

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

TULENJOHTAMISEN TARKKUUDEN JA NOPEUDEN KEHITTÄMINEN

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Tuomas Huovinen

Kadettikurssi 99
Maasotalinja

Maaliskuu 2015

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Kadettikurssi 99	Linja Maasotalinja
Tekijä Kadetti Tuomas Huovinen	
Tutkielman nimi TULENJOHTAMISEN TARKKUUDEN JA NOPEUDEN KEHITTÄMINEN	
Oppiaine johon työ liittyy Sotateknikka	Säilytyspaikka MPKK:n kurssikirjasto
Aika Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 22 Liitesivuja 0
TIIVISTELMÄ <p>Tulenjohtaminen on prosessi, joka alkaa vihollisen havaitsemisesta ja päättyy tulitehtävän toteutumiseen. Tulenjohtamisen nopeuden ja tarkkuuden kannalta kriittisimmät alueet ovat maalinpaikannuksessa ja mittaustöissä. Puolustusvoimien käynnisti vuonna 2009 hankkeen, jonka tarkoituksena oli luoda integroitu tiedustelu-, valvonta- ja tulenjohtojärjestelmä. Osa-nä tätä järjestelmää hankittiin muun muassa uusia maalinpaikannuslaitteita.</p> <p>Tutkimus toteutettiin lähdeaineistoanalyysinä, ja johtopäätöksiin päädyttiin vertailemalla vanhaa tulenjohtokalustoa uuteen kalustoon. Tällä luotiin näkemys vanhan ja uuden järjestelmän suorituskykyeroista, haasteista ja mahdollisuuksista. Pääosan lähdeaineistosta muodostivat puolustusvoimien oppaat ja ohjesäännöt.</p> <p>Vanhalla tulenjohtokalustolla päästään noin viiden piirun ja metrin mittaustarkkuuteen. Uusi maalinpaikannuslaite 15 tuottaa suunnan samalla tarkkuudella ja hyrräsuuntakehän ollessa kytketty laitteeseen suunta saadaan mitattua kahden piirun tarkkuudella. Etäisyys mitataan alle kahden metrin tarkkuudella. Maalinpaikannuslaite 15 kykenee siirtämään tuotetun paikkatiedon suoraan MATI-päätelaitteen tulenjohtosovellukselle.</p> <p>Tutkimuksessa perusteella voidaan sanoa, että uusi tulenjohtokalusto parantaa tulenjohton tarkkuutta, ja antaa perusteet metriluokan maalinpaikannukselle. Lisäksi se nopeuttaa tulenjohtoprosessia automaattisten tiedonsiirto-ominaisuuksiensa puolesta. Se vähentää myös ihmisen toimista johtuvia virheitä ja nopeuttaa niiden havaitsemista, sillä maalinpaikannuslaite 15 tuottaa mitatusta kohteesta kuvan, jonka avulla tulenjohtaja varmistuu mitatun kohteen oikeellisuudesta. Automaattinen tiedonsiirto vähentää näppäilyvirheiden määrää. Tällä hetkellä tulenjohtosovellus itsessään ei ymmärrä metriluokan koordinaatteja, vaan pyöristää ne lähimpään kymmeneen metriin. Kun tämä ominaisuus lisätään sovellukseen ja AHJO-järjestelmään, perusteet metriluokan tulenjohtoon ovat olemassa. Pitää kuitenkin huomioi-da, että perinteinen epäsuora tuli ei vaadi metriluokan paikannusta, vaan on edullisempaa, että tulen tiheys ei ole liian suuri. Metriluokan paikannusta saatetaan tarvita muun muassa ohjuksissa ja tykistön hakeutuvissa ammuksissa, jolloin uudesta suorituskyvystä saadaan hyöty irti.</p>	
AVAINSANAT <p>Tulenjohto, MATI, Maalinpaikannuslaite 15, epäsuora tuli, maalinpaikannus</p>	

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen näkökulma, rajaukset ja tutkimusongelmat.....	1
1.3	Tutkimusmenetelmät ja lähteistö.....	2
1.4	Tutkimuksen käsitteet.....	3
2	TULENJOHTOKALUSTON NYKYINEN SUORITUSKYKY PUOLUSTUSVOIMISSA	4
2.1	Maalinpaikannus ja sijainti.....	4
2.2	Viesti ja tiedonsiirto	5
2.3	Kaluston epätarkkuus ja ongelmat.....	6
3	KEHITYSNÄKYMÄT SUOMESSA JA ULKOMAILLA.....	8
3.1	Maalinpaikannuslaite Suomessa ja ulkomailla.....	8
3.2	Elbit Mars -sensorin kenttäkoe	11
3.3	MATI1-päätelaite osana tulenjohtoa	13
3.4	Mahdollisuudet metriluokan maalinpaikannukseen.....	15
3.5	Lennot tulenjohtamisessa	17
4	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	18
4.1	Johtopäätökset	18
4.2	Lisätutkimustarpeet	21
	LÄHTEET.....	23

TULENJOHTAMISEN TARKKUUDEN JA NOPEUDEN KEHITTÄMINEN

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tulenjohtaminen on prosessi, joka alkaa vihollisen havaitsemisesta ja päättyy tulitehtävän toteutumiseen. Tähän prosessiin kuuluvat mm. maalinpaikannus, mittaustyöt, tulikomennon laatiminen sekä lähettäminen ja tulen korjaaminen haluttuun kohteeseen. Näistä tulenjohtamisen nopeuden ja tarkkuuden kannalta kriittisimmät alueet ovat maalinpaikannuksessa ja mittaustöissä, kuten tulenjohtopaikan sijainnin määrittämisessä. Nykykalusto maalinpaikannukseen on hyvä, mutta sen uusiminen on ollut hidasta. Suomessa jokaisella tulenjohtopartion jäsenellä on oma tehtävänsä ja tulenjohtamista edistävä kalustonsa, mutta maailmalla kalustoa on pyritty yhdistämään, mikä vähentää tulenjohtotehtävään tarvittavan kaluston lukumäärää [1].

Suurvallat ovat perinteisesti panostaneet massamaiseen tulenkäyttöön. Tommi Marttisen mukaan myös suurvaltojen mekanisoituun pataljoonaan tultaneen sijoittamaan tykistöpatteristo, jolloin epäsuoran tulen määrää lisätään entisestään ja yksikköjä tuodaan alemmille johtoportaille [2, s. 35-36]. Nykyisin myös täsmäaseet ovat kehittyneet merkittävästi. Suomella ei ole taloudellisesti mahdollisuutta toteuttaa samanlaista asevoimien kehitystä, jolloin täytyy ylläpitää nykyisiä vahvuuksiamme. Epäsuora tuli on kuitenkin perinteisesti ollut suurin yksittäinen tappioiden tuottaja taistelukentällä, ja on yhä olennainen osa suomalaista taistelua.

1.2 Tutkimuksen näkökulma, rajaukset ja tutkimusongelmat

Tutkimuksen näkökulma on Porin Jääkäriprikaatin valmiusyhtymän tulenjohtopartio kalustoituneen. Tutkimuksessa ei käsitellä tulenjohtopartion käyttöperiaatteita tai taktiikkaa, vaan se on rajattu kaluston tekniikkaan ja ominaisuuksiin sekä niiden kehittämiseen. Tutkimus ei ota

kantaa koulutuksen laatuun tai määrään, mutta mahdollisuuksien mukaan pyrkii ottamaan kantaa inhimillisten virheiden pienentämiseen tekniikan avulla.

Tutkimusongelma:

- Miten tulenjohtamisen tarkkuutta ja nopeutta voidaan kehittää?

Alakysymykset:

- Mitä ovat nykytulenjohdon tarkkuutta ja nopeutta haittaavat tekijät?
- Miten tulenjohtopartion kalustoa voidaan integroida ja mitä sillä saavutetaan?
- Miten MATI-järjestelmään siirtyminen vaikuttaa tulenjohtamisen nopeuteen ja tarkkuuteen?
- Mitä mahdollisuuksia on toteuttaa maalinpaikannus metriluokan tarkkuudella ja mitä sillä saavutetaan?
- Pystytäänkö tekniikan avulla vähentämään tulenjohtamisessa tapahtuvia inhimillisiä virheitä?

1.3 Tutkimusmenetelmät ja lähteistö

Tutkimus toteutetaan kvalitatiivisena tutkimuksena lähdeaineistoa analysoiden. Tutkimuksessa ei tuoteta empiiristä dataa. Tutkimusaiheen esiymmärrys on syntynyt tutkijan tulenjohtokokemuksen kautta ja lähdeaineistoon perehtymällä. Tutkimusprosessissa johtopäätökset syntyvät lähdeaineistoanalyysin ja esiymmärryksen kautta.

Tutkimuskysymyksiä lähestytään selvittämällä nykyisin käytössä olevan kaluston ominaisuudet ja mahdollisuudet hyvine ja huonoine puolineen. Kun riittävä käsitys kalustosta on saatu, verrataan sitä nykyisin maailmalla käytössä olevaan ja muuhun vaihtoehtoiseen kalustoon. Itsetarkoitus ei ole esittää nykyisen kaluston tilalle uusia laitteita, vaan pyrkiä myös selvittämään niiden käytännöllisyys Suomen oloissa ja yhteensopivuusmahdollisuudet MATI-päätelaitteen kanssa, joka on tällä hetkellä tärkeimpiä johtamislaitteita mme.

Lähdeaineisto jakaantuu aikaisemmin tuotettuihin opinnäytteisiin Taktiikan ja Sotatekniikan laitoksilta sekä internetlähteisiin. Opinnäytteet sisältävät pääosin kandidaatin- ja EUK:n tutkielmia. Internet-lähteet ovat mm. tuote-esittelyjä, sotilaslehtien verkko-julkaisuja, verkossa julkaistavia opinnäytteitä sekä MPKK:n julkaisusarjoja.

Aikaisempaa tutkimusta tutkimuksen aiheeseen liittyen on tehty maltillisesti. Topi Reijulan kandidaatintutkielma on lähellä tätä tutkimusta aiheellaan Uusien tulenjohtovälineiden vaikutus tulenjohtopartion kokoonpanoon. Sivuaavaa tutkimusta on tehty enemmän, lähinnä tulenkäytön tai suorituskyvyn näkökulmasta.

1.4 Tutkimuksen käsitteet

Maalilla tarkoitetaan tulitettavaksi aiottua kohdetta tai maaston kohtaa, jossa havaitaan vihollisen joukkoja, kalustoa tai laitteita tai johon niitä oletetaan tulevan [3, kohta 27].

MATTSTJJ on taistelunjohtojärjestelmä, jonka avulla voidaan muun muassa suunnitella ja pitää yllä tilannekuvaa. Tulenjohtosovellus sisältää tulenjohtamiseen tarvittavat työkalut.

Maalinpaikannuslaitteella pystytään paikantamaan maali ilman muita apuvälineitä. Laite siirtää maalin tiedot päätelaitteelle langattomasti tai kaapeliyhteydellä, mikä mahdollistaa nopeamman tulikomennon laatimisen ja lähettämisen.

Tulenjohdon taistelujaotuksella tarkoitetaan tulenjohdon komentosuhteiden järjestelyä sekä tulenjohtovoiman jakoa taistelun vaatimuksia vastaavaksi [4, s. 3].

Koordinaattien tarkkuuskategoriat ilmaisevat määritettyjen koordinaattien tarkkuutta sekä niiden todennäköistä poikkeamaa [4, s. 24].

2 TULENJOHTOKALUSTON NYKYINEN SUORITUSKYKY PUOLUSTUSVOIMISSA

2.1 Maalinpaikannus ja sijainti

Tulenjohtopartion maalinpaikannuskalustoon kuuluu käsisuuntakehä, laseretäisyysmittari, kartta ja MATI-päätelaite (ennen sanomalaite). Tähystykseen käytetään kiikareita, valonvahvistinta tai lämpökameraa. Sijainti saadaan GPS-laitteelta. [5, s. 190]

Käsisuuntakehä on kompassi, joka asettuu maapallon magneettikentän mukaisesti. Sen kehä on jaettu 6000 osaan eli piiruihin. Käsisuuntakehästä johtuva todennäköinen virhe on noin viisi piiriä, mikä on tuhannen metrin matkalla viisi metriä. Suuntakulman todennäköinen poikkeama on noin seitsemän piiriä [6, s. 51]. Käsisuuntakehä on laitteena toimintavarma, eikä vaadi suurta käyttäjähuoltoa. Kompassin tavoin käsisuuntakehän mittaustulos saattaa vääristyä, jos laitteen lähellä on metallia tai magneettikenttä (aseet, teräsvahvisteiset rakennukset, voimalinjat) [5, s. 83; 7, s. 29-30]. Käsisuuntakehän asteikko antaa mittaajalle neulaluvun, joka osoittaa magneettiseen pohjoisnapaan. Oikeaa pohjoisen suuntaa kutsutaan pohjoislukuvuksi. Käyttäjän tarvitsee tietää kyseisen alueen yhteiskorjaus, jotta neulaluku saadaan muutettua pohjoislukuvuksi. Yhteiskorjaus on kokonaiskorjauksen ja laitteen ominaiskorjauksen summa, ja kokonaiskorjauksen arvot saadaan alueen kartasta. [6, s. 43] Yhteiskorjaus voidaan määrittää myös suoraan maastossa olevasta mittauspisteestä vertaamalla mittauspisteen pohjoislukua omaan neulalukuun.

Laseretäisyysmittari mittaa laserpulssin avulla etäisyyden kohteeseen. Mittaus perustuu valonsäteilyyn, jonka laseretäisyysmittari lähettää kapeana pulssimaisena säteenä kohteeseen. Mittari ottaa heijastuneen säteen vastaan ja muuntaa säteen kulkuajan etäisyydeksi kohteeseen valonnopeuden perusteella. Mittausetäisyys voi laitteilla vaihdella muutamasta metrillä aina kymmeneen kilometriin. Mittaustarkkuus on riippumaton etäisyydestä, ja se vaihtelee millekin muutamasta senttimetrillä muutamiin metreihin. Puolustusvoimissa käytössä olevat laseretäisyysmittarit ovat Simrad LP7F/SF ja Halem 2PP/SF. [6, s. 79]

Simradin tarkkuus on 5 metriä. Pienin mittausetäisyys on 150 metriä. Etäisyyskynnystä säätämällä voidaan estää ylimääräistä, varsinaista maalia lähempänä olevista kohteista tulevien heijastusten näkyminen näytössä. Kynnys voidaan säätää välille 150-4000 metriä. [6, s. 190-193]

Halem on ominaisuuksiltaan Simradin kaltainen. Sen tarkkuus on myös 5 metriä, mutta pienin mittausetäisyys on 50 metriä. [6, s. 195] Ero pienimmässä mahdollisessa mittausetäisyydessä ei sinänsä anna merkittävää hyötyä, sillä tulenjohtamisessa etäisyydet ovat harvoin noin lyhyitä. Toisaalta lyhyillä etäisyyksillä saatetaan säästää aikaa, jos mittavaijeria ei tarvitse käyttää. Näitä tilanteita voivat olla esimerkiksi oman paikan määrittäminen käänteisellä sädemittauksella tai maastonkohtaan mittaaminen helpottaen sinkoampujien toimintaa.

Tärkein sotilaskartta on taktinen kartta suhteessa 1:50 000. Kartta tuotetaan neliväripainatuksesta. Kartan tietosisältö perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan. Kiintopistetiedot on painettu kartan reunaan. Kaistakohtainen UTM-koordinaatisto (Universal Transverse Mercator) ja MGRS-ruudusto (Military Grid Reference System) on painettu karttoihin yhtenäisenä 1km x 1km -ruudustona. [6, s. 21]

MATI-päätelaitteella lasketaan maalin koordinaatit. Tulenjohtosovellukseen syötetään oma sijainti, maalin suunta ja etäisyys, joiden avulla laite laskee maalin koordinaatit kymmenen metrin tarkkuudella. Tulenjohtosovellus tuottaa tulikomennon automaattisesti, jolloin käyttäjän tarvitsee lisätä vain lisätietoja, kuten maalin laatu ja ampuva osa. Sovellus sisältää myös pohjat mm. lähialueen tulitukselle ja tulensiirroille, mikä vähentää tehdyn työn määrää [8, s. 21].

Puolustusvoimat käyttävät GPS-laitteenaan Rockwellin PLGR 96:tta [9, s. 11]. Laitteen on paikka- ja aikatiedon saamiseksi saatava yhteys vähintään neljään satelliittiin. Sotilaskäyttöön tarkoitetun P/Y-koodin tarkkuus on alle kahdeksan metriä. [6, s. 109]

2.2 Viesti ja tiedonsiirto

Porin Jääkäriprikaatin tulenjohtopartion viestikalustoon kuuluu Lähetinvastaanotin 241 (LV241), joka on digitaalinen kenttäradio. Radiota voidaan käyttää salaamattomana, salattuna sekä hyppivätaajuusena. Kun MATI-päätelaite kytketään radioon kiinni, voidaan päätelaitteella lähettää esimerkiksi tulikomentoja, viestejä tai tilannetietoa VHF-alueella toisiin radioihin

kytkettyihin päätelaitteisiin. MATI-päätelaitteeseen voidaan edelleen kytkeä kiinni erilaisia maalinpaikannuslaitteita, jotka välittävät maalitietoa päätelaitteelle joko kaapelilla tai langattomasti.

2.3 Kaluston epätarkkuus ja ongelmat

Kartasta paikannettavien koordinaattien tarkkuuteen vaikuttavat valmistus- ja lukemavirheet. Valmistusvirheitä ovat karttamerkkien sijainti-, muoto- ja korkeusvirheet. Topografisen kartan kuviotarkkuuden määräävät pääasiassa mittakaava ja karttatiedon yleistäminen, sillä kaikkea ei kartassa voida kuvata todellisesti. Kartan kuviot ja merkit ovat joko täsmällisiä, kaaviomaisia tai epämääräisiä. [6, s. 23]

Täsmälliset kuviot ja merkit piirretään karttaan kuviota laajentamatta tai kuviorajan kulkua yleistämättä. Näitä ovat esimerkiksi teiden risteykset, ojen risteykset, metsälinjat ja runkopisteet. Näistä pisteistä määritettyjä koordinaatteja voidaan pitää tarkkoina, jolloin todennäköinen virhe on alle 30m. [6, s. 23]

Kaaviomaiset kuviot kuvataan oikeaan kokoonsa nähden liian suurina. Tällaisia kohteita ovat muun muassa tiet ja rakennukset. Näiden kohteiden keskikohdat ovat yleensä oikeilla paikoilla, joten niistä voidaan lukea tarkat koordinaatit. Kaaviomaiset kuviot aiheuttavat usein sen, että lähikuviot siirtyvät, joten kun koordinaatteja määritetään toisiinsa liittyvistä kaaviomaisista kuvioista, katsotaan tarkkuuden olevan tyydyttävä (30-60 metriä). [6, s. 23]

Epämääräiset kuviot ovat kohteita, joiden tarkka sijainti on mahdotonta piirtää kartalla. Näitä ovat esimerkiksi soiden ja hakkuuaukeiden reunaviivat. Yleistäen piirretyt kohteet ovat myös epämääräisiä kuvioita, kuten polkujen ja purojen mutkat. Epämääräiset kuviot ovat epätarkkoja, jolloin todennäköinen virhe on yli 60 metriä. [6, s. 23]

Kuten mainittu, satelliittipaikannuksella päästään alle kahdeksan metrin tarkkuuteen P/Y-koodilla. GPS-paikannukseenkaan ei voida täysin luottaa, sillä signaalia voi häiritä esimerkiksi isot rakennukset tai kalliot, jotka heijastavat GPS-signaalia. Mittausta voi myös heikentää huono satelliittigeometria, jolloin havaitut satelliitit ovat lähellä toisiaan tai lähellä horisonttia. Myös ionisfäärin häiriöt vaikuttavat merkittävästi paikannustarkkuuteen. [6, s. 109] Mittaus-

tarkkuutta voidaan parantaa käyttämällä ulkoista paikannusvirheen korjaustietoa. Tällaisia palveluita ovat muun muassa DGPS, LAAS ja WAAS. [6, s. 110]

GPS-laitteet ovat alttiita myös tarkoitukselliselle häirinnälle, joka tapahtuu radiotaajuuksilla. Tämä johtuu laitteiden käyttämästä matalasta signaalitasosta. Tahatonta häirintää voivat aiheuttaa myös radiot tai viallinen elektroniikka. Tarkoituksellinen häirintä jakaantuu kahteen tyyppiin, jotka ovat signaalin laatuun vaikuttaminen tai väärän paikkatiedon syöttäminen. Molemmat tavat perustuvat kykyyn estää vastaanottimen pääsy oikeaan satelliittisignaaliin. Vastaanottiin on kuitenkin rakennettu erilaisia häiriönilmaisumenetelmiä. DAGR- ja PLGR-paikantimissa käyttäjälle ilmoitetaan mahdollisesta häiriöstä ja paikannustarkkuuden menettämisestä. [6, s. 112]

3 KEHITYSNÄKYMÄT SUOMESSA JA ULKOMAILLA

3.1 Maalinpaikannuslaite Suomessa ja ulkomailla

Ulkovaltat, kuten Norja, Saksa, Israel ja Sveitsi, ovat viime vuosina yhdistäneet kalustoaan yhdeksi laitteeksi. Nämä paikantimet sisältävät muun muassa kiikarin, lämpökameran, laseretäisyysmittarin, GPS:n, kompassin ja gyroskoopin sekä erilaisia datalinkkejä, joilla laite voidaan liittää viestivälineisiin. Kyseisiä laitteita ovat mm. sveitsiläinen Goniolight, norjalainen Simrad FOI2000 ja israelilainen Coral-CR. [1]

Laitteet painavat tyypillisesti noin kaksi-kolme kilogrammaa, kuten nykyisin Suomessa käytössä olevat laseretäisyysmittarit. Lasereitten mittausetäisyys vaihtelee neljästä kilometristä ylöspäin, mikä on Suomen maasto-olosuhteissa riittävä mittausetäisyys. Artikkelin mukaan osa laitteista ylittää yhden piirun tarkkuuteen suunnan mittaamisessa. Lämpökameran tunnistusetäisyudeksi väitetään noin kolmea kilometriä panssarivaunulle ja noin kilometriä ihmiselle. [1]

Maalinpaikannuslaite 15 on valvonnan, tiedustelun ja tulenjohton multisensori. Sen varusteisiin kuuluu muun muassa MPL15-sensori, neljä Li-ion –akkaa, neljä Ni-mh –akkaa, ajoneuvolatauskaapeli, jalusta, latauslaite, USB-kaapeli, kouluttajan näyttö ja hyrräsuuntakehä (STERNA). [10, s. 1]

Maalinpaikannuslaitteella voidaan havaita ja tunnistaa kohde optisen päiväkameran tai lämpökameran avulla. Tämän luvataan onnistuvan kaikissa valaistusolosuhteissa. Kohteen sijainti voidaan mitata laitteen oman elektronisen magneetin ja laseretäisyysmittarin avulla. Laite sisältää oman satelliittipaikantamislaitteensa, jolla saadaan mittaajan sijainti. MPL15 kykenee tallentamaan myös maalitiedot, kuten maalin kuvan, sijainnin, suunnan, etäisyyden sekä oman sijainnin. Maalitietojen lähettäminen päätelaitteelle (MATITSTJJ) on mahdollista USB-kaapelilla tai langattomasti Bluetooth-yhteydellä. Laitteen omalla hyrräsuuntakehällä saavutetaan CAT1:n mukainen suunnan tarkkuus, alle kaksi piirua. [10, s. 1]

Maalinpaikannuslaitteen käytössä on otettava huomioon kompassia häiritsevät tekijät. MPL15:n magneettikompassi ei ole yhtä herkkä häiriöille kuin pohjoisneulalla varustettu

suunnanmittauslaite, kuten kompassi tai käsisuuntakehä. Lähellä olevat rautaesineet ja sähkölaitteet aiheuttavat häiriötä magneetikompassin toimintaan. [10, s. 3]

Ennen laitteen kalibrointia ja suunnan mittaamista on varmistuttava, ettei mittaajan ylävartalon alueella ole käsivalaisimia, otsalamppuja, käsisuuntakehää, kompassia, matkapuhelinta ynnä muita vastaavia esineitä. Laitetta kalibroitaessa ase on oltava kolmen metrin päässä ja mitattaessa kädenmitan päässä mittaajasta. [10, s. 3] Käsisuuntakehällä mitattaessa ase on oltava noin viiden metrin päässä mittaushetkellä, jotta häiriötä ei syntyisi. MPL15 ei siis ole yhtä herkkä magneettihäiriöille kuin käsisuuntakehä, mikä vaikuttaa muun muassa mittaajan taisteluvälmiuteen ja mitatun suunnan tarkkuuteen.

Laitteen kalibrointi ja suunnan mittaaminen on pyrittävä suorittamaan samassa varustuksessa, jolloin varusteiden aiheuttama häiriö saadaan vakioitua. Kalibrointi on aina suoritettava, kun saavutaan uudelle toiminta-alueelle. Kalibrointi sopeuttaa laitteen kompassin toiminta-alueen magneettikenttään ja on ehdottoman tärkeä mitatun suunnan oikeellisuuden ja laitteen oikean toiminnan kannalta. [10, s. 5] Laitetta ei tarvitse kalibroida uudelleen pienien siirtymien vuoksi, vaan se kykenee säilyttämään kalibrointinsa esimerkiksi jääkärijoukkueen hyökkäyksen aikana. Jos liike pysähtyy ja aikaa kalibroinnille on, se suositellaan kuitenkin tekemään.

Valittavissa on 18-pisteinen normaalikalibrointi ja kahdeksanpisteinen pikakalibrointi. 18-pisteisellä kalibroinnilla saavutetaan laitteelle ilmoitettu suunnantarkkuus, joka on viisi pöörä. Pikakalibrointia voidaan käyttää tilanteissa, joissa sallitaan suunnan- ja maalintarkkuudessa suurempi virhe. [10, s. 5]

18-pisteisen kalibroinnin hyvyys tulee olla enintään tasoa kolme, jolloin laitteen normaali-tarkkuus saavutetaan. Kalibrointihyvyyteen vaikuttavat muun muassa magneettisesti häiritsevät esineet, sensorin vakaus kalibrointihetkellä tai muut magneettiset häiriöt kalibrointipaikalla. Kalibrointi on graafisesti opastettu laitteen näytöllä. Kalibrointi vaatii, että kalibroija pysyy samalla paikalla ja samassa asennossa (polvella, pystyssä jne.) koko kalibroinnin ajan. [10, s. 5]

MPL15 on monikäyttöinen, eikä rajoitu vain tulenjohtoryhmän varusteeksi. Tulenjohtamisen lisäksi laitetta voidaan käyttää alueenvalvontaan ja tiedusteluun kaikissa aselajeissa. Laitetta voidaan käyttää hyväksi muun muassa vartiopaikoilla, tähytyspaikoilla ja kaukotähytyspaikoilla. Laitteen kalibroinnin saa suorittaa kuitenkin vain tulenjohtoryhmä. [10, s. 3]

Laitteella kyetään havaitsemaan henkilöstö 2,9 kilometrin ja ajoneuvot 4,8 kilometrin päästä. Kohteesta voidaan ottaa laitteeseen tallentuvaa video- ja valokuvaa. Laitteelta data voidaan siirtää suoraan tietokoneelle, kuten MATITSTJJ:lle, mikä mahdollistaa datan suoran analysoinnin johtamispaikoilla. Laite ottaa jokaisesta mittauksesta valokuvan, jossa näkyy kohteen sijaintitiedot (kaista, ruutu, koordinaatit, suunta, etäisyys ja korkeuskulma). [10, s. 4] Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää MATI-laitteen tulenjohtosovelluksen tulisuunnitelmarekisterin kanssa. Esimerkiksi torjuntaan ryhmityessä tulisuunnitelman teko nopeutuu, kun MPL15:stä saadaan maalien tiedot suoraan päätelaitteen tulisuunnitelmarekisteriin. MPL15 kykenee antamaan myös korjauskomennot suoraan laitteelta, ja niitä käytetään pyöristämättä, mikäli tulenjohtopartion itse tekemät havainnot ovat laitteen kanssa yhteneviä [10, s. 7]. Maalinpaikannuslaite 15 on esitelty kuvassa 1. Siitä käy ilmi muun muassa laitteen pieni koko ja näppäinergonomisuus.



Kuva 1: Maalinpaikannuslaite 15 [11].

3.2 Elbit Mars -sensorin kenttäkoe

Tykistökoulu on toteuttanut tutkimusharjoituksen Elbitin Mars-sensorista saapumiserillä II/2013 ja I/2014. Tutkimuksessa ei ollut käytössä päätelaitteita, joten tulokset kerättiin suoraan sensorien näytöiltä. [12, s. 1]

Tutkimuksessa havaittiin, ettei Elbitin Mars-sensorin toimivuudessa ollut epäloogisuuksia tai sensorin epänormaalia toimintaa testijakson aikana. Tutkijat totesivat, että itse sensori on sopivan kokoinen, helppokäyttöinen, ergonominen ja kaikki toiminnot olivat helposti hallittavissa sormia kurottamatta. Kypärä ei myöskään vaikeuta sensorin käyttöä, ja valikkorakenne on yksinkertainen ja nopea oppia. [12, s. 1]

Yksi tutkittavista asioista oli sensorin käyttö epäsuoran tulen johtamisessa. Mars-sensorin todettiin nopeuttavan ja selkeyttävän maalinpaikantamista. Lisäksi väärän maalin paikannus poistui lähes kokonaan, koska suunnan ja etäisyyden mittasi sama henkilö. Tämän lisäksi tulenjohtaja pystyi tarkastamaan maalin sijainnin järjestelmään kuuluvalla päätelaitteella. [12, s. 2]

Tutkimuksen aikana tulenjohtaja osoitti ryhmälleen maalin, jonka tulenjohtomies paikansi Mars-sensorilla ja luki sensorilta maalin koordinaatit, suunnan ja etäisyyden. Tulenjohtoaliupseeri varmensi mittaukset käsisuuntakehällä ja tulenjohtotasolla. Tulenjohtaja kirjasi lukemat päätelaitteelle (Panasonic CF19) ja laati tulikomennon. Tutkimukseen ei ollut saatavilla kaapeleita ja ohjelmistoa, joilla maalitieto olisi saatu suoraan päätelaitteelle, joten tulenjohtaja otti sensorin tiedot vastaan puheella. Tämän havaittiin hidastavan tulikomennon laatimista. [12, s. 2]

Mars-sensorin havaittiin olevan toimintakykyinen virrankulutuksen ja mittausvalmiuden suhteen. Suurin virrankuluttaja oli lämpökamera ja sitä pidettäessä päällä laitteen toiminta-aika oli yhdellä akulla 8-10 tuntia. Laitteeseen sisältyi kaksi akkua, jolloin toiminta-aika piteni lähes vuorokauteen. Laitteen pystyi asettamaan valmiustilaan tai sammuttamaan kokonaan siten, että sen toimintavalmius säilyi. Jos laitteen sammutti, se oli toimintavalmis 45-60 sekunnissa. Tässä ajassa lämpökamera oli kalibroitu ja sensori oli saanut yhteyden satelliitteihin, eli mittaukseen tarvittavat ominaisuudet olivat valmiita. [12, s. 2]

Laitteen komponenteissa havaittiin kuitenkin myös puutteita. Sensorin laser mittasi oikeita etäisyyksiä, mutta mittauspainikkeesta johtuen sensori heilahti, kun painiketta painoi, johtaen ohimittaamiseen. Tutkimuksessa ehdotetaan, että sensori mittaisi vasta, kun mittauspainike vapautetaan, mikä poistaisi laukaisusta aiheutuvia tärähdyksiä. Lisäksi laser ei kyennyt mittaamaan räjähdyspilviin ollenkaan, mikä oli laserin suurin heikkous. Laser ei suoriutunut hyvin myöskään, kun olosuhteet muuttuivat sumuisiksi tai sateisiksi. Laser antoi usein 150 metrin mittaustuloksia huonoissa olosuhteissa, joissa kuitenkin maalin näki paljaalla silmällä vielä hyvin. [12, s. 3]

Päiväkameran tuottama kuva oli myös epätarkka. Zoomatessa kuva muuttui rakeiseksi ja kuvan säädettävyyys eri olosuhteisiin oli vaikeaa. Päiväkameralla sensori pystyi mittaamaan vain pienimmällä suurennoksella. Zoomatessa lähemmäksi ja painaessa mittauspainiketta sensori palasi pienimpään suurennokseen ja ilmoitti mittausvalmiuden. Lämpökameralla mittaus onnistui koko suurennosalueella. [12, s. 3]

Tutkimuksessa todettiin, että sensori kykenee tuottamaan pääsääntöisesti alle 10 piirun suuntavirhettä, mutta satunnaisesti tapahtui 30 piirun virheitä. Näiden satunnaisten poikkeamien syytä ei saatu tutkimuksessa selvitettyä. Magneetikompassi kalibroitiin aina 12-pisteisellä menetelmällä. Kalibrointi jouduttiin tekemään useita kertoja peräkkäin riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi. [12, s. 3]

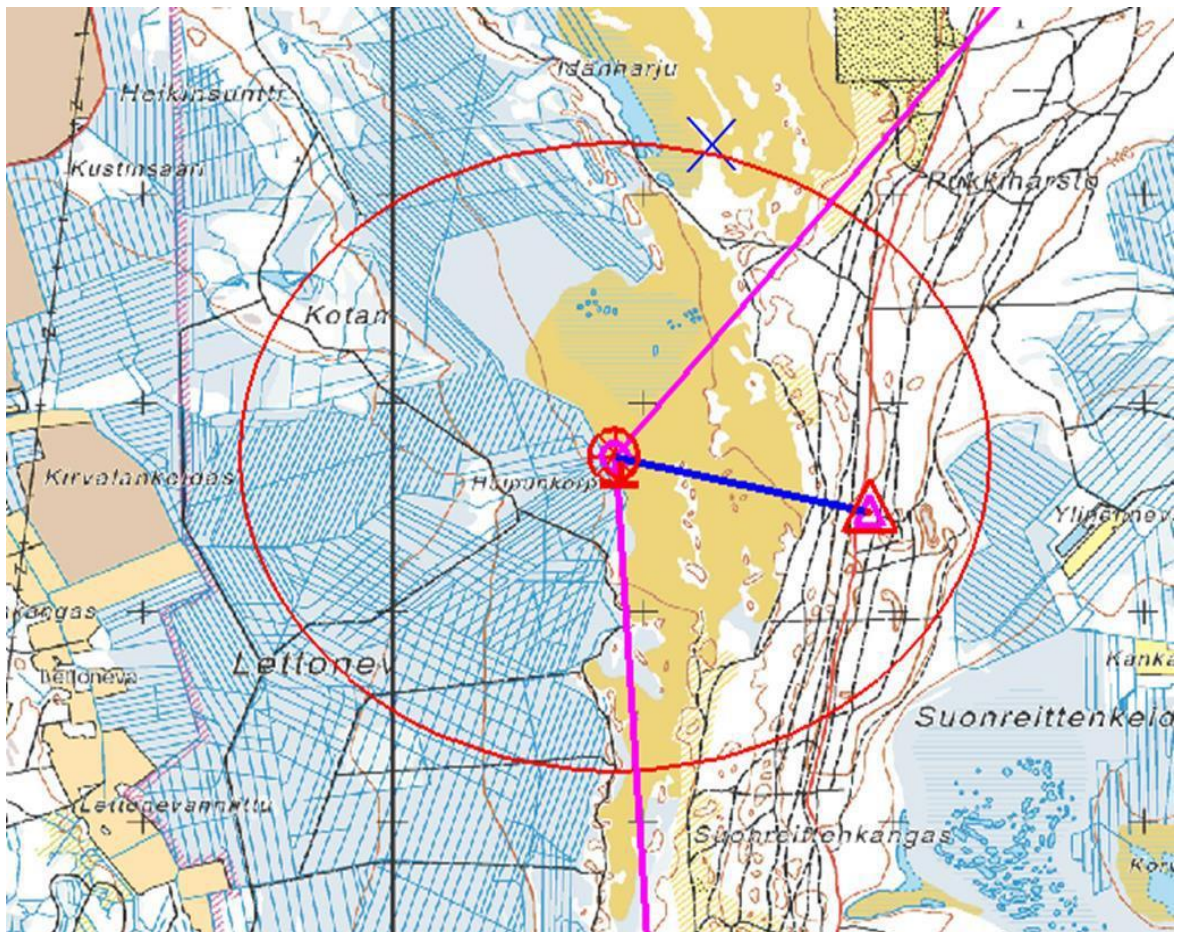
Tutkimuksessa todettiin, että vaikka Mars-sensori ei tarkkuudeltaan ja erottelukyvyltään täytä kaikkia sille asetettuja vaatimuksia, soveltuu se hyvin maalinpaikantamiseen. Maalinpaikannuksen tarkkuuden todettiin olevan samalla tasolla kuin käsisuuntakehällä ja laseretäisyysmittarilla mitattaessa. Ampumatoimintaan liittyviä vaarantavia virheitä ei tarkkuuden puolesta tutkimuksessa havaittu. Sensorin käyttöliittymän huomattiin olevan yksinkertainen ja nopeasti omaksuttavissa. Päiväkameran tarkkuus ei kuitenkaan ole riittävä maalinpaikannukseen vaikeissa olosuhteissa tai isolla zoomaustasolla ja lämpökameran erottelukyky jää tyydyttävälle tasolle. Puutteista ja vajavaisuuksista huolimatta on todettu, että:

”Elbit Mars –sensorin käyttö nopeuttaa merkittävästi maalinpaikannusta, joten maalinpaikannuslaitteita kannattaa hankkia tulenjohtoryhmille. Laitteen tulee olla kuitenkin tarkkuudeltaan parempi kuin Elbit Mars.” [12, s. 4]

3.3 MATI1-päätelaite osana tulenjohtoa

MATI1 TSTJJ (Panasonic CF-19) korvaa sanomalaitteen tulenjohtopartion tietokoneena. Laitte on Windows-pohjainen tietokone, johon on kehitetty oma tulenjohtosovelluksensa. Sovellus sisältää muun muassa seuraavia ominaisuuksia: sädemittaus ja etäisyyden mittaus, tulenjohtopaikan mittaus, maalin paikantaminen kartalta, tulisuunnitelmien laatiminen sekä tulenkorjaaminen ja havaintojen teko. [8, s. 2]

MATI1-päätelaite liitetään LV241-kenttäradioon viestien lähettämiseksi [8, s. 4]. Päätelaitteessa on myös mahdollisuus GPS-paikannukseen, jolloin koordinaatit saadaan välittömästi esimerkiksi tulenjohtosovelluksen tulenjohtopaikan koordinaattilaatikkoon [8, s. 12]. Jos oma sijainti kartalla tiedetään, voidaan laitteen digitaaliselta karttalehdeltä osoittaa kursorilla paikka, jonka koordinaatit laite näyttää ruudulla [8, s. 17]. Nämä koordinaatit voidaan jälleen siirtää tulenjohtopaikan koordinaatiksi, kuten GPS-paikannuksessa.



Kuva 2: Esimerkki MATI1:n karttanäkymästä [8, s. 28].

Kuva 2 on esimerkki MATI1:n karttanäkymästä. Kartalta voidaan osoittaa piste, jonka koordinaatit laite esittää näytöllä. Kuva demonstroi MATI1-laitteen visuaalista hyötyä. Kuvaan on merkattu kolmiolla tulenjohtopaikka ja maalipiste, joka tässä tapauksessa on tarkistusmaali. Maalin ympärille on asetettu ympyrä, jonka säde on 1500 metriä. Näin tulenjohtaja näkee suoraan päätelaitteelta, ovatko muut maalit tarkistuskorjauksen piirissä.

Tulenjohtosovelluksella voidaan muodostaa ampuvistä tulyksiköistä tuliryhmiä. Tämä ominaisuus kertoo tulenjohtajalle yksiköitten ampumaviivat ja hajontakuviot sekä tulyksiköittäin tiedot maalikulmista, lentoradoista ja ampumaetäisyyksistä, mikä helpottaa tulenjohtajan toimintaa muun muassa tulyksikön hajontaa arvioidessa. [8, s. 18]

Kuten tietokoneet yleisesti, myös MATI1 on altis iskuille, kosteudelle ja muille vianaiheuttajille. Varsinkin taistelutilanteessa laitteen suojaaminen vaatii huolellisuutta, koska laitteen kosketusnäyttö on altis iskuvaurioille. Laite kuluttaa runsaasti virtaa, joten virtalähdehuoltoon pitää panostaa varsinkin ennen hyökkäykseen lähtöä, jonka aikana se ei välttämättä ole helpposti toteutettavissa. Kylmissä olosuhteissa ja GPS:n ollessa jatkuvasti päällä virrankulutus lisääntyy. [8, s. 42]

MATI1:n yksi merkittävimmistä hyödyistä sanomalaitteeseen verrattuna on tiedon saatavuus ja visuaalisuus. Kuvan 3 mukaisesti eri ominaisuudet ovat selkeästi omilla välilehdillään ja koordinaatit saadaan siirrettyä omiin laatikoihinsa vähillä painalluksilla.

The screenshot shows the 'TULIKOMENTO' software interface. The window title is 'TULIKOMENTO'. The menu bar includes 'Osoita maalin paikka', 'Osoita TJP', 'Osoita iskemien paikka', 'Tuliryhmän muodostus', and 'Aikataulukot'. The main area is divided into several sections:

- Mittaukset:** 'Tulenjohtopaikka' is set to '1' and '34VEP 7609 6066 121'. There is a checked 'Lukitse' checkbox and a 'GPS' button. 'Tähystys' is empty, and 'ET.MITTARI' is set to 'ET.MITTARI'.
- Tulivalmistelu:** 'TU' is selected, and 'KB' is a button. Radio buttons for '1', '2', '3', '4', and '5' are present, with '2' selected.
- Sanoma:** A text area contains 'TUKOM' and 'AM'. Buttons for 'Selaa', 'Talleta', and 'Nollaa' are on the right.
- MAALI 9 | KORJ 2 | TUSII 3 | HAV 5/6 | TUMU | KOM | VAPAA 0**
- MAALI** **TO** **TU**
- Nimi** **KB** **Selaa** **Talleta**
- E.N.H** **KB** **Kartalle** **Piirrä**
- Sädemittaa TJP:sta** **Sädemittaa** **GPS+ET.MIT**
- Sanomaan**
- Pilota tilannekuva**
- SUUNTA** **KB**
- ETÄISYYS** **KB**
- ET. MITTARI** **Laske** **Sanomaan**
- TJP** **Käänteinen sädemittaus** **Mitattu 2 GPS**
- E.N.H** **34VEP 7609 6066 121 3** **KB**
- Mittaukseksi TJP** **Sanomaan** **Nollaa vällehti**

At the bottom, there are sections for 'Erikoistoiminnot' (with buttons 'Lähetä heti', 'Näytä sanoma', 'Tulkitse') and 'Vastaanottaja' (with buttons '1.', '2.', 'KB', 'Poistu', 'Apua').

Kuva 3: Tulenjohtosovelluksen perusnäky [8, s. 17].

3.4 Mahdollisuudet metriluokan maalinpaikannukseen

Tulenjohtotoiminnan käsikirja 2014:n mukaan koordinaatit jaetaan tarkkuudeltaan kuuteen kategoriaan (CAT1-6). Näiden kategorioiden tarkoitus on ilmaista määritettyjen E- ja N-koordinaattien tarkkuutta sekä niiden todennäköistä poikkeamaa. [4, s. 24] Kyseiset kategoriat ovat esitetty taulukossa 1.

Kategoria	Suurin sallittu sädepoikkeama	Todennäköinen sädepoikkeama	Todennäköinen E- ja N-koordinaattien poikkeama
CAT1	0-6 m	2 m	0 - 3 m
CAT2	7-15 m	5 m	4 - 8 m
CAT3	16 - 30 m	10 m	9 - 17 m
CAT4	31 - 91 m	30 m	18 - 52 m
CAT5	92 - 305 m	101 m	53 - 174 m
CAT6	306 m tai enemmän	102 m tai enemmän	175 m tai enemmän

Taulukko 1: Maalien kategoriat [4, s. 25]

Käsikirjan mukaan tulenjohtopaikat ja maalit on pyrittävä paikantamaan vähintään CAT4:n vaatimuksien mukaisesti eli E- ja N-koordinaateissa voi olla enimmillään 52 metrin poikkeama. Tarkistusammuntamaalit on kyettävä paikantamaan CAT3:n vaatimusten mukaisesti suurimman sallitun poikkeaman ollessa 17 metriä. [4, s. 25]

Maalinpaikannuslaitteella on mahdollista päästä CAT2-tason tarkkuuteen, kun mittausetäisyys on korkeintaan 750 metriä ja mittauksen perustana on käytetty sähköisen karttajärjestelmän tarkkaa karttapistettä [4, s. 25]. Kyseinen sähköinen karttajärjestelmä on käytössä MATI1-laitteessa, jossa kursori voidaan asettaa tarkalleen haluttuun pisteeseen. CAT3:n vaatimukseen (9 - 17 metrin tarkkuuteen) päästään maalinpaikannuslaitetta käyttämällä 1500 metrin etäisyydeltä, kun perustana on tarkka karttapiste MATI1:llä [4, s. 26].

Jos organisaatiolla on käytössä suurempi paikannuslaite tai paikannusajoneuvo, voidaan päästä jopa CAT1-tarkkuuteen sähköisen kartta-aineiston ollessa käytössä. Samaan tarkkuuteen päästään myös osoittamalla sähköisestä aineistosta (MATI1) täsmällinen kuvio, jonka koordinaatit tallennetaan muistiin. [4, s. 25]

Osaan MPL15-laitteista on saatavilla STERNA-hyrräsuuntakehä. Hyrräsuuntakehällä suunnan tarkkuus on kaksi piirua. [10, s. 1] Tämä on CAT1:n mukainen tarkkuus ja esimerkiksi yhden kilometrin matkalla vastaa suunnassa kahden metrin poikkeamaa. Laserin tarkkuudeksi luvataan alle kaksi metriä [13, s. 34]. MPL15:llä on siis teoriassa kyky paikantaa maaleja CAT1-tarkkuudella. MPL15 tuottaa maalin ja tulenjohtoryhmän sijaintitiedot metreinä eikä kymme-

ninä metreinä, kuten esimerkiksi tulenjohtosovellus tai perinteinen kartta. Tuliasemissa MA-TI-laitteilla käytössä oleva AHJO (Ammunnanhallinta- ja johtamisjärjestelmä) ymmärtää metriluokan koordinaatteja muun muassa kranaatinheittimien mittaripisteissä. Teoriassa sillä on siis mahdollisuus lukea metriluokan koordinaatteja myös tulikomennoissa. Jos tulenjohtosovellus ohjelmoitaisiin siten, että se hyväksyisi metriluokan koordinaatteja, olisi mahdollista tuottaa metristä tietoa tulenjohtopaikalta aina tuliasemiin saakka.

3.5 Lennokit tulenjohtamisessa

Puolustusvoimat päätti vuonna 2009 hankkia integroidun tiedustelu-, valvonta ja tulenjohtojärjestelmän (TVTJJ), johon kuuluu maalinpaikannuslaitteiden lisäksi muun muassa tiedustelulennokkeja. Kyseisellä järjestelmällä varustetaan maavoimien pataljoonia, taisteluosastoja sekä tiedustelu- ja tulenjohtoyksiköitä. [14, s. 1]

Paavo Sarala kertoo tutkimuksessaan seuraavaa:

”Lennokin käyttö tulenjohtamisessa on rajallinen. Suorituskykyvaatimuksien mukainen maalin paikantamisen tarkkuus on epätydyttävä (100 metrin tarkkuus 100 metrin lennätyskorkeudella). Tämän vuoksi lennokin merkitys varsinaiseen tulenjohtamiseen on ennemminkin aikaisemmin saadun tiedon varmentaminen tai kohteen etsiminen, jolloin löydetyn kohteen paikkatieto varmistetaan joko toisella sensorilla tai kartta-aineistoon vertaamalla.” [14, s. 11]

Lennokilla voidaan siis paikantaa maaleja ja käyttää tulenjohtovälineenä, mutta 100 metrin tarkkuus on tasoa CAT5. Tämä ei ole tarpeeksi tarkka tehokkaaseen tulenavaukseen. Kuten Sarala tuo ilmi, voi lennokia kuitenkin käyttää vihollisen havaitsemiseen ja tunnistamiseen.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Johtopäätökset

Epäsuora tuli tuottaa taistelukentällä suurimman osan tappioista, ja on elintärkeää pysyä kehityksessä mukana muiden valtioiden kehittäessä epäsuoran tulen voimaansa. Epäsuoran tulen kaluston, kuten tykkien ja kranaatinheittimien, uusiminen ja määrän lisääminen sekä joukkojen kouluttaminen on kallista, eikä nyky maailman taloustilanteessa ole kannattavaa. Tämän vuoksi täytyy pyrkiä kehittämään muita osa-alueita, kuten johtamisjärjestelmiä, mihin nykyiset ja myös tulevat aseet voidaan liittää.

JOHLA ja AHJO luovat pohjan kyseiselle järjestelmälle. Maalinpaikannuslaitteella tuotetaan tieto JOHLAn tulenjohtosovellukselle, josta se mahdollisten muokkauksen jälkeen lähetetään radioverkossa tuliaseman AHJOlle, joka tulkitsee tulikomennon ja välittää edelleen asepäätteille. Tätä järjestelmää kehittämällä on mahdollista pienentää sekä viivettä maalin havaitsemisen ja lähtölaukausten välillä että virhettä iskemien ja maalin välillä.

Tähän asti oma sijainti ja maalin koordinaatit ovat paikannettu joko suoraan kartalta tai sädemittauksella käsisuuntakehän ja laseretäisyysmittarin avulla, jolloin mittausvirheet ovat olleet pienimmillään viisi piirua ja viisi metriä. Kartalta on voitu paikantaa kymmenen metrin tarkkuudella ja lopulta koordinaatit on ilmoitettu lähimpään kymmeneen metriin pyöristettyinä tulikomennossa tulyksikölle.

Nykyajan trendi on suunnitella kalustoa, joissa yhdistyvät mahdollisimman pieni koko ja suuri määrä ominaisuuksia. Tämä on tilanne myös maalinpaikannuslaitteiden saralla. Maalinpaikannuslaite 15 sisältää tulenjohtamiseen tarvittavat ominaisuudet: suunnan ja etäisyydenmittauksen, oman paikkatiedon tuottamisen ja tiedonsiirtomahdollisuudet. Lisäksi se sisältää muun muassa jäädyttämättömän lämpötähistimen, mikä helpottaa maalien havainnointia varsinkin pimeällä. Maalinpaikannuslaitteella voidaan tuottaa koordinaatteja viiden piirun ja 1,5 metrin tarkkuudella. Suunnan tarkkuus nousee kahteen piiruun, jos käytössä on hyrräsuuntakehä. Laite tuottaa oman sijainnin sisäänrakennetulla GPS-lähttimellä. Laitteelta saadaan oma sijainti ja maalin tiedot metrien tarkkuudella, jolloin pyöristyksistä johtuva virhe piene-

nee huomattavasti. Kun tulenjohtosovellus ohjelmoidaan ymmärtämään metriluokan koordinaatteja, voidaan tämä tarkkuus säilyttää aina tuliyksikköön saakka.

Käsisuuntakehällä voidaan siis mitata parhaimmillaan viiden piirun tarkkuudella. Tämä kuitenkin edellyttää, että mittaaja hallitsee käsisuuntakehän käytön erittäin hyvin ja että yhtenäiskorjaus on määritetty oikein. Vaikka korjaukset olisikin määritetty oikein, voi käsisuuntakehän virhe kasvaa suureksi esimerkiksi maaperän tai varusteiden magneettisuuden takia. Maalinpaikannuslaitteen magneetikompassin kalibrointi pienentää tätä alueellista ja paikallista virhettä, sillä maalinpaikannuslaite voidaan kalibroida milloin vain, jolloin laitteen ilmoitettu tarkkuus säilyy. Käsisuuntakehän ja laseretäisyysmittarin operoijat voivat inhimillisen virheen takia mitata väärään maaliin. Tämä virhe tulee ilmi vasta, kun tulenjohtaja saa maalin sijainnin kartalle tai tulenjohtosovellus piirtää sen sähköiseen kartta-aineistoon, joista jälkimmäinen tapahtuu niin nopeasti kuin viestimies pystyy tähyystiedot sovellukseen kirjoittamaan. Maalinpaikannuslaite ottaa kohteesta kuvan aina, kun mittauspainiketta painetaan ja tallentaa sen laitteen muistiin. Tulenjohtaja pystyy siis tarkastamaan kohteen, jonka käyttäjä mittasi, välittömästi mittauksen jälkeen, jolloin hän voi varmistua kohteen oikeellisuudesta. Tämä nopeuttaa väärän kohteen mittaamisesta tapahtuneen virheen havaitsemista. Virheen mahdollisuus puolittuu myös siitä syystä, että mittaajia, joille maalin pitää olla selvä, on yksi kahden sijasta.

Metriluokan koordinaateista saatava hyöty on epäsuoran tulen kannalta kyseenalainen. Epäsuora tuli on kuitenkin aluevaikutteinen ase ja esimerkiksi tykistöpatteriston hajonta saa jatko-tulenkäytössä olla pituussuunnassa neljä prosenttia ja leveysuunnassa yhden prosentin. Kymmenen kilometrin ampumaetäisyydellä tämä tarkoittaa pituussuunnassa 400 metrin ja leveysuunnassa 100 metrin laatikkoa, jolle tuli saa levitä. Hakeutuvien ammusten, kuten tykistön hakeutuvien panssarintorjunta-ammusten, suhteen tilanne saattaa olla toinen. Nykyään tuli pitää todentaa sirpalekranaateilla, jotta tulenavauksesta johtuva virhe saadaan poistettua ennen kuin panssarintorjunta-ammuksia voidaan ampua. Tämän lisäksi esimerkiksi GPS- ja inertiaohjautuvien ammusten tarkkuutta voitaisiin pystyä lisäämään metriluokan paikannuksella. Tulenavauksen virhettä tämä ei kuitenkaan poista, joten myös tuliyksiköiden toiminta ja laitteet pitäisi päivittää tarkemmiksi ja varmemmiksi. Ainakin kranaatinheittimistöllä esimerkiksi vakautuksesta johtuva virhe on vaikea kokonaan poistaa, jos maaperä on huono ja tämä korostuu entisestään, kun maavoimien taistelu 2015:n mukaisesti aseet vaihtavat tuliasemiaan huomattavasti useammin kuin ennen.

Lennoikkien käyttö tulenjohtamisessa pitää ottaa huomioon varteenotettavana lisäapuna. Vaikka puolustusvoimien hankkiman lennokin maalinpaikannuksen tarkkuus on noin 100 metriä, voidaan sitä käyttää kohteitten havaitsemiseen ja tunnistamiseen esimerkiksi omilla sivustoilla. Kun vihollisen kärki pysäytetään ja sen pääosat pyrkivät sivustaamme, ei tulenjohtajalla välttämättä ole näköhavaintoa vihollisesta. Lennokin järkevä käyttö tämän kaltaisissa tilanteissa parantaa sekä tilannekuvaa, että mahdollistaa auttavan tulenkäytön, vaikka se ei yhtä tarkkaa olisikaan tulenjohtoryhmän paikannustarkkuuteen verrattuna.

Uudella tulenjohtokalustolla voidaan siis parantaa tulenjohtamisen tarkkuutta ja nopeutta tulenjohtopartion osalta muun muassa maalinpaikannuslaitteen ja MATI/AHJO-järjestelmien kanssa. Perinteisen aluevaikutteisen epäsuoran tulen käyttöön sillä ei ole tarkkuuden kannalta merkittävää hyötyä, koska tuli saa ja sen pitää hajota vaikutuksen maksimoimiseksi, jolloin iskemäkeskeispisteen siirtyminen joillakin metreillä ei edesauta tappioiden tuottamista. Päinvastoin on vaarana, että hajonta pienenee liian pieneksi uudella ammunnanhallintajärjestelmällä, sillä se laskee jokaiselle aseelle omat ampuma-arvonsa maalipisteeseen. Tällöin teoreettisesti kaikki iskemät osuisivat samaan paikkaan, mikäli aseista ja ampumatarvikkeista johtuvat epätarkkuudet saataisiin rajattua pois. Laitteita ja järjestelmiä kehittäessä pitää siis huomioida se, että hajonta pysyy riittävän suurena aluevaikutteisille aseille. Sen sijaan täsmäaseita ammuttaessa, kuten hakeutuvat panssarintorjunta-ammukset sekä GPS- ja inertiaohjautuvat ammuksat saattavat hyötyä mahdollisuudesta paikantaa maali metrin tarkkuudella. Pitää kuitenkin muistaa, että vaikka koordinaatit ilmoitettaisiin metrin tarkkuudella, eivät ne sitä välttämättä kuitenkaan ole. Esimerkiksi sotilaskäyttöön tarkoitetun GPS-signaalin tarkkuuden luvataan olla alle kahdeksan metriä, jolloin huonoimmassa tilanteessa paikannuksen tarkkuus nousee vain kahdella metrillä. Nykyiset laitteet luovat kuitenkin pohjan tarkkuuden lisäkehitykselle tulevaisuudessa, jossa tekniikka saattaa mahdollistaa esimerkiksi vielä tarkemman GPS-signaalin ja magneettisen kompassin.

Nykyinen tulenjohtoryhmä säilyttää vanhan kalustonsa, vaikka uutta materiaalia on hankittu. Esimerkiksi käsisuuntakehä ja laseretäisyysmittari ovat vieläkin varteenotettavia välineitä maalinpaikantamiseen. Tämä lisää tulenjohtoryhmän suorituskykyä merkittävästi. Maavoimien taistelu 2015:n mukaisesti jääkärikomppania taistelee hyvin laajalla alueella, jolloin jääkärijoukkueet ja niiden tulenjohtovoima taistelevat myös laajalla alueella. Tämä vaatii yleensä sen, että tulenjohtovoima on pystyttävä jakamaan usealle alueelle, ja saatuaan uuden tulenjohtokaluston tulenjohtoryhmällä on kyky johtaa tulta kahdella eri suunnalla. Ryhmä jakaantuu kahteen partioon, tulenjohtajan partioon ja tulenjohtoaliupseerin partioon, ja molemmat kyke-

nevät johtamaan tulta omilta alueiltaan. Tulenjohtajan partioon jää MPL15 ja MATI-tietokone ja tulenjohtoaliupseerin partiolle laseretäisyydsmittari ja tulenjohtoaliupseerin käsisuuntakehä. Tulenjohtajalla ja tulenjohtoaliupseerilla on molemmilla lähiradiot, jonka avulla aliupseeri voi viestittää tulikomentoja tulenjohtajalle radion kantaman puitteissa. Jos taistelut käydään radiokantaman ulkopuolella, pitää puolustuksen suunnittelussa ottaa huomioon esimerkiksi kaapeliyhteyksien rakentaminen kriittisille alueille, joilla taistelut on suunniteltu käytävän.

Maalinpaikannuslaite 15 pystyy tuottamaan metristä tulenjohtotarkkuutta, mutta MATI- ja AHJO-järjestelmät eivät sitä tulikomentojen suhteen vielä pysty tekemään. AHJO ymmärtää metrisiä koordinaatteja tuliasemien mittaripisteiden koordinaateissa, mutta tämä ominaisuus pitää laajentaa käsittämään myös tulikomennot, mikäli epäsuoralle tulelle halutaan mahdollistaa metriluokan ammunta. Sama vaatimus koskee myös MATIa. Kuten mainittu, tämä ominaisuus on epäsuoran tulen kannalta kuitenkin kyseenalainen tulen tehon parantamisessa. Raskaammat kranaatit ulottuvat sirpalevaikutuksellaan lähtökohtaisesti kymmenien metrien päähän räjähdyspaikasta, joten on vaarana, että tulen tiheys kasvaa liian paljon, jolloin aluevaikutteisuus häviää. Tarkkuuden parantaminen kuitenkin saattaa parantaa hakeutuvien ammusten osumistodennäköisyyttä, joten laitteiston päivittäminen metristen koordinaattien ymmärtämiseen saattanee olla hyödyllistä. Uusi kalusto myös teoreettisesti nopeuttaa tulenjohtoprosessia, kun tulenjohtoryhmässä vähenee mitaavien henkilöiden määrä, ja tieto saadaan siirrettyä suoraan viestivälineille automaattisesti ilman huutoketjuja tai henkilöiden suoritteita. Tämä vähentää inhimillisten virheiden, kuten näppäilyvirheiden, määrää ja täten prosessi nopeutuu ja tulee varmemmaksi. Tätä edesauttaa myös tulenjohtajalle tuleva kuva MPL15:ltä, jolloin tulenjohtaja voi varmistua mitatun kohteen oikeellisuudesta jo ennen kuin se on varmistettu kartalta tai sähköisestä kartta-aineistosta. Lisäksi uuden kaluston lisääminen tulenjohtoryhmän nykyiseen kalustoon lisää ryhmän suorituskykyä maavoimien taistelu 2015:n viitekehyksessä.

4.2 Lisätutkimustarpeet

Tulenjohtoryhmän suorituskyvyn osalta olisi tarpeen tutkia tulenjohtoryhmän partioihin jakamisen vaikutusta tulenkäyttöön varsinkin tulenjohtoaliupseerin partion osalta. On tarpeen tietää, mikä on esimerkiksi tulenjohtoaliupseerin partion tulenjohdollisen suorituskyvyn muutos, jos partio varustettaisiin LV241- tai LV217M-kalustolla ja sanomalaitteella. Vaikka sanomalaite on vanhaa tekniikkaa, on se silti varavälineenä varsin toimiva tulenjohdollisiin tarkoituksiin.

Hakeutuvat tykistön panssarintorjunta-ammukset saattavat vaatia erittäin tarkkaa maalinpaikannusta, joten olisi tarpeen tutkia, kuinka lähelle maalia näiden ammusten pitää päästä, jotta ne pystyvät hakeutumaan kohteeseensa. Mikäli vaatimus on metriluokan paikannus, pitää tutkia myös mahdollisuudet päivittää MATI- ja AHJO-järjestelmät tälle paikannustarkkuudelle, jolloin MPL15:stä saataisiin hyödynnettyä metriluokan paikannustarkkuus.

Neljäntenä lisätutkimustarpeena on kenttäkoe, jossa kaksi tulenjohtoryhmää varustetaan toinen vanhalla ja toinen uudella tulenjohtokalustolla. Tämän kaltaisessa kenttäkokeessa saataisiin suurella toistojen määrällä selville lopullinen nopeus uudella kalustolla. Teoreettisesti uusi kalusto tuo nopeutta tulenjohtoon, mutta empiirisen datan keräämisen ja analysoinnin kautta sille saataisiin tieteellinen varmistus.

LÄHTEET

- [1] Withington, T. *Forward observer gear gets target right*. Armada International. Media Transasia Group. 2009. Vol. 33 (4), s. 36-42. [viitattu 6.4.2014]. Saatavissa: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=0ff683d7-421e-464d-9715-f34d7628d01c%40sessionmgr110&vid=2&hid=104>
- [2] Marttinen, T. *Mekanisoidun pataljoonan 2020 operatiiviset suorituskykyvaatimukset*. EUK:n tutkielma. Helsinki, 2010. Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos. 43 s.
- [3] Pääesikunta. *Kenttätykistöopas II osa: Tulenjohtotoiminta*. Helsinki: Pääesikunta, 1998. 271 s.
- [4] *Tulenjohtotoiminnan käsikirja 14*. Maavoimat, 2014. 298 s.
- [5] Pääesikunta. *Kenttätykistöopas V: Tulenjohton koulutusopas*. Helsinki: Pääesikunnan koulutusosasto, 1990. 260 s. ISBN 951-25-0510-X.
- [6] Maavoimien Esikunta, Tykistökoulu. *Mittaustoiminnan käsikirja*. Mikkeli: Maavoimien esikunta, 2012. 222 s. ISBN 978-951-25-2325-2.
- [7] Pääesikunta. *Kenttätykistöopas IV: Mittaukset*. Helsinki: Pääesikunnan koulutusosasto, 1991. 146 s.
- [8] Tykistöprikaati. *Tulenjohtaminen MATII taistelunjohtojärjestelmän tulikomentotoiminnallisuudella*. Tykistöprikaati. 47 s.
- [9] Reijula, T. *Uusien tulenjohtovälineiden vaikutus tulenjohtopartion kokoonpanoon*. Kandidaatintutkielma. Helsinki, 2012. Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, 24 s.
- [10] *Maalinpaikannuslaite 15 koulutusohje*.

- [11] [Viitattu 23.3.2015]. Saatavissa: http://cdn.topwar.ru/uploads/posts/2014-04/1396527551_millog_lisa.jpg
- [12] Tykistörikaati. *Elbit Mars-sensorin kenttäkokeen loppuraportti*. Tykistörikaati, 2013. 7 s.
- [13] Millog. *Käyttöohje 10372743 Paikannuslaite\Maalin-, MPL15 TÄYD..* Versio 0.2. Millog, 2014. 36 s.
- [14] Sarala, P. *Miehittämättömien pienoisolma-alusten hyödyntäminen epäsuorantulen käytössä joukko-yksikötasolla*. EUK:n tutkielma. Helsinki, 2012. Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos. 33 s.