

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

TAISTELIJANRADIO

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Artturi Kosonen

Kadettikurssi 97
Kranaatinheitinlinja

Maaliskuu 2013

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi 97. kadettikurssi	Opintosuunta Kranaatinheitin	
Tekijä Kadetti Eero Artturi Kosonen		
Opinnäytetyön nimi Taistelijanradio		
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto	
Aika Maaliskuu 2013	Tekstisivuja 21	Liitesivuja 4

TIIVISTELMÄ

Tulevaisuudessa taistelijoiden lukumäärä taistelukentällä pienenee. Taistelijat ovat kuitenkin aiempaa paremmin varustettuja ja yksittäisen taistelijan varustus on entistä uudenaikaisempi. Lähtökohtaisesti jokainen partio on varustettu radiolla, jonka takia voidaan luoda reaaliaikaisempi tilannekuva verrattuna aiempaan. Tämä mahdollistaa entistä tehokkaamman johtamisen. Yksittäinen taistelija nähdään sensorina, josta saadaan tarvittaessa paikkatietoa, ja johon saadaan uuden verkkoratkaisun myötä yhteys aina tarvittaessa.

Tutkimusongelmana oli selvittää vaatimuksia taistelijanradiolle siten, että se sopeutuisi uuden taistelutavan mukaiseen käyttöön. Tutkimuksessa vertailtiin neljää eri valmistajan taistelijanradiota, jotka ovat Puolustusvoimien koekäytössä.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kirjallisuusselvitystä, kenttäkokeita ja haastatteluita. Tutkimuksen pohjana on laaja-alainen tutustuminen lähdeaineistoon sekä haastattelut ja testit Riihimäellä Viestirykmentissä. Taistelijanradiota arvioidaan sen suorituskyvyn, käytettävyyden ja taistelunkestävyyden perusteella.

Verkostokeskeinen sodankäynti nähdään tulevaisuuden taistelukentän mallina. Verkottumista pidetään kokonais kuvan hallitsemisen edellytyksenä ja välttämättömyytenä. Elektroninen sodankäynti lisääntyy ja sen merkitys kasvaa osana sodankäynnin kokonaiskuvaa. Taistelijanradion osalta elektroninen sodankäynti näkyy häirintänä ja radioiden sijainnin tiedustelulla. Nämä uhat pitää tiedostaa ja niihin tulee kyetä varautumaan.

Taistelijat tulevat kommunikoidaan jatkossakin pääasiassa puheella. Puheen tulee olla salattua. Puhetta välitetään omalle partiolle ja tarvittaessa seuraavalle portaalle ylöspäin. Näille vaihtoehdoille on radiossa oltava omat kanavapankkinsa.

Tutkimuksen mukaan vaatimukseen parhaiten vastasi Thalesin AN/PRC-148. Sen etuina muihin nähden oli muun muassa laajin taajuusalue ja suuri vaihteluväli eri tehoalueiden välillä. Sitä muokkaamalla se pystynee vastaamaan Puolustusvoimien asettamiin tarpeisiin uudeksi taistelijanradioksi.

AVAINSANAT

Taistelijanradio, Elektroninen sodankäynti, Salaus, Verkostokeskeinen sodankäynti

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

LYHENTEET

1 JOHDANTO

1.1 Alustus tutkimukseen	1.
1.2 Tutkimuksen tausta, päämäärä ja rakenne	2.
1.3 Aiempi tutkimus	3.
1.4 Tutkimusmenetelmät	3.
1.5 Tutkimusongelmat	3.
1.6 Rajaus	4.

2 TAISTELIJANRADIO

2.1 Käyttöperiaatteet ja MIL-STD-810 vaatimukset radiolle	5.
2.2 Akku- ja varausjärjestelmät	6.
2.3 Antennit	8.
2.4 Taistelijanradion lisälaitteet	9.
2.5 Taistelijanradion uhat	10.
2.6 Salaus ja sen purku	11.
2.7 Aaltomuodot	12.
2.8 Multipleksointi	13.
2.9 Liitynnät ja yhteensopivuus	14.

3 VERTAILU ERI TAISTELIJANRADIOIDEN VÄLILLÄ

3.1 Testaamisen ja vertailun lähtökohdat	15.
3.2 Harisin radio RF-7800V	15.
3.3 Thales Star Mil (AR/PRC 148)	16.
3.4 Elbit PNR-1000A	16.
3.5 Selex H4876	17.
3.6 Vertailu	18.

4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

LÄHTEET

LIITTEET

LYHENTEET

Ad Hoc (verkko)	verkkorakenne, jossa ei ole tukiasemia vaan laitteet muodostavat yhteydet toisiinsa automaattisesti ja tilanteenmukaisesti
AES	Advanced Encryption Standard, vuonna 2001 standardoitu symmetrinen salausalgoritmi.
ALVI	Alueellinen Viestijärjestelmä, lähinnä kaupallisella viestimateriaalilla rakennettu viestiverkko
bit/s	bittinä sekunnissa, datansiirron yksikkö
bps	bits per second, datansiirron yksikkö englanniksi
Brute Force	salauksen purkaminen raakaa voimaa hyväksikäyttäen
CDMA	Code Division Multiple Access, koodijakokanavointi
DES	Data Encryption Standard, symmetrinen salausalgoritmi
ELSO	elektroninen sodankäynti
EMP	Electro Magnetic Pulse
FDMA	Frequency Division Multiple Access, taajuusjakokanavointi
GPS	Global Positioning System, paikannusjärjestelmä
HF	High frequency, 3-30 MHz: n taajuusalue
HPM	High- Power Microwave
iTVJ	integroitu tiedustelun, valvonnan ja johtamisen järjestelmä

MATLE	Maavoimien materiaalilaitos
MIL-STD	Military Standard, Yhdysvaltain puolustusministeriön julkaiseman standardin yleismerkintä
SDMA	Space Division Multiple Access, tilajakokanavointi
SINGARS	Singe Channel Ground and Airborne Radio System, USA:n käytämä radiojärjestelmä
TDMA	Time, Dicision Multiple Access, aikajakokanavointi
UHF	Ultra high frequency, 300-3 000 MHz:n
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.
VHF	Very high frequency, 30- 300 MHz:n taajuusalue
YVI	Yhtymän viestijärjestelmä, jääkäriprikaatien käyttämä, sotilaalliseen käyttöön tarkoitettu viestimateriaalilla rakennettu viestijärjestelmä

1 JOHDANTO

1.1 Alustus tutkimukseen

Tulevaisuudessa radion merkitys johtamisen välineenä korostuu [2] Radioiden lukumäärän kasvu mahdollistaa taistelijoiden tavoittamiseen puheella aiempaa kauempaa uuden verkkoratkaisun myötä, ja heidän paikkatietonsa saadaan osaksi taistelukentältä muodostuvaa tilannekuvaa. Toisin sanoen taistelija on sensori, josta saadaan tietoa kohdealueelta taktiseen tietoverkkoon. [3]

Puolustusvoimat on hankkimassa uutta radiotyyppiä vuonna 2013. Pääsin osallistumaan kenttäkokeisiin viestirykmentissä Riihimäellä ja näin konkreettisesti millaisiin asioihin testeissä kiinnitettiin huomiota. Markkinoilla olevat radiot ovat melko samankaltaisia. Erojen löytäminen ja laitteiden paremmuusjärjestykseen laittaminen ei ole niin yksinkertaista kuin voisi ajatella. Pyrin omassa kandidaatin tutkielmassani löytämään niitä teknisiä ratkaisuja eri radiotyyppien välillä, jotka näitä eroja muodostivat.

Haasteet taistelijanradiolle ovat samat tulevaisuudessa kuin mitä ne ovat nyt. Radion tavoitavuus (eli kantama), sen toiminta-aika eli akun kesto, taistelunkestävyys ja sään vaikutus toimivuuteen ovat avainasioita uutta radiotyyppiä hankittaessa. Suojautuminen elektronisen sodankäynnin uhilta on yksi ominaisuus, johon on myös kiinnitettävä huomiota tulevaisuuden radiota hankittaessa [1]. Ominaisuuksiltaan erilaiset radiot ovat melko lähellä toisiaan. Käytettävyys ja luotettavuus sekä huollon järjestelyt ovat piirteitä, joilla niiden eroja voidaan vertailla. Radion käyttö ei saa sitoa taistelijan mahdollisuuksia käyttää asettaan. Radiota on myös kyettävä käyttämään kaikissa taistelun tilanteissa ilman sen irrottamista esimerkiksi taisteliivistä [3].

Nykyaikaisen sodankäyntiin kuuluu, että taistelijoiden määrä vähenee, mutta he ovat entistä paremmin varusteltuja. Taistelijan mukana liikkuu enemmän elektroniikkaa ja hänen henkilökohtainen suojansa on aiempaa monipuolisempi. Tämä vaikuttaa myös heidän johtamismahdollisuuksiinsa, jotka paranevat radioiden lukumäärän kasvamisen vuoksi. Tilannetietoisuus siis paranee jatkuvasti. Edellytyksenä radion tehokkaalle käytölle on sen käytön helppous ja toimintavarmuus. Radio nähdään kiinteänä osana taistelijan varustusta [3].

Uuden radiotyypin hankkiminen on pitkä prosessi. Siitä, kun uuden radion ostopäätös on tehty, menee pitkä aika siihen kun joukkotuotannossa olevat yksiköt saavat uuden radion käyt-

töönsä. Radion elinkaari ei tekniikan kehittyessä ole välttämättä kovin pitkä. Suunnittelussa ja hankintapäätöstä tehdessä tulee ottaa huomioon mahdollisuudet radion päivittämiseen ja sen kykyyn vastata tulevaisuuden haasteisiin. Jokainen joukko luo omat vaatimuksensa radiolaitteelleen ja sen käytölle [13]. Lisälaitteilla ja radion yksilöimisellä kunkin joukon tarpeisiin pystytään vastaamaan.

1.2 Tutkimuksen tausta, päämäärä ja rakenne

Tämä tutkimus on hyvin ajankohtainen. Radiojärjestelmät kehittyvät ja ne tuovat entistä enemmän mahdollisuuksia muun muassa johtamiseen ja kokonaiskuvan ymmärtämiseen taistelukentällä. Tällä hetkellä Puolustusvoimat tekee kartoitusta uusista taistelijanradioista ja sellainen tullaan hankkimaan vuoden 2013 aikana. Tämänhetkinen tilanne on selvittää neljästä eri taistelijan radiosta Suomen Puolustusvoimille soveltuvin malli. Suomessa haasteita taistelijanradioille aiheuttavat muun muassa suuret lämpötilaerot eri vuodenaikoina, vaihteleva kosteusprosentti ja taistelukentän monipuolisuus. Lähtökohtana on, että tuleva malli on myös Nato- yhteensopiva. Kenttätestit jatkuvat Riihimäellä.

Tässä työssä keskitytään ryhmän yksittäiseen taistelijaan ja hänen käyttämäänsä radioon ja sen varustukseen. Vaatimukset yksittäisen taistelijan tavoittamiseen ovat erilaiset kuin ryhmänjohtajan tavoittamiseen. Vaatimukset vastaanottaa ja lähettää tietoa ovat erilaiset ryhmänjohtajalle kuin yksittäiselle taistelijalle. Yksittäisen taistelijanradion tärkeimpänä tehtävänä on vastaanottaa ohjeita ryhmän-/partionjohtajalta ja saada tarvittaessa yhteys toiseen taistelijaan. Eri kriteerien vuoksi ryhmänjohtajan ja yksittäisen taistelijanradiot ovat erilaiset.

Päämääränä on saada käsitys siitä miten taistelijanradio toimii, mistä se koostuu ja millaisia uhkakuvia uudistuva taistelukenttä tuo yksittäiselle taistelijanradiolle. Lisäksi pohditaan sitä, mitä kaikkea taistelijanradiota käytettäessä on otettava huomioon niin virransaannin, kuin myös viholliselta suojautumisen suhteen. Tavoitteena on luoda lukijalle käsitys siitä, millälaisessa tilassa Puolustusvoimien radiojärjestelmät ovat tällä hetkellä ja mihin suuntaan olemme menossa.

1.3 Aiempi tutkimus

Luutnantti Markus Hakala on tutkinut kandidaatin työssään ”Tulevaisuuden taistelijan tiedonsiirtovaatimuksia asutuskeskuksessa”. Hän on keskittynyt asutuskeskuksen tuomiin erityis-

piirteisiin ja niiden asettamiin vaatimuksiin taistelijan tiedonsiirrolle. Hänen tutkimuksensa käsittelee tiedonsiirtoa erikoisjoukkojen taistelijan näkökulmasta. [1]

Kapteeni Ville Viita on tutkinut radiojärjestelmän käyttöä EUK- tutkielmassaan ”Taistelijan radiojärjestelmän käyttö komppanian johtamisessa (tekninen näkökulma)”. Hän tutki miten datansiirtokykyinen taistelijanradio soveltuu komppanian taisteluun ja miten komppanian johtamisjärjestelmä rakentuu. Hän toteaa, että taistelijan vaatimuksia radiojärjestelmälle tulee määrittää jatkossa enemmän, eli kuka tarvitsee mitäkin palvelua missäkin tilanteessa. Kysymyksenä on siis miten tämä kaikki vaikuttaa komppanian johtamiseen. [2]

Majuri Tapio Saarelaisen tutkimus ”Taistelija 2020 – jalkaväen kärkitaistelija” ja DI Tapio Palomäen tutkimus ”Taistelija 2020 – Kärkitaistelijan johtaminen, tilannetietoisuus ja päällepuettava elektroniikka” sivuavat toisiaan. Saarelainen käsittelee taistelijan tarvitsemia järjestelmiä ja päätelaitteita yhdessä muun varustuksen eli vaatteiden ja suojien kanssa. Miten ne vaikuttavat taistelijan johtamiseen ja tilannetietoisuuteen. Palomäen tutkimus keskittyy kuvaamaan johtamista taistelijasta aina komppanian johtamiseen saakka. Miten johtaminen muuttuu erityistehtävissä tai ääriolosuhteissa. Lopputuloksena hänellä on antaa vaihtoehto 2020- luvun taistelijan varustukselle. [3]

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisuusselvitystä. Tutkimuksen lukujen kaksi ja kolme pohjana on laaja-alainen tutustuminen lähdeaineistoon. Tutkimus pohjautuu julkisiin lähteisiin. Lisäksi tutkija osallistui kenttäkokeisiin Viestirykmentissä Riihimäellä josta hän sai konkreettista apua tutkimuksen tekemiseen. Kenttäkokeiden tuloksia käsitellään lähinnä luvuissa kolme ja neljä. Kenttäkokeiden ohessa oli tutkijalla mahdollisuus haastatella niin testaajia ja uusien radiojärjestelmien hankinnasta vastaavia, kuin myös tuotettaan myyviä toimittajia. Näiden lisäksi materiaalilaitoksen radiolaitteiden testauksessa mukana olleille tehtiin puhelinhaastatteluja.

1.5. Tutkimusongelmat

Tutkimuksessa määritetään tarvittavia ominaisuuksia taistelijanradiolle nykyaikaisella taistelukentällä. Tutkimusongelmia on:

1. Millaisiin vaatimuksiin taistelijanradion tulee uuden taistelutavan mukaan pystyä vastaamaan?
2. Mikä on riittävä salaustaso taistelijanradiolle?

Erityisesti tutkimuksessa kiinnitetään huomiota akkujen käyttöaikaan ja radioiden elektronisen suojautumisen keinoihin. Myös vaatimukset radioiden maksimikantavuudelle ovat muuttuneet uusien verkkorakenteiden myötä. Radioiden kehitys menee eteenpäin huimaa vauhtia. Haasteena on löytää sellaiset vaatimukset taistelijanradiolle, jotka olisivat päteviä vielä vuoden 2015 jälkeen. Ei ole järkevää tutkia vanhaa, vaan tutkijan ongelmana on löytää ajankohdasta 2010-luvun informaatiota sekä vertailla sitä.

1.6 Rajaus

Tutkimuksessa tarkastellaan yksittäistä taistelijaa yhtenä ryhmän jäsenenä.. Tarkasteltava taistelija on valmiusyhtymän taistelija, joka toimii vaihtelevassa toimintaympäristössä. Vaihteleva toimintaympäristö asettaa myös omat haasteensa taistelijanradiolle käytettävyyden suhteen.

Kohteena on yksittäinen taistelija ja hänen radionsa. Tutkimuksen kannalta oleellisia kysymyksiä ovat: Mihin radiolla on saatava yhteys? Kuinka pitkälle tulee yksittäisen taistelijan kyetä tavoittamaan muuttuvassa ympäristössä? Aikavälinä on 2015- 2025. Vuonna 2013 tehdään uusien radioiden hankintapäätös, joten uusi taistelijanradio on käytössä, ainakin jollain asteella, vuoteen 2015 mennessä

2 TAISTELIJANRADIO

2.1 Käyttöperiaatteet ja MIL-STD-810 vaatimukset taistelijanradiolle

Taistelijanradion merkitys osana johtamisprosessia on kasvanut ja tulee kasvamaan lisää tulevaisuudessa. Yksittäisen taistelijanradion on pystyttävä siirtämään puhe- ja mahdollisesti josain määrin dataliikennettä eteenpäin ja vastaanottamaan sitä. Ryhmätasolla taistelijat kommunikoivat puheella. Puheen tuottaminen on nopeaa ja sen käyttöön on totuttu. [3, s. 77]

Yhteydenpito taistelevien joukkojen eri osien välillä on nykyaikaisessa kiivasrytmisessä sodankäynnissä entistä tärkeämpää. Käskyt, ilmoitukset ja tulikomennot on voitava viestittää tarvitsijoille luotettavasti ja mahdollisimman lyhyellä viiveellä. Tämän vuoksi nopeasti liikkuvien joukkojen johtaminen ilman kenttäradiota ei ole enää mahdollista. Tämä on johtanut nopearytmiseen ja osittain jopa vaikeasti hallittavaan kalustokehitykseen. Kehitettävien uusien kenttäradioiden keskeisiä ominaisuuksia ovat yhteyden salattavuus ja mahdollisuus suojautua vastustajan häirinnältä.[5, s. 216]

Taistelija 2020:n on pystyttävä kohtaamistaistelussa lamauttamaan tai tuhoamaan kolminkertainen (1:3), perinteistä kalustoa käyttävä, vihollinen. Tämän vuoksi vaatimukset johtamisjärjestelmälle lisääntyvät kriittisesti, sillä ennakoiminen ja johtaminen kuuluvat olennaisesti tilannetietoisuuden ja teknologisen ylivoiman mahdollistamaan suorituskyykyyn. Riittävä tilannetietoisuus taistelija 2020:lle estää yllättävän ja valmistautumattoman viholliskohtaamisen. [3]

VHF- kenttäradiot ovat tällä hetkellä käytössä olevia radioitamme. Ne toimivat yleensä 30–88 MHz välisellä VHF- kaistalla, jossa on saavutettu hyvä kompromissi eri vaatimusten (koko, paino, kantama, tiedonsiirtonopeus ja tehonkulutus) suhteen. Siirtokapasiteetti on jäänyt toissijaiseksi tekijäksi; järjestelmät on rakennettu yhden puhujan tunnistamiseen riittävän puheyhteyden mukaan. [4, s. 156–157]. Taistelijanradiolle on tekniikan kehittymisen myötä tullut enemmän vaatimuksia. Taistelijanradion on oltava pieni, halpa ja sen tulee kuluttaa entistä vähemmän tehoa [6, s. 63]. Sen rakenteen on oltava kevyt, mutta kestävä. Sitä on pystyttävä päivittämään ja sovittamaan yhteen vanhojen radiojärjestelmien kanssa. Taistelutilanteessa sen tulee olla toimintavarma ja tarpeen tullen kunnostettavissa varaosilla tai pystyttävä huoltamaan toimintakuntoiseksi kenttäolosuhteissa.

Puolustusvoimat on hankkimassa uutta taistelijanradiota. Uuden radion on oltava kevyt ja sen on toimittava akuilla tai paristoilla. Sen toiminta-aika latauksesta on 12 tuntia ja virtalähdettä on kyettävä lataamaan ajoneuvosta (12 -24 VDC virransyöttö). Radio mahdollistaa kuuluvuusalueen laajentamisen ad hoc- tai multi hop- toiminnallisuudella. Radiolla on kyettävä toimimaan puheella kahdessa puheverkossa samanaikaisesti [2, s. 10]. Uuden järjestelmän rinnalla on pystyttävä käyttämään tällä hetkellä käytössä olevaa LV-radiokalustoamme. Tämä tarkoittaa uudelta radiojärjestelmältä kykyä käyttää VHF- kaistaa ja myös uutta, todennäköisemmin UHF- kaistaa.

Lyhenne	Taajuus	Aallonpituus	Nimitys
HF	3-30MHz	100-10m	high frequency
VHF	30-300MHz	10-1m	very high frequency
UHF	0,3-3GHz	1-0,1m	ultra high frequency

Taulukko 1. Radiotaajuusalueet [5]

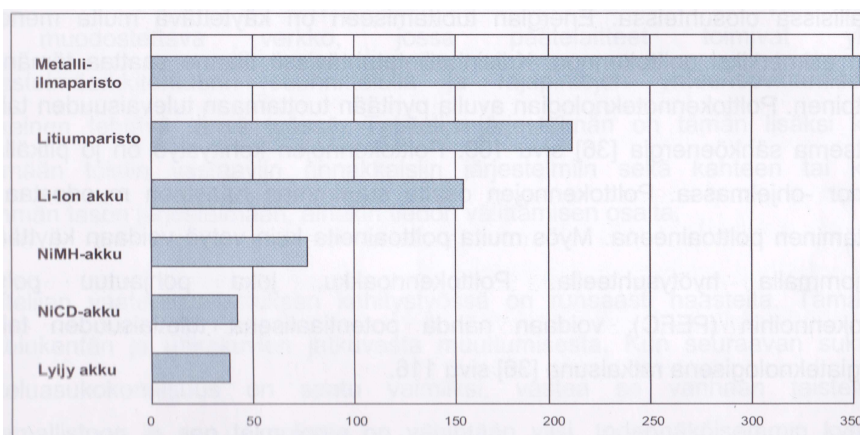
Taistelijanradioiden valmistajien käytössä oleva United States Military Standard (MIL-STD-810) asettaa omat vaatimuksensa taistelijanradion testaukselle laboratorio-olosuhteissa. Standardin avulla määritellään muun muassa laitteen käyttölämpötiloja ja sen kosteuden kestävyys monien muiden testien ohella. Yksinkertaistettuna se antaa standardit testaukselle. MATLE:n mukaan paras hyöty MIL-STD-810 laboratoriotesteille tulee laitteiden testaamisesta sääkaapeissa. Lämpötilaerojen ja kosteuden lisääminen tai poistaminen testioloissa paljastaa laitteessa mahdollisesti olevat muotoilu- ja rakenneviat. Useat laitevalmistajat käyttävät tämän standardin mukaisia testauksia markkinoinnissaan. Ensimmäinen versio MIL-STD-810F julkaistiin vuonna 2000 ja sitä päivitettiin 2008 muotoon MIL-STD-810G. []

2.2 Akku- ja varausjärjestelmät

Radioiden ja elektroniikan lisääntyessä taistelukentällä tulee niiden energian tarve ja sen saamisen takaaminen korostumaan. Virran varaamiseen on oltava mahdollisuus ryhmän ajoneuvosta, majoituksesta ja mahdollisesti myös erillisestä varauspisteestä, joka liikkuu taistelijoiden mukana taistelualueella. Aina tilaisuuden niin salliessa on taistelijan kyettävä varaamaan henkilökohtaista radiolaitettaan ja muuta mukanaan kuljettavaa sähköllä toimivaa varustusta.

Tällä hetkellä taistelijan laitteet käyttävät voimanlähteenään sähköenergiaa. Sähkön suhteellinen osuus kaikesta energiasta on noin 25 prosenttia ja se tulee kasvamaan vuoteen 2020 mennessä lähes 40 prosenttiin [3, s. 96]. Energian kulutuksen taso ja vaihtelu ovat suuria. Laitteiden energiankulutus vaihtelee taistelutilanteiden mukaan. Välillä kaikki laitteet ovat maksimaalisella teholla, välillä osa niistä on stand by- tilassa. Laitteet vastaanottavat, lähettävät tai prosessoivat tietoa. [3, s 96]. Virran kulutus on siis jatkuvaa. Virran maksimitehon tarpeesta tai keskimääräisestä kulutuksesta ei ole olemassa mitään selkeää arviota, vaan kulutustehot vaihtelevat suurella asteikolla. Taistelijanradiolle suurin virrantarve tulee taisteluiden ollessa käynnissä. Tällöin radiosta otetaan maksimiteho irti, jotta yhteys saadaan varmasti riittämään taistelijoiden välillä. Radion akkujen tulee pystyä mahdollistamaan radioiden käyttö taisteluiden aikana maksimiteholla ilman erillistä latausta.

Sähkön varastoinnissa kyseeseen tulevat erikokoiset paristot ja akut [6]. Taistelijan varustuksen kehittyessä ei sähkön varastointikykyä ole pystytty kehittämään samaa tahtia. Uusia akkuja ja paristomalleja kehitellään, mutta toistaiseksi ei muuttuviin vaatimuksiin ole kyetty vastaamaan. Paristoihin sitoutuu huomattava massa, kun niihin lasketaan myös laitteiden tarvitsemat varaparistot. Sotilassovelluksiin on kehitetty litiumpohjaisia paristoja. Näiden kapasiteetti on siviiliparistoja parempi, yhdeksän voltin litiumparisto tuottaa viisi kertaa enemmän energiaa kuin tavallinen alkaliparisto [3, s 101 ks. taulukko 1]. Aikaisemmin käytössä olleet kertakäyttöparistot ovat vanhentuvaa materiaalia, eikä niitä enää nähdä tulevaisuuden virtalähteinä muuten kuin hätätilanteissa.



Taulukko 1. Käytössä olevien akkujen ja paristojen energianvarastointikapasiteetti (VH/KG) [3]

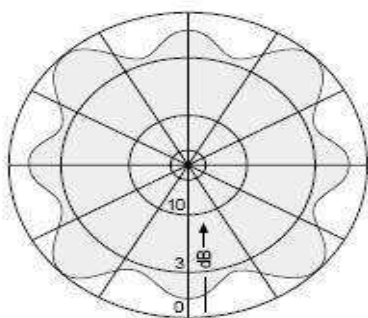
Taistelijan varustukseen kuuluu radiojärjestelmän oma akku sekä yksi vara-akku. Näiden akkujen varassa tulisi taistelijan kyetä toimimaan 24 tuntia, jonka jälkeen on akut ladattava [2, s

10]. Akkujen varauskapasiteettiin vaikuttavat vallitsevat sääolosuhteet (virrankulutus on pakasessa huomattavasti suurempaa kuin lämpimissä säätiloissa), taisteluiden luonteen vaatima tehonkulutus radiojärjestelmälle sekä vaadittava siirtonopeus datalle.

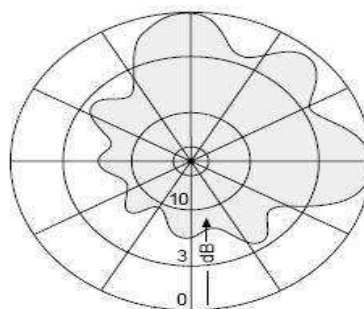
2.3 Antennit

Radiojärjestelmän kantamaan vaikuttaa eniten sen käyttämä antenni. Antenneja voi olla erilaisia eri tilanteisiin. Ajoneuvolla siirtyessä on niissä oma antenninsa, jota taistelijan radiojärjestelmän on pystyttävä käyttämään. Ryhmän majoituksessa on luotava mahdollisuus radion pidemmälle kantamalle kuin jalan siirryttäessä tai taisteluiden aikana.

Taistelijanradiossa käytetään ympärisäteilevää pystyantennia. Tällaisella antennilla kantama on kaikkein lyhin. Tällaisia antenneja ovat muun muassa tällä hetkellä käytössä olevat marssi- ja normaaliantenni LV 241:ssä sekä LV 141:sen antenni. Ympärisäteilevä antenni on herkimmin altis vihollisen kuuntelulle ja häirinnälle. Kaikkein optimaalisin tulos saavutetaan suunta-antenneilla. Suunta-antennilla lähtee lähetysteho kapeana keilana vasta-asemaa kohti, jolloin tehokkuus on moninkertainen pystyantenniin verrattuna. Suurin kantama saavutetaan silloin, kun myös vasta-aseman radio on varustettu suunta-antennilla. Yleisimmin käytetty suunta-antenni on pitkälanka-antenni [5, s. 217].



Kuva 1. Ympärisäteilevän antennin säteilykuvio [31]



Kuva2.Suunta-antennin säteilykuvio [31]

Vaatimukset radioiden maksimikantamille tulevat muuttumaan. Radioiden määrä taistelukuuntällä kasvaa ja yhteys pystytään välittämään käyttämällä taistelijanradiota linkkinä hyödynnettäessä Ad Hoc -verkkoratkaisua. Käytettäessä taistelijanradiota ryhmän toiminnan johtamiseen, radioita on ainakin ryhmän johtajalla ja ryhmän taistelijoilla. Toimintaetäisyydet radioiden välillä ovat 100 metriä maastossa ja 50 metriä rakennetulla alueella [2, s 11]. Taistelijanradioiden kantamat normaaliantennilla ovat teoriassa 500 metriä, mutta käytännössä etäisyys

on tätä pienempi. Taistelijanradiosta toiseen voi kantama olla melko lyhyt. Tavoitettaessa taistelijanradiolla suunta-antennilla varustettu radiolaite voidaan yksittäisellä radiolla saada yhteys esimerkiksi tukevaan tuliyksikköön mahdollisesti useamman kilometrinkin päähän.

Antennin sijainnilla on olennainen osa kuuluvuuden kannalta. Mitä korkeammalla se sijaitsee, sen parempi on antennin kantama. Lähtökohtaisesti antenni on kiinni radiossa. Tällöin koko radion sijoittaminen taistelijan varustukseen tulee miettiä harkiten. Antenni ei saa jäädä taistelijan alle makuuasennossa, eikä se saa taittua taistelutilanteessa. Kuitenkin radiota tulisi olla mahdollisimman helppo ja kätevä käyttää. Vaihtoehtoisia ratkaisuja on haettu sijoittamalla antenni taistelijan kypärään. Myös uudet vaatetusmateriaalit mahdollistavat antennin ompelemisen vaatteeseen [3, s 80].

2.4 Taistelijanradion lisälaitteet

Tavoitteena puheen ja datan välittämisen osalta taistelijan on pystyttävä toimimaan ilman käsiä. Puheen on välityttävä automaattisesti eri järjestelmiin. Tällöin taistelija saa pidettyä aseensa koko ajan käsissään ja hän pystyy toimimaan uhkaavan kohteen suuntaan välittömästi. Mikäli taistelija joutuu irrottamaan kätensä aseesta, hän ei tunne hallitsevansa tilannetta ja hän on välittömästi alttiimpi vihollisen toimenpiteille, pystymättä itse heti vastamaan niihin [3, s 117]. Näiden vaatimuksien vuoksi uusilta taistelijanradioilta edellytetään hands free -toimintaa.

Joukon käyttö ja taistelutehtävä määrittävät käytettävät lisävarusteet. Erikoisjoukoille voi olla tarpeen välittää videokuvaa tai salata viestivälineidensä käyttö aluejoukkojen taistelijaa tehokkaammin. Gps- paikannus yksittäiseltä taistelijalta ei ole todennäköisesti kaikille tarpeen, mutta esimerkiksi taisteluiden etuosassa toimivalta joukolta se voi olla tarpeellista [13;14].

Nykyvaatimuksien vuoksi myös taistelijanradioiden ohjelmointiin ja sen vaivattomuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Esimerkiksi USB- liitännällä voitaisiin nopeuttaa tiedonsiirtoa radiosta toiseen ja kaikkiin muihinkin tiedonsiirtoa vaativiin johtamisessa käytettäviin viestintälaitteisiin. USB- muistia käytettäessä on huomioitava tiedon salaaminen. Helpoimmin tämä onnistuu USB- laitteella, johon salaus on sisäänrakennettuna. [21] Edellytyksenä USB- muistin käytölle on tiedon henkilökohtainen välittäminen esimerkiksi lähetin avulla.

2.5 Taistelijanradion haasteet

Teknologian kehitys luo mahdollisuuksia uusien järjestelmien hyödyntämiseen taistelukentällä. Elektronisten laitteiden määrä lisääntyy ja ne ovat entistä tehokkaampia. Uusi teknologia luo paljon mahdollisuuksia, mutta se tuo mukanaan myös aivan uudenlaisia uhkia ja vaaroja. Taistelijanradion osalta suurin uhka tulee vihollisen tiedustelun suunnalta. Miten estää oman radion paljastuminen viholliselle, vaikka radioiden käyttöön perustuu entistä enemmän oma tekemisemme? Elektronisen sodankäynnin painopisteenä tulee olemaan vastustajan johtamisedellytysten lamauttaminen sekä omien johtamisjärjestelmien toiminnan edistäminen. [4, s. 26]

Yksittäisen taistelijan osalle elektroninen sodankäynti näyttäytyy todennäköisimmin elektronisella häirinnällä. Sen varalle tulee olla valmiita toimintamalleja, eikä oma toiminta saa estyä elektronisen häirinnän tai tiedustelun vaikutuksen alaisena. Keinoja vihollisen toiminnan kiertämiseen ovat muun muassa vaihtoehtoisten reittien käyttäminen, solmujen lisääminen ja laitteiden mikroaaltosäteilyn kestotason nostaminen [8, s. 27]. Edellytyksenä vastatoimien aloittamiselle on, että vihollisen elektroninen toiminta havaitaan. Vastatoimenpiteet tulee olla ohjeistettu ja koulutettu taistelijoille.

Elektronisella suojautumisella tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joilla pyritään peittämään oman elektronisten järjestelmien toiminta, säilyttämään niiden toimintakyky elektronisen vaikutuksenkin alaisena ja joilla kokonaisuutena vaikeutetaan vihollisen tiedustelutoimintaa. [4, s. 26]

Nykyisten käytössä olevien radioidemme suojaaminen on pyritty järjestämään käytön huolellisella suunnittelulla. Suojautumista voidaan suorittaa aktiivisesti ja passiivisesti. Aktiivisia suojautumiskeinoja ovat muun muassa lähetystehon muuttaminen, taajuushypintä ja modulointinopeuden muuttaminen. Passiivisella suojautumisella tarkoitetaan järjestelmien suunnittelua ja käyttöä siten, että elektronista uhkaa erikseen havaitsematta haitataan tai estetään vihollisen suorittamaa tiedustelua, valvontaa, tai vaikuttamista.[4, s. 27]

Elektronisen tiedustelun ja häirinnän yleistyessä ja kehittyessä aiheuttaa se omat vaatimuksensa radioiden salaukselle. Elektronisen tiedustelun ja häirinnän laitteistot ovat kehittymässä yhä pienemmiksi ja tehokkaimmiksi. Laitteiden käyttö on mahdollista yhä lähempänä taistelevia joukkoja. [5, s. 217] Taistelijanradiot voidaan varustaa salaamisen mahdollistavilla ja

häirinnänsietokykyä parantavilla lisälaitteilla. Tällaisia ovat muun muassa erikoisantennit ja sanomalaitteet.

2.6 Salaus ja sen purkaminen

Radioiden välisen liikennöinnin tulee olla salattua. On todennäköistä, että vihollinen pystyy selvittämään käyttämämme liikennöinnin ja avaamaan sen selkokieliseksi. Radioliikenteen käytön suunnittelulla ja salauksella pyritään vaikuttamaan siihen mahdollistaako salatun puheen avaamiseen käytetty aika enää saadun informaation tehokkaan hyödyntämisen. Käytännössä lähetävä radio salaa puheen niin, että sitä ei tavallisella vastaanottimella pystytä ymmärtämään. Vastaanottavalla laitteella on yhteensopiva salaustekniikan purku, jolloin lähetetty viesti kuullaan selkokielisenä puheena. Kuinka tehokasta käytettävä salaus on, riippuu käytettävästä tekniikasta.[5, s. 290]

Uudet taistelijanradiot on varustettu salauksella ja taajuushypinnällä. Taajuushypintä vaihdattaa radion taajuuskaistaa satoja kertoja sekunnissa samassa tahdissa vasta-aseman kanssa. Ominaisuus tekee lähetteen kuuntelun ja häirinnän vaikeaksi. Sanomalaitteen kytkeminen hyppivätaajuiseen radioon takaa hyvän suojan ainakin nykyisiä kuuntelulaitteita vastaan [5, s. 217]. Salaamisen lähtökohtana on saavuttaa sellainen salaus, jonka purkaminen järkevässä ajassa ja kohtuullisin resurssein ei ole järkevää tai mahdollista. Ajan ja kohtuullisten resurssien määrittäminen riippuu salattavan asian tärkeydestä [5, s.290].

Salaus voidaan jakaa kahteen pääryhmään: symmetrisiin ja epäsymmetrisiin salausmenetelmiin. Symmetrisissä algoritmeissa sekä salaukseen että salauksen purkuun käytetään samaa salausavainta. Epäsymmetrisissä algoritmeissa, joita kutsutaan myös julkisen avaimen algoritmeiksi, käytetään eri avaimia viestin salaamiseen ja salauksen purkuun. Yksinkertaistetusti symmetristen menetelmien etuna on salauksen nopeus, mutta haittana on avainten hallinta. Epäsymmetrisen menetelmän etuna on julkisen avaimen vapaa jakelu, mutta ongelmana on salauksen hitaus. [5, s. 291]

Vahvaan salaukseen liittyen vaadittavana avaimen pituuden raja-arvona voitaneen tällä hetkellä pitää symmetrisissä, iteroiduissa lohkosalausmenetelmissä vähintään 128 bittiä. Epäsymmetrisissä menetelmissä tulee vastaavasti edellyttää vähintään 1024 bittistä moduulia. [18, s. 43].

DES-salaus (Data encryption standard) on ollut maailmanlaajuisesti käytössä 1970-luvulta lähtien. Nykyisin se on korvattu useimmiten turvallisemmalla AES-(advanced encryption standard) algoritmilla. [5, s. 292]

Radiotiedustelun merkittävä osa-alue on vihollisen salattujen sanomien avaaminen. Riittävän nopean vastatoiminnan kannalta on oleellista, että salauksen purku suoritetaan riittävän nopeasti. Salauksen purku tarkoittaa jo salatun viestin purkamista ymmärrettävään muotoon. Jos viestiä yritetään purkaa ilman tietoja viestin salaustavasta ja siinä käytetyistä menetelmistä, salauksen purkuun on kaksi tapaa: kryptoanalyysi tai raaka voima (eng. Brute Force). [18]

Kryptoanalyysissa purkuavainta etsitään salausalgoritmien ominaisuuksien ja datan ominaisuuksien perusteella. Brute force attack tai niin sanottu väsytyksen menetelmä on salasanojen ja avainten murto- ja purkumenetelmä. Se on toiminnaltaan hyvin yksikertainen, siinä käy tietokone kaikki mahdolliset salasanamahdollisuudet läpi. Vaikka toiminto on työläs, on sen hyvänä puolena sen varma onnistuminen. Mooren lain mukaan tietokoneiden laskentateho kaksinkertaistuu puolessatoista vuodessa, mikä muuttaa brute force menetelmän jatkuvasti tehokkaammaksi keinoksi. [18]

2.7 Aaltomuodot

Aaltomuodolla tarkoitetaan minkä tahansa, mutta tyypillisesti ajan funktiona vaihteleva aalto liikkeen tai signaalin muotoa. Sillä kuvataan jaksollisia signaaleja. Aaltomuodoilla käsitetään kaikki ne radion ja/ tai viestinnän toiminnot, jotka käyttäjä syöttää radiotaajuiseen ulostuloon ja päinvastoin [29, s. 11] Uusia aaltomuotoja kehitetään jatkuvasti ja uusia toisilleen häiriötä tuottamattomia aaltomuotoja otetaan jatkuvasti käyttöön. Tulevaisuuden aaltomuodot kykenevät sovitautumaan tilanteessa, jossa sekä tiedonsiirtotarve että vihollisuhka huomioidaan ja näiden ohella siirtokapasiteettia ja häive- sekä häirinnänväistöä muutetaan kulloinkin tarpeen mukaan.[30]

Sähkömagneettinen spektri ruuhkautuu jatkuvasti. Sitä ei ole käytössä loputtomasti. Tämä korostaa spektrin tehokasta käyttöä ja sen myötä entistä tehokkaampien aaltomuotojen ja järjestelmien kehittämistä.[30, s. 38]

2.8 Multipleksointi

Radiokanavan jakamisen useamman käyttäjän kesken mahdollistavaa tekniikkaa kutsutaan multipleksoinniksi. Liityntämenetelmäksi (access method) kutsutaan tekniikkaa, jolla kaksi tai useampia järjestelmäkomponentteja voidaan liittää toisiinsa. Yleisimmin käytetään puhelin- tai radiotilaajalaitteen liittämistä tukiasemaan tai tietoliikennesatelliittiin. [4, s.141] Radiokanavan monikäyttötekniikat mahdollistavat kanavan jakamisen usean käyttäjän kesken. Kanavanjakotekniikat voidaan jakaa neljään erityyppiseen monikäyttötekniikkaan, jotka ovat: TDMA (time-division multiple access) eli aikajakokanavointi, FDMA (frequency-division multiple access) eli taajuusjakokanavointi, CDMA (code-division multiple access) eli koodijakokanavointi ja SDMA (space-division multiple access) eli tilajakokanavointi [5, s.299] Sotilasradioverkoissa on pääsääntöisesti käytetty hajaspektritekniikkaa ja äärimmillään hyppynopeus on 77000 hyppyä sekunnissa, millä voidaan täysin eliminoida seurantahäirintä. [6, s. 60]

Aikajakokanavoinnissa informaatiota siirretään viipaloituina signaaleina eli aikajakoina. Kukin tilaajalaitte varaa tietyn aikavälin, lähetettäessä informaatiota laitteen on odotettava, kunnes sille kuuluvan aikaväli on vapaana. Vastaanottohetki määrittelee lähettävän laitteen signaalin, jolla vastaanottaja tunnistaa sen.

Taajuusjakomenetelmässä kommunikoinnissa käytetään joka laitteelle eri taajuuksia. Taajuusjakokanavointia käytetään yleisesti muun muassa radioliikenteessä. Etuna on käytön yksinkertaisuus, sillä laitteita ei tarvitse synkronoida keskenään. Haittana toisaalta on kaistan varaaminen yhteydelle silloinkin kun dataa ei liiku.

Kun kaikki käytettävät laitteet toimivat samalla taajuuskaistalla erotettuna toisistaan hajotuskoodeilla, puhutaan koodijakomenetelmästä. Koodijakokanavointia voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla FHSS- (frequency hopping spectrum) eli taajuushyppelyhajaspektritekniikalla ja DSSS- (direct sequency spectrum) eli suorasekvenssihajaspektritekniikalla. Taajuushyppelytekniikassa kanavalta toiselle siirrytään tietyn hyppelyalgoritmin mukaisesti, kun taas suorasekvensointitekniikassa sanoma lähetetään yhtenä signaalina koko taajuusalueelle hajotettuna pieniin osiin. Muiden signaalin aiheuttamat häiriöt on minimoitu sekoittamalla lähetettävä signaali taustakohinaan. Tekniikka on kehitetty alun perin erityisesti sotilassovelluksia varten.

Tilajakokanavointi on tarkoitettu suuntaavia antennoja käyttäville laitteille. Käyttäjät eivät häiritse toisiaan, koska käytettävä tila on jaettu käyttäjien kesken suuntaavilla antennilla. [4, s. 142–146; 5, s.299–303; 10, s. 73–77]

2.9 Liitynnät ja yhteensopivuus

Liityntöjä käytetään tilanteissa, joissa halutaan liittää kaksi eri viestijärjestelmää toisiinsa. Nykyisin liitynnöissä käytetään pääasiassa johtimettomia liittymiä. Tällöin puhelinkone korvataan usein tukiasemalla ja kannettavalla puhelimella, joka on liitetty tukiasemaan radiolinkeillä. Lisäksi puhelinjohto ei rajoita liikkumista. [4, s. 97] Liitynnät voidaan jakaa analogisiin, digitaalisiin ja dataliityntöihin. Liityntätapa vaikuttaa laitteiden väliseen siirtonopeuteen. [5, s. 203–204]

Liityntäjärjestelmä vastaa käyttäjien tai loppukäyttäjien liittämisestä muuhun viestijärjestelmän infrastruktuuriin. Aiemmin liitynnät on tehty metallijohtimin, mutta nykyään ne voidaan tehdä myös optisen kuidun tai radiotien avulla [4, s. 97]

Uuden radiolaitteen tulee olla yhteensovitettavissa vanhan järjestelmän kanssa jotta se mahdollistaisi kaikkien joukkojen liittämisen samaan verkkorakenteeseen. ALVI- ja YVI- joukkojen tulee olla yhteen sovitettavissa operatiivisten joukkojen kanssa. Runkoverkon yhteensopivuus tulee myös kyetä säilyttämään. Uuden radion on oltava yhteensopiva myös eri puolustushaarojen välillä sekä kansainvälisesti (NATO). [29]

Verkostokeskeisen sodankäynnin edellytyksenä on, että eri tiedonsiirtojärjestelmät saadaan yhteensopiviksi. Tärkeänä nähdäänkin kaikkien joukkotyyppien järjestelmäkehityksen yhdistämistä paremman suorituskyvyn ja yhteensopivuuden saavuttamiseksi. [29]

Maavoimilla on tulevaisuudessakin tarve runkojärjestelmällä tapahtuvalle tiedonsiirrolle. Sen yhteydet toteutetaan pääasiassa suurikapasiteettisiin radiojärjestelmiin sekä valokaapeliin. Runkoverkon kautta on edullista toteuttaa liittymät iTVJ- järjestelmään sekä yleisiin tiedonsiirtojärjestelmiin. Tämän edellyttää toimivaa yhteensopivuutta iTVJ- järjestelmän liityntäverkkoon. [29, s. 124]

3 VERTAILU ERI TAISTELIJANRADIOIDEN VÄLILLÄ

3.1 Lähtökohdat ja perusteet vertailulle

Kenttäkokeisiin on valittu hieman toisistaan poikkeavia laitteita, jotka voisivat sopia Suomen Puolustusvoimien käyttötarpeisiin. Valitun tuotteen tulisi olla Nato-yhteensopiva, jotta se mahdollistaisi taistelijanradion käytön rauhanturvatehtävissä ulkomaalaisten joukkojen kanssa [13; 14].

Kenttäkokeissa testit aloitettiin partion ja ryhmätason testeillä, joista siirryttiin isomman organisaation käyttöön vaihe kerrallaan. Testit pyrittiin suorittamaan avonaisessa maastossa, rakennetulla alueella ja tyypillisessä suomalaisessa metsämaastossa. Testejä tehtiin pystyasennosta, ilmasuojasta polvelta sekä makuuasennosta.

3.2 Harris RF-7800V

RF-7800V on amerikkalaisen valmistajan vuonna 2009 markkinoille tuoma taistelijanradio. Harrisin tuoteperheeseen kuuluu laajalti monentyypisiä radioita ja muita tiedonsiirtoon käytettäviä laitteita, jotka ovat kaikki keskenään yhteensopivia. Harris RF-7800V on jalkaväen taistelijalle tarkoitettu henkilökohtainen radio, joka toimii 30–108MHz taajuusalueella ja joka mahdollistaa taajuushyppelyn. Sen käyttämä tehoalue on 0.25W, 2W, 5W ja 10W. Kanavien perusvaihtoväli on 25kHz, jota voidaan lisälaitteiden avulla myös muuttaa. Laaja tehoalue mahdollistaa tehonvaihtelun käytön tarpeen mukaan. Sisäänrakennettu TDMA-kanavointi mahdollistaa samanaikaisen kommunikoinnin 64 radion välillä. Harris RF-7800V:llä on mahdollista lähettää samanaikaisesti sekä ääntä että muuta dataa. Harris RF-7800V painaa akun kanssa 2,7kg, joten se on vertailtavista radioista painavin. Laite on kooltaan 246,6mm x 74,6mm x 81,7mm. Laitteen virtalähteenä toimii perusvarustukseen kuuluva litiumpatteri. Salaukseen käytetään 256-bittistä AES-salausta puheen ja datan välittämisessä. Radiota voidaan MIL-STD-810-standardin mukaisesti käyttää -25 °C-asteesta aina 60 °C-asteeseen asti ja sen kosteudensietokyky on 0,95. Lisäksi radiossa on automaattinen GPS-paikannin ja USB 2.0 portti tiedonsiirrolle [22;23]

3.3 Thales AN/PRC-148

Thales on Yhdysvaltalainen yritys, jonka tuoteperheeseen kuuluu tiedonvälityksen lisäksi myös muita erilaisia aseteknologian tuotteita. Erilaisista radiojärjestelmistä AN/PRC 148 on nykyaikaisin yksittäiselle taistelijalle tarkoitettu henkilökohtainen taistelijanradio.

Thales AN/PRC-148:n erityisvahvuutena on vertailtavien radioiden laajin taajuusalue, joka vaihtelee 30–512 megahertsin välillä. Thales AN/PRC 148- radion tehoalue liikkuu FM/PSK-taajuudella välillä 0,1; 0,5; 1,0; 3,0 ja 5,0. AM-taajuudella alue on 1,0 ja 5,0. Radion kanavan vaihteluväli on 5kHz–6,25kHz. Laitteessa on tilaa sadalle erilliselle kanavapaikalle. Thales AN/PRD 148:aan on mahdollista ohjelmoida sekä DES että AES-salaus. Liäksi laitteessa on sisäänrakennettu GPS. Thales AN/PRC-148:n käyttölämpötila-alue on -31 °C–60 °C ja sen kosteudensietokyky on 0,95. Laite painaa 867,5grammaa ja on kooltaan 241mm x 67mm x 39mm. Laitteen litiumakun käyttöaika yhdellä latauksella on 10 tuntia. Kenttäkokeissa laitteen kantamaksi saatiin avonaisessa maastossa noin 500metriä. Peitteisessä maastossa ja rakennetulla alueella kantama oli tästä hieman pienempi. Radio mahdollistaa tietokoneohjelmoinnin erillisen liitännän avulla. [24; 25]

Kenttäkokeissa havaittiin radion pitkä viive puheen kytkeytymisessä laitteesta toiseen. Tämän vuoksi yksittäiselle käyttäjälle muodostui epätietoisuutta siitä, välittyikö yhteys tavoiteltuun henkilöön vai ei. Toinen puute on langattoman puhevalitsimen puuttuminen. Käyttäjä joutui valitsemaan erikseen käytettävän kanavapankin ja käyttämään siihen toista kättään. Ongelma ratkaistiin tilaamalla valmistajalta erillinen langaton puhevalitsin, joka liitettiin laitteeseen. Jos ongelmat saadaan korjattua ja laite todetaan näiden muutosten jälkeen toimivaksi, olisi Thales AN/PRC-148 kaikkein sopivin uudeksi taistelijanradioksi Suomen Puolustusvoimille. Laitteen testaukset jatkuvat ja radioita on tilattu lisää kenttäkokeisiin. [14]

3.3 Elbit PNR-1000A

Elbit on Israelilainen yritys joka valmistaa laitteita pääasiassa Israelin asevoimien tarkoitukseen. PNR-1000A kuuluu Elbitin taktisten radioiden laajaan tuoteperheeseen. Saman tuoteperheen laitteet voidaan yhdistää toisiinsa langattomasti. PNR-1000A taistelijanradio toimii taajuusvälillä 225–512MHz. Radion tehoalue on säädeltävissä välillä 0,5W; 1W ja 2W. Tiedonsiirtonopeus on 320kBps. Laite toimii ladattavalla litiumakulla ja laitteen yhtäjaksoinen käyttöaika on riippuen laitteen käyttötarkoituksesta aina 20 tuntiin saakka. Radiossa on AES-256 salaus. Tuotteelle on tehty MIL-STD-810 standardin mukaiset testaukset. Sitä voidaan käyttää

-30° C–65 °C-asteessa. PNR-1000A taistelijanradio mahdollistaa hierarkkisen ja verkostokeskeisen verkkoratkaisun käyttämisen. Laitteessa on sisäänrakennettu GPS- paikannus. Kantama laitteelle on 2–3km. [26; 27] Elbitin PNR-1000A puuttuu yksi olennainen piirre muihin radioihin verrattuna. Siinä ei ole releointimahdollisuutta, joka nähdään olennaiseksi osaksi nykyaikaista taistelijanradiota [13; 14]

3.4 Selex H4876

Selex on italialais-britannialainen yritys, jonka valmistaman taistelijanradio H4876:n vahvuutena muihin verrattuna on sen poikkeuksellisen pieni koko, joka on vain 160mm x 68mm x 35mm. Radio painaa vain 300g ilman virtalähdettä. Laitteessa on AES-salaus. Sen kantama on aina yhteen kilometriin asti. Selex H4876:ssa on 256 kanavapaikkaa, mutta se mahdollistaa vain 32 käyttäjää samanaikaisesti yhdellä kanavapaikalla. Radion teho on 0,5W. Laite mahdollistaa puheen ja datan samanaikaisen välityksen. Käyttäjän on mahdollista valita kaksi eri taajuusaluetta. 900MHz versiossa taajuusväli on 856–900MHz ja 400MHz versiossa taajuusväli on 350–450MHz. Radion virtalähteenä toimii joko kertakäyttöinen patteri tai ladattava akku. Sen maksimi toiminta-ajaksi yhdelle lataukselle on mainittu 24h. Laite on testattu MIL-STD-810 standardien mukaisesti. Radiossa on USB- 2.0 liityntämahdollisuus [28]

3.6 Vertailu

Merkki	Thales AN/PRC-148	Elbit PNR-1000A	Selex H4876	Harris RF-7800V
Taajuusalue	30 – 512 MHz	225–512 MHz	900MHz malli 856–900MHz 400MHz malli 350–450MHz	30–106MHz
Teho	0,1 0,5 1,0 3,0 ja 5,0 W(FM) 1,0 ja 5,0 (AM)	0,5 1,0 ja 2W	0,5W	0,25, 2, 5 ja 10W
Salaus	Vaihtoehtoisesti DES tai AES- salauk.	256kbit AES- salauk	AES- salauk	256bit AES- salauk
Kanavapankki	100 muistipaik- kaa	-	256 kanavapaik- kaa. 1 kanavalle 32 käyttäjää	64 käyttäjää yhdellä kana- valla
Paino ja koko	0,868kg 241x 67x 39mm	-	0,3 kg 160x 68x 35mm	2,7kg (1,1kg ilman akkua) 74x 246x 61mm
Kanavahyppely	Kyllä	-	-	Kyllä
Kantama	500m	2-3km	>1km	-
MIL-STD-810	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Käyttölämpötila	-31 – °60C	-30 – 65°	-	-25 – 60°C
Kosteuden kesto	0,95	-	-	0,95
Akun kesto	10h	<20h	<24h	-

Taulukko 2. Taistelija radioiden merkien välinen vertailu

Kaikki vertailtavat radiot sisältävät nykyaikaisen salausjärjestelmän. Salauksen ohella vihollisen tiedustelulta suojautumiseen ja sen välttämiseen vaikuttaa radion käyttämä teho. Harrisin ja Thalesin radioissa tehoa oli mahdollista vaihtaa kaikkein laajimmalla alueella. Selex ei mahdollistanut tehoalueen vaihtelua lainkaan. Radioiden käyttämät taajuusalueet poikkesivat toisistaan paljon. Harrisin RF-7800V ja Thalesin AN/PRC-148 tarjoavat taajuusalueen, joka mahdollistaa samanaikaisen käytön VHF- kalustomme kanssa. Harris oli testin selkeästi isokokoisin ja lisäksi melko painava, jos laitteeseen otettiin mukaan akku ja mahdolliset varakut. Käytön suhteen ei suuria eroja käyttölämpötilojen suhteen ollut. Kaikki laitteet sisälsivät MIL-STD-810 standardin mukaiset testit. Toisaalta Harrisin -25°C – asteen alin käyttölämpötila voi tulla vastaan ainakin pohjoisen oloissa. Jotta todenmukaiset käyttölämpötilat saataisiin selville, tulisi jokaista laitetta testata lisää kylmissä ääriolosuhteissa. Todellinen kantama radioille ei ole sama kuin valmistajien ilmoittama maksimikantama. Jokainen laite jää ilmoitusta enimmäiskantamasta Suomen peitteisessä maastossa. Myös maksimikantamaa tulisi testata erikseen jokaiselle laitteelle ja oikeanlaisella kokoonpanolla taistelunkaltaisissa olosuhteissa. Laitteiden ilmoitetut maksimikantamat poikkesivat toisistaan huomattavasti.

4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Verkostokeskeinen sodankäynti nähdään ainoana järkevänä vaihtoehtona tulevaisuuden taistelukentällä. Verkon muodostuminen tulisi olla automaattista ja joustavaa tilanteen mukaan. Jotta kommunikaatio kentällä olisi kattavaa ja informaatioylikvoima voitaisiin taata, on tietoliikenteen oltava parhaalla mahdollisella tasolla. Haasteeksi muodostuu eri viestijärjestelmien yhteensovittaminen ja liittäminen toisiinsa, jotta eri viestijoukot pystyisivät toimimaan tehokkaasti yhdessä.

Tilannetietoisuuden tarve ja sen jakaminen yhdessä paikkatiedon kanssa korostuvat tulevaisuudessa. Reaaliaikaisen tilannekuvan välittäminen ja luominen ovat edellytyksiä joukkojen nopealle johtamiselle. Tilannekuvan välittäminen tulee olla jatkuvaa ja keskeytymätöntä. Ryhmän sisällä tapahtuva johtaminen tulee jatkossakin tapahtumaan puheella. Yksittäisiä taistelijoita johdetaan heidän radioillaan. Puhe- ja myös dataliikenteen on tapahduttava automaattisesti siten, että taistelija kykenee keskittymään taisteleamiseen radiolaitteen käytön sijasta.

Uuden taistelijanradion on oltava yhteen sovitettavissa jo olemassa olevan viestikaluston kanssa. Edellytyksenä on yhteensopivuus myös kansainvälisesti (NATO: n) kanssa. Sen tulee kyetä toimimaan sekä VHF- että UHF- taajuuksilla. Taistelijan varustuksesta sen paino tulee jäädä varavirtalähteiden kera noin kahteen kilogrammaan, mieluummin alle. Näillä virtalähteillä tulee radion toimia yhtäjaksoisesti 24 tuntia. Taistelijanradion tulee kyetä toimimaan elektronisten aseiden vaikutusten parissa ja sen tehoaluetta on pystyttävä vaihtamaan tilanteen mukaan. Puhetta on kyettävä välittämään kahdessa eri puheverkossa samanaikaisesti. Tarvittaessa laite on pystyttävä korjaamaan ja huoltamaan, tai vaihtamaan siihen osia taistelukentällä. Kantaman on oltava vähintään sata metriä ja yhteys on saavutettava naapurijoukkoihin. Kantamaa on kyettävä parantamaan vaihtamalla laitteeseen toisen tyyppinen antenni tilanteen niin salliessa. Radiolla tapahtuvan liikennöinnin tulee olla salattua ja riittävä salaustaso saavutetaan AES- 256 bittisellä salauksella. Radion tulee täyttää MIL-STD-810 standardit testauksesta, joka antaa lähtökohdat systeemitestaukselle. Taistelijanradiota tulee kyetä käyttämään ilman tarvetta koskea aseeseen fyysisesti. Sen tulee sisältää sisäinen GPS- paikannus ja mahdollisuus tiedonsiirrolle laitteeseen ulkoisella USB- tikulla tai muulla samantyyppisellä ratkaisulla.

Uuden taistelutavan mukaisesti pienempi partio- ja ryhmäkoko ovat keskeisiä johtamisen kannalta. Aiemmin radioita ei ollut riittävästi mahdollistamaan joukkojen hajautettua käyttöä.

Jotta partioiden ja ryhmien hajautettu käyttö olisi mahdollista, tarvitaan jokaiselle yksittäiselle partiolle johtamislaitte. Tällöin säilytetään mahdollisuus jatkuvaan tiedon välitykseen ja tehokkaaseen johtamistoimintaan. Edellytyksenä reaaliaikaiselle tilannekuvan luomiselle on tiedon välittymisen varmistaminen joka tasolla. Tämä tarkoittaa hierarkkisen kohdearkkitehtuurin sijasta verkostokeskeistä tiedonvälitystä.

Sähkösaannille on luotava useita eri vaihtoehtoja, jotta laitteiden täysi hyödyntäminen olisi mahdollista. Taistelija ei voi kuormittaa lisäämällä hänen varustukseensa useita varavirtalähteitä, vaan hänen tulisi kyetä suorittamaan tehtävänsä laitteen varsinaisen virtalähteen ja yhden varavirtalähteen avulla. Haasteena on laitteiden energiansaannin turvaaminen yhä liikkuvamman sodankäynnin mukana. Pyrkimyksenä on tuottaa sähköä ja varastoida sitä mahdollisimman kevyesti. Yhtenä vaihtoehtona nähdään miehittämättömät ajoneuvot, jotka kulkisivat ryhmien mukana ja mahdollistaisivat laitteiden virtalähdehuollon.

Elektroninen sodankäynti on yhä merkittävämpi uhka tulevaisuudessa. Uhka tulee ottaa huomioon käytettäessä elektronisia laitteita. Toimintakyky ei saa lamaan EMP- tai HPM- aseiden vaikutuksen alla. Näiden aseiden vaikutukselta suojautuminen ja niiden toiminnan vaikutus tulee ottaa huomioon laitteiden käytössä ja varautumista näiden aseiden olemassaololle pitää harjoitella laitteiden käytön koulutuksessa. Jos HPM- käsikranaatit yleistyvät on se myös varteenotettava uhka yksittäiselle ryhmän jäsenelle ja hänen käyttämälleen varustukselle.

Riittävä salaustaso edellyttää salausta, jonka muodostaminen on käyttäjälle helppoa ja nopeaa, mutta jonka purkaminen ei ole ajankäytöllisesti ja resurssit huomioon ottaen järkevää. AES-salaus on toistaiseksi murtamaton lohkosalausmenetelmä, jota kaikki vertailussa mukana olevat taistelijanradiot käyttävät. Symmetrinen salaus on toimiva ratkaisu nykyisellään kaikkeen salaukseen, sillä nykyiset algoritmit ovat nopeita ja riittäväillä avainpituuksilla erittäin luotettavia. Tulevaisuudessa ei oleteta tulevan suuria muutoksia, sillä symmetristen algoritmien saatavuus ja luotettavuus on hyvällä tasolla. AES- 256 bittisen salauksen katsotaan oleva riittävä suoja äärimmäisiäkin hyökkäyksiä vastaan jopa kymmeniä vuosia.

Laitteiden vertailun perusteella on Thalesin AN/PRC-148 kaikkein paras vaihtoehto Suomen Puolustusvoimille. Arvioinnissa tärkeimmiksi kriteereiksi nostettiin laitteen teho- ja taajuusalueet. Muita tärkeitä kriteereitä oli laitteen koko ja paino sekä akun kesto. Thalesin AN/PRC-148 mahdollistaa kaikkein laajimman taajuusalueen käytön sekä monipuolisimman tehoalu-

een muihin radioihin verrattuna. Radion laaja taajuusalue luo edellytykset käyttää sitä yhdessä jo olemassa olevan VHF- radiokaluston kanssa yhdessä. Laite mahdollistaa kahden eri puheverkon saman aikaisen käytön. Vertailussa muihin on Thalesin AN/PRC-148 radiolle huomoin akun kesto. Haittapuolina ovat testeissä ilmenneet langattoman puheenvälitsimen puuttuminen sekä pitkä viive puheen kytkeytymisessä. Koska nämä viat pystytään korjaamaan lisälaitteilla, voidaan Thales AN/PRC-148 taistelijanradiota pitää kaikkein sopivimpana vaihtoehtona näistä neljästä testissä olleesta taistelijanradiosta.

Jatkossa tulee taistelijanradiolle tehdä lisää systeemitestejä, joissa selvitetään laitteen toimivuus isomman organisaation käytössä. Laitetta tulee testata ääriolosuhteissa ja todeta toteutuuko MIL-STD-810 standardin mukaiset arvot taistelijanradion todellisessa käytössä. Kenttäkokeissa tulee todeta onko havaittuihin puutteisiin saatu toimiva korjausratkaisu.

LÄHTEET

1. Hakala, Markus. *Tulevaisuuden taistelijan tiedonsiirtovaatimukset asutuskeskuksessa*. Kandidaatintutkielma. Helsinki 2010. Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotatekniikanlaitos. 32 s.
2. Viita, Ville. *Taistelijan radiojärjestelmän käyttö komppanian johtamisessa*. EUK: n tutkielma. Helsinki 2011. Maanpuolustuskorkeakoulu. Sotatekniikanlaitos. 22 s.
3. Saarelainen, Tapio. *Taistelija 2020- jalkaväen kärkitaistelija*. 1. painos. Lappeenranta; Maasotakoulu, 2007. 162 s. ISBN 978-951-25-1745-9
4. Kosola, Jyri & Solanne, Tero. *Digitaalinen taistelukenttä: informaatioajan sotakoneen tekniikka*. Julkaisusarja 1. Helsinki: Edita Prima Oy. 2000. 402 s. ISBN 951-25-1143-6
5. Vankka, Jouko. *Maavoimien taktisen verkon tekniikat ja standardit*. Viestikoulu. Helsinki: Edita Prima Oy. 2009. 383 s. ISBN 978-951-25-2025-1
6. Puolustusjärjestelmien kehitys. *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025, osa 1*. (STAE osa 1.) Julkaisuja 14. Helsinki: Edita Prima Oy, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, 2008. 564 s. ISBN 978-951-25-1888-3
7. Kenttäviestivälineopas 1998. Helsinki: Edita Prima Oy, Pääesikunta, 1998. 142 s. ISBN 951-25-1019-7
8. Kosola, Jyri. *Suurtehomikroaaltoase ja perusteet siltä suojautumiseksi*. Sotatekniikanlaitos. Vaasa: Ykkös-Offiset, 2000. 38 s. ISBN 951-25-1172-x
9. Karsikas, Jarkko. *Jääkäriprikaatin taktisen internetin protokollat, toteutus ja suorituskyky*. EUK: n tutkielma. Helsinki 2006. Maanpuolustuskorkeakoulu. Sotatekniikanlaitos. 60 s.
10. Kuosmanen, Petteri: *Taktisten ad hoc- radioverkkojen toteuttamismahdollisuudet erilaisissa toimintaympäristöissä*. Julkaisusarja 1. Helsinki: Edita Prima Oy, Sotatekniikanlaitos 2004. ISBN 951-25-1562-8

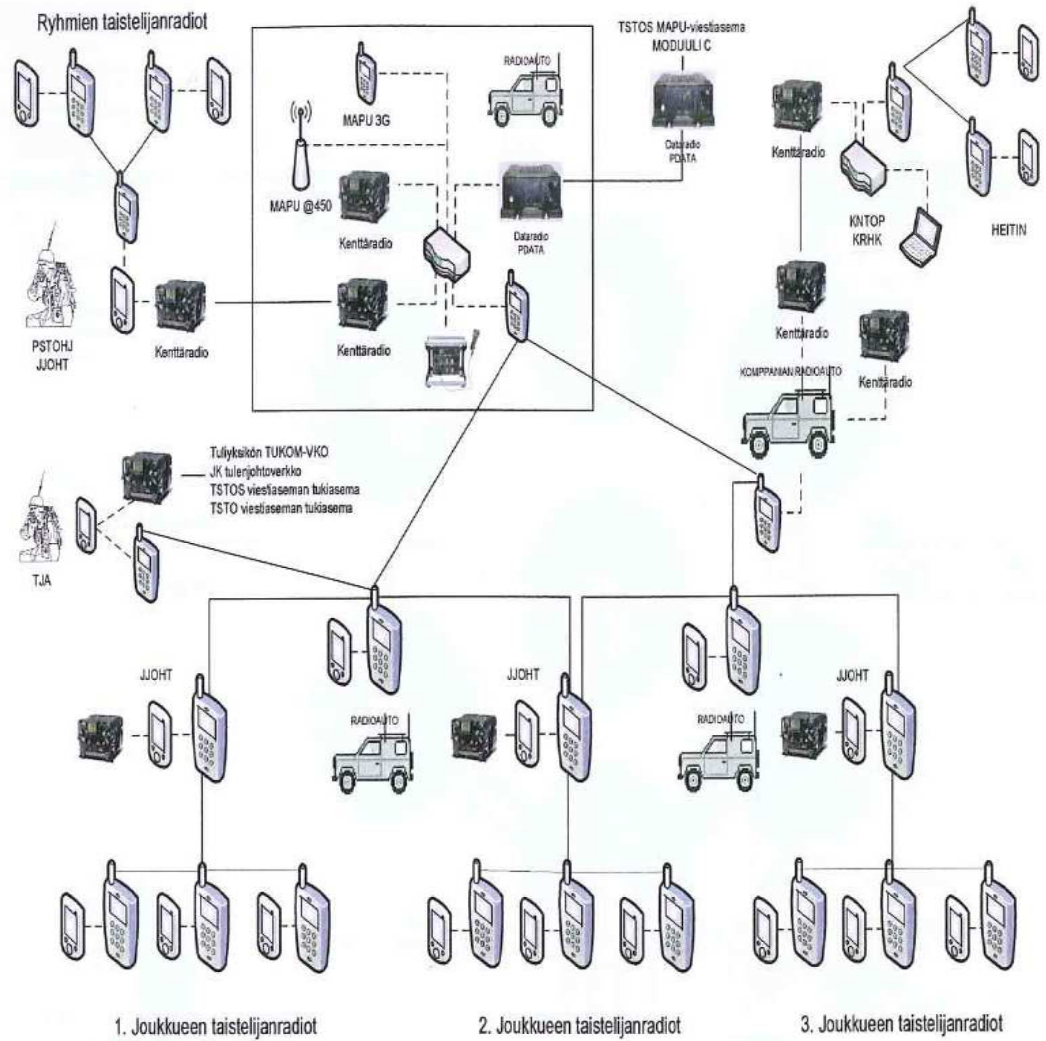
11. Poisel, Richard. *Introduction to Communication Electronic Warfare Systems*. Boston & London; Artech House, 2008. ISBN 978-1-59693-452-8
12. Saarelainen, Tapio: *Taistelija 2020- Kärkitaistelijan johtaminen, tilannetietoisuus ja päällepuettava elektroniikka*, Sotatekniikan tutkimus, 1. Julkaisusarja, Lappeenranta, Maasotakoulu 2007.
13. Savolainen, Juha. Yliluutnantti, insinööri, Viestirykmentti. Riihimäki. Kenttäkokeet ja laitteiden testaus toukokuu 2012. Puhelinhaastattelut syksy 2012 ja kevät 2013.
14. Kirjanen, Jari. Diplomi-insinööri, Järjestelmäosasto. Maavoimien materiaalilaitos. Puhelinhaastattelut kevät 2013.
15. Puolustusjärjestelmien kehitys. *Sotatekninen arvio ja ennuste 2020*. osa 2. (STAE osa 2.) Helsinki, Edita Prima, 2004. 418 s. ISBN 951-25-1533-4
16. Kenttäradiojärjestelmänohjeen luonnos, Pääesikunta 2003
17. Kunnari, Jukka-Pekka. *Valmiusprikaatin taktisen tiedonsiirtoverkon suorituskykyyn vaikuttavat tekijät*. Kandidaatintutkielma. Helsinki 2006. Maanpuolustuskorkeakoulu Sotatekniikanlaitos. 29 s.
18. Valtiovarainministeriö. *Valtiohallinnon salauskäytännön tietoturvaohje*. 3/2008. Helsinki: Edita Prima Oy. 2008. 81 s. ISBN 978-951-804-806-3
19. Järvinen, Petteri, *Tietoturva & yksityisyys*. 2 Painos. Porvoo: WS Bookwell. 2002. 456 s. ISBN: 951-846-152-x
20. Department of defense test method standard www.assistdocs.com [Viitattu 25.3.2013]
21. *Kingston DataTraveler 6000*. [viitattu 6.3.2013]
http://www.kingston.com/datashets/dt6000_us.pdf

22. Harris. *RF-7800V-HH*. [viitattu 6.3.2013]. Saatavissa: rf.harri.com/media/RF-7800C-HH_tcm26-13549.pdf
23. Janes. RF-7800V-HH. [viitattu 6.3.2013]. Saatavissa
<https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1499116>
24. Thalescomminc. AN/PRC-148. [viitattu 6.3.2013]. Saatavissa
www.thalescomminc.com/datasheets/Thales_ANPRC-148_Product_Catalog.pdf
25. <https://janes.ihs.com/CustomPages/Janes/DisplayPage.aspx?DocType=Reference&ItemId=+++1498677>
26. Elbitsystems. PNR-1000A. [viitattu 6.3.2013]. Saatavissa
elbitsystems.com/Elbitmain/files/Tadiran%20PNR1000A_2012.pdf
27. <http://articles.janes.com/articles/Janes-Military-Communications/PNR-1000A-Per-personal-Network-Radio-for-Infantry-and-Special-Forces-Israel.html>
28. Selex. H4876. [viitattu 6.3.2013]. Saatavissa
www.selexelsag.com/internet/localization/IPC/media/docs/SOLDIER-SYSTEM-RADIO-H4876.pdf
29. Karsikas, Jarkko. *Maavoimien verkostokeskeisen tiedonsiirtojärjestelmän arkkitehtuuri ja sen toteuttaminen*. YE- kurssin diplomityö. Helsinki, 2007. Maanpuolustuskorkeakoulu. Sotatekniikanlaitos. 153 s.
30. Kosola, Jyri. *Teknologisen kehityksen vaikutuksia sodankäyntiin 2015-2025*. Helsinki, Edita Prima Oy, Sotatekniikanlaitos, 2011, ISBN 978-951-25-3265-4
31. Lehti, Ilkka. *Maston ympärille asennetun antenniryhmän säteilykuvion laskeminen*. Insinööri työ. Helsinki, 2007. Helsingin ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen toimiala s. 36.

LIITTEET

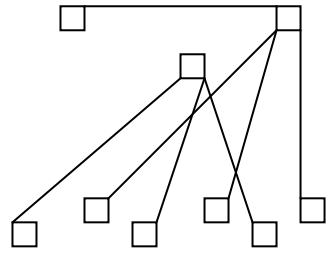
- Liite 1. Esimerkki komppanian taistelujohtoverkon muodostumisesta
- Liite 2. Taktisten radioverkkojen mahdollisia rakenteita
- Liite 3. Tulevaisuuden sähköntuotantovaihtoehdot taisteluolosuhteissa

Liite 1.

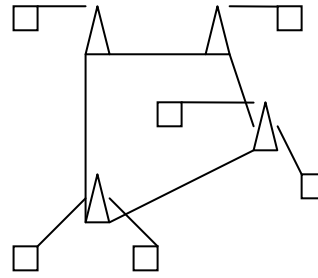


Kuva 1. Esimerkki komppanian taistelujohdoverkon muodostumisesta [2]

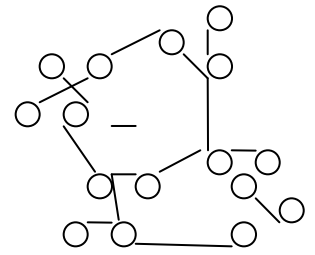
Liite 2.



Johtosuhteiden mukainen verkko



Tukiasemapohjainen verkko



Ad hoc- verkko

	Johtosuhteiden mukainen verkko	Tukiasemapohjainen verkko	Ad hoc verkko
Keskimääräinen radioyhteyden pituus	15 km	Tilaajayhteydet alle 7,5 km. Runkoyhteydet 10-15km	Alle 2,5km. Mahdollisesti jopa 7,5km, riippuen solmujen jakautumasta
Radioyhteyden suuntautuminen	Pääosin toimintasuuntaa kohti	Tilaajayhteydet toimintasuuntaa kohti, mutta runkoyhteydet suunnattavissa poikittain	Satunnainen
Verkon solmujen määrä	500/-	1000/20	3500/-
Edut	yksinkertainen	Hyvä alueellinen peitto	Kestävä vihamielistä vaikutusta vastaan
Ongelmat	Paljastaa johtosuhteet, pitkät yhteydet	Tukiasemat kriittisiä pisteitä, vaatii ammattitaitoisen rakentamis- ja ylläpitohenkilöstön	Monimutkainen, vaatii hajautetun kontrollimekanismin.

Kuva 2. Taktisten radioverkkojen mahdollisia rakenteita [10].

Liite 3.

Tulevaisuuden sähköntuotantovaihtoehdot taisteluolosuhteissa

Energialähde- näkökulma	Teknologia ratkaisu	Erityispiirteet Sotilaskäytössä	Kaupallinen tilanne 2005	Kaupallinen tilanne 2010
Polttoaine- pohjainen sähkö	Diesel- ja bensamoottorit	Koeteltu, halpa ja luotettava perusteknologia	Massatuote	Massatuote
Paikallisia lämmönlähteitä hyödyntävät tuotantotavat	Stirling- moottori Ter- mofotosähköi- nen generaattori	Pohjoisiin ja kylmiin olosuh- teisiin luontai- sesti soveltuva	Prototyyppejä	Tuotteita eri- koissovelluk- siin
Uusiutuvat energialähteet	Aurinkosähkö	Toiminnaltaan luotettavin tek- nologia, mutta säiriippuvainen	Sarjatuote	Massatuote
Polttoainepohjaisen sähkön tuoton tehostaminen (polttoainesäästö)	Polttokennot	Polttokennot puolittavat polt- toaineen tarpeen ja moninkertais- tavat tehosihey- den	Prototyyppi	Sarjatuote

Kuva 3. Kuvassa tulevaisuuden mahdolliset sähköntuotantovaihtoehdot taisteluolosuhteissa. Valittavaan sähköntuotantoon vaikuttavat saatavuus ja sotilaskäytön erityispiirteet [15]