. Arvioiden mukaan patruunalla saavutettaisiin 914 -1067 m/s (3000-3300 ft/s) lähtönopeuksia. Näin korkeiden lähtönopeuksiin yltäminen, on mahdollista käyttämällä korkeapaineisia CT-patruunoita, mikä nostaisi laukauspaineet 520 - 690 MPa (5303 - 7036 kg/cm²) tasolle. Tavanomaisella hylsillä näiden suoritusarvojen saavuttaminen olisi erittäin haasteellinen tehtävä, sillä hylsyt eivät todennäköisesti kestäisi tuota painetta. [19] Tavallisen sotilaspatruunan laukauspaineet ovat 343 MPa (3500kg/cm²) luokassa. Huomattava on, että sotilaspatruunat on suunniteltu varsin maltillisille laukauspaineille [64] (s.38) Tavallisen sotilaspatruunan kehittämisvara ei kuitenkaan riitä 1.5- 2 kertaiseen paineen kasvatamiseen.

3.4 Ampumatarvikkeen terminaaliballistiikka

Terminaaliballistiikkaan osa-alueelle liittyvää tutkimusta eri tieteen ja tekniikanaloilla, mutta eri tarkoituksia varten erilaisista lähtökohdista. Sotilaallisessa kontekstissa tutkitaan yleensä eri ampumatarvikkeiden kykyä vammauttaa tai tehdä toimintakyvyttömäksi elävä kohde tai vaihtoehtoisesti tarkoituksena voi olla elävän kohteen suojaaminen näiltä vaikutuksilta. Oikeuslääketieteessä taas haava/vammaballistiikan tutkimus perustuu vammojen tutkimukseen, jonka tarkoituksena on osoittaa tietyn aseiden ja ampumatarvikkeiden käytöstä todistekelpoisia tekijöitä. Lääketieteessä terminaaliballistiikan tutkimus on keskittynyt ensisijaisesti ampumavammojen ensiapua ja hoitamista varten. Tässä tutkimuksessa ampumatarvikkeiden vaikutuksia selvitetessä kaikkien näiden alojen havaintoja ja tuloksia on hyödynnetty kokonaisvaltaisesti.

Tavalliset luodit on suunniteltu vaikuttamaan elävään kohteeseen iskuenergiallaan. Tehokkain vaikutus saavutetaan, kun luodin koko liike-energia siirtymään kohteeseen, ts. luoti pysähtyy kohteeseensa. Toisaalta luodeilta vaaditaan sellainen kyky läpäisyyn, että niillä kyetään läpäisemään kohteen suojana olevat esteet, kuten taisteluvälineiden ja kevyet suojarakenteet. Luodin pysähtymistä kohteeseen voidaan edesauttaa sellaisella luodilla, joka muotoutuu ja/tai menettää vakavuutensa tunkeutumisen jälkeen. [60](s.318)

Luodin tunkeutuessa kohteeseen se pyrkii säilyttämään läpäisylle edullisen muotonsa.

Kun tunkeutumismästä kohteeseen ylittää luodin muotoutumisvastuksen, luodin vaippa rikkoutuu ja kuoriutuu pois sydämen päältä. Kohteen laadusta eli käytännössä sen tiheydestä riippuen lyijy- tai terässydän jatkaa vielä tunkeutumistaan. [60](s.318)

Ampumavamman vaarallisuuteen vaikuttavat luodin

- muoto ja rakenne
- tulokulma vartaloon ja osumakohta
- deformatuminen tai pirstoutuminen osuessa
- kaatuminen kudoksessa ja ballistinen haavanmuodostus sekä
- kudoksen tiheys ja luodin nopeus osumahetkellä. [60](s.318)

Kokovaippaluoti (FMJ), jonka ydin (lyijy) ja vaippa (kuparisinkki tai teräs), ovat pehmeää ainetta, joka voi muokkautua törmäyksessä suojamateriaaliin, jolloin alkuperäinen poikkipinta-ala saattaa kasvaa ja tunkeutuminen kohteeseen muuttua. Lisäksi luoti voi sirpaloitua törmäyksessä. [60](s.318)

1900- luvun alussa osoitettiin 240 m/s etenevä 3 g:n painoisen teräskuulan tuottavan 86 J iskuenergian. Se pystyisi tunkeutumaan ja katkomaan ihmiskehon suurimpia luita ja aiheuttamaan tappavia vammoja. Vähimmäistehokkuus oli siis varsin helposti todettavissa, mutta riittävän tehokkuuden saavuttaminen avasikin jo Pandoran lippaan [6] (s.50)

Ihmisen ihon läpäisemiseksi on tutkittu riittävän vain 10 J luodin liike-energia, joten kiväärin luotia voidaan tämän vuoksi pitää vaarallisena lähes kaikille ampumaetäisyyksillä. [60](s.318) Pelkkä ihon läpäisy ei kuitenkaan tarkoita vielä sitä, että se kaikissa tapauksissa vammauttaisi vakavasti tai saattaisi kohteen kokonaan toimintakyvyttömäksi.

Kineettinen energia oli tietävästi ensimmäinen kriteeri, jota käytettiin tieteellisesti tai vähintäänkin matemaattisesti terminaalisen tehokkuuden mittaamiseen. Ennen 90-lukua suurin osa terminaalista tutkimuksista mitattiin gelatiinista ensimmäisten 15 cm matkalta, eikä gelatiini kappaleet olleet vielä mitenkään standardoituja. Siksi varhaisempia tutkimuksia, tuloksia tai niiden mallien pätevyyttä voidaan pitää kyseenalaisina [6] (s.53)

luodin osuma aiheuttaa kudokseen tuhoa kahdella mekanismilla: suoraan kudoksia murskaavasti sekä toisaalta kudoksia venyttävästi. Pienienerginen luoti murskaa ensisijaisesti kudoksia ja aiheuttaa rajatumman kudostuhon kuin suurenergiainen luoti, joka murskaamisen lisäksi venyttää kudoksia. [3] Vamman vaarallisuus määrittyy sen mukaan, mihin kudokseen ja kohtaan kehoa luoti osuu. Tiivis kudokseksi absorboi luodin liike-energiaa suhteellisesti enemmän. Toisaalta eri kudokset ovat ihmiselle elintärkeämpiä kuin toiset. Pienempikin vamma elintärkeään elimeen on vaarallisempi, kuin suurempi vamma vähemmän merkitykselliseen kudokseen. Lisäksi kohdekudoksen venyvyys ja venytyksen sieto ovat olennaisia seikkoja ja vaikuttavat siihen, miten vakavaa vauriota luoti aiheuttaa [3]

Ampumatarvikkeiden kyky vaikuttaa eli saattaa kohde toimintakyvyttömäksi riippuu neljästä tekijästä. Ampumatarvikkeen tulee tunkeutua elävään kohteeseen riittävän syväälle tai sillä tulee kyetä läpäisemään suojamateriaaleja. Tästä ominaisuutta on kutsuttu tunkeutuvuudeksi tai läpäisykyvyksi. Joskus käsitteenä on käytetty myös uppoamista tai upottavuutta. Tunkeutuvuudella tai läpäisykyvyllä tarkoitetaan luotien kykyä edetä elävässä kudoksessa. Tunkeutuvuus on tärkein ominaisuus ampumatarvikkeesta. Tunkeutuvuus riippuu useita tekijöistä, joista tärkeimmät ovat luodin rakenne ja nopeus. Haavaontelon muodostuminen eli (kavitaatio) syntyy luodin tunkeutumisesta kudoksessa aiheuttaen kudonvaurioita. Haavaontelon muodostumiseen vaikuttaa luodin rakenne, sen nopeus ja poikkileikkaus pinta-ala. [22]

Väliaikainen haavaontelo (kavitaatio) on haavaontelon kokonaistilavuus, joka syntyy luodin tunkeutuessa kudokseen. Se muodostuu energian siirtymisestä ympäröivään kudokseen. Luoti aiheuttaa paineaallon kulkureitillään ja venyttää ja aiheuttaa kudonvaurioita. [22]

Luodin muotoutuminen tai sirpaloituminen. Luodin muotoutuminen johtuu tarkoituksellisesti suunnitellusta heikkoudesta luotiin. Luoti voi pysyä koossa, muotoutumalla iskusta sienimäiseksi tai se voi katketa osiin. Sirpaloituminen liittyy luodin tahattomaan pirstoutumiseen, joka ensisijaisesti johtuu luodin vaipan ja kuoren sirpaloitumisesta. Toissijaisesti luoti voi pirstoutua osumasta suojamateriaaliin tai luuhun. [22]

Yhdysvaltojen jalkaväkikeskuksen toimeksiannosta päätettiin testata 5.56 mm kaliiperin tehokkuutta. Kahden viraston toimesta Naval Surface Warfare Center ARDEC toteuttivat testaukset mutta saivat täysin erilaiset tulokset. Tämän jälkeen tehdyissä analyysissä selvisi, että molemmat virastot olivat tehneet testinsä täysin erilaisilla menetelmillä, mitkä eivät olleet mitenkään toisiinsa verrattavia. Tämä johti testausmenetelmien standardoimiseen. Standardoitujen tutkimusten jälkeen tuloksissa esiintyi poikkeavuuksia.

Armeijan tutkimuslaboratorion testauksien jälkeen ampumatarvikkeiden poikkeavuudet kyettiin tunnistamaan. Testaukset suoritettiin staattisten ja dynaamisten menetelmien yhdistelmänä. Tässä menetelmässä otetaan huomioon useita parametrejä siitä lähtien kun luoti jättää piipun, luodin vaikutuksen ballistisessa geelissä. Apuna käytetään dynaamista analyysityökalua, jolla korreloidaan gelatiinin vahinkoa virtuaaliseen ihmiskohteeseen. Menetelmällä saadaan täsmälliset havainnot aina ampumisesta kohteeseen saakka ja siinä yhdistetään tietokoneavusteisia simulaatioita live testaukseen.

Yhdysvaltojen armeijan käyttämät pienikaliiperiset ja suuren nopeuden omaavat luodit aiheuttavat erilaisen vammamekanismin kuin isommat kaliiperit. Luodin suorituskyky iskeytyessä kohteeseen riippuu myös luodin materiaalista, rakenteesta sekä kohteen ominaisuuksista. Luodin tunkeutuessa paksujen vaatteiden tai panssaroinnin läpi, toimii se eri tavalla kuin luoti, joka kohdistuu paljaaseen lihaan.

Kohteeseen törmättyään luoti tunkeutuu kudokseen ja alkaa menettää nopeuttaan. Luodin edessä kudoksesta vaikuttaa luotiin ja saa sen pyörimään epätasaisesti tai kaatumaan. Luodin kaatuminen tai sen pyöriminen riippuu luodin nopeudesta, iskukulmasta ja kudoksen tiheydestä. Jos luodissa on tarpeeksi nopeutta, voi se myös sirpaloitua.[20]

Tarpeeksi ohuessa kohteessa kaikki sirpaleet voivat mennä myös läpi, esim. käsivarresta. Venynyt kudos palautuu takaisin ja muodostaa niin sanotun väliaikaisen haavaontelon. Osa kudoksesta murtuu tai repeytyy, mutta väliaikainen haavaontelo palautuu lopulta. Pysyvä haavaontelo on kuitenkin merkittävin vamman aiheuttaja, sillä se lopulta tappaa, mikäli vammat ovat kehon kriittisissä kohdissa. [20]

Optimaalinen tasapainon saavuttaminen luodin ominaisuuksien välillä on erittäin tärkeää. Aiheutettu kudovaurioiden määrä on toki tärkeää, mutta sen on kohdistuttava elintärkeisiin kudoksiin. Jos luoti sirpaloituu välittömästi osumasta, se ei välttämättä läpäise kehon päällä tai edessä olevaa materiaalia vaikuttaakseen kudoksissa saakka. Luoti voi myös osumasta hajota lihaksen sisään saavuttamatta lihaksien takana olevia elintärkeämpiä kudoksia. Ominaisuuksiltaan luodin täytyy upota riittävästi saavuttaakseen ihmisen elintärkeät elimet ja aiheuttaakseen vammoja niihin. Tunkeutumiskykyä tulee rajoittaa niin paljon, ettei se läpäise koko kehoa ilman merkittäviä vammoja. Iskuenergia, jota ei saada välitettyä kohteeseen on merkityksetöntä. Tämän vuoksi iskuenergiaa pidetään huonona mittarina eri luotien vertailulle. [20]

JSWB IPT havaintona olivat, ettei yhdelläkään kaupallisesti saatavilla 5.56 x 45 mm ampu-
matarvikkeella saatu parempaa vaikutusta lähitaisteluetäisyyksillä, kuin jo käytössä olevalla
M855 patruunalla. Kaikki tämän kaliiperin patruunat suoriutuivat samalla tavoin 0-50 metrin
etäisyyksillä. [20]

Taisteluraporttien havainnot läpiampumisista kyettiin todentamaan luodin liikkeestä. Luoti ei
lennä lentoradallaan suoraan, vaan siihen vaikuttaa useita tekijöitä vaikuttaa mm. piipun rih-
lauksesta johtuva pyörivä liike. Rihlauksella pyritään liikkeen vakavoimiseen, mutta silti luo-
tiin aiheutuu vaappumista. 1-2 metrin etäisyyksillä piipusta vaappuminen on suurinta, mikä
voi olla useita asteita. Vaappuminen vähenee luodin edetessä ilmassa, kunnes se lähenee mak-
simi kantamaansa. Luodin vaappuminen kasvaa maksimi kantamalla ja lopulta luoti menettää
lentovakautensa. Luodin vaappumisella ei ole juurikaan merkitystä sen lentorataan, mutta sillä
on merkitystä missä iskukulmassa kevyt luoti osuu kohteeseensa. Luodin epäsäännöllinen
vaikutus on todennettavissa tästä ilmiöstä.

Luodin iskukulmalla on merkittävä vaikutus luodin vaikutukseen kohteessa. Merkitys kasvaa
luodin nopeuden hidastuessa. Tämän tapainen vaikutus voi esiintyä osuman tullessa vartalon
edessä oleviin materiaali kerrokseen, kuten suojaliiveihin, ajoneuvon lasiin jne. On hyvin to-
dennäköistä, että taistelijoiden raportoidessa aseiden tehottomuudesta, oli havainnon taustalla
iskukulmasta johtuva epäsäännöllisyys. [20]

Yhdysvaltain armeijan tohtori Facklerin tekemien testien mukaan 5.56 kaliiperin luodin no-
peuden on oltava yli 762 m/s (2500 ft/s), jotta se suurella todennäköisyydellä pirstoutuu osu-
essaan kohteeseen. 5.56 mm kaliiperilla se tarkoittaa alle 200 metrin etäisyyksiä.

Facklerin tutkimusten mukaan 70 %:ssa tapauksia 5.56 kaliiperin luoti etenee kudoksessa 12
cm ennen kaatumistaan. 15 %:ssa tapauksia luoti kaatui vasta tämän matkan jälkeen ja 15
%:ssa ennen 12 cm:n uppoutumista. Näiden tilastojen perusteella 85 %:ssa tapauksia luoti ei
siis kaadu tai sirpaloidu. Se tarkoittaa myös, että 5.56 kaliiperin patruunoilla ei saa

3.5 Ampumatarvikkeiden läpäisykyky

NIJ standardin mukaisessa testauksessa ampumaetäisyys kohteeseen on 15 m suojaustasoilla III-
IV (kivääri kaliiperit). Luotien nopeus ja mitataan valokennoilla niin, että mittauspisteiden puoli-
väli sijoittuu 2,5 m ennen kohdetta

Taulukko 1: Luodin nopeus

NIJ suojaustaso	ampumatarvike	luodin paino	luodin nopeus	iskuenergia(J)	MAX trauma
III	7.62 mm NATO FMJ	9.6 g	847 m/s	3444	44 mm
IV	.30 M2 AP	10.8 g	878 m/s	4163	44 mm

Taulukko 2: Suojaliivien suoja-arvot

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

Taulukko 3: Luotien iskuenergia

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

Kehittämisen oli alusta alkaen selvää, että rynnäkkökiväärin ampumatarvike tulee suunnitella taisteluista saatujen havaintojen perusteella. Käytännön tehokas maksimikantama määriteltiin, noin 300 metriin. Rekyylin tuli olla huomattavasti kevyempi kuin täysitehoisten taistelukiväärien tai konekiväärien. Kuitenkin tahto ja pyrkimys yksinkertaistamaan ampumatarvikevalikoimaa logistista syistä, johti myös rynnäkkökiväärien ampumatarvikkeissa suoraan täysitehoisten kivääricaliiperin käyttöön. [64] (s.52)

Toisen maailmansodan alussa oli jalkaväen käyttämissä aseissa suorituskyvyllinen aukko. Konepistoolit oli suunniteltu pistoolicaliipereille kuten 9 x19 mm tunnetuimpana. Lyhyillä patruunoilla ja etenkin luodin lyhyellä ja pyöreäkärkisellä muodolla, saavutettiin n.400-600J lähtöenergiat, joka jätti myös käytännön tehokkaan kantaman noin 150 m:iin. [64] (s.52)

Kivääreiden ja konekiväärien ampumatarvikkeet olivat varsin yhden mukaisia tehoissaan. Käytetyimpiä ampumatarvikkeita olivat saksalainen 7.92 x 57, venäläinen 7.62 x 54, brittiläinen 7.7 x 63 (.303) ja amerikkalainen 7.62 x 63 (.30-06). Näillä aseilla päästiin 3000 J-4000 J:n lähtöenergioihin. Sen vuoksi suorituskyvyn rajoittavin tekijä tuli ampujasta, kuin aseiden potentiaalisesta tehosta ja kantamasta. [64] (s.52)

Toisen maailman- ja Korean sodan taistelukokemukset jalkaväkioperaatioista tarkasteltiin mm kuuluisaksi tulleessa Hitchman-raportissa. Raportin mukaan suurin osa (~90 %) taisteluista käytiin enintään 300 jaardin (274 m) etäisyydelle. M1 Garand-kivääri oli tehokkuudeltaan tyydyttävää tasoa vain 100 jaardiin (91 m) saakka. Ratkaisuna aseiden tehokkaan käyttöetäisyyden kasvattaminen 300 jaardiin saakka, tehtiin pienentämällä kaliiperia ja lyhentämällä patruunaa. Tehokkaaseen vaikutukseen oli tarkoitus päästä käyttäen sarjatulta, jolloin kokonaisuajonalla kompensoitaisiin ampujasta aiheutuvat tähtäysvirheet. [6] (s.28)

Esimerkiksi ORO-T-160 raportissa erikseen korostettiin, että alle 100 jaardin taisteluetäisyyksille aseita tulisi käyttää kertatulella. Sarjatuleen ja hajontaan perustuva tulenkäyttö oli tarkoitettu yli 100 jaardin etäisyyksille. Ajatus tulenkäytöstä oli siis täysin päinvastainen nykyiseen käsitykseen. [6] (s.28)

Samaan aikaan tehtiin rinnakkaisesti työtä myös suuri nopeuksista patruunoista (SCHV), jossa kokeiltiin 5.56 mm kaliiperin patruunoita 1030 -1200 m/s lähtönopeuksilla. Havaintojen mukaan oli mahdollista pienentää patruunaa ja vähentää aseiden rekyyliä, sen vaikuttamatta kuitenkaan osumistodennäköisyyksiin tai kykyyn saattaa vastustaja toimintakyvyttömäksi. Kokeilutyö johti lopulta .223 Remingtonin (M193) patruunan käyttöön ottoon Yhdysvaltain armeijassa vuonna 1963. [6] (s.28)

1974-1975 vuosien aikana kokeiltiin .223 kaliiperin patruunoita myös 5g-5.5g luodeilla tarkoituksena kasvattaa käytännön tehokasta kantamaa. Patruunalta edellytettiin 600 metrin etäisyydelle vähintään 647 J iskuenergia. M193 patruunalla saavutettiin n. 230 J ja IWK:n patruunalla n.470 J iskuenergia. Huomattaessa että tavoitteen saavuttaminen oli mahdotonta, päätettiin M193 patruuna säilyttää ja päivittää vanhat pulttilukkoiset kiväärit uudelle patruunalle. 600 metrin etäisyydelle saavutettiin 0.89 osumatodennäköisyys ja 0.63 tuntemattomalle etäisyyksille 300-600 m:n välillä. Maalina käytettiin ranskalaista 0.45 m leveää ja 0.95 m korkeaa taulua. [6] (s.38) Kaikki muut tutkimukset johtivat epäselviin tuloksiin. 5.56 mm SS-109 patruunastatuli NATO:n kaliiperi vuonna 1982.

Aika ajoin esiintyy uskomuksia, jonka mukaan on parempi kyetä haavoittamaan vihollista kuin kyetä tappamaan. Perusteluna väitteelle on esitetty, että haavoittuneiden evakuointi ja hoitaminen sitovat vastustajan resursseja taistelukentällä. Kuitenkaan mitään todisteita ei ole löydettävissä, että juuri kyky haavoittamiseen olisi ollut merkittävä tekijä 5.56 kaliiperin valitsemisessa käyttöön. [10] (s.13) Sitä vastoin on lukuisia perusteluja sille miksi kyse olisikin vain virheellisestä ampumatarvikkeen valinnasta. Esimerkiksi Britanniassa kauriiden metsästämiseen vaaditaan vähintään 6 mm kaliiperi ja 2360 J:n lähtöenergia. 5.56 on ominaisuuksiltaan vastaava siviili mallin kanssa. Eikä sillä voida ampua maksimissa 18 kg:n painoisia eläimiä. Ei ole ihme miksi 5.56 kaliiperin patruuna pidetään heikkona ihmiskohteita vastaan.



Kuva 7: Range Problem[67]

3.6 Rynnäkkökiväärin ampumatarvikkeen tehokkuuden kehittäminen

Ampumatarvikkeen suorituskyky määrittää suurelta osin aseella saavutettavan potentiaalin. Aseen käyttämiseen liittyvät ominaisuudet vaikuttavat tähtäämiseen ja ampumiseen, mutta vaikutus riippuu ampumatarvikkeesta. Aseiden kehittämistoiminta tuleekin aloittaa määrittelemällä koko aseelta saavutettava ja haluttu vaikutus, niin suojautuneita kuin suojaamattomia kohteita vastaan.

Ensisijaisesti aseella tulee kyetä osumaan haluttuun kohteeseen. Ampumatarvikkeen osalta siihen vaikuttavat sen sisä- ja ulkoballistiset ominaisuudet. Asejärjestelmien suunnitteluperusteena on usein niiden suorituskyvyn maksimointi, jossa sen piipun suulta mitattu energia saadaan mahdollisimman suureksi. [60] (s 39).

Toisen maailmansodan aikana saksalaiset asesuunnittelijat arvioivat täysitehoisten kiväärien kaliiperien olevan liian tehokas jalkaväen käytettäväksi. Aseiden patruunat tuottivat voimakkaan rekyylin, olivat liian isoja ja painavia kannettavaksi taistelussa tarvittavia määriä. Ampumatarvikkeiden riittävyys osoittautui haasteeksi tulivoimaisilla aseilla, kun ampumatarvikkeiden kulutuskin kasvoi automaattiaseiden myötä. Ratkaisuna haasteeseen kehitettiin ensimmäinen keskitehoinen patruuna 7.92 X 33mm Kurtz (lyhyt) [20] (s16)

3.7 Vaatimukset ampumatarvikkeiden kehityksessä

Ampumatarvikkeen suunnittelussa ja valinnassa kilpailevat tekijät ovat suurimmaksi osin itsestään selvyyksiä. On vaikeaa kehittää patruuna, joka olisi samanaikaisesti tehokkaampi, keveämpi ja kaliiperiltaan pienempi. Vaikka patruuna täyttäisi tarvittavat vaatimukset, on usein osoittautunut, että ne ovat joko teholtaan tai kooltaan olleet liian suuria jalkaväen käytettäväksi. Esimerkiksi 1940-luvulla visioitiin 7.62 x 51 mm patruunaa täyttämään hyvinkin epätavanomaiset vaatimukset. Vaikka se suunniteltiin jalkaväen automaattiaseille, todettiin sen lopulta olevan liian raskas ja aiheuttavan liian suuren rekyylin. [19]

Taulukko 4: patruunoiden vertailu

Table 6.2 – Comparison of CT cartridges to 7.62 × 51 mm NATO cartridge

		7.62 × 51 NATO	7.62 CT	6.5 CT	5.56 CT
Size	Overall length (in)	2.8	2.032	2.032	1.556
	Case diameter (in)	0.487	0.504	0.504	0.419
Weight	Projectile weight (gr)	131	131	125	62
	Cartridge weight (gr)	362	240	237	127
	Cartridge weight savings	-	34%	35%	33%
	Belted weight, 200 rounds (lb)	12.2	7.5	-	3.8
	Belted weight savings	-	38%	-	39%
Volume	Volume (in ³)	0.486	0.398	0.398	0.215
	Volume reduction	-	18%	18%	12%

Notes: * Compared to 7.62 × 51 mm NATO.

† Compared to 5.56 × 45 mm NATO.

Source: Phillips & Shipley, 2016.

Taulukko 5: ampumatarvikkeiden kyvykkydet

Characteristic	Brass-cased (legacy)	Polymer-cased (conventional)	Polymer-cased (telescoped)	Caseless (telescoped)
Currently fielded	Yes	Yes	No	No
Reduced weight ^a	No	15-28%	37% or more	50%
Reduced volume ^b	No	No	12%	40%
Increased stowed rounds	No	Yes	Yes	Yes
Proven ballistic performance and reliability	Yes	Yes	Underway	No
Reduced production cost ^c	No	Yes (up to 20%)	Likely ^d	Undetermined
Reduced transport cost ^e	No	Yes (10-20%)	Yes	Yes
Reduced reliance on strategic materials	No	Yes	Yes	Undetermined ^f
Improved safety (resistance to cook-off)	No	Yes	Likely	≥ brass-cased ammunition
Can be produced with current tooling	Yes	Partially ^g	No	No
Reliant on new technologies	No	Partially	Yes	Yes

Täysin uusien ampumatarvikkeiden käyttöön ottamisen kustannukset ovat poikkeuksetta korkeita, kun sitä arvioidaan hinnassa ja riskeissä. Kokemuksiin tai tutkimuksiin pohjautuvat uudet ampumatarvikkeet, eivät ole yhteensopivia käytössä oleviin aseisiin. Uusia ampumatarvikkeita ei päädy käyttöön koska kustannukset ovat liian korkeita verrattuna saavutettaviin etuihin. [19] (s.34) Uusien ampumatarvikkeiden suurin jarruttaja on jo aikoinaan käyttöön päätyneet aseet ja ampumatarvikkeet. Täysin uusien kaliiperien käyttöön päätyminen toteutuu länsimaissa keskimäärin 50 vuoden välein eli äärimmäisen harvoin. [19] (s.34)

Armeijoiden konservatiivisesta suhtautumisesta uusiin ampumatarvikkeisiin voidaan päätellä, kaikista kehitteillä olevista ampumatarvike vaihtoehtoista kaikkein pienimmät kustannukset riskeissä ja hinnassa saavutetaan polymeerihylsyisillä ampumatarvikkeilla. Tavanomaisilla patruunoilla ei enää ole saavutettavissa mitään parannusta. Sen sijaan polymeerihylsyisillä ampumatarvikkeilla voitaisiin päästä 15-28% painon keventymiseen, riippuen kaliiperista. Toiseksi polymeerihylsyisten patruunoiden kohdalla voitaisiin säästää jopa 20 % patruunan tuotanto hinnassa ja 10-20% sen kuljetuskustannuksissa. Kuljetuskustannukset aiheutuvat ennen kaikkea painosta. Polymeerihylsyisen patruunan etuna on myös sen yhteensopivuus tavanomaiset ampumatarvikkeiden ja aseiden kanssa, sillä patruuna eroaa vain muovisella hylsyllään [19] (s.34)

3.8 Yhteenveto

Ampumatarvikkeen suunnittelussa ja kehittämisessä tulisi huomioida ainakin seuraavat ominaisuudet ja kyvyt. Luotien on kyettävä luotettavasti ja suurella todennäköisyydellä aiheuttamaan riittävän vakavia vammoja kohteen vammauttamiseksi keskivartalo osumasta lyhyille ja keskipitkille etäisyyksille. Luotien tulee kyetä läpäisemään laajasti erilaisia suojamateriaaleja ja säilyttäen ominaisuutensa suojaamattomassa kohteessa. [67] (s.8)

Ampumatarvikkeita valmistavat yhtiöt kehittävät ja tuovat markkinoille uusia ampumatarvikkeita eri kaliipereissa ja ominaisuuksilla hyvin nopeassa tahdissa. Siihen verrattuna sotilasaseiden ampumatarvikkeiden mahdollisuudet kehitykseen esiintyy askelittain noin kerran sukupolvessa. Sotilaskäyttöön suunnitellut ampumatarvikkeet ovat säilyneet lähes muuttumattomina koko sen aseiden suunnittelun elinkaaren. Ampumatarvikkeelta halutut ominaisuudet tulee suunnitella ja harkita hyvin huolellisesti, sillä uuden suorituskykyisemmän ampumatarvikkeen kehittäminen jo käytössä olevalle aseelle voi olla hyvin haasteellista. [59]

Yhdysvaltojen asettamat vaatimukset aseiden tehokkaalle kantamalle perustuu haluttuun yli-voima (overmatch) asetelmaan vastustajaan nähden. Aseiden suorituskyvyn on oltava parempi kuin oletetun vastustajan. Kokemukset Irakin ja Afganistanin operaatioista viittaavat siihen, että konekiväärien kantaman tulisi olla vähintään 1000 metriä, tarkka-ampujien ja tukiampujien aseiden 800 metriä ja rynnäkkökiväärillä 600 metriä. [59]

Armeija haluaa todennäköisesti ampumatarvikkeita, jotka eivät pelkästään täytä näitä kantamia, mutta ovat samalla mahdollisimman keveitä, jotta asejärjestelmän kokonaispainoa saadaan myös kevennettyä. Vaatimukset ovat tietysti ristiriitaisia, johon täytyy löytää paras mahdollinen kompromissi, joka täyttää kaikki ne tarpeet ja olosuhteet, joissa tulevaisuudessa voidaan joutua taistelemaan [59]

Parhaan kompromissin saavuttaminen edellyttää optimointia useiden muuttujien ja ominaisuuksien kesken. Osumatodennäköisyys (lentorata, lentoaika, tuulen vaikutus) maksimaaliselle etäisyydelle. Ampumatarvikkeen tehokkuus kaikkia kohteita vastaan (suojattuja ja suojaamattomia) koko tuolla tehokkaan käyttöetäisyyden sisällä. Lisäksi patruunan painon ja amunnassa aiheutuvat rekyyli on oltava hallittavissa. [59]

Avaintekijät optimaalisessa ampumatarvikkeessa yhdistyvät ampumatarvikkeen luodissa. Luodin on täytettävä halutut suorituskykyvaatimukset kuten sen tarkkuus ja läpäisykyky. Usein huomiotta jätetään luodin keskeisin ominaisuus, joka on sen hyvä aerodynaaminen kyky, eli teknisesti ilmaistuna luodin ballistinen kerroin (ballistic coefficient, BC). Mitä suurempi ballistinen kerroin luodilla on, sitä hitaammin luoti menettää nopeuttansa ja liike-energiaa. Mikäli halutaan myös samalla ampumatarvikkeen painon ja rekyylin vähentyvän. [59]

Ampumatarvikkeen luodin ballistinen kerroin (BC) muodostuu kahdesta tekijästä. Ensimmäinen on sen dynaamisesta stabiliteetista kertova poikkileikkaus pinta-ala (sectional density, SD), mikä muodostuu jaettaessa luodin paino sen otsapinta-alalla. Mille tahansa kaliiperille ja luodille painon kaksikertaistuminen kasvattaa kaksinkertaiseksi sen poikkileikkauspinta-alan. Toinen ominaisuus on muotokerroin (form factor, FF), mikä määrittelee ampumatarvikkeen aerodynaamisen muodon yli äänen äänennopeudeksi. [59]

Luodin ballistista kerrointa voidaan kasvattaa painavammalla luodilla tai parantamalla luodin muotoilua pidentämällä ja kaventamalla luodin kärkiosaa eli ogivaalia.

Taulukko 6 : Rynnäkkökiväärien eri ampumatarvikkeiden parametreja

ampumatarvike	7.62×39 mm M43 FMJ	7.62×51 mm NATO FMJ	5.56×45 mm NATO SS109 FMJ	6.5×38 mm Grendel	6.8×43 mm Rem. SPC FMJ
luodin paino m [g]	7.9	9.33	4	5.8	7.45
Lähtönopeus v_0 [m/s]	730	800	906	823	785
Lähtöenergia E_0 [J]	2 105	2 986	1 642	1 964	2 295

poikkileikkaus pinta-ala SD [g/mm ²]	0.173	0.205	0.165	0.175	0.205
piipun pituus [mm]	415	450	450	368	410
tehokas kantama [m]	800	600	600	600	300
patruunan paino [g]	16.3	25.4	11.8	14.7	16.8

Taulukko 7 Rynnäkkökiväärien eri ampumatarvikkeiden parametreja

patruuna	m_q [g]	BC G-7 [kg/m ²]	SD [g/mm ²]	V_0 [m/s]	E_m [J]	E_r [J]	l_{bar} [mm]	l_{car} [mm]
7.62×39 mm M43	7.9	13.29	0.173	730	2 105	4.16	415	56.00
7.62×51 mm NATO	9.33	9.95	0.205	800	2 986	6.96	450	69.90
5.56×45 mm NATO	4.0	13.42	0.165	906	1 642	1.64	450	57.40
6.5×38 mm Grendel	5.8	11.02	0.175	823	1 964	2.85	368	57.50
6.8×43 mm Rem. SPC	7.45	12.48	0.205	793	2 342	4.26	457	57.40
6×44 mm new	5.8	9.61	0.205	802	1 865	2.71	374	61.875

Taulukko 8 Eri kaliiperien kineettiset energiat

Kaliiperi [mm]	E_{defeat} (3.5 mm steel plate) [J]	E_{wound} [J]	E_{total} [J]
5.56	565	82	647
6	638	82	720
6.35	694	82	776
6.5	722	82	804
6.8	776	82	858
7	806	82	888
7.62	910	82	992

Mikäli ampumatarvikkeelta halutaan olevan riittävän tehokas pitkillekin etäisyyksille, on sen vastattava ominaisuuksiltaan vähintään tavallista 7.62 NATO patruunaa. Ominaisajonta, ulkoballistiset ominaisuudet ja kyky vaikuttaa kohteisiin vielä 1000 metriin. Jos taas ampumatarvikkeen halutaan olevan painoltaan keveämpiä ja rekyylissä miellyttävämpi, on sen oltava kaliiperiltaan pienempi kuin 7.62 x 51 NATO. Ristiriitaan voidaan hakea optimaalista ratkaisua kehittämällä ampumatarvike nykyisten käytössä olevien kaliiperien väliltä. Pienemmällä kaliiperilla ei voida saavuttaa 7.62 NATO lähtöenergiaa, mutta kuitenkin selvästi 5.56x45 patruuna suuremmat. Mikäli luodin ballistinen kerroin on pieni, vaikuttaa ilmanvastus siihen vähemmän ja voi tällöin pitemmille matkoille olla saavuttaa 7.62 NATO patruuna suuremmat energiat. [68]

Yhdysvalloissa ARDEC:n tekemissä testeissä verrattiin eri ampumatarvikkeita useilla eri kriteereillä, kuten läpäisykyky, terminaaliset vaikutukset, tarkkuus, lähtö- ja iskuenergia, ulkolliset ominaisuudet ja rekyyli. Testaukset tehtiin 6 mm, 6.35mm ja 6.8 mm ampumatarvikkeilla verraten kaikkia ominaisuuksia käytössä oleviin 5.56 ja 7.62 NATO patruunoiden ominaisuuksiin. Tutkimuksen johtopäätöksenä todettiin, että 6.35mm - 6.8 mm kaliipereilla saavutetaan optimaalisimmat ominaisuudet. [68]

Historialliset todisteet ja havainnot viittaavat vahvasti siihen, että yhden yleiskaliiperinen ampumatarvike olisi kehitettävissä. Ampumatarviketta voitaisiin käyttää ominaisuuksien puolesta kaikkien taistelevien joukkojen eri aseilla ja tehtävästä riippumatta. Ballistiset tutkimukset osoittavat, ettei 5.56 x 45 NATO kaliiperin patruunan verrattuna voida saavuttaa mitään merkittävää suorituskyvyn parannusta alle 6 mm kaliiperin. Tätä voidaan pitää siis kaliiperin alarajana. Vastaavasti ylärajana kaliiperille voidaan pitää Britanniassa jo yli puolivuosisataa sitten kehitettyä 7 x 43 mm ampumatarviketta. [10]

Kaliiperin jälkeen ampumatarvikkeen seuraavaksi tärkeimmät ominaisuudet ovat luodin painossa ja saavutettavissa nopeuksissa. Eri kaliiperin luoteja voidaan verrata poikkileikkauspinta-alan (*sectional density*) eli painon ja otsapinta-alan välistä suhdetta ilmaisevilla SD-arvoilla. Poikkileikkauspinta-ala osoittaa luodin dynaamista stabiliteettiä. [10] (s15)

Painavammalla luodilla on aina suurempi dynaaminen stabiliteetti ja siten se kykenee ylläpitämään nopeutensa pitkille etäisyyksille. Luodin poikkileikkauspinta-alan on oltava vähintään .230, jotta se oli dynaamiselta stabiliteetiltään 7.62 kaliiperia parempi. 7,62 x 51 NATO patruunan SD-arvo on 0.217. Mikäli halutaan edelleen kasvattaa ampumatarvikkeen kantamaa, tulisi SD-arvon olla lähempänä 0.250. [10] (s15)

Lähtöenergian $E_0 = \frac{1}{2} mv^2$ tulee olla korkeintaan 2500J, jotta voitaisiin saavuttaa suotuisa tasapaino ampumatarvikkeen tehon ja rekyylin kanssa. Pienemmät kaliiperit tarvitsevat vähemmän energiaa läpäistäkseen panssaria. [10] (s15)

Taulukko 9 Eri kaliiperin lähtönopeudet ja energiat, poikkileikkauspinta-alalla

kaliiperi (mm/tuuma)	luodin paino (g) SD arvoilla .230 -.250	lähtönopeus (m/s)	energia E_0 (J)
7 mm /.276"	8,4 -9,1 g	772- 741 m/s	2500J
6.8 mm /.270"	8,0-8,7 g	782 - 750	2445 J
6.5 mm/.258"	7,3 - 7,9 g	800- 769	2335J

6.35 mm /.250"	6,9 -7,5 g	810 - 777	2265 J
6 mm / .240"	6,2- 6,7g	838- 806	2175 J
7.62mm /.300"	9,3 g	848	3352J
5.56 mm /.220 "	4,0 g	940	1767 J

Mikä tahansa taulukossa esitetyistä viidestä uudesta kaliiperi vaihtoehdosta olisi aina 5,56 ampuma tarviketta tehokkaampia. 5.56 mm ampumatarvikkeen laukauspaine on noin 310 MPa, kun kehitteillä olevalla 6.8 ampumatarvikkeella se on noin 400-550 MPa luokkaa. Suuremmilla laukauspaineilla päästään suurempiin lähtönopeuksiin, jolla saavutetaan pidempiä kantamia. 6.8mm:n ampumatarvikkeen odotetaan kykenevän lävistämään uusimpien suojalii-vien panssaroinnin vielä 600 metrin etäisyydeltä, säilyttäen silti tappavan vaikutuksen. [8]

4. MODULAARISET ASEET JA KEHITTEILLÄ OLEVAT ASEET

4.1 Modulaariset aseet

2000-luvun alussa syntyi tarve rynnäkkökivääriäryypille, jota käyttäjä voisi helposti muuttaa ja varustaa vastaamaan erilaisia toimintavaatimuksia tehtävien ja tilanteiden mukaan. Aseeseen kuuluu lisävarusteita, joilla ase voidaan varustaa kulloisenkin tehtävässä tarvittavin välinein. Tämä tarve johti asesuunnittelun osalta ns. modulaarisen aseiden kehittämiseen. [27] (s.24) Käsitteenä aseiden modulaarisuus on yksinkertainen. Jokaisen aseiden ydinosa muodostuu sen runkosta/kehuksesta, johon aseiden käyttäjä voi vaihtaa ja kiinnittää kaikkia aseeseen kuuluvia osia tai lisälaitteita. Asetta muokataan tehtävien vaatimusten mukaisiksi muuttamalla sitä erilaisilla osilla ja laitteilla. [45] Teknisesti käsite on monimutkaisempi sovellettaessa sitä käsiaseisiin. Modulaarisuus ymmärretään usein virheellisesti aseiden ympärille kiinnitettäviin lisävarusteisiin, jotka parantavat aseiden suorituskykyä tai muuttavat sen ulkonäköä. [27] (s.27)

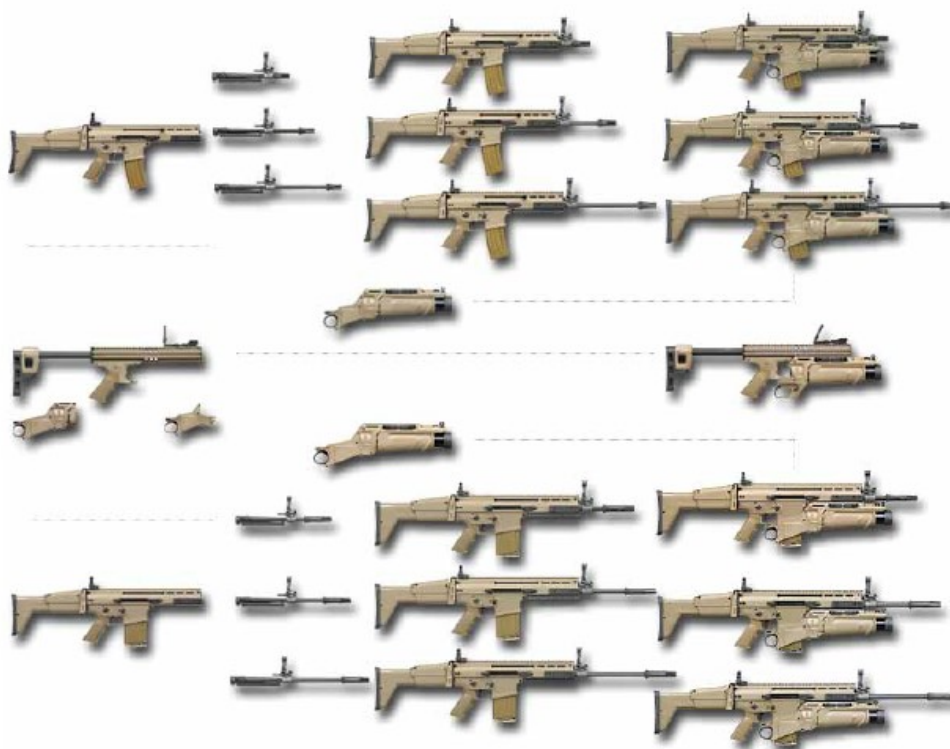
Määritelmien perusteella modulaarisena voidaan pitää asetta, jonka ytimen muodostaa yleensä runko tai kehys, joka voi olla myös jaettavissa ylä- ja alaosaan. Runkoon kiinnitettävät melkein kaikki muut pääosat voidaan vaihtaa tai kiinnittää käyttäjän toimenpitein hänen haluamukseen konfiguraatioksi tarpeen mukaan. [45]

Tällainen aseiden muokkaaminen ja keskeisten osien sekä komponenttien vaihtaminen tulee tarpeelliseksi, kun halutaan käyttää samaa asetta eri käyttötarkoituksissa ja tehtävärooleissa. Näitä voivat olla esimerkiksi aseiden piipun vaihtaminen lyhyemmäksi rakennetun alueen taisteluun varten tai ryhmän tukiampujan aseiden varustaminen pidemmällä piipulla. [27] (s.25)

Modulaarisuutta voidaan hyödyntää kahdella tavalla. Täydellisessä modulaarisuudessa aseiden osien vaihtamisen lisäksi kyetään muuttamaan myös sen kaliiperia. Toisessa tavassa kaikki joukon käyttämät aseet muodostavat "aseperheen", jonka kaikki aseet ovat saman kaliiperisia, eikä se ole vaihdettavissa. Aseperheen sisällä kaikki muut aseiden osat vaihdettavissa ja ne ovat yhteensopivia muiden aseperheen aseiden kanssa [45]. Kaikki aseet voidaan varustaa halutuilla tehtävien mukaisilla lisälaitteilla. Tällä ratkaisulla voidaan taata ampumatarvikkeiden ja muiden osien yhteensopivuus ryhmän ja joukon sisällä. Tällä varmistetaan kaikkien aseiden mahdollisimman tehokas käyttö kaikissa tilanteissa.

1990-luvulla "Tulevaisuuden taistelija"- hankkeiden aikana, aseteollisuus kiinnostui keskittämään resursseja uudenlaisen rynnäkkökiväärin kehittämiseksi. Eri mailla oli omat tulevaisuuden taistelija hankkeensa, mitä esiintyi maista riippuen eri nimillä. Hankkeisiin kuuluivat uudet laitteet jalkaväelle, jotta he kykenisivät sopeutumaan jatkuvasti muutuvaan ja kehittyvään toimintaympäristöön. Virstanpylväs modulaaristen aseiden kehittämisessä aloitettiin Yhdysvaltain erikoisjoukkojen SCAR-hankkeessa [68]

Yhdysvaltain erikoisjoukkojen hanketta johti erikoisoperaatioiden komentokeskus (SOCOM) SCAR-hankkeella oli kaksi päätavoitetta. Lyhyellä aikavälillä oli tarkoitus korvata kaikki erikoisjoukkojen aseet yhden valmistajan aseella. SCAR kivääreitä valmistettiin kahdella eri kaliiperilla. Kevyempi SCAR-L valmistettiin 5.56 x 45 mm NATO kaliiperilla, kun raskaampi versio SCAR-H 7.62 x 51 NATO kaliiperilla. Molempiin versioihin oli kiinnitettävissä kranaattiampumalaite. [27] s 26 Ensisijaisena pidemmän aikavälin tavoitteena oli ottaa käyttöön yksi yhtenäisen runkorakenteen ase, jonka modulaarisuus mahdollistaisi aseiden muuntelulle useille kokoonpanoille ja kaliipereille. [27] s 26



Kuva 8: FN SCAR näkemys aseperheestä [27]

Kiväärin kevyt ja raskas versio ovat 82 % osiltaan yhteensopivia. Kaikista 175:stä osasta 145 osaa ovat ristiin yhteensopivia näiden aseiden välillä. Alempi SCAR-H versiossa on mahdollista vaihtaa 7.62x51 kaliiperi 5.56x45 kaliiperiin.

Kaliiperin vaihtaminen on modulaarisen aseiden keskeisin ominaisuus ja siitä saavutettavia hyötyjä voidaan hyödyntää usealla tavalla, joista jokaisella on omat vahvuutensa ja rajoitteensa. Näitä tapoja voidaan havainnollistaa kolmella erilaisella modulaarisen aseiden mallilla; FN Herstalin SCAR, Beretta ARX-160A3 ja Colt CM901. [27] s. 29

Ensimmäinen valittava tekijä aseiden suunnittelussa on sen kaliiperi, koska jokainen niistä soveltuu toistaan paremmin toisiin käyttöympäristöihin ja tilanteisiin. Tavallisimmat kaliiperit ovat NATO maiden käyttämät 5.56x45 ja 7.62x51 mm kaliiperit ja entisiin Varsovan liiton maihin lukeutuvat 5.45x39 ja 7.62x39 mm kaliiperit. Mukaan voidaan lukea myös Remingtonin 6.8x43 mm (SPC) erikoispatruuna. [27]

FN SCAR-H käyttää 7.62x51 mm NATO ampumatarviketta. Konversiosarjalla voidaan ase muuttaa 5.56x45 mm kaliiperiseksi. Aseesta on olemassa myös versio, johon sopii kaikki AK/AKM:n lippaat ja 7.62x39 mm ampumatarvikkeet. Beretta ARX-160A3 on 5.56x45 mm kaliiperinen, mutta konversiosarjalla ase on muutettavissa 6.8x43 mm SPC tai 7.62x39 mm kaliiperille. Myös tällä aseella voidaan käyttää tavallisia AK/AKM:n lippaita.[27]

Kaliiperin vaihtamista tärkeämpää on kuitenkin tekninen toteutustapa, kuinka kaliiperin vaihtamisen mahdollisuus on aseeseen teknisesti toteutettu. FN SCAR-H voidaan siis muuttaa 5.56x45 mm kaliiperiseksi vaihtamalla rungon ylempi osa, rungon alaosan säilyessä ennallaan. Beretan ARX-160A3 mallissa voidaan piippua ja lipasta vaihtamalla muuttaa ase 5.56x45 mm kaliiperista 6.8x43 SPC kaliiperille aseiden rungon alaosa vaihtamalla. Colt CM901 mallissa kaliiperin vaihtaminen toteutetaan päinvastoin. CM901:ssä vaihdettaviin osiin kuuluu rungon yläosa, joka irtoaa yhtenä kokonaisuutena pakettina. Aseiden rungon yläosia vaihtamalla se voidaan muuttaa 7.62x51 mm tai 5.56x45 mm kaliiperiseksi. [27]. s. 31

Näiden kahden teknisesti erilaisten toteutustapojen paremmuutta voidaan vertailla sen perusteella, kuinka montaa osaa aseeseen tarvitsee vaihtaa, niiden koko ja paino sekä konversiosarjan hinta. Yleisesti parempana pidetään sitä, mitä enemmän aseiden eri versiot käyttävät yhteensopivia osia. [27] (s.32) Riskit aseiden tahattomalle rikkomiselle pienenevät sen mukaan mitä vähemmän on vaihdettavia osia.

Sodan aikana ja aktiivisissa taisteluissa aseiden kunnossapito on tärkeää. Taisteluissa aseet joutuvat suurelle rasitukselle pelkästään ampumisesta. Pitkäkestoisissa konfliktissa aseilla voidaan joutua ampumaan niin paljon, että aseiden piippuja joudutaan vaihtamaan kulumisen vuoksi. Näissä tilanteissa piipun yksinkertainen ja nopea vaihtaminen olisi aseille suotava ominaisuus.

Kromaamattoman piipun keskimääräinen käyttöikä on noin 10 000-20 000 laukausta ja kromatun 20 000-40 000 laukausta. Mekaaniseen kulumiseen vaikuttavat kerta- ja sarjatulen käyttö, luodin valmistusmateriaalit, ruudin lämpöarvo, piipun raaka-aine ja pintakäsittely. Suurella ruutilatauksella varustetut patruunat ja teräsvaippaluodit kuluttavat piippua merkittävästi nopeammin kuin normaali kuparivaippainen patruuna. Kulumiseen vaikuttavat myös ruutikaasujen korkeat lämpötilat ja palamisjätteiden kemiallinen vaikutus. [60] s. 171

Aseiden runkojen yläosat valmistetaan yleensä alumiiniseoksista, jotka ovat komposiitteja kalliimpia valmistaa. Aseiden runkojen alaosa voidaan valmistaa komposiittimuoveista ja tällaiset konversiosarjat ovat kevyitä ja myös halvempia. [27] s.32

Vaihtoehtoisesti aseessa voi olla yhteisen rungon yläosan sijasta yhteinen rungon alaosa, kuten COLT CM901 aseissa. Tässä tapauksessa piippu ja rungon yläosa on valmistettu yhdestä kokonaisesta piippu- ja runkopaketista. Rungon yläosia vaihtamalla saadaan yksinkertainen "vaihda ja ammu"-konsepti. Haittapuolena on kalliimpien osien vaihtumiseen perustuva ratkaisu. [27] s.33

Modulaaristen aseiden käytön yleistyminen ja niiden potentiaalin hyödyntäminen, riippuu käytettävistä ampumatarvikkeista. Uusilla patruunoilla olivatpa ne polymeerihylsyisiä tai kokonaan hylsyttömiä, saadaan merkittävä kevennys painossa. Juuri kokonaisuormon keventämistä pidetään kriittisenä vaatimuksena [27] s. 33

Modulaarisuudesta on etunsa myös sellaisten uusien aseiden hankkimisessa, kun halutaan pysyä ja hyödyntää jo käytössä olevia ampumatarvikevalikoimia. Useissa maissa on toisen maailman sodan jälkeen päädytty ryhmä ja joukkotasolle kahden kaliiperin asejärjestelmiin. Vanhassa ja totutussa konseptissa pysyminen on edelleen mahdollista ja samalla taataan aikaisempaa parempi yhteensopivuus aseiden osien kesken. Mikäli tavoitteena olisi yhden kaikkien aseiden käyttämän kaliiperin saavuttaminen, voidaan se toteuttaa esimerkiksi siirtymällä keskikokoisiin ampumatarvikkeisiin. Keskikokoiset ampumatarvikkeet ovat siis nykyisten valtakäytössä olevien 5.56 ja 7.62 kaliiperien välillä olevia ampumatarvikkeita.

Suurin etu modulaarisissa aseissa tulee logistisesta hyödyistä. Eri tehtäviin tarkoitettujen aseiden valikoimaa vähentämällä, voidaan hyötyä ainakin kolmen eniten kustannuksia aiheuttavan tekijän osalta. Koska jokaisella eri merkkisellä ja eri tyyppisellä aseella on oma huolto- ja kunnossapito-ohjelmansa, tarvitsevat ne myös erilaiset varaosat, työkalunsa ja työohjeensa. Samanlaisilla aseilla voidaan pienentää erilaisten varaosien valikoimaa. Toinen hyöty saadaan

asejärjestelmän kustannusten hallinnassa, kun ne huomioidaan koko elinjakson pituisina. Pelkästään hankinta hintoina voivat erillisten aseiden hankkiminen tulla edulliseksi. Yhdistettäessä käytännön tasolla saavutettavat hyödyt ja koko elinjakson kunnossapidonkustannukset, tulisi yhden aseiden olla kustannustehokkain. [27] (s.35-36)

Asevoimat joutuvat tekemään säästöjä myös harjoituskustannuksissa ja joukkojen käyttämissä ampumatarvikkeista. Modulaarisilla aseilla voidaan helpompi omaksua asekäsittelyn taidot kaikkien käyttäessä yhtä asetyyppejä. Aseiden ja ampumatarvikkeiden edelleen kehittyessä voidaan niihin yksinkertaisemmin hyväksyä käyttöön uusia konfiguraatioita. Koneversiosarjojen hankkiminen on joka tapauksessa halvempaa kuin kokonaan uusien aseiden. [27] (s.36)

4.2 Kehitteillä olevat seuraavan sukupolven aseet

Yhdysvaltojen seuraavan sukupolven aseiden kehitysohjelmassa etsitään vaihtoehtoisia korvaajia armeijan rynnäkkökivääreille ja konekivääreille. NGSW-ohjelmassa on mukana vielä. Jokainen ase on rakenteeltaan modulaarinen, jolla tarjotaan järjestelmäkokonaisuutta jalkaväen käyttöön. Asejärjestelmään kuuluvat itse ase, ampumatarvikkeet, optiikkaa ja optroniset lisälaitteet sekä muut aseeseen kehitetyt lisälaitteet. Aseperhe konseptin etuna käytettävyys ja osien yhteen sopivuus. [69]

Yhdysvaltojen armeija tavoittelee ainakin osittaista M16/M4 aseiden korvaamista uudella asetyypillä. Kehitysohjemaan kuuluvat taistelijoiden henkilökohtaisen aseiden ja ryhmän konekiväärien korvaaminen. Molempien aseiden on tarkoitus käyttää samaa ampumatarviketta, joka on armeija kehittämä yleiskäyttöinen 6.8 mm patruuna. Ampumatarvikkeesta on hyvin vähän julkaistu yksilöityjä tietoja, mutta osittaisia tavoitearvoja. Niiden perusteella patruuna on enemmän verrattavissa 7.62x51 patruunaan kuin 5.56 kaliiperiin.[69]



Kuva 9: NGSW ohjelman rynnäkkökiväärit

4.3 TEXTRON NGSW

Textron Systems toimii yhteistyössä Heckler & Koch ja Olin Winchester yhtiöiden kanssa. Heckler & Koch on vastannut aseiden kehittämisestä ja tuotannosta. Olin Winchester on kehittänyt ja valmistanut 6.8 mm kaliiperin polymeerihylsyisen teleskooppisen patruunan. Textron Systems on kehittänyt hylsytömiä ja polymeerihylsyisiä teleskooppipatruunoita ollessaan mukana jo edellisessä Yhdysvaltain armeijan aseiden kehittämisohjelmassa. [8] [46][69]

Myös ase perustuu jo LSAT-ohjelman aikana tehtyyn tutkimus- ja kehittämistyöhön. Aseesta ei ole julkaistu tietoja vapaasti saataville. Aseen toimintavasta ja ominaisuuksista muutenkin vain niukasti sen ominaisuuksista. Aseen pääosat ja tietyt toimintamekanismit voidaan tunnistaa ulkoisesti ja sekä siitä tehdyn 3D-mallinnuksen perusteella. [8] [46]

Aseessa on kaasumäntä ja se sisältää myös jousen, niin voidaan olettaa aseiden olevan toimintavaltaan lyhyt iskuinen kaasumäntätoiminen järjestelmä. [8] Muista aseista poiketen aseiden sulku- ja lataus koneisto on hyvin poikkeuksellinen. Aseen patruunapesä on rakennettu liikkuvaksi korkeus suunnassa. Liukupinnoilla vaakasuunnassa liikkuva sulku ja latauskoneisto työntää patruunapesän alas ja erillinen työntövipu poistaa hylsyn patruunapesästä työntäen sitä eteenpäin. Palautusjousen avulla lukko siirtyy eteenpäin. kun erillinen työntövipu poistaa hylsyn patruunapesästä. Ammuttaessa osa ruutikaasuista kulkeutuu suoraan piipusta läpi osa ruutikaasuista ohjautuu kaasuaukkoon [8]



Kuva 10 Textron NGSW-R ase [46]



Kuva 11: Textron NGSWR[46]

4.4 RM277 GENERAL DYNAMICS NGSW-R

RM277 on General Dynamics Ordnance and Tactical Systems johtama yhteishanke, jolla tarjotaan asevoimille kokonaisratkaisuna asetta ja ampumatarviketta. Prototyypin kehittämiseen osallistuvat ampumatarvikkeiden valmistaja True Velocity, äänenvaimennin tekniikkaan erikoistunut Delta P Desing ja asevalmistaja Beretta Defence Technologies. [69]

RM277 on rakenteeltaan pulbub tyylinen kaasurekyylitoiminen impulssin puoli. Aseen erikoinen toimintatapa on patentoitu vuonna 2013 patenttnumerolla US2013/0047833 A1. Toimivalla ase pysyy pusketulella ammuttaessa paremmin hallinnassa ja tarkka tulenkäyttö onnistuu pitkillekin etäisyyksille. [69]

Aseen toimintavaksi valmistaja ilmoittaa lyhyt iskuinen kaasurekyylitoiminen impulssin puo-
littaja. Ase on kaasurekyylitoiminen, jossa on yhdistetty kaasumäntä toimisuus, että rekyylistä
perääntyvä piippu. lippaan kapasiteetti on 20-30 patruunaa riippuen kaliiperista. Aseessa
Aseeseen on kiinnitetty epätavanomainen vaimennin. Äänenvaimentimella pyritään ase-
lähtölaukauksien vaimentamiseen. Piipun päähän kiinnitettynä se toimii ikään kuin vastapai-
nona ja kumoo ampumisesta aiheutuvan piipun värähtelyn. Valmistaja ilmoittaa äänen-
vaimentimella olevan yhtä pitkän elinjakson kuin itse piipulla. Jolloin vaimentimen laadun on
oltava, korkea luokkaisista materiaaleista. Vaimennin ase-
rungon alakerta tai runko valmis-
tettu metalliseoksesta. Rynnäkkökivääri soveltuu käytettäväksi vasen -ja oikeakätisesti. Viri-
tysvipu on käytettävissä ase-
molemmilta puolilta. Tyhjät hylsy-
t poistuvat ase-
oikealta
sivulta, mutta todennäköisesti sekin on oikealla. [69]

Patruunan hylsy on pääosin valmistettu 100 % kierrätykseen sopivasta komposiitista. Kompo-
siitti hylsy on suunniteltu eristämään patruunapesä ja lukko lämmön siirtymiseltä, joka pie-
nentää ase-
kuumenemista ja ajan myötä kulumista. Patruunan ajoaineen on tiivistetty ruuti,
jonka pitäisi taata tehokkaampi palaminen. Tehokkaammalla palamisella päästää suurempiin
lähtönopeuksiin, tasaisempaan ominaishajontaan, parempaan tarkkuuteen sekä laukauksissa
pienemään suuliekkiin. Patruuna ei sisällä mitään terveydelle vaarallisia raskasmetalleja. Pu-
ristetulla ruudilla ja komposiittihylsillä saadaan laskettua patruunan painoa 30-40% messin-
kihylsyiseen patruunaan verrattuna. [69]



SHOWN WITH STEINER M8Xi 1-8X24mm SCOPE

Kuva 12: RM277

4.5 SIG Sauer NGSW-R

SIG Sauer asejärjestämä perhettä tarjoustaan asejärjestelmä perheenä, 6.8 mm patruunaa ja optiikkaa. Sig Sauer tarjoaa NGWS-R aseeksi SIG MCX-SPEAR. Aseet on suunniteltu uudentlaiselle hybridi-ammukselle, jonka kaliiperi on 6.8 x 51 mm. Ase painaa 5.44 kg aseena, mikä on 35% & vähemmän edelliseen verrattuna. Aseeseen on suunniteltu rekyyli iskunvaimennus. Vakiopiipun pituus on 406 ml "16 tuumaa". Toiminnalliset ja käyttöturvallisuus vaatimukset. [69]

SIG MCX SPEAR:n toimintajärjestelmänä on lyhyt iskuinen kaasumäntäjärjestelmä. Siinä on lisäksi mekanismi kaksin kertaiselle latauskahvalle. Ase voidaan ladata klassisella AR-15 aseena tavalla tai pienemmällä takana sijaitsevalla kahvalla, joka taittuu aseena rungon vasemmalle puolelle. [69]

Ase on käsiteltävissä kumpikin puolisesti ja siinä on lyhyt 13 tuuman piippu. Aseessa voidaan käyttää uudemman sukupolven äänenvaimenninta. Hybridipatruunassa on oma 6.8 mm luoti teräsvahvikkeisessa messinkihylsyssä. Teräs- messinkihylsällä päästään 20% painon säästöä verrattuna tavanomaisiin patruunoihin[69]

Textronin ilmoitusten mukaan aseena rekyyli on verrattavissa 5.56 mm x 45 patruunaan, mutta 6.8 mm x 51 patruunalla kyetään tehokkaasti vaikuttamaan 1200 metrin etäisyyksille. Sig Sauer 6.8 ovat MCX SPEAR monikaliiperi järjestelmä. [69]



Kuva 13: 3-D malli Textronin kivääristä

Taistelukokemukset Afganistanista johtivat nopeisiin muutoksiin ISAF-joukkojen käsiaseissa ja ampumatarvikkeissa. Muutos näkyi vahvimmin Yhdysvaltain armeijan, merijalkaväen, Ison-Britannian armeijan ja kuninkaallisen merijalkaväen aseistuksessa. Afganistanin sodan alkaessa oletettiin, että käsiaseitaistelut tullaan käymään aiempien määritetyn 300 metrin sisällä.

Jalkaväen käyttämät aseet olivat ylivoimaisesti suurimmissa määrin NATO:n 5.56 kaliberia. Tavanomaisena ampumatarvikkeena käytettiin standardoituja SS109/M855 patruunoita. Yhdysvallat käyttivät kolmea pääasiallista asetta: M16 kivääri, M4 karbiini ja FN Minimi konekivääriä. Yhdysvalloissa suositettiin pienikokoista karbiinia, joka teki siitä sopivamman kaupunkitaisteluun, [68]

Taliban havaitsi nopeasti joukkojen suorituskyvyllisen vajeen tulenkäytössä ja hyödynsi tilanteen edukseen. Iso-Britannian ja Yhdysvaltojen joukot havaitsivat, että yli puolet Talebanin hyökkäyksistä suoritettiin yli 300 metrin etäisyyksiltä ja jopa aina 900 metriin saakka. NATO:n käyttämien 5.56 kaliberin aseiden väitettiin olevan tehokkaita aina 450-600 metrin etäisyydelle, mutta taistelukokemukset osoittivat, että niiden suorituskyky laski rajusti yli 300 metrin taistelu etäisyyksillä. Syynä heikompaan kantamaan oli teknisten tietojen ja todellisten ballististen ominaisuuksien ero. Käytetyt ampumatarvikkeet olivat suunniteltu pidempi piippuisille rynnäkkökivääreille, eikä se toiminut odotetulla tavalla selvästi lyhyempi piippuisissa Ampumatarvikkeet eivät toimineetkaan odotetulla tavalla selvästi lyhyempi piippuisissa karbiineissa. [68]

Välittömänä toimenpiteenä havaittuun haasteeseen, aloitettiin joukkojen varustaminen tehokkaan kaliiperin aseilla. Ilmiselvästi se toi mukanaan myös uusia haasteita, kuten ampumatarvike huollon ja asemateriaalin painon kasvamisen. Toiseksi joukot eivät olleet tottuneet suurempi kaliiperisten aseiden rekyyliin, joten osumatarkkuus kertatulella heikkeni ja sarjatu- len käyttäminen oli käytännössä mahdotonta. [68]

Yhdysvaltojen vuonna 2011 laadittu study *Soldier Battlefield effectiveness* listasi mm. aseiden suorituskykyyn liittyvistä tekijöistä ja kohdista erittäin tärkeitä havaintoja tulevien aseiden kehittämiseksi, joista tärkeimpinä [68] havainnot puoltaisivat selvästi yleiskäyttöisten aseiden puolelle, mitkä kaikki käyttäisivät samaa ampumatarviketta, joka soveltuu kaikille taistelu- etäisyyksille. Ominaisuuksiltaan aseiden tulisi olla luotettavia, kestäviä, ergonomisia, help- pohooltoisia ja kyvykkäitä varustamaan laajalla valikoimalla lisävarusteita. [68]

1. Kiväärin tehokkaan kantaman on oltava vähintään 800 metriä. Koska tehokkuuden määri- telmä pitää sisällään jo osumistodennäköisyyden, suojamateriaalin läpäisemisen ja vihollisen nopean toimintakyvyttömäksi tekemisen. Aseella tulee kyetä osumaan pistemäisiin kohteisiin vähintään 600 metriin saakka.
2. Rynnäkkökiväärin tulee olla mahdollisimman pieni kokoinen, jotta se olisi kätevä kaupunki sodankäyntiin ja ajoneuvoissa kuljettamiseen.

3. Aseen rekyylin tulee olla riittävän kevyt niin että ase voidaan hallita kaikissa ampumatilanteissa ja sillä kyetään ampumaan nopeaa ja tarkkaa kertatulta tai hallittua purske/sarjatulta.
4. Kiväärillä tulee kyetä ampumaan suurilla tulinopeuksilla useiden minuuttien ajan, ilman häiriöitä.
5. konekiväärien tulisi käyttää samaa ampumatarviketta kuin rynnäkkökiväärin ja käyttämään tarkkaa sarjatulta vähintään 1000 metriin saakka
6. Aseiden ampumatarvikkeiden tulee olla mahdollisimman keveitä, kuitenkin täyttäen kaikkia edellä mainitut vaatimukset. [40]

5. ASEIDEN OPTIIKKA JA LISÄLAITTEET

Lisälaitteet ja varusteet määritellään tuotteiksi, joita voidaan fyysisesti kiinnittää aseisiin. Niillä parannetaan aseiden käytettävyyttä ja suorituskyvyllisiä ominaisuuksia, mutta eivät ole yleensä välttämättömiä aseiden toiminnalle.

5.1 Aseiden tähtäimet

Yksinkertaisesti tähtäimien tarkoituksena on saada suunnattua aseiden piippu maaliin niin, että luoti osuu lentoradan kaarevuudesta riippumatta asetetulta etäisyydeltä haluttuun osumapisteeseen. Kiväärien tähtäimet on suunniteltu suora-ammuntaa varten ja niiden säätöasteikko pätee vain sille ampumatarvikkeelle, jolle se on suunniteltu ja ase on kohdistettu. [52](s.100).

Mekaaniset avotähtäimet kuuluvat etu- ja takatähtäimien. Etutähtäin pyritään sijoittamaan aina mahdollisimman lähelle piipun suuta. Yleensä pidemmällä tähtäin välillä päästää parempaan tarkkuuteen tähtäämisessä, mutta osumistarkkuutta se ei paranna. [52](s.100). Tähtäämisen tarkkuus ei kuitenkaan automaattisesti vaikuta osumatarkkuuteen. Se on kaikkein eniten riippuvainen käyttäjän ampumataidosta. Eefwdon suunniteltu paremmin erottuviksi loisteväreillä tai kuiturakenteilla. Sotilasaseissa on käytetty tritiumkaasu- tai muita vastaavia ampulleja, joiden sisällä oleva kaasu hohtaa pimeässä. [52](s.100).

Avohahlolla varustetun takatähtäiminen (kuten AK-47) tulee olla sijoitettuna noin 20-30 cm etäisyydelle silmästä, jotta hahlolevyn tarkat ääriviivat mukautuvat silmän näkökykyyn. Reikähahlon tai diopterilla varustettu takatähtäin tulee sijoittaa hyvin lähelle silmää. [52](s.100). Nykyisin avotähtäimiä käytetään vain varatähtäiminä ja siksi niistä useimmat ovat irrotettavia ja niitä voidaan asentaa suoran tähtäyslinjan lisäksi 45 asteen viistoon kulmaan aseiden kyljelle. Hätätilanteessa aseella voidaan ampua riittävän tarkkoja laukauksia lähietäisyyksille.

5.2 Optiset tähtäimet

Optiset tähtäimet tulivat laajamittaisesti käyttöön ensimmäisen maailmansodan aikana. Sakalaisilla oli lähes 20 000 optista tähtäintä vuoden 1914 loppuun mennessä. Iso-Britanniassa tehtyjen havaintojen mukaan sotilaan paljastuminen yli 3 sekunnin ajaksi veti tarkka-ampujien tulen puoleensa yli 300 metrin etäisyyksille saakka. Tästä syystä periskoppeja alettiin ottaa käyttöön, joko erillisinä laitteina tai kivääreihin kiinnitettynä. Toiseen maailmasotaan mennessä 600 metrin taistelusetäisyydet olivat jo hyvin tavallisia. Nykyään ammattitaitoisen sotilaan käytössä ja suotuisissa olosuhteissa voidaan vaikuttaa luotettavasti vielä 1200 metrin etäisyyksille. Nykyään optiikka ei ole enää tarkka-ampujien ja muiden erikoiskoulutettujen taistelijoiden välineitä, vaan niistä on tullut merkittävien sotilasvoimien vakiovarusteita yksittäisillä taistelijoilla. [14]

Optisilla tähtäyslaitteilla saadaan tähtäys- ja osumatarkkuus kaikissa käyttöolosuhteissa paremmaksi kuin tavallisilla mekaanisilla avotähtäimillä. Tavallisin optinen tähtäin on tähtäinkiikari, jotka kiinnitetään aseeseen standardoitu kiinnitysmenetelmällä kuten *picatinny* tai *nato accessory rail*. Jos kiikarin käyttäminen vaatii sen irrottamista käyttötilanteiden välillä, niin silloin käytetään pikakiinnitteisiä kiikarinjaljoja. Tarkoilla sovitteilla saadaan hyvä osumatarkkuus tähtäimelle sen irrotuksesta ja uudelleen kiinnittämisestä huolimatta.

Kiikaritähtäimiä on käytetty paremman osumatarkkuuden saavuttamiseksi pitkällä ampumetäisyyksillä. Tarkkuuden parantuminen perustuu kohteen kuvan suurentamiseen ja kiikarin optiseen valovoimaan. Kuvan suurentamisella voidaan havaita kohteet maastoutumisesta ja naamioinnista huolimatta paremmin kuin silmillä havainnoimalla. Optiikan valovoima parannetaan kykyä nähdä hämärässä, joka on riippuvainen optiikan etulinssin koosta ja suurennosuhteesta. Optiikan valovoimaisuus perustuu ihmissilmää suuremmasta ja laajemmasta pinta-alasta kerätä vastaan valo.

Tähtäämiseen käytetään linssiin kiinnitettyä tähtäinristikkoa, joka voidaan nykyään valaista joko virtalähteellä tai valoa keräävällä kuidulla. Erilaisia tähtäinristikoita on lukuisia. Tähtäinristikoita on suunniteltu eri käyttötarkoituksiin useita eri malleja. Sotilaskäytössä on pääsääntöisesti pyritty siihen, että tähtäinristikolla voidaan arvioida etäisyyksiä tunnettujen kohteiden kokojen ja mittojen perusteella tai tähtäinristikko on kaliiperin mukaan optimoitu käytetylle ampumatarvikkeelle.

Kiikaritähtäinten käyttäminen rynnäkkökivääreissä on yleistynyt, kun aseiden tarkkuutta ja kykyä vaikuttaa kauemmas on pyritty parantamaan. Pienillä suurennoksilla olevat tähtäimet ovat useiden maiden armeijoiden käytössä. [18]

Optisten tähtäimiä aloitettiin käyttämään rynnäkkökivääreissä hyvin samoista syistä johtuen, kuin niitä oli jo huomattavasti pidempään käytetty tarkkuuskivääreissä. Kuten tarkkuuskiväärin käytössä aseiden ja ampumatarvikkeen kyky ylitti reilusti sen mitä käyttäjä kykeni näkemään tai havaitsemaan. Kiikaritähäimen avulla kyettiin amunnassa hyödyntämään koko tehokas kantama. Rajoittavaksi tekijäksi muodostuikin vain valaisuolosuhteet.

Rynnäkkökiväärien omia kiinteitä rautatähtäimiä käytettiin pääasiallisina tähtäiminä vielä 2000-luvulle saakka. Optiikan kestävyys ominaisuudet olivat kehittyneet jo niin pitkälle, että niiden käytölle ja kestävyydellä uskottiin olevan mahdollista kiivaissa taisteluissa ja huomattavasti rajummassa käsittelyssä. Riippuen operatiivisesta ympäristöstä voidaan nykyisiä optisia tähtäinlaitteita erotella ominaisuuksiltaan sen mukaan käytetään asetta lähelle, keskipitkille vai pitkille etäisyyksille. Alle 150 metrin etäisyyksille kyetään käyttämään hyvin vielä pu-napistetähtäimiä tai pienen suurennuksen kiikaritähtäimiä 1-4 kertaisella suurennoksella.[18]

5.3 Ammunnanhallinajärjestelmät

Ammunnanhallintajärjestelmä on laite joka avustaa ampujaa tähtäämisessä, kohteiden seurannassa ja ampuma-arvojen laskemisessa. Ammunnanhallintajärjestelmiä on aikaisemmin käytetty mm. kranaatinheittimillä ja kranaattikonekivääreillä, mutta nykyään niitä käytetään pienkaliiperisten ja kevyiden aseiden tähtäiminä. Ammunnan hallintajärjestelmillä pyritään parantamaan merkittävästi osumatodennäköisyyttä jo ensimmäisellä laukauksella. [18]

Ammunnanhallintajärjestelmissä pyritään eri sensoreilla saatavien tietojen yhdistämiseen ja automatisointiin. Tähän mennessä ammunnanhallintaan tarvittuja tietoja on saatu useiden eri välineiden käytöllä. Tuuli ja olosuhde tiedot on joko arvioitu tai mitattu tuulimittareilla. Etäisyydet kohteisiin on joko arvioitu silmämääräisesti, verraten kohteen tunnettuja mittoja tähtäimen asteikkoon, mitattu etäisyys laseretäisyys mittarilla.

Teknisesti eri välineistä saatavat tiedot ovat yhdistettävissä yhden laitteen rakenteeseen, kuitenkin kasvattamasta merkittävästi tähtäimen painoa. Tähtäimen sijoittaminen aseeseen tulee vaatimaan samoja rakenteellisia ratkaisuja, kuin tähän mennessä on optiikan kiinnittämiseksi vaadittu. Väistämättä ominaisuuksien kasvaessa, myös tähtäimen koko tulee kasvamaan, mutta ei merkittävässä määrin verrattaessa niitä kaupallisesti saataviin tähtäinkaukoputkiin. Standardien mukaisilla kiinnityksillä ja virtalähteillä saadaan taistelunkestävä, luotettava ja toimintavarma ratkaisu.

Aseen ja sen tähtäimen käyttämiseen tulee kyetä yksinkertaisilla toiminnoilla, siten ettei taistelijan tarvitse irrottaa käsiään aseesta, vaan kykenee tähtäämään ja käyttämään asetta sekä tähtäintä ampumaotteella eri ampuma-asennoissa. Aseiden nykyisille otepinnoille joko kädensuojukseen eteen ja/tai kädensijalle taakse, voidaan kiinnittää painokytkimillä varustettu kaukokytkin. Paino näppäimiä painamalla voidaan mitata etäisyyttä, osoittaa maali muille tähtäinjärjestelmän verkossa toimiville taistelijoille. Käyttökytkimien ja paino näppäimien sijoittaminen, muotoilu ja toiminnallisuudet tulee erikseen testata kenttäkokeilla.

Virrankulutusta ja hallintaa sekä samalla aseiden ja tähtäimen kokonaispainoa voidaan hallita keskitetyillä virtalähteillä. Virtalähteiden sijoittaminen mahdollisimman lähelle aseiden keskipainopistettä

Näiden edellä mainittujen välineiden tuottaman suorituskyvyn kautta jalkaväkitaistelija voi osoittaa kohteet ja maalit taistelua tukeville asejärjestelmille, kuten epäsuorantulen yksiköille ja joukon lähitulitukiasejärjestelmille. Tavoite tilanteessa saavutetaan nopea ja oikea aikainen tulenkäyttö kaikilla asejärjestelmillä. Menestyminen ja vaikutuskeskeinen taistelu vaatii koordinoitua tulenkäyttöä, jossa taistelija aseineen ja maalinosoituskykyineen on yksi keskeisin sensori [63]

Taistelijan järjestelmässä tiedonsiirto on keskeistä ja sen oikea aikainen saaminen käyttäjille järkevällä tavalla. Tähtäinjärjestelmät kykenevät laskemaan ja näyttämään tietoja kohteesta kuten etäisyyden ja tähtäyspisteen.

Tähän mennessä havainnot taistelukentältä on välitetty ryhmän sisäisellä puheella tai käsi-merkeillä. Muille joukon taistelijoille tai havainnut on voitu ilmoittaa joukon käyttämässä taistelunjohtoverkossa radiolla. Tosiinsa yhteyksissä olevilla tähtäimillä voitaisiin tieto havainnoista välittää muille taistelijoille yksinkertaisella maastonkohdan tähtäämisellä, jolloin paikkatietoa, suuntia ja etäisyyksiä käyttävä tähtäin voisi osoittaa uhkaavan kohteen sijainnin näkyvänä merkinä kaikille muille tähtäimien verkossa oleville taistelijoille. Vastustajan sijainnin osoittaminen aseella muistuttaisi hyvin paljon pelimaailmasta tutuksi tullutta mallia. Automaattinen kohdetiedon lähetys nopeuttaisi merkittävästi havaintojen välittymistä joukon sisällä ja nopeampi tulenkäyttö ja tulenavauskyky saavutettaisiin. Pienryhmä tasolla kyvyllä voitaisiin saavuttaa hyvin merkittävä hyöty tappioiden tuottamisessa.

5.4 Fuusiotähtäimet

Sotilaskäyttöön on päätynyt valonvahvistimia ja lämpökameroita eri muodoissa. Tähän mennessä laitteet ovat olleet käytettävissä erillisinä joko käsikäyttöisinä tai aseeseen kiinnitettynä.

Nykyisin käytettävä valonvahvistintekniikka perustuu Gen 2 ja Gen 3 tekniikkaan. Aikaisemman sukupolven versioissa olleet kuva vääristymät ja käyttöikä, johtivat mikrokanavalevyn (MCP) kehittämiseen. Pienestä noin tuuman halkaisijaltaan olevassa lasilevyssä on elektrodit molemmin puolin joka ottaa vastaan ja ohjaa elektronivirtauksen. Mikrokanavalevy lisää huomattavasti fosforinäyttöön saapuvien elektronien määrää, mikä mahdollistaa tehokkaamman havainnoinnin vähemmässä valossa kuin aikaisemmat sukupolvet. Lisäksi mikrokanavalevy tarvitsee huomattavasti vähemmän virtaa toimintaansa ja on hyvin tehokas erittäin hämärissä valaistus olosuhteissa [43](s.5-6)

Gen 3 valonvahvistimet ovat muutoin samanlaisia kuin Gen 2, paitsi niiden fotokatodi koostuu galliumarsedinistä (GaAS). Tämä materiaali on erittäin herkkä NIR-aallonpituuksien valolle ja muodostaa kuvan riippumatta näkyvän valon valaistusasteesta muuttamalla fotoneita elektroneiksi erittäin hyvällä hyötysuhteella merkittävästi. Lisäksi tehostinputki on päällystetty eräänlaisella ioniesteellä, joka pidentää olennaisesti vahvistinputken käyttöikää verrattuna Gen 2- putkiin. Ioniesteen tarkoitus on estää positiivisesti varautuneiden ionien takaisinvirtaus fotokatodia kohti. [43](s.5-6)

Vähentynyt elektronivirta ionisulussa voi aiheuttaa kuvan kirkkauden menetyksen ja lievää kuvan vääristymistä joissain Gen 3 laitteissa. Tämän vaikutuksen torjumiseksi, jotkut valmistajat eivät käytä ioniestettä. Toinen parannus aiempiin versioihin johtui automaattisesta virtalähteen käytöstä, joka säätelee fotokatodijännitettä valaistusolosuhteiden muuttuessa. Usein jotkut valmistajat ovat kutsuneet näitä Gen3+ tai 4 laitteiksi. Gen 3 laitteet saavat virtansa yleensä AA-paristoista tai CR-123 -paristoista. Paristokäyttöisillä päästää 40 tunnin käyttöikään ja ennustettu putken käyttöikä on 10000 tuntia. Näiden laitteiden järjestelmäelektronikassa on myös suojapiirejä, joilla estetään valonvahvistinputken vaurioituminen ja suojataan visuaalinen kuva ei toivotuilta vaikutuksilta kuten halo-efektiltä. [43](s.5-6)

Halo vääristymä syntyy muusta valaistuksesta kirkkaamman valonlähteen osuessa valonvahvistimen näkökenttään. Halo näkyy valonvahvistimen kuvassa valonlähteeseen johtavina kirkkaina renkaina. [43](s.19)

Gen2 ja Gen3 laitteiden käyttöönoton jälkeen teknologia on edistynyt entisestään. Valmistajat ovat kehittäneet tuotteita, jotka perustuvat Gen2 teknologiaan, mutta ovat kuvan laadultaan lähempänä Gen3:sta. Markkinoilla näitä kutsutaan Gen2+ laitteiksi. Gen3 tekniikassa on vastaavasti Gen3+ luokan laitteita. Nämä luokitukset osoittavat kuitenkin vain, että kyseiset ratkaisut ylittävät jossain määrin alkuperäisten Gen 2 tai Gen 3 luokkien määritelmät. [43](s.7)

Eräs uusimista pimeänäkölaitteiden edistyksistä perustuu valkoisen fosforin käyttöön. Tähän tekniikkaan perustuva laite tuottaa harmaansävyisen kuvan. Kuva voi olla jossain tilanteissa miellyttävämpi ihmissilmälle, mikä luonnollisesti havaitsee varjot ja huonommin valaistut kohteet harmaan sävyinä. Gen 2+ tekniikkaan perustuvat valkoisen fosforin laitteet eivät yllä Gen 3 laitteiden tasolle, joilla näkee äärimmäisen heikoissakin valaistusolosuhteissa. Gen 3 Näiden laitteiden etu on kuitenkin siinä, että ne eivät aiheuta haloefektiä, mikä voi tehdä niistä hyödyllisempiä käytettäväksi kaupunkiympäristössä. Joissain sovellutuksissa on yhtä valonvahvistin putkea on voitu käyttää toisella silmällä ja toisella silmällä saatu muodostettua hie-man luonnollista värituntumaa, minkä ihmisaivot kykenevät yhdistämään yhdeksi kuvaksi. [43](s.7)

5.5 Lämpökamerat

lämpökameratekniikalla ja havaitaan kohteiden suhteellinen ero lämpötilassa verrattuna muihin saman näkymän kohteisiin. Tällöin materiaalien emissiivisyydellä on suuri merkitys havaittavaan kuvaan. Emissiivisyys on kohteen määrällistä kykyä vapauttaa tai emissioida lämpöä. Esimerkiksi elävä kohde erottuu poikkeuksetta selvästi taustastaan, kuten metsästä. ([43](s.7) Lämpökameroiden kyvyt ovat parhaimmillaan juuri tähytyksessä ja valvonnassa, jossa yksittäisen lämmönlähteen paikantaminen laajastakin katselukentästä on nopeaa.

Lämpökameroiden etuna voidaan pitää myös niiden kykyä nähdä sumun, savun ja eri valaistusten läpi. Niiden heikkoutena on kuitenkin niiden kyvyttömyys nähdä lasin läpi. [43](s.7-8)

Siinä missä valonvahvistin tuottaa kuvaa vahvistamalla valoa NIR-aallonpituuksilla, lämpökamerat havaitsevat kohteen ja sen ympäristön lämpötilaerot. [43](s.8) Jäähdytetyt lämpökamerat edellyttävät jäähdytyslaitteita, jotka voivat jäähdyttää kameran lämpöilmäisimen jopa 200 kelvinin lämpötilaan. Tällä hetkellä käytössä on useita jäähdytys tekniikoita, kuten neste-kaasut, Peltier- ja Stirling- jäähdyttäminen. Peltier jäähdyttimissä on lämpösähköinen komponentti, joka toimii lämpöpumpun tavoin. Tällä tekniikalla varustetut jäähdyttimet, ovat keveitä, niissä ei ole liikkuvia osia ja ovat käytännössä huoltovapaita. Nämä jäähdyttimet ovat kuitenkin vähän käytettyjä suuren energian kulutuksen vuoksi. [43](s.9) Stirling- jäähdytin puristaa ja vapauttaa vuorotellen kaasua lämpötilan säätämiseksi.

5.6 Suuhidastin, liekinsammutin ja kompensattori

Suuhidastimella (suujarru) voidaan vähentää rekyylivoimaa, lyhentää asean liikkuvien osien liikepituutta, parantaa asean vakautta ja lisätä osumatarkkuutta. Haitaksi muodostuu kuitenkin laukaumelun ja paineen suuntautuminen ampujaa kohti. [52](s.119) Linnoitetuista tuliaseista, rakennuksista ja ajoneuvoista ammuttaessa paine heijastuu rakenteista ampujaa kohti. Hidastimen toiminta perustuu ruutikaasujen ohjaamiseen hidastaminen seinämien aukkoihin samalla muuttaen kaasujen virtaussuuntaa. Rekyylivoimalle aiheutetaan vastakkainen voima pienentämällä aseesta ampujaan kohdistuvaa rekyyliä. Pienemmällä rekyyllillä voi tähtäyslinja pysyä lähes muuttumattomana, joka auttaa nopeiden peräkkäisten laukauksien ampumisessa. [52](s.120)

Asean rekyylivoimaa saadaan pienennettyä suuhidastimella noin 20-30%, vakavoittaen asean hallintaa nopeiden peräkkäisten laukausten ampumisessa. Suuhidastimet voivat olla kaasunvirtauksiltaan säädettäviä tai kiinteitä. Kaasunvirtauksien suuntaamisella piipusta ylöspäin voidaan vähentää rekyylistä johtuvaa piipun nousemista nopeissa peräkkäisissä laukauksissa tai ammuttaessa sarjatulella. Ampumavakauden lisäksi hidastimella voidaan pienentää laukauksien hajontaa. Kaasunvirtausreikien sijoittamisella asean sivuille vältetään virtauksien ja välähdysten tähtäämistä häiritsevä vaikutus. Suuhidastin voi toimia samalla liekinsammuttimena, jolloin pimeässä ammuttaessa asean suuliekki purkautuu ja näkyy vain ampumasuuntaan, eikä paljasta ampujaa sivu suuntiin. [52](s.120) Suuliekin välähdykset haittaavat ampumista, kun käytetään valonvahvistinta. Vastaavasti ovat suuliekin välähdykset vastustajan helposti havaittavissa valonvahvistimella tai lämpötähtäimellä.

5.7 Äänenvaimentimet

Äänenvaimentimen ensisijaisena tehtävänä on vaimentaa laukauksen ääntä. Ne vaimentavat ääntä noin 30-40 % laukauksen voimakkuudesta. Tehokkain äänenvaimennus saadaan aikaan vain käytettäessä alisoonisista patruunoita, joiden lähtönopeus jää alle 320 m/s. [60] (s183) Alisoonisten patruunoiden käyttäminen sotilaskäytössä on hyvin marginaalinen. Ne ovat tehokkaita vain täysin suojaamattomiin kohteisiin ja lyhyille etäisyyksille.

Vaimentimet voidaan jakaa rakenteeltaan kolmeen luokkaan. Perinteiset vaimentimet kiinnitetään piipun päähän ja ne jatkavat täten aseennmittaa. Tällaiset vaimentimet rakentuvat yleensä vaimentimen sisällä tehtyihin laajennuskammioihin ja ohjauslevyihin. Rakenteellisen ratkaisunsa puolesta vaimennin on helposti sovitettavissa eri aseisiin ja ne ovat hyvin helppokäyttöisiä. Vaimentimen voi kiinnittää ja irrottaa nopeasti aseennpiippuun tehtyihin kierteisiin. Piipun jatkeeksi kiinnitettävissä vaimentimissa ovat yleistyneet myös erilaiset pikalukitusmenetelmät. [38] (s.25)

Toisena vaimenninryhmänä tunnetaan refleksivaimentimet. Näiden rakenne on suunniteltu siten, että vaimennin jatkaa piipun pituutta vain minimaalisesti. Vaimennin kiinnittyy holkin lailla piipun päälle ja rakenne mahdollistaa tilavuudeltaan suuret vaimennuskammiot. Refleksi vaimentimet ovat rakenteellisesti kestävämpiä, koska kahdella kiinnityskohdalla vaimentimeen kohdistuu vähemmän rasitusta. Ensimmäinen kiinnityskohta sijaitsee vaimentimen päässä, samoin kuin perinteisissä malleissa. Toinen kiinnityskohta sijaitsee vaimentimen takaosassa, mikä tiivistyy piipun ympärille. [38] (s.25)

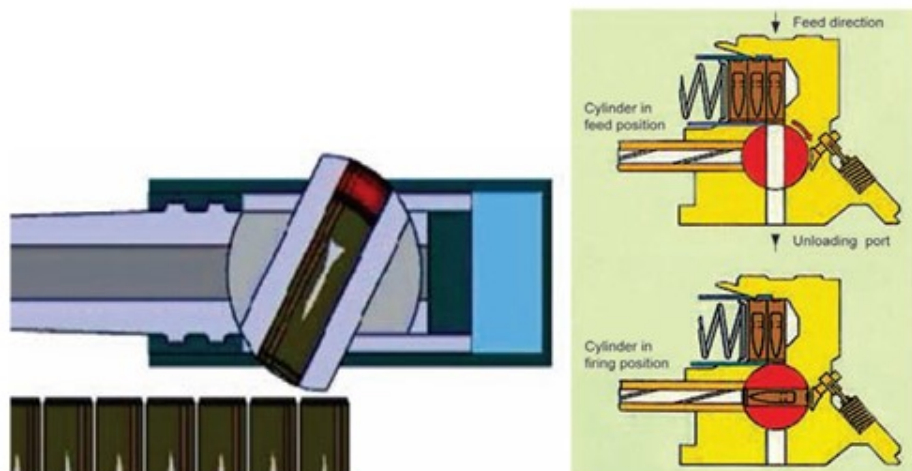
Äänenvaimentimen vaimennuskykyä on Puolustusvoimissa tutkittu mittauksilla ja laskentamallin avulla vuosina 2009 ja 2010. Äänenvaimentimien lähimittauksissa (10 m) niiden kyky vaimentaa lähtölaukausta ts. suupamausta oli huomattava. Mittauksia tehtiin myös suuremmilla etäisyyksillä, joiden avulla voitiin arvioida yläääninopeudella lentävän luodin ylääänipamauksen merkitystä. Luotien tuottama ääni esiintyi ainoastaan etuviistossa noin 45°-65° sektorissa ampumasuuntaan nähden. Sektorista mitattu vaimennuskyky osoitti, että äänenvaimentimesta saatu hyöty ylääänipamauksen vaimentamiseksi oli merkityksetön. [60]

Uusimpien vaimentimien tekniikkaa perustuu ns. *core-cool* malliin, jossa ampumisen aikana vaimennin käyttää ilmavirran kanavoitinta vaimentimen jäähdyttämiseen. Vaimentimen suulla on luodin ulostulo aukon ympärillä, useita virtauskanavista tulevia aukkoja. Virtauskanavat ohjaavat ilmanpaineen virtaukset usealle eri virtauskanavalle mikä sitoo samalla laukauspaineesta syntyvää lämpöä. Virtauskanavien rakenteella ja lämmön ohjautumisella useille kerroksille vaimennin ei kuumene tavanomaisien tapaan.

5.8 Aseiden rakenteen muuttamisen haasteita

Teleskooppisilla patruunoilla on tyypillisesti sylinterimäinen muoto, mille voidaan suunnitella myös tavanomaisesta eroava lataus ja sulkujärjestelmä. Tähän mennessä teleskooppisia patruunoilla on käytetty pyörähtävää patruunapesää. Lataus asennossa patruuna työntyy esim. lippaasta patruunapesään joka lukon työntyessä eteenpäin, pyörähtää aseennpiipun suuntaseksi

sulkien lukon. Ampumisen jälkeen seuraava patruuna patruunapesään työntyvä patruuna työntää jäljelle jääneen hylsyn samalla ulos patruunapesä etuosan kautta.. Tätä teknistä ratkaisua on kokeiltu jo HK G11 rynnäkkökiväärissä ja warrior 40 mm tykissä. (kuva 14)



Kuva 14 CTA ampumatarvike 40 mm Warrior

Pyörähtävän patruuna pesän toimintaperiaate säilyy samanlaisena, olipa kyseessä hylsytön tai hylsytöllinen teleskooppinen patruuna. Hylsytömillä patruunoilla täytyy patruunapesää lisätä mekanismi sen sulkemiseksi takaa, jotta laukauspaineet eivät purkaudu patruunapesästä lukko ja laukaisukoneiston suuntaan. [36]

Kaksi suurinta teknistä haastetta teleskooppisten patruunoiden käytölle ovat sen ballistinen tehottomuus ja piipun kulumisen. Teleskooppiset patruunat tarvitsevat suuremman määrän ajoainetta/ruutia, jotta sillä saadaan tavallisen patruunan tasoisia lähtönopeuksia. Laukauksen kaasujen purkautumisen estämiseksi, täytyy patruunan ja patruunapesän asettua lähes täydellisesti samaan linjaan piipun kanssa. Jossain teleskooppisissa patruunoissa käytetään kaksivaiheista ajoainetta, joista alkuvaiheen ponneaineet on pakattu kokonaan luodin taakse. Tämän alkuvaiheen ajoaine työntää luodin tiukemmin patruunapesä hieman kartiomaiseen muotoon. Toisen vaiheen ajoaine on luodin ympärillä ja se rajoittaa kaasujen purkautumista taakse alkuvaiheen ajoaineen syttymisen aikana. Ei ole tiedossa onko uudemmilla teleskooppisilla patruunoilla tämä haaste saatu ratkaistua. [36]

Teleskooppisissa patruunoissa täytyy ajoainetta käyttää enemmän, joka kasvattaa aseiden laukauspaineita ja tuottaa samalla enemmän lämpöä. Lämpö siirtyy suoraan aseeseen patruunapesään ja piippuun. Suuremmissa lämpötiloissa patruunapesä ja piippu kuluvat nopeammin ja piipun käyttöikä lyhenee. Ratkaisuna oli sijoittaa kulumista estävää aineita ihan patruunan kärkeen, joka ammuttaessa voitelee ja suojaa piippua kemikaaleilta laukauksen aikana. Kulu-

mista vähentävät aineet vaikuttavat patruunan lähtönopeuksiin ja lisäävät ampumatarvikkeen kustannuksia. [36]

Verrattaessa hylsyttömän ja hylsyllisen teleskooppipatruunoiden teknologista kypsyyttä, on hylsyllinen versio paljon lähempänä tavanomaista ampumatarviketta. Hylsyttömiä ja hylsyllisiä patruunoita ei ole vielä otettu operatiiviseen käyttöön. Tällaisia patruunoita ei ole päätyntä vielä operatiiviseen käyttöön. Molemmilla patruunoilla säästetään ampumatarvikkeiden painossa, mutta silti niillä on vahvuutensa ja heikkoutensa. [36]

Aseen käytettävyyteen vaikuttaa oleellisesti aseiden piipun pituus. Tyypillisesti rynnäkkökivääreissä on pyritty lyhyempään aseiden kokonaispituuteen. Yksinkertaisin ratkaisu kokonaispituuden lyhentämiseksi on ollut piipun lyhentäminen. Sillä on saavutettu osittain myös kokonaispainon vähentymistä. Jos 300WM 460 mm (16 tuuman) piipulla saavutetaan hieman suurempi lähtöenergia kuin 7.62 NATO 610 mm (20 tuuman) piipulla. Käänteisesti tästä voidaan päätellä, että käytettäessä 460 mm:n piippua, tarvitaan lähtöenergian kompensoimiseksi patruuna, joka on 30% tehokkaampi. Samalla patruunan tuottama rekyyli kasvaa ja patruunan suuliekin vaimentamiseksi tarvitaan tehokkaampi vaimennin. Kokonaisuutena piipun lyhentymisellä vaikutetaan hyvin negatiivisesti aseiden muihin ominaisuuksiin.

Tarkkuudella (accuracy) tarkoitetaan iskemäkeskeispisteen (mean point of impact, MPI) etäisyyttä tavoitellusta iskemäpisteestä (desired point of impact, DPI), mikä on tavallisesti sama kuin tähtäyspiste. Osuman sijainnilla tai kohdalla on suurempi merkitys vaikutukselle kuin millään muulla ominaisuudella ja erityisesti tilanteissa joissa halutaan kohde saattaa välittömästi toimintakyvyttömäksi. Luodin osuessa ihmisen elintärkeisiin kohteisiin toimintakyvyttömyys saavutetaan paljon nopeammin, kuin johonkin vähemmän tärkeisiin kohteisiin osuttaessa ja riippumatta luodin rakenteesta tai energiasta. [36]

6. MAASODANKÄYNNIN KEHITYS

Tässä luvussa tarkastellaan keskeisiä sodan- ja taistelunkuvaan vaikuttavia muutostekijöitä. Tarkastelu perustuu julkisesti saataville Yhdysvaltalaisille ja kotimaisille julkaisuille.

6.1 Sodan kuva ja taistelunkuva

Sodankäynnin teoreettiseen peruskäsitteistöön kuuluvalla taistelun kuvalla luodaan perusteita asevoimien kehittämiseksi. Sodan kuva on kokonaisvaltainen näkemys siitä, miten aseellista voimaa käytetään, mihin se kohdistetaan ja miten sillä vaikutetaan tulevaisuuden konflikteissa. [16] Nämä arviot luovat niin sotataidollisten menetelmien kuin sotamateriaalin kehittämiseksi. [57]

Taistelun kuvalla tarkoitetaan puolestaan pitkän aikavälin suunnittelun pohjaksi tehtävää tulevaisuuden tutkimusta [16]. Toiseksi taistelun kuva on sodan kuvaa yksityiskohtaisempi näkemys siitä, miten sotilaallista voimaa käytetään vaikuttamiseen. Taistelun kuvaan liittyvät olennaisesti käytettävät joukot, niiden varustus, suorituskyky ja käyttöperiaatteet, vaikuttamisen keinot ja olosuhteet, joissa vaikutukseen pyritään. [16] Vaikka ennusteita ja arvioita tehdään kaikissa asevoimissa, täytyy niihin suhtautua kriittisesti, eikä olettaa kaiken toteutuvan sellaisenaan myös Suomessa.

Suomessa ja kaikissa Euroopan maiden uhkakuviissa on hybridivaikuttaminen nimetty yhdeksi keskeisimmäksi riskiksi. Hybridivaikuttaminen on toimintaa, jolla pyritään erilaisia keinoja ja kohteen heikkouksia hyödyntämällä saavuttamaan omat tavoitteet. Hybridiuhkissa ulkoisen ja sisäisen turvallisuus rajapinnat limittyvät toisiinsa. Hybridi kuvastaa konfliktien monimuotoisuutta, yllättävyyttä ja keinojen käytön laajaa valikoimaa. [25]

Yleisesti sodankäynnin ylivoimaiset osapuolet kuten suurvalloilla on korostunut näkemys sotatekniikan uusimissa saavutuksissa. Alivoimaisten osapuolten sodan kuvat ovat perustuneet ratkaisuille, joissa voimasuhteet saadaan tasoitettua taktisella ja taisteluteknisellä osaamisella. [57]

Ongelmana taistelun kuvan muodostamisessa on, että tulevaisuuden taistelun kuva on muun muassa uuden teknologian kehityksestä johtuen jatkuvasti muuttuva tulevaisuuden visio. Taistelun kuva pyritään hahmottamaan mahdollisimman oikein jopa 25 vuoden päähän. Oikean aikaperspektiivi on tärkeää jo sen vuoksi, että tietystä keksinnöstä tekemisestä kuluu aikaa vielä 10 - 15 vuotta ennen sen tuotannon aloittamista. [31]

6.2 Teknologisen kehityksen vaikutukset sodankäyntiin

Yhdysvaltojen näkemykset sodankäynnistä ovat muokanneet vahvimmin länsimaiden näkemyksiä maasodankäynnistä. Euroopassa sodankuva on kokenut muutoksia lähinnä Venäjän operaatioista Ukrainassa ja Syyriassa. Yhdysvaltojen, Naton ja Euroopan viralliset uhkakuvat ovat hyvin samansuuntaisia, huolimatta niiden painotuseroista. Näkemykset uhkamalleista ja sodankuvasta kehittyvät tulevaisuudessakin kohti yleisluontoisempia ja maailmanlaajuisempia määritelmiä. On arvioitu, että vuoteen 2035 saakka uhkakuvia leimaa yhä suurempi moniulotteisuus ja laajalajuus niiden liittymäpintoineen. [16]

Läntisessä sodankäynnissä korosuu yhä enemmän korkean teknologian hyödyntäminen asevoimien kehittämisessä. Teknologian hyödyntämisaste, verkottuneet järjestelmät, liikkuvuus, kaukovaikuttaminen, täsmäase vaikuttaminen ja informaatio-sodankäynti ovat muutoksen keskeisiä vaikuttimia. Teknologian korostamisesta on tullut osa tulevaisuuden sodankäynnin luonnetta. Yhdysvaltojen tarpeista kehittynyt näkökulma sodankäyntiin ei kuitenkaan sellaisenaan ole sovellettavissa Suomen asevoimien käyttöön. Yhdysvaltojen alati kehittyvä ja korkeaan teknologiaan perustuva sodankäyntitapa on tehty supervallan resurssein. Vain harva sotilaallisesti liittoutumaton valtio varautuu ensisijaisesti alueelliseen puolustussotaan oman valtionsa alueella. Poikkeuksena voidaan pitää Norja, joka korostaa alueellisen puolustuksen merkitystä Naton tukemana. [57]

Puolustusmateriaalin hintakehityksellä on suuri merkitys tulevaisuuden maasodankäynnin ja maasodansodankuvan ja sotilasteknologisten menojen kannalta. Siksi sen tarkastelu on olennainen osa erityisesti tulevaisuuden maasodankäynnin kehittämisen vaatiman resursoinnin kannalta. Tosiasiallisena syynä aseteknologian hintojen kallistumiseen on uuden korvaavaan puolustusmateriaalin yksikköhinnan ero vanhempaan materiaaliin. Materiaalin kallistuminen on yleisesti hyväksytty tosiasia. Puolustusmateriaalin kustannusten arvioidaan kohoavan esimerkiksi vuoteen 2025 asti noin 7–10 % vuodessa, mikä tarkoittaa materiaalin hinnan kaksinkertaistumista 7–10 vuoden välein. [57]

6.3 Venäläinen taistelunkuva maasodankäynnissä

Venäläisessä sodan ja taistelunkuvan arvioidaan muuttuvan. Venäläisten teoreetikkojen käsityksiin ovat vaikuttaneet Yhdysvaltojen ja sen liittolaisten toiminta. Aseellisille konflikteille on tyypillistä operatiiviseen yllätykseen pääseminen ja täsmä- ja kaukovaikutteisten aseiden käyttö. [29](s.42)

Ukrainan konflikti oli ensimmäinen Venäjän asevoimien aseellinen konflikti vuonna 2009 alkaneiden uudistusten jälkeen. Sodan alussa Venäjä kykeni harhauttamaan käyttämällä valmiusharjoitusta peitteenä Krimin operaation käynnistämässä. Vuorokautta ennen Krimin operaatiota aloitettiin Läntisen ja Keskeisen sotilaspiirin valmiusharjoitus, ja samalla salattiin muutaman tuhannen maahanlasku- ja erikoisoperaatiojoukkojen siirto Krimille. [29](s.53)

Valmiusharjoitukset ovat kehittäneet Venäjän kykyä projisoida joukkoja. Pyöräajoneuvoilla varustetut yhtymät pystyivät siirtymään operaatioalueelle useiden satojen kilometrien päästä ja joukkojen siirrettiin hyvin nopeasti kuljetusilmavoimilla. [29] (s.43)

Venäjä kykenee käynnistämään operaatioita sen lähialueilla ilman liikekannallepanoa tai jopa ilman joukkojen täydentämistä. Venäjän pysyvän valmiuden yhtymistä ei kyetä suuntaamaan pysyvän valmiuden yhtymien vahvuudesta kuin korkeintaan kaksi kolmas osaa operaatioalueelle [29] (s.54)

Venäjän asevoimilla on tällä hetkellä kansainvälisesti vertailtuna korkein valmiustaso. [29] s.55 Huolimatta asevoimien korkean valmiuden kehittymisestä ja menestyksellisestä epäsymmetristen keinojen hyödyntämisestä, tulee pääosalle asevoimista uusien taistelutapojen omaksuminen viemään vielä aikansa.

Venäjä käy maataistelut noin prikaatin vahvaisilla taisteluosastoilla tai heikosti puolustetuilla alueilla. Vahvasti puolustetuilla alueilla pyritään vastarintapesäkkeiden kiertämiseen ja saartamiseen. Läpimurtoihin tähtäävät hyökkäykset tehdään useita vuorokausia kestävillä ilmakomponentin ja tykistön tulivalmisteluilla. Puolustajan vastaiskut torjutaan ja sen reserveihin vaikutetaan ilmavoimien tulella. Lähitaisteluun ryhdytään vain poikkeustapauksissa ja silloinkin tuhoamiseen käytetään ensisijaisesti epäsuoraa tulta tai ilmavoimien kaukovaikusta. [29]

Taktisella tasolla Venäjän joukkojen tapa moderniin sodankäyntiin voidaan tiivistää maalittamiseen ja tulenkäyttöön. Venäjä on soveltanut yhdysvaltalaista tapaa ja luonut oman doktriininsa. Venäjällä maalittaminen ja tulenkäyttö koostuu tehokkaasta epäsuorantulen käytöstä. Samalla joukot pidetään irti taistelusta ja suojataan omat voimat elektronisen sodankäynnin ja ilmatorjunnan yksiköillä. Riittävään vaikutukseen päästyään, panssaroiduilla maakomponenteilla vallataan alueet ja suojataan epäsuorantulen yksiköiden uudelleen ryhmittäminen. [29]

Venäläiset joukot käyttävät maalittamiseen kattavasti eri sensoreita. Maali ja kohdetiedot hankitaan useilla erilaisilla lennokkijärjestelmillä ja erikoisjoukoilla. Elektronisella sodankäynnin joukoilla tuetaan maalittamista ja niillä voidaan myös hyökätä suoraan vihollisen viesti- ja johtamisjärjestelmiä vastaan. Ilmapuolustusvyöhykkeen (A2AD) muodostaminen ja vihollisen ilmatoiminnan kiistäminen alueella kuuluu osaksi elektronisen sodankäyntiä. Ennen suorita sotatoimia pyritään informaatio operaatioilla vaikuttamaan kohdemaan maan koko väestöön. Tällaiset operaatiot nojaavat menestyksensä aiheutettuun sekaannukseen ja niillä turvataan sotavoimien käyttäminen suorissa taistelutehtävissä. Proxy-joukkoja ja palkkasotilaita voidaan käyttää kulunvalvontapaikoilla tai muissa suojaustehtävissä. Venäjä on investoinut vahvasti elektronisen sodankäyntiin, jotta niillä kyettäisiin johtamaan liikkuvan sodankäynnin viesti- ja johtamisyhteydet. [29] (s. 58)

Venäjän asevoimien kehittyminen huipputeknologialla varustetuksi teknoarmeijaksi on epätodennäköistä. Venäjän asevoimien aseistuksen kehittämisessä jouduttaneen tyytymään vielä pitkään tällä hetkellä käytössä ja essa kehittämisessään Venäjä joutuu pakostakin pitäytymään vanhassa periaatteessaan, jonka mukaan sen sotavarustuksen kehittämisessä ja tuottamisessa on oltava omavarainen. Se hidastaa ulkomaisten innovaatioiden käyttöönottoa, mutta pystyy tuottamaan yliveraisen huoltovarmuuden. Venäjä on määrätietoisesti kehittänyt avaruuden hallintaa ja panostanut muun muassa satelliittinavigointijärjestelmän alueelliseen kattavuuteen. Tämä luo edellytykset kaukovaikutteisten täsmäaseiden kehittämisessä ja käyttöönotossa. [29] s. 58

Venäläisen näkemyksen mukaan nykyaikaisten konfliktien ominaispiirre on asevoimien käyttö yhdistettynä poliittisten, taloudellisten, informaatio- ja sotilaallisten keinojen käyttöön strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi.

Sotilaallinen toiminta aloitetaan rauhan ajan joukoilla. Viholliseen halutaan vaikuttaa koko operaatioalueen syvyydessä maalla, merellä ja ilmassa sekä lisäksi informaatio- ja avaruudessa. Täsmäaseita ja uutta teknologiaa, kuten lennokkeja ja robotteja, pyritään käyttämään massamaisesti. Taistelutoimiin tarvittava valmistelu-aika lyhenee. Sotivien osapuolten välille muodostetaan pysyviä sotatoimialueita, yksityisiä turvallisuusyhtiöitä, poliittisia voimia ja yhteiskunnallisia liikkeitä. Perinteisen suorien menetelmien rinnalle nousevat myös epäsuorat ja asymmetriset keinot [29] s. 129

Maavoimia on tarkoitus kehittää siten, että ne vastaavat arvioitua sotilaallista uhkaa. Tavoitteena on myös kehittää yhteistoimintaa muiden puolustushaarojen sekä puolustukseen osallistuvien federaation elinten ja organisaatioiden välillä. [29] s. 129 Uudistusten tavoitteena on

muuttaa kaikki joukko-osastot pysyvän valmiuden joukoiksi, parantaa johtamisjärjestelmää, kehittää tutkimusta, varustaa joukot ajanmukaisella sotavarustuksella ja kehittää asepalvelusta ammattimaisempaan suuntaan. Venäjän maavoimat ei enää valmistaudu suuren mittakaavan sotaan, vaan tulevaisuudessa valmistaudutaan lyhytkestoisiin sotatoimiin omalla maaperällä ja sen lähialueilla. [29] s. 129

Maavoimat on Venäjän asevoimien suurin puolustushaara. Maavoimien joukkojen määrää ylläpidetään modernisoimalla vanhaa kalustoa ja rajoitetuilla uudishankinnoilla. Kaiken tällä hetkellä olemassa olevan kaluston uudistamiseen ei ole käytettävissä riittävästi resursseja. Avoimien uudistuksen on kerrottu vaikuttavan myös taistelutapaan. Yleisjoukkojen taistelu rakentuu tulevaisuudessa liikkuvuuden ja verkostokeskeisen johtamisen pohjalle. Venäjällä pyritään siirtymään Läntisessä ja Eteläisessä sotilaspiirissä osittain lineaaritaktisesta joukkojen massamaisesta käytöstä verkostokeskeiseen, ei-lineaariseen sodankäyntitapaan [29] s. 134-133

Georgian operaatio oli klassisen venäläisen operaatiotaidon, uusien ideoiden ja länsimaiden viimeaikaisten sotakokemusten ja oppien yhdistelmä. Perinteistä oli operaation vaiheistus, uutta kyber- ja informaationsodankäynnin keinojen käyttö ja kaikillea yhteistoiminta puolustushaarojen välillä. Venäjälle Georgian sodan tärkein oppi oli saada kehitettyä, joukkoja pienemmiksi, liikkuvammiksi ja taistelutilaan nopeasti keskitettäviksi. Yllätys ja nopeus ovat tärkeimpiä taktisia periaatteita, jossa menestyminen varmistetaan tarkasti rajatuilla tavoitteilla. Korkean valmiuden joukoilla aloitetaan operaation menestystekijöitä ovat tukialueen infrastruktuurin kehittäminen, joukkojen koulutus tason ja valmiuden kehittäminen, tukitoimien ja logistiikan järjestelyt, tilannekuvan muodostaminen ja kriittisten kohteiden maalittaminen, kybervaikuttaminen, ilmapuolustuksen lamauttaminen, ajallinen ja alueellinen ilmanherruus, tulen kokonaiskäyttö, taistelualueen eristäminen, usean operaatiosuunnan hyökkäys sekä keskeisten alueiden valtaaminen ja vihollisen lyöminen. [29] s. 139

Venäjä käytti Ukrainan sodassa tarkka-ampujaosastoja, Ukrainan jalkaväen toiminnan kiistämiseksi. Venäjällä tarkka-ampujat ovat erikseen tehtävänsä valittuja ja erittäin hyvin koulutettuja. Niitä käytetään suoraan maalittamisen tukena taisteluissa. Nykyisillä tarkka-ampujilla on käytössään pimeänäkölaitteet, äänenvaimentimet ja modernit aseet. [8] (s.20)

Vuoden 2008 jälkeen venäjälle otettiin käyttöön useita tarkkuuskivääreitä mm länsimaisia Barret- kiväärejä tai omia T-5000 tarkkuuskiväärejä. Ukrainassa tarkka-ampujia on käytetty

kapeilla rintamilla aina joukkueen kokoisiin osastoihin saakka. Ampujat ovat ryhmittyneet kolmiportaisesti ja käyttävät tulta samalla tulialueella. Tarkka-ampujien tehtävänä on ollut estää tai ohjata vastustajan joukkojen liikettä. johon on voitu keskittää epäsuorantulenkäyttö Tarkka-ampujien hyvä erikoiskoulutus ja toiminta pienryhmissä on aiheuttanut erityisen haasteen vastatoimille. [8] (s.20)

Tykistö on ollut venäjän joukkojen tärkein voimavara. Pataljoonan taisteluosastoja on käytetty enimmäkseen rajallisten maa-alueiden haltuun ottamiseen ja pitämiseen. Venäjän joukot ovat osoittaneet, että he kykenevät käyttämään lennokkeja aktiiviseen tulenjohtamiseen. Maalittamissykli havainnosta vaikuttamiseen on ollut alle 15 minuuttia. [8]

Taistelutila oli monimutkainen, jossa yhdistyi sekä uutta ja vanhaa. Erityisesti neljä tekijää mainitaan uusina ja ehkä pysyvinä tekijöinä. Georgian sodassa lennokkien käyttö tiedusteluun ja valvontaan oli vähäistä. jossa tapahtui Ukrainan sotaan mennessä Ukrainan sodassa havaittiin selvä Venäjän toiminnan kehittyminen. Venäjä oli omaksunut lennokkien käytön ja korkean teknologian ECM-ohjelmistojen käyttämisen estämään vastapuolen lennokkien käytön. Lennokki tiedustelulla hankittiin reaaliaikaista tiedustelutietoa ja kohdistettiin kauaskantoisten tykistöjärjestelmien tulenkäyttö. Havainto väli lennokkien käytöstä tuli-iskuihin oli alle 15 minuuttia. [9]

Uusilla Tornado MLRS järjestelmillä sekä muilla vanhemmilla versioilla 122 mm:n Grad, haupitsi ja kranaatinheitin aseiden käyttäminen oli suhteellisen halpaa, mutta ennen kaikkea tehokasta. Ukrainan sodassa tehtiin 70-85 % kaikista tappioista aiheutettiin epäsuorantulen järjestelmillä. Sodan staattinen luonne palautui takaisin juoksuhautasotaan, jossa tykistöjen taisteluilla ja epäsuoralla tulella tuhoitiin ja hajautettiin Ukrainan maavoimien kohteita. Sodankäynti alkoi muistuttaa 1900-luvun alkupuolen Euroopassa käytyjä taisteluita. Taistelupanssarivaunujen käytössä otettiin seuraava askel. Venäjän panssarijoukkoja varustettiin edistyneillä aktiivisilla suojajärjestelmillä panssaritorjuntaohjuksia vastaan. [9]

Taisteluajoneuvoista on tulossa kuoleman loukkuja. BMP ja BTR ajoneuvojen panssaroitu ei suojannut termobaarisilta aseilta ja miinakranaateilta. Ukrainan joukot jalkauttivat jalkaväkensä kauemmas, jolloin aukeni jälleen mahdollisuus kauaskantoisten asejärjestelmien käytölle.[9]

Tulevaisuudessa avain suorituskykyjen kehittyminen tulee olemaan aikaisempaa maltillisempaa. Maavoimien keskeisten kykyjen kehittäminen tulee olemaan enemmän niiden jatkuvuu-

den turvaamista. Venäjän maavoimia on kehitetty tähänkin mennessä suhteellisen pienillä uusilla hankinnoilla ja modernisoimalla olemassa olevaa kalustoa. Modernisoinnin kohteena ovat olleet neuvosto aikaiset taisteluvaunut T-72B3, joista on saatu suorituskyvyltään lähes yhtä tehokkaita, kuin täysien uusien vaunujen hankinnalla [2]

Venäjä on säilyttänyt Neuvostoaikaiset pitkän kantaman asejärjestelmät ja ne on mukautettu toimimaan Yhdysvaltojen konseptien ja doktriinien mukaisesti. Venäjän C4ISR edustaa yhdistelmää vanhasta, joita on mukautettu toimimaan länsimaisten doktriinien ja käsitteiden mukaisesti. Venäjän ilmapuolustusjärjestelmät ovat hyvin edistyksellisiä, vaikka ne suuresti perustuvat Neuvostoliiton aikaisille hankinnoille. Strategisena painopisteenä tulee olemaan kyky Yhdysvaltojen torjumiseen tulevaisuudessakin. Venäjän maataistelukyvyyn kehittäminen keskittyy edelleen pitkän kantaman aseiden iskukyvyyn, C4ISR kykyihin ja nopean toiminnan joukkoihin. [2]

6.4 Maasodankäynnin taistelunkuva Suomessa

Puolustusyhteistyö on 2030-luvulla joukoissa rutiinin omaista toimintaa. Maavoimien yhteistoimintakyky on kehitetty tärkeimpien joukkojen ja suorituskykyjen osalta yhteisoperoinnin mahdollistavalla tasolla niin kotimaisissa kuin ulkomaisissa tehtävissä. Maapuolustus perustuu 2030-luvulla yhteisoperointi kykyyn. Taisteluissa sovitetaan yhteen maa-, meri-, ilmapuolustuksen sekä eri aselajien ja toimialojen toiminnot. Niillä ennalta ehkäistään, torjutaan ja lyödään maahyökkäykset ja suojataan yhteiskunnan elintärkeät kohteet ja toiminnot. [34]

Puolustusvoimissa on kehitetty kykyä vastata nopeasti kehittyviin uhkiin ja laajamittaisten hyökkäysten torjumiseen. Torjuntakyky on rakennettu yhdistämällä korkean teknologian kärkisuorituskyvyt sekä laaja reservin käyttäminen. Paikallisjoukoilla on aiempaa parempi kyky torjua hyökkäyksiä. Niiden suorituskykyä on kehitetty erityisesti johtamisen, tulivoiman ja taistelukestävyyden osalta. Uusina joukkotyyppeinä on muodostettu kevyitä jääkäripataljoonia ja kevyitä jalkaväkijoukkoja. [47]

Maavoimien joukkojen ytimenä tulee olemaan operatiiviset yhtymät, joiden on kyettävä itsenäiseen ja pitkäkestoiseen taisteluun kaikissa toimintaympäristöissä koko Suomen alueella. Operatiiviset yhtymät tulevat muodostamaan maavoimien pidäkkeen keskeisimmän osan 2030-luvulla. Yhtymien suorituskyky kehitetään sellaiselle tasolle, että niillä kyetään lyömään vastustajan parhaimmat joukot. [47]

Operatiivisia yhtymien toiminnan perustana on edelleen alueellisen puolustuksen aikoihin kehitetty toiminta-ajatus. Alueellisilla joukoilla hidastetaan ja kulutetaan vihollista, joka lyödään operatiivisilla joukoilla.[62]

Joukkojen määrä taistelukentällä tulee vähenemään ja taistelutilan tyhjentymistä korvataan paremmilla sensori- ja valvontajärjestelmillä, joilla saadaan luotua tarvittava tilannekuva. Satelliitit, lennokit ja laajan spektrin valvontajärjestelmät heikentävät joukkojen kykyä salata toimintansa perinteisin tavoin. [62] Maaston tarjoama suoja jää näennäiseksi näiden järjestelmien kehittyessä, sillä suurempien joukkojen ja ajoneuvojen havaitseminen on todennäköistä. Joukkojen tulee hakea suoja paikalla ollessaan hajauttamalla ja liikkuvia joukkoja on tuettava lennokki ja muiden sensoreiden valvontakyvyllä.

Aloitteen ja taistelutempon ylläpitämiseksi joukkojen toimintaa tuetaan reaaliaikaisella johtamis- ja tilannekuvalla. Johtamisjärjestelmällä on kyettävä yhteydenpitoon kaikkien yhteistoimintaosapuolien välillä, joihin lukeutuvat paikallisjoukot ja viranomaiset. [62] Pääkaupunkiseudun ja maamme suurempien asutuskeskusten rooli taistelutilan hallinnassa tulee merkittävämmäksi. Suojaa uusia valvontajärjestelmiä vastaan saadaan vain maan alla ja asutuskeskusten rakennuskannasta, mikä luo haasteen johtamisjärjestelmien toimivuudelle.

Laajalla alueella toimivat operatiiviset joukot on kyettävä keskittämään nopeasti ja oikea-aikaisesti pitkienkin etäisyyksien päästä taistelualueelle. Ratkaisutaisteluihin suunnattavat yhtymät tarvitsevat toimivan johtamisjärjestelmän, täsmä- ja kaukovaikuttamiskyvyn ja mahdollisesti puolustusvoimien yhteisten suorituskykyjen tukea. Se tarkoittaa johtamisjärjestelmää jolla luodaan sensor to shooter- kyky. [62] Jokaisen taistelijan ollessa yksi taistelukentän sensori täytyy johtamisjärjestelmän sisältää jopa autonomisia toimintoja tilannekuvan jakamisessa ja tarvittavissa tulenkäytön tehtävissä.

Tulevaisuudessa tarvitaan nopeammin liikuteltavia ja keveämmin varustettuja joukkoja. Jalkaväki joukkojen aktiivisella taisteluilla ja tappioiden tuottamisella luodaan edellytykset muiden joukkojen kanssa suoritettaville ratkaisutaisteluille. Jalkaväki siirretään tarvittaessa ajoneuvoilla ensimmäisenä eteen, hyödyntäen reittejä joita vaunuilla ei välttämättä pääse ja paikkaan jossa voidaan aloittaa tappioiden tuottaminen. suoja haetaan hajauttamalla joukot. sillä paikalleen ryhmitettynä ne voidaan paikantaa elektronisella tiedustelulla yhä helpommin. Paikannettuja kohteita vastaan voidaan käyttää tulta yhä kauempaa ja nopeammin.[24]

Kevyillä jalkaväkijoukoilla ei kyetä toteuttamaan jäykkiä torjunta tehtäviä. Jalkaväeltä puuttuu vielä taisteluiden edellyttämää tulivoimaa. Paikoilleen sitoutuneet joukot ovat tulenkäytön järjestelmille haavoittuvaisia. Parhaiten joukkojen käyttöperiaatteiden mukainen toiminta toteutetaan puolustukseen syvyydessä, joka tarjoaa toiminnan vapauden ja tilan. Hajautettu ryhmitys muodostaa näin pienempiä maaleja sekä mahdollisuuden toteuttaa pienempien osastojen iskuja. Vastahyökkäykset ja iskut pyritään suunnataamaan sivustaan ja selustaan.

Taistelijoilla on käytössään entistä älykkäämpiä välinettä, joilla hän kykenee toteuttamaan tehtäviään itsenäisesti tai joukon osana. Tilannetiedot omista ja vihollisen joukoista kyetään välittämään automaattisesti johtamisjärjestelmässä. Lähes reaaliaikaisella tilannekuvalla joukkojen käyttöä voidaan ohjata ja suunnata niitä tärkeimmille alueille ennakkoiden. Vastustajan joukkojen liikkeiden paikantamiseen ja vaikuttamiseen jalkaväki hyödyntää ryhmä tai joukkuekohtaisia lennokkeja ja käytössä olevia epäsuorantulen yksiköitä. Pimeys tai olosuhteet eivät toimi rajoitteena tehtävissä, sillä jokainen taistelija on varustettu pimeätoimintavälineillä. Vastustajan jalkaväki kyetään havaitsemaan valaistusolosuhteista riippumatta 1000 metrin saakka. Käytössä olevissa aseissa on suurentavalla optiikalla varustetut tähtäimet, joihin kyetään liittämään valonvahvistin tai lämpökamera pimeätoimintaa varten. Joukkojen aseiden tehokas käyttöetäisyys on 600-800 metriä. Taisteluita voidaan käydä entistä kauempaa ja saman aikaisesti käyttää myös raskaita aseita joukkojen tukemiseen. Kehittyneillä jalkaväen käsiaseilla kyetään käymään tehokkaasti ylläköihin ja väijytyksiin perustuvia taisteluita.

6.5 Johtopäätökset tulevaisuuden taistelunkuvasta

Tulevaisuudessa sotien ja kriisien toimintaympäristö on entistä monipuolisempi. Tulevaisuudessa jalkaväen kaikkein vaativin tehtävä on kyvyssä sopeutua sodankäynnin muuttuvaan luonteeseen. Viimeaikaisista sodista huolimatta, suurta tavanomaista tai laajamittaista konfliktia ei olla vielä käyty.

Hybridisodankäynti ja laaja-alainen vaikuttaminen on lisännyt haasteita jalkaväen toiminnalle taistelutilan hallinnassa. Jalkaväen taistelun suurimmat haasteet tulevat olemaan;

- Lisääntynyt suorien ja epäsuorien keinojen käyttäminen
- Asejärjestelmien tehokkuus ja vaikutus kohteisiin ja syvyyteen tunkeutuvilla asejärjestelmillä.
- Tiedustelun ja valvontakyvyn tehokkuus avaruuteen ja ilmaan sijoitettujen sensoreiden käytössä
- Elektronisen sodankäynnin kykyjen tehostuminen voi johtaa tiedon ja tilannekuvan katkeamiseen, kun joukkojen toiminta on aikaisempaa riippuvaisempi viiveettömästä tiedosta ja tilannekuvasta.

- Joka sään ja olosuhteiden taistelukyky vaikuttaa molemmin puolin taisteluun pimeällä.
- Puolustuksellisen taistelun haasteet rakennetussa ympäristössä ja reagoinnissa vastustajan taisteluliikkeisiin.
- Autonomisten asejärjestelmien käyttöön tuleminen tulee lisäämään jalkaväen haavoituvuutta, mikä korostuu avoimemmissa taistelutiloissa.
- Avaruuteen ja ilmaan sijoitetut sensorit tulevat paranemaan siten että maastouttamisen ja naamioinnin merkitys tulee vähenemään tai voi tehdä sen tehottomaksi.

Jalkaväen klassinen rooli ja tehtävä maaston ja alueiden hallussa pitämisessä tulee kasvaamaan. Liikkeeseen ja vaikutukseen perustuva operointi alueiden hallinnassa ja kiistämisessä vastustajalta voidaan toteuttaa vain yllätyksellä ja keskitetyllä asejärjestelmien käytöllä.

Vaikutukset ja häiriöt päätöksen teolle tulevat esiintymään kyber, ja elektronisiin ja informaatiotiloihin suunnattuina hyökkäyksinä monimutkaistaessa taistelukenttää. Jalkaväen on toimittava päättäväisemmin ja niiltä odotetaan suurempaa roolia sensorina ja päätöksen tekijänä taistelualueilla.

Mikäli tulevaisuudessa pidetään vaatimuksena kansainvälistä yhteensopivuutta ja materiaalin käytettävyyttä sekä kansalliseen puolustukseen että kansainvälisiin tehtäviin, tullaan tilanteeseen, jossa kustannusrakenteet tulevat vastaamaan suurvaltojen puolustusmateriaalin kustannuksia. (teknologisen kehityksen vaikutuksia sodankäyntiin. [31] (s 56)

Tulevaisuuden taistelun kuvan ennustamisen vaikeus ja joukkojen erityyppisten tehtävien määrän vuoksi järjestelmien tulee olla modulaarisia ja komponenttipohjaisia [31] (s 57)Tämä johtaa kokonaisjärjestelmien sirpaloitumiseen pienemmistä itsenäisistä, toisiinsa liitetyistä järjestelmistä muodostuvaksi verkostoksi.

Teoreettisella tasolla pohtimista voi jatkaa loputtomiin voidaan pohtia loputtomasti siitä, milaista maasodankäynti tulee olemaan. Hyvin varmasti tulevaisuudessakin asejärjestelmien kehityskaari suunnittelusta operatiiviseen käyttöön vie vähintään vuosikymmenen. [16]

Joustavuus, sopeutuvuus ja ketteryys esiintyvät toistuvasti maavoimien kehittämistavoitteissa. Maasodankäynnissä eri tyyppisten konfliktien määrä ja erilaisuus kasvavat ja tulevat vaikuttamaan teknologiaan operatiiviselta tasolta taktiselle tasolle saakka [16] (s.90) Maavoimien merkitys tulee olemaan kriittisen tärkeä tulevaisuudessakin operaatioiden onnistumiselle. Maajoukoilla kyetään pakottamaan vastustajaa ja hallitsemaan tärkeitä maa-alueita. Maavoimat eivät kuitenkaan yksinään kykene ratkaisuihin, vaan sekä taktisella että operatiivisella tasolla taistelut tulee kyetä liittämään yhteisoperaatioihin muiden puolustushaarojen kanssa [16] (s.91)

Pienten ryhmien taktiikat ja perustaistelumenetelmät edellyttävät tuliylivoiman saavuttamista liikkeen tukemiseksi hyökätessä vihollista vastaan tai itselle edullisen kohdan haltuun saamiseksi.

Valvonta välineet ja minilennokit ovat mahdollistaneet hyökkäyksen aloittamisen, jopa ennen tukevien osien taisteluun ryhmittämistä. Epäsuorantulen yksiköiden tuella jalkaväkiryhmillä kyetään nopeisiin liikkeisiin ja sitomaan vihollinen taisteluun. Ensimmäinen taistelua tuetaan kevyillä ja raskailla heittimillä. Kevyillä heittimillä täytyy ampuen suurempia määriä ampu-matarvikkeita ja raskaiden heitinten tulen tarkkuuden kehittyessä on kyetty suojaamaan ja lamauttamaan vihollinen vasta sekunteja ennen taisteluosien liikkumista.

Teknologisen kehityksen vaikutukset

Sotilaallisiin innovaatioihin tähtäävät muutokset Maailman teknologisen kehityksen on arvioitu, että sotilaallisten innovaatioiden kannalta teknologinen muutos voi olla nopeampaa seuraavien 20 vuoden aikana, mitä se on ollut edellisten 20 vuoden kuluessa Tekniikka tulee näkyvimmin kehittymään erilaisten sensoreiden lisääntymisenä. Toiseksi kehittyvät tietokone ja viestintäjärjestelmät, joilla jaetaan sensoreilla hankittua tietoa. Kolmantena kehittyvänä kategoriana ovat asejärjestelmät ja alustat, joiden suorituskykyä saadaan parhaiden tehostettua kahden ensimmäisen teknologian avulla. [59] (s.11)

Merkittävimmät teknologiset vaikutukset maasodankäynnille muodostuvat tekniikasta, jolla kyetään lisäaineiden valmistukseen tai 3D tulostamiseen. logistisesti se vähentää varaosien ja muiden metallisten tai keraamisten tai vastaavien

Kiikaritähäinten käyttöön tuleminen on mahdollistanut entistä tarkemman vaikuttamisen ja yhä kauempaa. Muutettavalla suurennuksella varustetut kiikaritähäimet

Taistelijalla on tulevaisuudessa käytössään entistä älykkäämpiä ratkaisuja ja välineitä, joilla hän kykenee toteuttamaan tehtäviään itsenäisesti ja osana joukkoaan. Taistelijan tulivoimaa,

suoja ja tilannetietoisuutta kehitetään vastaamaan tulevaisuuden uhkiin. Tilannetietoisuus omista ja vihollisen joukoista on ehkä keskeisin taistelijan suorituskykyä parantava suorituskyvyn osa-alue. Taistelijoiden on havaittava vastustaja ennen kuin itse tulee havaituksi. kommunikoimaan oman ryhmänsä jäsenten kanssa reaaliaikaisesti ja saamaan selkeä kuva omien taistelijoiden sijainnista. Varustuksen kehittymisestä huolimatta ihminen – taistelija – on aina keskiössä. Varustuksen on tuettava taistelijan päätehtävän toteuttamista ja oltava riittävän yksinkertainen käyttää.

Tulevaisuudessa käsiaseet tulevat olemaan hyvin riippuvaisia tähtäinten osalta laskentatehosta ja siihen liittyvästä virran hallinnasta. Tähtäinten sisältämä elektroniikka tulee ylittämään kyvyiltään huomattavasti nykyisten tähtäinten suorituskyvyn. Toistuvasti on myös esitetty sen riskeistä huolimatta, aseiden verkottumisen osaksi taistelulentän tilanne ja taistelunjohtoverkkoa. On syytä huomata, että vain harvat näistä konsepteista on teknologisesti kypsyydeltään sellaisella tasolla, että niiden käyttöön tuleminen olisi mahdollista vielä tämän vuosikymmenen aikana.

Yhdysvalloissa tehtyjen ideointiharjoitusten merkittävimpana havaintona on, että taktisen ja teknisen alojen asiantuntijat ovat yksimielisiä siitä, että seuraavan 30 vuoden kuluessa tullaan näkemään sellaisten teknisten sovellutusten mukaan tuleminen mikä hämärtää jo rajaa aseiden ja taistelijan välillä. Taistelijan ja aseiden välille tullaan luomaan rajapintoja kuten head up-näytöt. Näytöillä voidaan välittää tietoa omista joukkojen sijainnista ja tunnistetuista viholliskohteista. [59] (s.11)

7. RYNNÄKKÖKIVÄÄRI KONSEPTI

Kokonaisuutena käsiaseiden suurimmat tekniset parannukset tulevat olemaan lähitulevaisuudessa edistyneemmät tähtäimet ja ammunnanhallintajärjestelmät. [68]

Pienkaliiperisten aseiden taistelussa tarvittavat ominaisuudet ovat; tulen tehokkuus, ketteryys, monikäyttöisyys ja aseiden luotettavuus. Tulenteossa on kyse, aseiden kyvystä tuottaa tappioita ja Aseen ketteryyteen vaikuttaa aseiden käsittelyn yksinkertaisuus ja nopeus kaikissa taisteluolosuhteissa. Siihen lukeutuvat aseiden mitat ja paino, aseiden kuljetuksen helppous.

Aseiden monikäyttöisyys kuvaa aseiden mahdollisuuksia käyttää aseita useammalla kuin yhdellä tavalla, erilaisissa tilanteissa, olosuhteissa ja moniin tarkoituksiin. Monikäyttöisyyteen lukeutuvat myös lisälaitteiden ja muiden osien käytön mahdollisuus.

Aseiden luotettavuus määräytyy aseiden kyvystä toimia erilaisissa olosuhteissa. Aseiden luotettavuuteen kuuluvat myös aseiden toimintahäiriöt. Nykyisellään ei voida hyväksyä toimintahäiriöiden määrää ylittävän 0,2-0,3 prosenttia. Lisäksi nämä häiriöt tulee olla poistettavissa aseista nopeasti. [8]

Pitkällä aikavälillä vastustajan tiedustelu, valvonta ja maalittamisen kyky tulee kehittymään sille tasolle, ettei suojaa kyetä saamaan enää maastosta. Ajoneuvot ja joukot kyetään havaitsemaan ja niihin pyritään vaikuttamaan kaukovaikutteisesti. Jalkaväen keino suojautumiselle on hajaantua. Taisteluteknisesti ryhmän on kyettävä taistelemaan itsenäisesti, jolloin heidän oma suora-ammunta tuli on oltava tehokasta.

Asejärjestelmän yleisiä vaatimuksia ovat:

- tehokkuus, joka sisältää tulen vaikutuksen maalissa ampumatarvike
- käytettävyys, johon kuuluvat operatiivinen ja tekninen käytettävyys

käyttötilanteet, aseiden toiminnallisen osat

- toimintavarmuus ja turvallisuus kaikissa käyttöolosuhteissa varmistimet
- taistelunkestävyys sekä
- taloudellisuus koko järjestelmän käyttöänsä. [60]

Kehitteillä olevilla aseilla pyritään selvästi lisäämään yksittäisen taistelijan henkilökohtaista tulivoimaa, tarkkuuden, kantaman, vaikutuksen ja tulinopeuden suhteen. Tarkoituksena on myös parantaa aseiden käytettävyyttä ergonomisesti sekä vähentää taistelussa tarvittavan kuorman painoa.

Toiseksi äänenvaimennin tekniikkaan on kiinnitetty aikaisempaa enemmän huomiota, jolla pyritään taistelijan toiminnan suojaamiseen häivyttämällä aseiden suuliekkiä.

Kolmanneksi vahvasti nouseva ja kehittyvä tekniikka liittyy taistelukentän verkottumiseen ja digitalisoitumiseen. Se tulee näkymään aluksi parempina ammunnanhallintajärjestelminä, joissa on yhdistetty pimeätoimintakyky joka kehittyneempänä valonvahvistin tai lämpökamerateknikkana. Pidemmällä aikavälillä tulleen pyrkimään tekoälyn ja lisätyn todellisuuden (augmented reality) hyödyntämiseen taistelijan tasolla. Tekoälyn avulla pyritään automaattiseen tiedon ja tilannekuvan jakamiseen. Taistelijan käyttäessä asetta, voidaan tähtäimen avulla ja painokytkimellä lukita kohde halutuksi maaliksi. Aseen laukaisukoneisto joko mekaanisena ratkaisuna tai sähköisenä laukaisukoneistona antaa aseensa lauetta vasta kun osuminen on todennäköistä. Samalla toiminnolla tähtäimen paikkatieto, mitattu suunta- ja etäisyys välittyvät muille lähiverkossa oleville taistelijoille. Tieto uhkasta välittyy muille taistelijoille esimerkiksi visiirinäytölle tai päätelaitteelle suuntana ja etäisyytenä vihollisuuskasta. Paikkatiedon jakamiseen voidaan kytkeä toimimaan myös omien tunnistus toiminto. Lähiverkossa olevat taistelijat saadaan näkymään tähtäimen, kypärävisiirin tai päätelaitteen näytössä omalla tunnisteellaan. Tekniikkaa voisi kuvata saman tyyliä näkymänä kuin nykyisissä sotapeleissä on pelaajalla näytöllään.

7.1 aseiden rakenne

Yhdysvalloissa painopiste on luotu seuraavan sukupolven aseisiin ja tavoitteena on niiden käyttöön ottaminen vuodesta 2025. [66] Osissa lähteissä tämä ilmoitetaan saavutettavan jo vuosien 2022-2023 kuluessa. Samalla kuitenkin tehdään mielenkiintoisia muutoksia matalammilla tavoitteilla.

Tällä hetkellä on Yhdysvalloissa jo nähtävissä viitteitä siitä, että yksittäisten käsiaseiden eri luokat voivat olla yhdistymässä. Merijalkaväki on ottanut kokeiluun Hekler&Koch:n M27 automaattikiväärit, jotka on varustettu vaimentimilla ja 1-8 kertaa suurentavalla optiikalla ja 60 patruunan polymeerisilla rumpulippailla. Aseiden yhtenäistämällä ryhmän sisällä on ta-

voitteena, että kuka tahansa voi toimia, tukiampujana (DMR), konekivääriampujana tai kivääriampujana. [66](s.5)

NGSW. kilpailussa on mukana tällä hetkellä enää kolme vaihtoehtoista asetta. Mukana on myös pullbub-rakenteellinen ase, jota kohtaan Yhdysvalloissa ei aiemmin ole ollut kiinnostusta. [66](s.5) Pullbub aseita on sen sijaan ollut käytössä Britannialla, Ranskalla ja Itävallalla.

Mahdollisena syynä voi olla se, että Yhdysvaltain armeijan kehittämä 6.8 mm kaliiperin patruuna edellyttää kohtuullisen pitkiä piippuja ollakseen riittävän suorituskykyinen. Yhdysvallat eivät ole julkistaneet tarkemmin kehitetyn patruunan ominaisuuksia.

Ensiksi aseilta edellytetään hyvää läpäisykykyä myös suojaliivien edelleen kehittyessä, joten on ymmärrettävää, että käytetään pisintä mahdollista piippua, jotta saadaan riittävän suuria luodin lähtönopeuksia ja kyky läpäistä kohteita. Toiseksi kevyen pidemmän kantaman patruunan aseella on kyettävä samanaikaisesti sekä tarkkuuteen, suureen tulinopeuteen [66](s.5)

7.2 aseiden ampumatarvike

Ampumatarvikkeiden ballistiset tutkimukset ovat osoittaneet jo vuosisadan vaihteesta alkaen samansuuntaisia tuloksia. 5.56 kaliiperin amputarvikkeita ei testien mukaan voida varsinaisesti pitää teholtaan ja vaikutukseltaan heikkona. Enneminkin ampumatarvikkeen heikkoutena on sen kyky toimia luotettavasti kaikissa tilanteissa. Ampumatarvikkeen vaikutus kohteessa riippuu niin monesta muuttujasta, että sen kyky osoittautuu varsin epäsäännölliseksi. Tämän kaliiperin amputarvikkeen kehittämispotentiaali huomioiden ei sitä voida pitää suositeltavana vaihtoehtona. [66](s.3)

Vuonna 2010 julkaistussa ARDEC:n kaliiperitutkimuksessa havaittiin, että 6,35 - 6.8 mm kaliiperin patruunoilla päästään parhaiten tavoiteltavien ominaisuuksien tasapainoon, kaikkii muihin pienempiin tai suurempiin kaliipereihin verrattuna.[68] (s.3)

1. Aseilla halutaan saavuttaa ylivoima (overmatch) asetelma mahdollisia vihollisia kohtaan. Mikä tarkoittaa aseiden maksimaalisen ja tehokkaan kantaman pidempää etäisyyttä, kuin 7.62x54R kaliiperisten konekiväärien kantamat. Sekä 7.62 x51 NATO ja 7,62 x 54R konekiväärien ampumatarvikkeet laskevat alle äänennopeuden noin 800 m etäisyyden jälkeen. Alle äänennopeuden etenevää luotia ei pidetä enää riittävän tehokkaana ja se menettääkin nopeasti lentovakautensa alisooneksi tullessaan.

2. Arviot luotisuusjaliivien kehittymisestä ja niiden vapaammasta saatavuudesta kaikille tarvitsijoille. Yhdysvalloissa NIJ IV- tason keraamiset suojaliivielementit maksavat noin 115 \$. Tällä hetkellä NATO kaliiperien ampumatarvikkeista NIJ IV-tason luotisuusjaliivin kykenee läpäisemään vain 7.62 x 51 mm M933 ja 5.56 x 45 M995 tungsten- kärkiset patruunat. Yleiseksi ampumatarvikkeeksi ne ovat huomattavan arvokkaita ja siksi näitä jaetaan vain harvoin käyttöön. [68] (s.3) On hyvin todennäköistä, että Yhdysvalloissa ollaan siirtymässä kohti kevyempää, suuri nopeuksisia

7.3 vaatimukset aseelle

Aseissa on ollut havaittavissa suuntaus, jossa on pyritty yhä lyhyempiin aseisiin. Lyhyempi ase poikkeuksetta keventää sitä, mutta aseiden piipun pituudella ja ampumatarvikkeen ominaisuuksilla välillä on suora yhteys. Minkä tahansa ballististen ominaisuuksien saavuttamiseksi lyhyemmällä piipulla pidemmän sijaan tarvitaan aina tehokkaampi patruuna. Luodin tulee kiihtyä piipussa nopeammin ja sen oltava silloin kaliiperiltaan isompi ja luodin painon raskaampi. Se tuottaa samalla enemmän painetta, piipun kulumista, piipun lämpenemistä ja ruudin palamista piipun suulla. Suuremmat lähtönopeudet myös tarvitsevat parempia ominaisuuksia äänenvaimentimelta suuliekien pienentämiseen tai vaimentamiseen. [68] (s.2)

Toimintaympäristön ja käyttötilanteet huomioiden, aseiden piippujen pituuksia ei voida kasvattaa merkittävästi nykyisestään, sillä tähän mennessä on tavoitteena ollut juuri lyhentää aseiden kokonaispituutta ja samalla painoa. Rakennetuilla aluilla taisteltaessa ja käytettäessä ajoneuvoja on lyhyellä piipulla ja aseiden kokonaispituudella suuri merkitys aseiden käytettävyyteen. [68] (s.7) Mikäli aseiden rakenteellisen ratkaisuna on perinteinen malli, on piipun pituudeksi kaikkein suosituimmaksi muodostunut n16 tuuman pituudet.

Aseiden piipun pituutta voitaisiin pidentää, mikäli ase valmistetaan bullpup-tyyliseksi. Bullpup rakenteella saavutetaan noin 8 tuuma pidemmät piipun pituus, vaikuttamatta vielä aseiden kokonaispituuteen [68] (s.7)

Vaihtoehtoksi jäävät eri pituisten piippujen hankkiminen aseisiin, mutta ei ole tarkoituksen mukaista vaihtaa piippuja erilaisiin tilanteisiin ja olosuhteisiin. Toinen vaihtoehto on valita kompromissi ratkaisuna piipun pituudessa, mutta johtaa aseisiin, jotka ovat pidempiä kuin kaupunkitaisteluissa,

7.4 Aseen tähtäinlaitteet

Aseeseen kiinnitettävät tähtäimet ovat kokonaisuutena asejärjestelmien kehittämisessä ollut kaikkein eniten edistynein osa ja taistelijan suorituskyvyllä niillä on ollut kaikkein merkittävin kasvattava tekijä. Suurentava optiikan käyttö on luonut mahdollisuudet havaita ja tunnistaa kohteet yhä kauempaa. Rynnäkkökiväärien optiikkana on tähän mennessä käytetty kiinteillä suurennoksilla olevia taistelutähtäimiä. Lisäksi tähtäinristikoina ovat olleet käytetylle ampumatarvikkeelle optimoidut tähtäinristikot, joissa on selvästi erottuvat pisteet eri taistelutäisyyksille. Tähtäinristikoissa on käytetty myös etäisyyden arvioimista helpottavia kohtia, jotka perustuvat usein ihmisen vartalon perusmittoihin kuten kokonaispituus, rinnan korkeus ja leveys. Tarkka-ampujien käyttöön soveltuvat paremmin tähtäinristikot, joilla etäisyyksiä voidaan arvioida huomattavasti tarkemmin kuten Mildot. Tämän tyyppinen tarkkuus ei ole tarpeellista tavanomaisessa taistelukäytössä. Tähtäinristikot ovat useimmiten valaistavia, joka helpottaa tähtäinten käyttöä huonommissa valaistusolosuhteissa ja lisäksi tuovat mahdollisuuden kiinnittää valovahvistinoptiikkaa taistelutähtäimen jatkeeksi.

Suurentavien tähtäinten lisäksi sotilaiden suosiossa ovat olleet punapistetähtäimet, joihin lasketaan kuuluvan heijastin ja refleksitähtäimet. Punapistetähtäimillä on saavutettu nopeampi tulenavauskyky, tähtäämisen nopeus ja yksinkertaisuus sekä osittain parempi kyky taistella hämärässä. Nopeus ja helppokäyttöisyys xxx etenkin näiden tähtäinten ollessa parallaksi vapaita. Käytännössä sillä on ollut merkitystä siinä, että ammuttaessa on voitu pitää molemmat silmät auki, jolloin näkökenttä säilyy laajempaan, eikä tähtäyspistettä ole tarvinnut hahmottaa kolmella eri etäisyydellä sijaitsevan pisteen kautta. Punapistetähtäinten käyttöä on etäisyydessä rajoittanut vain taistelijan kyky havaita kohteet.

Optimaalisimmassa ratkaisussa punapistetähtäimen ja kiväärikaukoputkien ominaisuudet yhdistettäisiin, mikä on täysin saavutettavissa nykyisissä COTS-tuotteissa. pienellä suurennoksella varustetut kiväärikaukoputket mahdollistaisivat tarkan vaikuttamisen pidemmille etäisyyksille. Taistelukäytössä riittää noin 1-1.5 kertainen suurennos sataa metriä kohden. Kun tähtäimen muutettava suurennusalue on yhdestä - 6-8 kertaiseksi suurentava, kyettäisiin kohteiden havaitsemiseen aina 600-800 metriin saakka. Lähitaisteluita varten optiikan ristikkoon olisi valaistava keskipiste. Kun valaistava piste on luotu ristikkoon käyttämällä kuitua, ei piste vielä peitä kohteita millään tavoin ja se on selvästi erottuva. punapistetähtäimeen tai kiväärikaukoputkeen verrattuna tällainen optiikka on kalliimpaa, noin tuhannen euron luokkaa.

Kun tähtäin valitaan edellä mainituilla ominaisuuksilla, kyetään valmistamaan tähtäin, jota voidaan käyttää myös tukiampujan (DMR) aseessa tai konekivääriampujan ampujan aseissa. Toinen merkittävä hyöty on saavutettavissa, jos ryhmän sisällä päädytään kaikissa tehtävissä käyttämään yhtenäistä asetta ja ampumatarviketta. jos näissä ryhmän sisäisissä tehtävissä käytetään samaa ampumatarviketta ja asetta, voitaisiin samaa tähtäintä käyttää myös muissa tehtävätyyppien aseissa. variaabeli suurennos. Kiväärrikaukoptkella varustetut taistelijat.

optiikan kehittyminen edelleen ammunnanhallintalaitteiksi tulee olemaan todennäköistä alle 10 vuoden kuluessa. ja siirtyminen tähtäimissä tulee muoto muutettavaksi.

Viranomaisyhteistyössä Puolustusvoimat voivat toteuttaa tehtäviä antamalla virka-apua, mikä voi sisältää aseellisen voimakäytön poikkeusoloissa tai häiriötilanteissa. Vaatimukset aseelliseen voimankäyttöön poikkeusoloissa asettaa toisenlaisia vaatimuksia suorituskyvyn käytölle kuin sotilaallinen maanpuolustus.

Aseellista voimankäyttöä vaativat tilanteet edellyttävät häiriötilanteissa usein pidättymistä raskaiden aseiden käytöstä yhteiskunnan infran ja väestön turvaamiseksi. Sen sijaan kevyiden aseiden ja joukkojen henkilökohtaisten aseiden käyttö tulee olla tarkkaan rajattua vaikutukseltaan. Kohteet ja uhkatekijät voivat esiintyä muuhun toimintaympäristöön sekoittuen, jossa kohteiden tunnistaminen ja niihin vaikuttaminen tulee kyetä toteuttaman vaarantamatta sivullisia.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

8.1 Johtopäätökset

Tällä vuosikymmenellä on useampi maa suunnitelleet korvaavansa nykyisiä rynnäkkökiväärejä ja kevyitä konekiväärejä. Kymmeniä vuosia aiemmin tehdyt ratkaisut suuntasivat ryhmätasolla käytävien aseiden kahden kaliiperin käyttöön niin idässä kuin lännessä. Vielä 1900 -luvun vaihteessa jalkaväkiryhmät käyttivät kaikki yhtenäisiä aseita ja ampumatarvikkeita maasta riippumatta. Maailman sotien jälkeisenä aikana kaiken kokeellisen tutkimusten ja havaintojen kautta optimaalinen yhden kaliiperin ratkaisu olisi ollut löydettävissä jo varhain. Suurimpana syynä kaikilla mailla, oli kuitenkin pyrkimys kustannustehokkuuteen, jossa entisiä kaliipereita ja käyttökelpoisia aseita ei haluttu kaikkia korvata uusilla Teknologisen kehityksen puolesta jalkaväen aseistus olisi kyetty säilyttämään hyvin yhtenäisenä ja kyetty valmistamaan tehokkaita aseita, jotka täyttäisivät taistelukentän monipuoliset vaatimukset tänäkin päivänä. Syitä teknologisen kehityksen hyödyntämättömyyteen on ainakin kolme

Aseiden kehittämiseen ja niiden käyttöön päättymiseen on kaikkein eniten vaikuttanut länsimaissa Täysin uusien aseiden ja ampumatarvikkeiden käyttöönottoa on rajoittanut, jo käytössä olleet aseet ja ampumatarvikkeet. Ratkaisua voidaan pitää perusteltuna, sillä käytössä olevat aseet ja ampumatarvikkeet ovat jo kertaalleen käyttökelpoisiksi todettuja. Kustannustehokkuuden puolesta ei olisi ollut järkevää lähteä hylkäämään sinänsä toimivia aseita, sillä perusteella, että saavutetaan vain osittaista suorituskyvyn paranemista, mikäli vaakakupin toisessa päässä painavampaa oli se että molemmilla ratkaisuilla kyettiin täyttämään vaadittu tehtävä.

Todennäköisesti aseiden elinkaaren pituutta ei osattu osattu arvioida oikein. Mikään muu asejärjestelmä ei yllä elinkaarensa pituudessa jalkaväen aseiden tasolle. Tällä hetkellä maailman eniten valmistetut rynnäkkökiväärit ja niiden ampumatarvikkeet ovat suunniteltu toisen maailmansodan jälkeen. Venäläistä alkuperää olevat AK ja AKM rynnäkkökiväärit edustavat näistä pisintä elinkaarta.

Lännessä kuin idässäkään ei päästy kuitenkaan yhden aseiden yhden ampumatarvikkeen ratkaisuun ryhmän aseissa. Idässä ryhmän tulivoima rakentui 7,62x53R ja 7,62x39 ampumatarvikkeiden yhdistelmään, joka muuttui 70-luvulta alkaen vain toisen ampumatarvikkeen vaihtumiseen 5,56x 9 kaliiperiin. Useissa länsimaissa tämä sama ratkaisu ryhmätasolla näkyi 5,56 x 45 ja 7,62x51 kaliiperisten aseiden valikoimana.

90-luvulle tultaessa optiikka ja materiaalit kehittyivät siinä määrin, että rynnäkkökiväärien modernisointi nähtiin viimeistään tarpeelliseksi. Komposiittimateriaaleista aloitettiin valmistaman useimmat aseiden osat kestävyuteen ja keventämiseen pyrkien. Venäläisissä aseiden puurakenteet korvattiin komposiitilla ja useimpien aseiden lippaat, rungot ja kehyksetkin alettiin valmistaa komposiitista. Se vaikutti ennen kaikkea aseiden kokonaispainon osittaiseen vähenemiseen, jota tavoiteltiin jo heti toisen maailman sodan jälkeen. Saavutettu hyöty painossa kuitenkin jäi vähäiseksi, sillä 2000-luvulta alkaen kehittyneimmillä asevoimilla ei juurikaan ollut enää käytössä aseita, joita ei olisi käytetty ilman lisäoptiikka. Nykyään aseiden omat tähtäimet nähdäänkin vain aseiden varatähtäiminä, joita varaudutaan käyttämään optiikan rikkoontuessa. Optiikka kehittyi myös pimeätaistelukyvyyn osalta. Pimeä taistelukyky oli toki olennaista varautumista myös konventionaaliseen sodankäyntiin, jossa ei ollut varaa antaa toiselle osapuolelle etumatkaa pimeätaistelukyvyssä. Ennen kaikkea siihen vaikutti kuitenkin terrorismin vastaiset sodat, jossa huonommin varustettuun vastustajaan haettiin suhteellista etua pimeätaistelukyvyssä. Aseiden optiikka valikoima kasvoi ja erikoistui käyttötärpeen mukaan. Valtavirtaisesti aseissa käytettiin punapistetähtäimiä ja pienellä suurennuksella varustettuja kiväärikaukoputkia. Aseissa käytettiin laserosoittimia, taktisia valaisimia ja valonvahvistimia käytettiin joko kypärä- tai pääkiinnitteisesti sekä aseiden omien tähtäinten lisänä. Josain tapauksissa valonvahvistimilla korvattiin kokonaan aseiden oma optiikkaa pimeätaisteluita varten. Aseiden modernisointi keskittyi lisälaitteiden kiinnittämisen maksimointiin erilaisin ratkaisuin. Teknologian hyödyntäminen kasvoi äärimmilleen ja aseesta varusteineen tuli edelleen raskaampia.

Ryhmä ja joukkotasolla käyttöön vakiintunut kahden kaliiperin ja ampumatarvikkeen ratkaisu nousee yhdeksi keskeisimmistä ratkaistavista tekijöistä tulevaisuudessa.

Taistelijan tarvitsemien välineiden määrä on kasvanut koko ajan mitä uudempaa tekniikkaa on otettu käyttöön. Taistelussa tarvittavien välineiden määrä on kasvanut suhteessa koko ajan enemmän, mitä siihen on kyetty vaikuttamaan yksittäisten laitteiden kehittyessä esimerkiksi kooltaan pienemmiksi. Monien nykyään valmistettavien rynnäkkökiväärien perusominaisuudet ovat erittäin pienen vaihteluvälin sisällä. Käytännössä valtaosa aseista ovat lähes identtisiä koossa, painossa ja pituudessa, eikä samanlaisten kaliiperien vuoksi aseiden suorituskyvyssä ole merkittäviä eroja.

Tulevien rynnäkkökiväärin kehitys ei ole pelkästään riippuvainen aseiden teknisten ominaisuuksien kehittymisestä vaan ennemmin ampumatarvikkeen kehittymisestä ja sen tähtäinjärjestelmien kehityksestä. Pidemmälle tulevaisuuteen tarkasteltaessa rynnäkkökivääreiden osalta asejärjestelmä käsite alkaa jo murtaa rajojaan. Useat tulevaisuuden mahdollisuudet pyritään kytkemään aseentähtäimen kautta osaksi kokonaisuutta. Taistelijasta rakennetaan ase, tähtäimen ja muiden laitteiden kautta sensori, joka kykenee välittämään tilannekuvaa ja tietoa uhkaavista kohteista automaattisesti asetta käyttäessään. Verkottuneessa ympäristössä tietojen automaattinen jakaminen tulee parantamaan ryhmän ja joukkojen päätöksentekoa ja tilanneymmärrystä taistelussa, sekä samanaikaisesti tiedon välittyessä paranee johtoportaiden tilannekuva. Tulevaisuudessa yksittäisillä aseilla suoritettu kohteiden tunnistaminen ja maalinosoittaminen on riittävä peruste epäsuorantulen käytölle. Teknologisesti se olisi mahdollista jo nykyäänkin, mutta kustannuksiltaan tämän tyyppisen järjestelmän rakentaminen on vielä suhteettoman kallista. Tämän tyyppisen suorituskyvyn rakentaminen tulee olemaan Suomessa lähempänä 2040-lukua.

8.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa kyettiin löytämään vastaukset määriteltyihin tutkimuskysymyksiin. Tutkimustyön kysymysten muotoilua jouduttiin tarkentamaan tutkimustyön aloittamisesta, kysymysten edellyttämään tarkkuuteen ei aineiston puolesta olisi ollut mahdollisuutta. Tutkimustyön alussa pyrittiin tarkkaan aiheen rajaukseen, jotta aiheen tarkka käsittely olisi mahdollista. Tutkimustyön aiheeseen liittyy paljon kokonaisuuksia joiden tarkka ja tieteellisesti tarkka selvittäminen vaatii hyvin paljon tarkempia mittaustapoja ja vaativia menetelmiä. Täsmällisten tulosten saaminen edellyttäisi vaativien kvantitatiivisten tutkimusmenetelmien käyttöä. Tutkimuksessa päädyttiin tarkastelemaan aihetta laadullisin menetelmin, sillä aiheen tekee haastavaksi tässä vaiheessa oleva julkisen aineiston saatavuus.

Tutkimuksen lähdeaineistoksi hyväksyttiin vain tutkimukset ja artikkelit, jotka ovat pääosaltaan alojensa tunnettujen asiantuntijoiden tekemiä tai vertaisarvioituja. Tutkimuksen tulokset ovat kuitenkin teoreettisia ja näiden tuloksien varmentaminen tulee tehdä tarkemmilla tutkimuksilla ja kenttäkokeilla. Aseiden tehokkuuden ja kykyjen todentaminen tulee tehdä ballistisilla ja muilla toiminnallisilla kenttäkokeilla. Aseista, ampumatarvikkeista ja tähtäimistä saatuja tuloksia ei voida pitää riittävänä vaatimusten määrittelylle. Tuloksiin tulee suhtautua konseptointityön aloitteena ja yhtenä mahdollisena vaihtoehtona muiden vaihtoehtojen joukossa.

Suomessa täytyy aktiivisesti seurata Yhdysvaltojen NGSW -hankkeen etenemistä ja mahdollisuuksien rajoissa, haettava yhteistyömahdollisuuksia muiden maiden kanssa. Ruotsin Puolustusvoimien kanssa yhteistyömahdollisuudet saattavat olla parhaimmat, sillä Ruotsin samansuuntaisten uhkakuvien ja operaatioympäristön puolesta vaatimukset aseille tulisi olla käytännössä samanlaisia. Yhteisellä suorituskyvyn rakentamiseen pyrkivällä hankkeella, kyettäisiin jakamaan kustannuksia ja

Tutkimuksessa on tarkastelu keskittynyt vain yhden puolustushaaran ja aselajin näkökulmaan. Näkökulma on kuitenkin perustellusti valittu jalkaväen taistelutehtävien toteuttamiseen, sillä tässä joukossa esiintyvät aseiden vaativimmat käyttöolosuhteet ja käyttötapaukset. Tutkimuksessa ei ole kokonaisuutena selvitetty tai huomioitu muiden puolustushaarojen vaatimuksia. Tutkimus tulee ymmärtää konseptointi työtä tukevaksi esiselvitykseksi, josta on joitain tärkeimpiä materiaalisia vaatimuksia perustuen arvioon tulevaisuuden taistelunkuvasta.

8.3 Pohdinta

Todisteille ja tuloksille etsittiin kumoavia ja vaihtoehtoisia selityksiä. Lopulta varsin suppealla aineistolla yksittäisen tutkitun asian vaikutuksia muihin tutkittuihin ominaisuuksiin ei kyety täsmällisesti rajaamaan muista mahdollisista syistä.

Laadullisena tutkimuksena tämän työn tulosten toistettavuutta ei voida tuottaa samalla tavoin kuin kvantitatiivisessa tutkimuksessa. Sotatieteissä on suorituskykyjen ja niiden kehittämisen arvioinnissa on käytetty tutkimuksellisenä lähestymistapana systeemianalyysia tai pehmeää systeemimetodologiaa. [48] (s. 131-132) Tämän tutkimuksen alkuvaiheilla harkittiin samaa lähestymistapaa. Systeemianalyysilla voitaisiin tehokkaasti selittää ja kuvata tutkittavaa aihetta, mutta sen soveltuvuus syy-seuraussuhteiden selvittämiseen on kuitenkin heikko [48](s.132). Tällä perusteella tästä lähestymistavasta luovuttiin.

Tässä työssä luotettavuutta heikentää ainakin työn lähdeaineiston vieraskielisyys. tekniikan alan aineisto sisälsi paljon määritelmiä, käsitteitä ja termejä, joille ei ole olemassa suomenkielisiä vastineita. Näissä tapauksissa päädyttiin vapaaseen kääntämiseen, eikä pyritty luomaan uusia määritelmiä tai käsitteitä. Se heikentää raportin luettavuutta, mutta tarkoituksena on ollut mahdollisimman täsmällinen ilmaisu alkuperäislähteiden kanssa. Tarkennukseksi vapaiden käännösten perässä on sulkuihin ilmoitettu myös niiden englanninkielinen ilmaisu.

Kansainväliset käsitteet ja määritelmät aseiden nimeämisen osalta poikkeavat kansallisesta tavasta.

Kriteerit tulevaisuutta koskevien väitteiden hyvyydelle arvioidaan niiden suhteesta nykyhetkestä saatuun tietoon. Johan Asplund on esittänyt, että skenaarioiden keskeinen hyväksyttävyysskriteeri on niiden ymmärrettävyydessä. [37] Tulevaisuuden taistelunkuvan vaatimuksia on perusteltu viimeaikaisten sotien havainnoilla, joiden on arvioitu useimpien tutkijoiden mukaan olevan pysyviä muutostekijöitä.

Teknologioiden ennustamisen ja tehtyjen analyysien tulisi ideaalisesti toteuttaa kolme tavoitetta. Niissä tulee löytyä ennuste tulevaisuuden teknologisesta ympäristöstä. Toiseksi niiden tulee kyetä tarjoamaan ehdotuksia vaihtoehtoisista teknologioista. Kolmanneksi tulee osoittaa arviota analyyseista, millä tuotetaan tai saadaan halutut tulokset. [37] Tutkimuksessa on kyetty osoittamaan teknisten mahdollisuuksien vahvuuksia ja heikkouksia. Tuloksista on koostettu konseptinomainen vaihtoehto, jolla haluttu tarkoitus saavutettaisiin kustannustehokkaasti. Arvio teknologisen ympäristön kehityksestä perustuu asiantuntija-arvioihin ja kokemukseen yleistä asejärjestelmien elinkaaresta. Näihin perustuen on todennäköistä, että tällä hetkellä kehitteillä olevat asejärjestelmät ovat laajamittaisessa käytössä aikaisintaan 10 kuluessa. Asevoimissa käsiaseiden elinjaksot ovat hyvin pitkiä, joten mullistavankaan teknologian löytyessä, on rynnäkkökivääriyppisten aseiden käyttö vielä 2040-luvulla erittäin yleistä.

LÄHTEET

- [1] Aaltoyliopisto. Kirjoita asiantuntevasti. [verkkojulkaisu] viitattu 1.8.2021. Saatavissa: <https://mycourses.aalto.fi/mod/book/view.php?id=739848&chapterid=5859&lang=fi>.
- [2] Asymmetric Warfare Group. *Russian new generation warfare handbook*. [verkkojulkaisu]. Version 1. Fort Meade. 2016. [viitattu 29.7.2021] Saatavissa: <https://info.publicintelligence.net/AWG-RussianNewWarfareHandbook.pdf>
- [3] Barner-Rasmussen, I, Frisk, O, Handolin., L. & Tukiainen, E. Teoksessa: Ampumavammat, Duodecim. 2013 Vuosikerta 132, Nro 22. sivut 2080-2086. ISSN. 0012-7183 [viitattu 3.1.2021]. Saatavissa: <https://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo13411.pdf>
- [4] Bevan, J. *Military Assault Rifles*. January 2013. Small Arms Survey Research Notes, Number 25, Geneva Switzerland. [viitattu 28.7.2021]. Saatavissa: https://www.smallarmssurvey.org/fileadmin/docs/H-Research_Notes/SAS-Research-Note-25.pdf
- [5] Bevan, J. *Traditional military rifles*, 2014. Small Arms Survey. Research notes, Number 38. Geneva Switzerland. [viitattu 25.7.2021]. Saatavissa: https://www.smallarmsurvey.org/fileadmin/docs/H-Research_Notes/SAS-Research-Note-38.pdf
- [6] Daniau, E. *Towards a "600 m" lightweight General Purpose Cartridge, v2019, Full Paper August*. DGA Techniques Terrestres. August 2019. [viitattu 20.3.2021] 130 p. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/335004124_Towards_a_600_m_lightweight_General_Purpose_Cartridge_v2019_Full_Paper
- [7] Bauman, J. Using Hybrid War Theory to Shape Future U. S. Generational Doctrine, 02.03.2021. Saatavissa: <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/using-hybrid-war-theory-shape-future-u-s-generational-doctrine>
- [8] Dimitrov, M. *Analysis on the Next Generation Assault Rifles and ammunition Desinged for the US Army*. Faculty of Artillery Air-Defense and Communication and Information Systems, 2021 Vasil Levski National Military Academy. 19 s. ISSN 20281-5891. Saatavissa: <https://www.promechjournal.pl/resources/html/article/details?id=216543&language=en>

- [9] Doran P.B. Land Warfare in Europe. Lessons and Recommendations from the War in Ukraine. Center for European policy Analysis. 2016. Saatavissa: https://www.epa.ecms.pl/files/?id_plik=2991
- [10] Drummond, N & Williams, A.G. *Biting the Bullet*. [verkkojulkaisu]. October 2009. [viitattu 28.07.2021]. Saatavissa: <https://www.scribd.com/document/219046148/Biting-the-Bullet-by-Nicholas-Drummond-and-Anthony-G-Williams-October-2009>
- [11] Dual path strategy series. *Part III - Soldier battlefield effectiveness*. Program Executive Office Soldier. G5 Strategic communications office. 2017 .17 s. [viitattu 4.1.2021] Saatavissa: <https://www.api.army.mil/e2/c/downloads/215919.pdf>
- [12] Ehrhart, T. P. SAMS Monograph. *Increasing small arms lethality in Afghanistan: Taking back the infantry Half-Kilometer*. Fort Leavenworth, Kansas. 2009. United States Army, School of Advanced Military Studies. United states Army Command and General Staff College. p. 76. Saatavissa: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA512331.pdf>
- [13] Fitch, N. New Polymer cased Ammunition introduced by True Velocity. [verkkojulkaisu] The Firearmblog. November 24, 2017. [viitattu 29.7.2021] Saatavissa: <https://www.thefirearmblog.com/blog/2017/11/24/new-polymer-cased-ammunition-introduced-true-velocity/>
- [14] Ford, M. *The epistemology of lethality: bullets, knowledge trajectories, kinetic effects*. 2020 European Journal of International Security. ISSN 2057-5637
- [15] Ford, M. *Weapon of choice: Small arms and the culture of military innovation*. Oxford University Press. 1stEdition. London :2017. 264 s. ISBN 9781849046503
- [16] Hanska, J. *Maasota 2030+ Sodan kuvan ennakointi*. Kirjassa: Rantapelkonen, J.(toim.). *Tuleva sota - Tulevaisuuden sodan tulevaisuus*. Helsinki: Edita. 2018. s. 85-120. ISBN 978-951-37-7416-5
- [17] Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. *Tutki ja kirjoita*. 22. painos. Helsinki: Tammi, Helsinki 2018.
- [18] Jenzen-Jones, N.R & Schroeder. *An Introductory Guide to the Identification of Small Arms, Light Weapons, and Associated Ammunition*. [verkkojulkaisu] November 2018. 338 s. viitattu [1.08.2021] Saatavissa:
- [19] Jenzen-Jones, N.R., Fitch, N. *Cased telescoped ammunition: A Technical & historical overview*. 2019. Research report No. 7. Armament Research Services (ARES) 2019. ISBN 978-0-6485267-1-1

- [20] Jenzen-Jones, N.R., *Chambering the Next Round*. Emergent small-calibre cartridge technologies. Small Arms Surveys Working Paper 23, 2016. ISBN 978-2-940548-22-4
- [21] Jenzen-Jones, N.R., *Global Development And Production of Self-loading Service Rifles. 1896 to the Present*. Graduate Institute of International and Development Studies. Geneva 2017. Small Arms Surveys Working Paper 25. ISBN 978-2-940548-34-7
- [22] eanr, K. F. & Brooks, M. *Small arms Terminal effects: Implementation of DOE methodology in order to desing small arms terminal effects tests*. In: PARARI 2017 - Australian Explosive Ordnance Safety Symposium, Canberra, 2017. Australia. Saatavissa: <https://www.researchgate.net/publication/320626147>
- [23] Jormakka, J. *Tekniikan tutkimuksesta*. Kirjassa: Lappalainen, E. & Jormakka, J. (toim.). Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Tekniikan laitos, 2004. s. 16–23. ISBN 951-25-1540-7.
- [24] Jääskeläinen, M. *Kevyen jalkaväen merkityksestä taistelukentällä nyt ja tulevaisuudessa*. Teoksessa: PunaMusta Oy: Jalkaväen vuosikirja 2019-2020.
- [25] Kansallinen riskiarvio 2018. Sisäministeriön julkaisuja, Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Helsinki: 2019, ISBN 978-952-324-245-6
- [26] Karp. A., *Small Arms: Back to the Future*, The Brown Journal of World Affair, Vol. 9, No. 1 2002, ss. 179-191. [viitattu] 13.7.20219 Saatavissa: <https://www.jstor.org/stable/24590283>
- [27] King, B. & McDonald, G. *Behind the Curve. New Technologies, New Control Challenges*. Small Arms Surveys working paper 32, 2015. ISBN 978-2-940548-08-8
- [28] Kepe, M. Black, J., Melling, J., Plumridge, J., *Europe's capability requirements for 2035 and beyond, Insights from the 2018 update of the long-term strand of the Capability Development Plan*. RAND Europe, 2018.
- [29] Kesseli, P. *Venäjän asevoimat muutoksessa: kohti 2030- lukua*. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu. Julkaisusarja 1: Tutkimuksia nro 5. 2016. 388 s. ISBN 978-951-25-2782-3.
- [30] Kott A & Perconti P, *Long-Term Forecasts of Military Technologies for a 20–30 Year Horizon: An Empirical Assessment of Accuracy*. U.S. Army Research Laboratory, MD, USA, 2018.

- [31] Kosola, J. *Teknologia 2030+ Vaikutukset tulevaisuuden sodankäyntiin*. Kirjassa: Ran-
tapelkonen, J. (toim). *Tuleva sota - Tulevaisuuden sodan tulevaisuus*. Helsinki: Edita.
2018. s. 43-84 ISBN ISBN 978-951-37-7416-5
- [32] Koulutus 2020 -ohjelma. [verkkójulkaisu]. *Puolustusvoimat uudistaa varusmieskoulu-
tusta ja asevelvollisuuden käytäntöjä Koulutus 2020 -ohjelmalla*. [viitattu 30.7.2021]
Saatavissa: <https://puolustusvoimat.fi/koulutus2020>
- [33] Leed, M. & Robinson, A. *The Soldier/Squad system*. Realizing vision. New York:
Center for Strategic & International Studies. 2014 ISBN: 978-1-4422-2843-6
- [34] Maapuolustus 2030. Maavoimien esikunta, Maasotakoulu. 2018. 31s. ISBN 978-951-
25-2993-3
- [35] Maanpuolustuskorkeakoulu. *Sodan ja taistelun kuva muutoksessa*. Julkaisusarja 2.
Taktiikan laitoksen sodan ja taistelun kuvaa käsitellyt seminaari 22.9.2000. Helsinki:
Edita Oy, 2000. 122s. ISBN 951-25-1192-4
- [36] Marsh, N., Schroeder M., *Parts for Small Arms and Light Weapons*. Small Arms Sur-
vey Research Notes. Number 25. October 2013.
- [37] Mannermaa, M., Tulevaisuuden tutkimus tieteenalana. Alkuperäinen artikkeli vuodelta
1993, Acta Futura Fennica 5 B-osa. 1993 15 s. [viitattu 25.07.2021] Saatavissa:
www.tutuseura.fi/julkaisut/julkaisusarjat/aff/aff5
- [38] Moss, M., The Firearmblog. The US Army's Research Lab Has Developed a New
Muzzle Brake & Suppressor. 2020. ([www.thefirearmblog.com/blog/2020/07/20/the-
us-armys-new-muzzle-brake-suppressor-smuzzle/](http://www.thefirearmblog.com/blog/2020/07/20/the-us-armys-new-muzzle-brake-suppressor-smuzzle/))
- [39] Multi-Domain Battle. Evolution of Combined Arms for the 21st Century. 2025-2040.
Version 1.0. December 2017
- [40] National Research Council. *Making the Soldier Decisive on Future Battlefields*. 2013.
Washington, DC: The National Academies Press. 2013. 255 s. [viitattu 20.7.2021]
Saatavissa: <https://nap.edu/18321>. ISBN 978-0-309-28453-0.
- [41] Next Generation Squad Weapon. The RM277. [viitattu 20.7.2021] Saatavissa:
<https://www.beretta.com/en-us/beretta-ngsw/>
- [42] Next Generation Squad Weapons (NGSW). US Army Acquisition Support Center.
[viitattu 29.7.2021] Saatavissa: [https://www.asc.army.mil/web/portfolio-item/fws-cs-
2/](https://www.asc.army.mil/web/portfolio-item/fws-cs-2/)
- [43] Night Vision Technologies Handbook. System assessment and validation for emer-
gency responders (SAVER). Homeland Security, October 2013. [viitattu 20.3.2021]

- Saatavissa: https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/NV-Tech-HB_1013-508.pdf
- [44] Opinnäytetyön kirjoitusohje tekniikan alalla. Tekniikan kandidaatintyön ja diplomityön kirjoittaminen. Tampereen yliopisto, Tampere: 2019 Saatavissa: https://www.content-webapi.tuni.fi/proxy/public/2019-10/tau_tekniikan_alan_opinnaytetyoohje_2019_versio3.pdf
- [45] Paoli, P, G. *From firearms to weapon systems: Challenges and Implications of modular design for marking, record-keeping and tracing*. Small Arms Survey. Switzerland. Geneva. 2015. ISBN 978-2-940548-08-8
- [46] Popenker, M. Textron / AAI NGW-R assault rifle (USA). [verkkójulkaisu] modernfirearms.net. [viitattu 27.7.2021] Saatavissa: <https://www.modernfirearms.net/en/assault-rifles/u-s-a-assault-rifles/ngsw-r-textron-2/>
- [47] Peltoniemi, R. *Kevyen jalkaväen merkityksestä taistelukentällä nyt ja tulevaisuudessa*. Teoksessa: PunaMusta Oy: Jalkaväen vuosikirja 2019-2020.
- [48] Rantapelkonen, J. & Koistinen, L. *Pohdintoja sotatieteellisistä käsitteistä*. Julkaisusarja 2. Helsinki: Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos. 2016. 192 s. ISBN 978-951-25-2820-2.
- [49] Saarelainen, T. *Taistelija 2020- jalkaväen kärkitaistelija*. Maasotakoulu, tekniikan julkaisuja. Helsinki, Edita Prima OY. 2007. ISBN 978-951-25-1745-9.
- [50] Saarelainen, T. *Improving the Performance of a Dismounted Future Force Warrior by Means of C4I2SR*. Helsinki: National Defence University, Department of Military Technology, 2013. s 12. ISBN 978-951-25-2458-7.
- [51] Schroeder, M. *Accessories for Small Arms and Light Weapons*. Small Arms Survey Research Notes. Number 26. February 2013. 4 s. [viitattu 15.7.2021]. Saatavissa: www.smallarmssurvey.org/fileadmin/docs/H-Research_Notes/SAS-Research-Note-26.pdf
- [52] Suihko, T. *Aseiden rakenne ja toiminta*. Jokamiehen asetekniikka. Kuopio: Aseinsinööri 2008. 236 s. rengaskirja
- [53] Taistelijan mieli ja taistelijan keho. [verkkójulkaisu]. viitattu [1.08.2021] Saatavissa: <https://puolustusvoimat.fi/taistelijan-mieli-ja-taistelijan-keho>
- [54] TRADOC Pamphlet 525-3-1. *The U.S. Army in Multi-Domain Operations 2028*. December 2018. 88 s. Saatavissa: <https://adminpubs.tradoc.army.mil/pamphlets/TP525-3-1.pdf>

- [55] Tutkimuksen taustamateriaali, Teoksessa: Jormakka, J. ja Lappalainen E. Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa. Helsinki 2004, Edita Prima Oy. Oppimateriaalit no. 1. 195–203. ISBN 951-25-1540-7.
- [56] Tuomi, J. & Sarajärvi, A. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Uudistettu laitos. Helsinki: Tammi, 2018. 204 s. ISBN 978-951-3199-53-1.
- [57] Tynkkynen, V. *Yhteenveto: Ennustamisen vaikeus*. Kirjassa: Tynkkynen, V (toim.). Tuleva sota: Ennustamisen sietämätön vaikeus. Julkaisusarja 1: Tutkimuksia nro 17. Keuruu: Edita, 2017. ISBN 978-951-37-7272-7
- [58] United States Patent Application. Short recoil impulse averaging weapon system. US2013/0047833A1, Helmikuu 28, 2013.[viitattu 15.7.2021] Saatavissa: <https://www.patentimages.storage.googleapis.com/e3/a0/21/be3e9eb3ac634a/US20130047833A1.pdf>
- [59] U.S Army Study. *Envisioning Deep future of Small Arms 2022-2042*. Deputy Assistance Secretary of the Army for Research & Technology. Technology Wargaming Implementation Office (SAAL-ZT). 2013. 80 p. [viitattu 10.1.2021]. Saatavissa: <https://info.publicintelligence.net/USArmy-SmallArmsFuture.pdf>
- [60] Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas. Puolustusvoimien koulutuksenkehittämiskeskus. Vammalan kirjapaino Oy. Helsinki: 2001. 393 s. ISBN 951-25-1277-7.
- [61] Valtioneuvoston ulko- ja turvallisuuspoliittinen selonteko, Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Helsinki, 2020. ISBN: 978-952-287-876-2
- [62] Volanen, V. *Operatiivinen yhtymä 2035*. Teoksessa: PunaMusta Oy, Jalkaväen vuosikirja 2019-2020.
- [63] Virtanen, V. Puolustustutkimus viitoittaa tulevaisuuteen. Teoksessa: Klemola, O (toim.), Puolustustutkimuksen vuosikirja 2019. Tampere: Puolustusvoimat, 2018. s 5. ISBN 978-951-25-2997-1
- [64] Popenker M. & Williams A. G. *Assault rifle*. The Development of the Modern Military Rifle and its Ammunition. Crowwood press. Ramsbury: 2004. ISBN 978-1-86126700-9
- [65] Puolustusministeriö. Voiman venäjä. Grano Oy, 2019, 178s. ISBN 978-951-663-060-4.
- [66] Willlliams, A.G. *Assault rifles and their ammunition: History and Prospects* [verkojulkaisu] 2016. 43s. [viitattu 29.07.2021] Saatavissa:<https://www.quarryhs.co.uk/GPC.pdf>

- [67] Williams, A.G. *The Case for a General-Purpose Rifle and Machine Gun Cartridge (GPC)*. [verkkojulkaisu] 2015. p.35. [viitattu 23.07.2021] Saatavissa: <https://www.quarryhs.co.uk/TNG.pdf>
- [68] Williams A.G. *Small Arms and Ammunition - Where are we heading*. [verkkojulkaisu] Close Combat Symposium 2017. p 8. Saatavissa: <https://www.quarryhs.co.uk/ArticleDCMS2017.pdf>
- [69] Weisswange, J-P. *Improved individual Firepower*. [verkkojulkaisu] European Security & Defence Agency, 10 March 2020. [viitattu 26.7.2021] Saatavissa: <https://www.euro-sd.com/2020/03/allgemein/16533/improved-individual-firepower/>