

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU TEKNISTEN TUTKIMUSMENETELMIEN KÄYTÖN MURROKSESSA

Professori Jorma Jormakka, yleisesikuntaeversti Esa Lappalainen, yleisesikuntakomentajakapteeni Auvo Viita-aho ja insinööri majuri Pekka Tuovinen

1 JOHDANTO

Tekniikan tutkimusmenetelmistä ei ole yhtä lähdettä, jossa menetelmät olisi määriteltä ja luokiteltu yleisesti hyväksyttävällä tavalla. Toisaalta ei ole yleistä käsitystä siitä, mitä metodeja ylipäätään voidaan määrittellä teknisiksi, ja onko siihen edes tarvetta. Tekniikan tutkimusten tarkoituksena on useimmiten kehittää uusi tai aiempaa parempi laite tai menetelmä, eikä tarkoituksena useinkaan ole kehittää uutta tietoa.

Näiden ongelmien selvittämiseksi ja opinnäytetöiden ohjaamiseksi on Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksella tehty tutkimus vuosittain vaihteessa Maanpuolustuskorkeakoulussa käytetyistä tutkimusmenetelmistä, mikä on julkaistu viitteen [3] toisessa osassa. Kadettien käyttämistä metodeista on julkaistu artikkeli Tiede ja Ase -julkaisussa nro 61 [4].

Em. tutkimuksen tuloksena ovat syntyneet viitteen [3] ensimmäisessä osassa esitettävät kuvaukset sellaisista teknisistä menetelmistä, joita voidaan käyttää Maanpuolustuskorkeakoulussa. Tähän artikkeliin on otettu tästä julkaisusta kolme artikkelia. Ensimmäisenä on Tekniikan laitoksen professorin laatima yleiskatsaus tekniikan tutkimuksesta. Sitä seuraa kahden metodin - vaatimusmäärittely ja kenttäkoe - esittely. Nämä on valittu tähän artikkeliin sen vuoksi, että niitä käytetään paljon puolustusvoimissa virkatehtävissä, mutta niiden metodiikkaa ei useinkaan mielletä tutkimusmenetelmäksi. Muihin tekniisiin menetelmiin - muun muassa vertailu, matemaattinen analyysi, simulointi, suunnittelu, testaus ja mittaukset - voi tutustua viitteen [3] ensimmäisessä osassa.

Asiakirjatutkimuksella tai asiakirjaselvityksellä on ollut tutkimusmenetelmän hyvin voimakas asema upseerien opinnäytetöissä. Siihen lienee vaikuttanut humanististen tieteiden voimakas asema upseerikoulutuksessa. Teknisissä yliopistoissa ja korkeakouluissa käytettyjä metodeja ei ole ehkä osattu tai uskallettu käyttää.

Kenttäkokeilla on merkittävä osa aselajikoulujen tutkimus- ja kehittämisosastoissa sekä aselajien ampumaleireillä. Kenttäkokeita suunnittelevat ja johtavat upseerit eivät liene olleet useinkaan tietoisia, että he ovat samalla tulleet käyttäneeksi teknistä tutkimusmenetelmää. Useimmat ovat siinä erittäin kokeneita ja todellisia asiantuntijoita. Vastaavasti materiaalihankkeissa tehdään järjestelmien vaatimusmäärittelyt pääsääntöisesti virkatyötä. Vaatimusmäärittelyäkin voidaan pitää teknisenä tutkimusmetodina.

2 TEKNIIKAN TUTKIMUKSESTA

2.1 Tieteellisyydestä

Tieteellisyys ei ole aivan selvä käsite. Mitä erilaisimpia asioita sanotaan toisinaan tieteeksi. Tekniikkaakin kutsutaan joskus suunnittelutieteeksi ja tällaisessa mielessä tekniikka varmaan on tieteellisimpiä suunnittelutieteitä. Tässä esityksessä tiede ymmärretään ahtaasti luonnontieteeksi. Tekniikka eroaa luonnontieteestä siinä, että tekniikan päämäärä ei ole lisätä tietoaamme maailmasta, vaan kehittää uusia teknisiä välineitä. Nämä välineet voivat olla menetelmiä tai laitteita.

Tekniikan ja luonnontieteen tutkimusmenetelmien erot voidaan johtaa tästä erosta tutkimuksen päämäärissä. Teknisiä menetelmiä ja laitteita kehitetään tuotekehityksen osana. Näin ollen tekniikan tutkimus on tutkimusta ja tuotekehitystä, eikä selkeää rajanvetoa näiden välillä voi tehdä. Tuotekehityksen vaiheet: kartoitus, vaatimusmäärittely, suunnittelu, toteutus, testaus, pilotointi ja käyttöönotto, ovat tekniikan tutkimusmenetelmiä siinä missä tieteen teossa tutummat menetelmät, kuten matemaattinen mallinnus ja analyysi, simulointi, mittaukset ja luokittelu.

Toki on paljon tekniikan tutkijoita, esimerkiksi korkeakouluissa, jotka olisivat ihmeissään, jos se, mitä he tekevät, ei olisikaan tiedettä. Tätä käsitystä ei tässä esityksessä kyseenalaisteta. Varmastikin se, mitä he tekevät, on tiedettä. Eri asia on, onko se, mitä he tekevät, lainkaan tekniikkaa. On toki hyvinkin tieteellisiä tekniikan alueita – tekniikkahan on laaja. Tässä esityksessä ajatellaan tyypillisenä tekniikkana lähinnä sellaisia alueita, joilla maassamme on paljon työpaikkoja, esimerkkinä tieto- ja tietoliikennetekniikan ohjelmistoalue.

2.2 Tieteen ja tekniikan eroista

Tekninen ja matemaattis-luonnontieteellinen tutkimus ovat menetelmiltään usein lähellä toisiaan. Teknisissä ja tieteellisissä tutkimuksissa on usein samanlaisia matemaattisia kaavoja, mittauskäyriä ja muita vastaavanlaisia

tieteellisen näköisiä piirteitä. Kuitenkin kyse on eri asiasta. Seuraavassa kuvataan eroja lähestymistavassa.

Tieteellinen tutkimus lisää tietoa maailmasta – tekninen ei. Se auttaa meitä hallitsemaan maailmaa, ei tuntemaan sitä. Tiede on jotenkin ylevää, kun taas tekniikan tunteminen ei tee kenestäkään parempaa ihmistä, eikä ketään sivistä.

Tieteelliset tulokset ovat pysyviä ja varmasti oikeita – tekniset tulokset eivät ole pysyviä. Jos tekniset tulokset ovat pysyviä ja varmasti oikeita, ne ovat yleensä tekniikan tutkijan keksimää sovellettua matematiikkaa, eivätkä aitoa tekniikkaa.

Tieteelliset tulokset ovat yleispäteviä ja yleisiä – tekniset ongelmat asetetaan yleensä niin, etteivät tulokset voi olla yleispäteviä. Jos tutkimus käsittelee esimerkiksi puhelinnumeron siirrettävyyttä, niin mihinkä sitä voisi yleistää.

Tieteellisen tutkimuksen tulee olla toistettavissa. Teknisen tutkimuksen tulisi ehkä periaatteessa olla toistettavissa, mutta useita teknisiä tutkimuksia voi olla käytännössä vaikea toistaa, eikä niiden toistamista pidetä tarpeellisenakaan.

Mikään määrä onnistuneita kokeita ei osoita, että teoria on oikein, joten tieteellinen teoria ei yleensä ole verifioitavissa. Kuitenkin siltä vaaditaan, että teorian tulee olla falsifioitavissa. Tekniikassa ei ole mitään teoriaa. Mitään ei väitetä, joten mitään ei voida kumota. Tekniikassa vain tehdään toimivia teknisiä järjestelmiä ja parannellaan niitä.

Tieteellisen tutkimuksen tulisi olla pyyteetöntä, ilman tieteen ulkopuolisia intressejä. Näin ei enää ole, ainakaan soveltavassa tieteessä. Tekniikan osalta on selvää, että näin ei ole: tekniikka tähtää hyötyyn ja intressit ovat aivan selviä.

Tieteessä ei samaa asiaa selvitetä uudestaan, aiemmat tulokset tulee tuntea. Tekniikka kehittyy niin nopeasti, ettei kukaan tunne kaikkia jo kehitettyjä teknisiä menetelmiä, eivätkä ne edes ole julkisia. On aivan normaalia keksiä samanlaisia ratkaisuja uudestaan varsinkin, kun vanhentunutta tekniikkaa ei kukaan halua tuntea.

2.3 Tuloksista

Tekniikan tutkimuksessa tulokset eivät myöskään ole aivan samanlaisia kuin tieteellisessä tutkimuksessa. Teknisissä korkeakouluissa ajatellaan usein, että tekniikan tutkimuksen tuloksien tulisi olla kansainvälisiä julkaisuja tieteellisissä lehdissä ja konferensseissa. Väitöskirjojen osalta julkaisufoorumien tuleekin näin olla, mutta itse tekniikan tutkimustulosten ja

vaikuttavuuden kannalta akateemiset foorumit eivät ole yhtä tarpeellisia. Teknisen tutkimuksen tulos on usein raportti, jolla on sangen lyhyt käyttöaika. Merkittävin tekniikan tulos on usein laajasti käyttöön otettu kansainvälinen standardi, joka ohjaa tekniikan kehitystä. Patentit ja keksinnöt lasketaan myös tekniikan tutkimuksen tuloksiksi.

2.3.1 Onko tekniikka matemaattis-luonnontieteellinen ala?

Yliopistojen kriteerit tutkimukselle myös tekniikan alalla ovat perinteisesti olleet luonteeltaan tieteellisiä. Näin tekniikan alan yliopistoissa usein painotetaan matematiikkaa, simulointia ja mittauksia tutkimusmenetelminä, ja useimmat tieteelliset lehdet hyväksyvät lähinnä tällaisia metodeja käyttäviä artikkeleita julkaistavaksi. Kuitenkin maisteritason tutkimustöissä tekniikan puolella usein ilmenee selvästi, että alan tutkimus ei ole luonteeltaan tieteellistä. Tekniikka on laaja, mutta tieto- ja tietoliikennetekniikka on viime aikoina Suomessa noussut merkittävään asemaan, joten käytetään sitä esimerkkinä.

Tietoliikennetekniikassa on muutamia osa-alueita, joilla voi käyttää matemaattista analyysia. Näitä osa-alueita ovat fyysisen ja siirtoyhteyskerrostason asiat, kuten sähkömagneettisen aallon eteneminen, modulaatio, kanavakoodaus – erityisesti virhekoodit. Matemaattisia menetelmiä voi soveltaa myös informaatioteoriaan perustuvissa kompressiomenetelmissä sekä kryptologiassa. Operaatioanalyysin osa-alueet liikenneteoria, jonoteoria, graafiteoria, tietyt optimointimenetelmät, peliteoria ja kombinatoriikka soveltuvat tiettyihin kysymystyyppeihin. Formaalien kielten alueelta on myös tehtävissä ainakin matemaattisen logiikan näköistä tutkimusta.

Matemaattisia aloja, joita voisi soveltaa tietoverkkojen tutkimuksessa, on siis useita. Vain pienessä murto-osassa TTK:n Tietoverkkotekniikan laboratorion diplomitoissa käytetään matemaattisia menetelmiä. Pääosa tietoliikennetekniikan tutkimusta on luonteeltaan täysin epämatemaattista. Kysymys on järjestelmien suunnittelusta ja tutkimuksia luonnehtii suuri määrä kirjainlyhenteitä ja erilaisia laatikko- ym. diagrammeja. Myös analyysi, silloin kuin sitä ylipäätänsä on käytetty, on luonteeltaan sanallista tai ainakin epämatemaattista. Miksi näin on? Vastaus löytyy siitä, että matemaattisella mallinnuksella pyritään kvantitatiivisiin tuloksiin ja kvantitatiivisia suureita on niin vähän. Laskettavia ja mitattavia suureita ovat lähinnä suorituskyky, viiveet, estotodennäköisyys, liikennemäärät, kustannus, riski ja näiden suureiden erilaiset jakaumat. Yleensä perusongelma ei ole tietää, mitä tällaiset mitattavat suureet ovat, vaan keksiä ja suunnitella ratkaisu johonkin ongelmaan.

Tietotekniikan suhteen tilanne on samanlainen. Teoreettiselta puolelta löytyy osa jo mainituista menetelmistä ja osa on uusia kuten muun muassa algoritmiteoria ja kompleksisuusteoria. Kuitenkaan pääosassa tutkimuksista ei käytetä mitään teoreettista tutkimusmenetelmää.

Esimerkkinä voidaan käyttää vaikka jotakin www-palvelua. Ensiksi tulee keksiä palveluidea, vaikkapa videoklippien siirtoon perustuva. Ongelma on, että ensi silmäykseltä kaikki kiinnostavat sovellukset on jo keksitty. Oletetaan, että keksitään uusi sovellus. Seuraavaksi se tulee suunnitella siten, että sen pystyy toteuttamaan kustannustehokkaasti. Ei ole mitään syytä suunnitella järjestelmää siten, että sen kehittäminen vaatisi jonkin haastavan tieteellisen ongelman ratkaisua. Järjestelmä suunnitellaan pikemminkin tunnettuja menetelmiä hyväksikäyttäen. Aikaa on vähän, eikä suunnitelma tule olemaan elegantti. Kysymys suorituskyvystä tai vastaavista asioista tulee esille vasta paljon myöhemmin, jos lainkaan. Tekniikka kehittyy niin nopeasti, että yleensä tekniikka on jo vanhenemassa siinä vaiheessa, kun sitä on analysoitu matemaattisesti.

Näin matemaattis-luonteinen tutkimus ei paljonkaan vaikuta tekniikan kehittymiseen. Se ei ole tieto- ja tietoliikennepuolen teknistä kehitystä ylläpitävä voima, vaan tekniikkaa ylläpitää muiden alojen tieteellinen tutkimus. Lähinnä fysiikan tutkimus johtaa prosessoreiden nopeutumiseen, siirtoteiden kapasiteetin kasvuun ja paristojen tehon kasvuun. Tieto- ja tietoliikennetekniikka käyttää hyväkseen näin syntyvän kasvupotentiaalin. Yleistäen voinee sanoa, että tieto- ja tietoliikennetekniikan oma matemaattinen tutkimus ei ole alan kehitykselle tarpeellista, mutta eräiden muiden alojen tieteellinen tutkimus on.

2.3.2 Tekniikan suhde tieteellisyyden kriteereihin

Tekniikassa sovelletaan pääosin samoja hyvän tutkimuksen kriteerejä kuin tieteessäkin. Pieniä painotuseroja voi löytää.

Tekniikan tutkimuksessa on usein havaittavissa tietty välinpitämättömyys tieteellisiä kriteerejä kohtaan sellaisina, kuin ne on tieteen puolella opittu tuntemaan. Esimerkiksi mittauksissa jätetään usein ilmaisematta varmuusvälit, eikä tilastollinen aineisto ole riittävää. Matemaattisessa käsittelyssä on usein puutteita. Oletuksia ei esimerkiksi tarkisteta sillä tarkkuudella kuin matematiikassa. Tästä ei tule tehdä sitä johtopäätöstä, että tarkkuus on riittämätön tai että tutkimus on huonoa. Oikeampi johtopäätös on todeta, että menetelmien tieteellisyys vastaa tutkittavien asioiden merkitystä.

Otetaan esimerkiksi jonkin tietoliikenneohjelmiston suorituskky. Sen mittauksista voi jossain konferenssiesitelmässä esittää joukon käyriä ilman asiallisia luotettavuusvälejä. Onko tämä virhe? Kyseisen ohjelmiston suori-

tuskyky varmaankin oli suunnilleen tällä alueella ja tarkemmalla tuloksella ei ole kiinnostavuutta. Mittausta ei kukaan toinen mitä luultavimmin halua toistaa, koska ohjelmistosta on jo uudempi versio, jolla on hieman erilainen suorituskyky. On eri asia tehdä mittauksia vaikkapa teoreettisessa fysiikassa ja saada pysyviä tuloksia, jotka voivat muuttaa ymmärrystämme maailmasta. Tällaisia mittauksia muut tutkijat haluavat toistaa ja tuloksen tarkkuudella on merkitystä. Tietoliikennetekniikassa suorituskykyyn vaikuttaa vain niin banaali asia, miten joku insinööri on kyseisen ohjelmiston tai laitteen suunnitellut. Liian hienot menetelmät tällaisen nopeasti muuttuvan asian selvittämiseen eivät ole perusteltuja.

2.3.3 Tutkimusotaksuma eli hypoteesi

Usein oletetaan, että tutkimukseen pitää löytyä tutkimusotaksuma. Tekniikan tutkimuksessa ei yleensä ole tällaista. Tarkoitus ei ole selvittää, onko jokin hypoteesi totta tai tieteellisesti perusteltavissa, vaan kehittää uusi menetelmä tai laite. Tähän ei tarvita hypoteesia. Jos riittävän kauan yrittää, niin menetelmän saa toimimaan. Jos taasen ei saa, on valittu liian vaikea tehtävä. Tekniikan tutkimusta tehdään yleensä tiukassa aikataulussa ja ennalta laaditun suunnitelman pohjalta. Ei ole tapana käydä ratkomaan ongelmia, joiden ratkeaminen ei ole ennalta arvattavissa.

Kunnianhimoisia tutkimushankkeita on, mutta enenevässä määrin voi todeta, että nykyään valtaosa tekniikan tutkimuksesta on rahoitettu ulkoisella rahoituksella. Tutkimus seuraa ennalta laadittua ja aikatauluun sidottua suunnitelmaa, eikä siinä ole tarkoitus selvittää ongelmia, joihin liittyy suuria epäonnistumisen riskejä. Tekniikan tutkimuksen riskit ovat kyllä suuret, mutta eriluonteiset. Pääriskit ovat seuraavanlaisia: ei pysytäkään aikataulussa, avainhenkilöt siirtyvät muualle, suunnitelma vanhenee ennen tutkimuksen loppumista, eikä kukaan enää halua tuloksia tai uutta ei saada aikaan, koska tutkimukseen lähdetessä ei ollutkaan uusia ajatuksia.

2.3.4 Teknisen tutkimuksen tilaaminen

Yksi tekniikkaan syventyneen upseerin mahdollisista työtehtävistä on tekniikan tutkimuksen tilaaminen siviilitutkimuslaitoksilta. Tällöin on hyvä ymmärtää tilanne, missä tekniikan tutkimusta Suomessa nykyään tehdään. Peruslähtökohta on, että siviilitutkimuslaitokset, siis korkeakoulut ja VTT, joutuvat rahoittamaan noin 60 % toiminnastaan ulkopuolisella rahoituksella. Ilman tätä esimerkiksi TKK ei selviytyisi opetustehtävistään, mikä osoittaa jo tilanteen vääristyneisyyden. Ulkopuolisten projektien määrä professoria kohti on sen verran suuri, että hän ei ehdi kovinkaan paljon itse tekemään työtä projektille, vaan hän palkkaa siihen tutkijoita. Palkat ovat kuitenkin

niin pieniä, että tutkijat sangen helposti siirtyvät muualle. Tästä seuraa, että projektit tehdään paljolti aloittelijoiden voimin.

Tilanne on parempi teoreettisilla aloilla: teoreetikoille ei ole yhtä paljon työpaikkoja, joissa he voisivat jatkaa samanlaisissa tehtävissä kuin korkeakoulussa, joten he jäävät helpommin TKK:lle. Toinen syy on korkeampi motivaatio väittelemiseen ja yleensäkin tutkijoiden erilainen luonne. Tilaajan kannalta on myös ongelmana, että teoreetikot mieluiten tekevät sitä, mitä osaavat ja mistä ovat kiinnostuneita, eivät sitä, mitä tarvitaan. Yleensä tutkimusta tarvitaan ja sitä tilataan juuri sen takia, että aihe on muodostunut tärkeäksi, eikä sitä itse tunneta. Suomessa tyypillinen tilanne on, että asiaa yleensä ei missään muuallakaan tunneta.

Tekniikan tilaajana puolustusvoimat olettaa saavansa korkeatasoista tutkimusta. Tähän tietenkin pyritään, mutta siihen voi joskus olla vaikea päästä. Moni muu TKK:sta tutkimusta tilaava yritys lähtee tutkimusprojektiin erilaisin ja realistisimmin odotuksin. Monelle päätulos on saada koulutettuja henkilöitä tietylle tulevaisuudessa tarpeelliselle alueelle. Monessa yrityksessä koko tutkimuskeskus onkin paljolti koulutusyksikkö, josta ihmiset siirtyvät muihin yksiköihin jonkin ajan päästä.

2.4 Esimerkki tekniikan tutkimusmenetelmistä

Tekniikan, sen enempää kuin luonnontieteidenkään, tutkimusmenetelmiä ei ole varmaan koskaan määriteltä tai luokiteltu. Kaikki matemaattiset sekä fysiikan ja muiden luonnontieteiden metodit ovat tekniikan kannalta menetelmiä. Kysymys tutkimusmenetelmistä tulee esille enemmän humanistisella puolella, jossa tutkimus voi seurata jotain metodologiaa ja olla oikein suoritettu, tai sisältää metodologisia puutteita ja olla huonosti suoritettu. Tekniikassa tällaista kysymyksenasettelua ei juuri esiinny. Tekniikka on aivan riittävän vaikeaa, jotta tarvitsisi kysyä, onko käytetty jotain tieteellistä menetelmää. Toisaalta tekninen tutkimus ei yleensä pyri osoittamaan mitään kiistatta todeksi, joten metodi ei tavallaan voi olla puutteellinenkaan, koska siihen ei kohdistu erityisiä vaatimuksia.

Toki tekniikkaankin voidaan antaa lista tutkimusmenetelmiä, mikäli halutaan. Ne seuraavat luonnollisella tavalla teknisen tutkimuksen eri vaiheista. Metodilista ei ole mitenkään kiinteä, enemmänkin menetelmiä voitaisiin mainita. Aloitetaan tutkimusmenetelmien kuvailu esimerkillä.

Ensiksi tarvitaan jokin ongelma tai idea. Amerikkalaiset käyttivät Irakin sodassa paljon GPS-ohjattuja tarkkuuspommeja. Meidän kannaltamme merkittävä ja kiintoista on tilanne, jossa vastustajalla on ilmaherruus ja se käyttää satelliittiohjattuja tarkkuuspommeja. Ongelma on, kuinka estetään tällaisia pommeja tuhoamasta maamaaleja. Periaatteessa tällaista pommia voitaisiin

helposti häiritä, mutta häiritsijän tulee geometrian vuoksi olla ilmassa. Kuitenkin, jos vastustajalla on ilmaherruus, lentävä häiriölähetin ammutaan nopeasti alas. Toisen ongelman aiheuttaa pommin ohjausjärjestelmä. Jos satelliittisignaalia häiritään, niin inertiaohjaus vie pommin kuitenkin sangen tarkasti kohteeseensa. Kuvitellaan, että tähänkin ongelmaan keksitään ratkaisu. Olkoon ratkaisujatus vaikka seuraava: ammutaan olalta laukaistavalla ohjuksella häirintälähetin 2 km korkeuteen, josta se tulee laskuvarjolla alas ja häiritsee pienellä virtalähteellä noin 15 sekuntia. Tällöin sitä ei kannata ampua alas. Ampumalla lähettämiä eri paikoista saadaan pidempiaikainen häirintä, eikä laukaisualustoja voida helposti tuhota. Inertiaohjaus eliminoidaan pitämällä pommi siinä uskossa, että satelliittiohjaus toimii. Se voidaan tehdä seuraavasti: satelliittisignaali kaapataan lähettimessä, sitä viivästetään hieman ja lähetetään voimakkaampana. Nyt pommi lukkiutuu viivästettyyn signaaliin ja laskee siis paikkansa väärin. Pommi putoaa väärään paikkaan, joten tarkkuusiskuja esimerkiksi asutuskeskuksiin ei enää uskalleta käyttää. Tarkkuuspommin taktinen käyttöperiaate on siten onnistuttu kiistämään.

Oletetaan, että idea vaikuttaa hyvältä. Sitä pitäisi käydä selvittämään tarkoituksena valmistaa tällainen häirintälähetin. Ensimmäiseksi tutkija ei kävisi juottamaan kasaan lähetintä autotallissaan irtokomponenteista, koska tällainen lähestymistapa ei ole enää Edisonin aikojen jälkeen oikein toiminut – Edison tosin itse teki jotensakin niin. Idea pitäisi nykyäskäytön mukaan suunnitella aika pitkälle ennen kuin sitä käydään toteuttamaan.

Kirjallisuusselvitys

Aivan aluksi olisi syytä tehdä *kirjallisuusselvitys*. Menetelmä saattaa olla jo tutkittu ja ehkä laite on jo kaupasta ostettavissa, tai menetelmä on mahdoton ja sellaiseksi osoitettu. Aina ei kannata uskoa, että jokin on mahdotonta, vaikka se olisi sellaiseksi osoitettu. Tulee harrastaa kriittistä otetta. Ihmiset tekevät virhepäätelmiä. Oletetaan, että kirjallisuusselvitys on tehty.

Matemaattinen analyysi

Seuraavassa vaiheessa tutkija voisi mallintaa toimintaperiaatteen matemaattisilla kaavoilla. Siinä tulee signaalien etenemisyhtälö, signaalikohinasuhde, mikä viivästys tarvitaan pommin harhauttamiseen ja onko siihen aikaa ym. Tällainen metodi, *matemaattinen analyysi*, on nopein menetelmä selvittää vain paperia ja kynää käyttäen, onko idea lainkaan mahdollinen. Kirjoittaja ei ole tällaista selvitystä tehnyt, joten olkoon se harjoitustehtävä lukijalle. Matemaattinen mallinnus ei voi ottaa huomioon kaikkia detalleja, koska kovin monimutkaista mallia ei osata ratkaista. Vaikka numeerisesti tämä voitaisiinkin laskea, monimutkaiseen malliin tulee liikaa parametreja.

Niiden arvoja ei tunneta, jolloin ne pitäisi arvata. Matemaattinen analyysi on nopeaa sille, joka matematiikkaa osaa. Kuitenkin tällainen analyysi vie päiviä, ehkä viikkoja, mutta antaa vain karkean käsityksen mekanismin toiminnasta.

Simulointi

Paremmen kuvan saa *simuloimalla*, siis valmistamalla tietokoneohjelma, joka kuvaa, kuinka pommi liikkuu satelliittiohjattuna alaspäin ja kuinka häirintäsignaali sitä harhauttaa. Simulaatiomallin toteuttaminen vie viikkoja tai kuukausia, joten se on selvästi suuritöisempi kuin matemaattinen analyysi. Epäilemättä simulaatiomallissa jouduttaisiin tilanteeseen, että jotain ei tiedetä, parametrien arvoja joudutaan arvaamaan, eikä pommin toimintaperiaatettakaan kunnolla ymmärretä.

Mittaus

Viisas teko olisi ostaa jostain tällainen tarkkuuspommi ja mitata siitä tarpeellisia parametreja sekä mitata sen toimintaa simulaatiomallin tarkentamiseksi. *Mittaus* tutkimusmenetelmänä on siis hyödyllinen. Se vaatii aikaa, mittaussuunnitelman, mittalaitteiden kalibroinnin ja muuta mittaukseen tarvittavaa. Tarvitaan mittauslaboratorio tai ainakin mittauslaitteet. Mittauksenhan voi tehdä joko laboratoriossa tai luonnossa. Jälkimmäinen on paljon vaikeampaa, koska mittaus todellisessa ympäristössä on yleensä ainutkertainen ja häiritseviä ympäristöolosuhteita ei voi tai osaa poistaa. Jos mittauksen voi tehdä laboratoriossa, sen voi yleensä toistaa niin monta kertaa, että tuloksista saa mielekkäitä. Jos mittaus on todellisessa järjestelmässä, sitä on valmisteltava huolellisesti mieltien, mikä kaikki voi epäonnistua. Vaikka mittaus itse on lyhyt tapahtuma vie mittausympäristön rakentaminen aikaa. Lisäksi lähes aina tapahtuu jotain yllättävää, joka usein pilaa mittauksen. Prosessista muodostuukin usein pitkälinen toiminto

Suunnittelu

Jos simulaatio osoittaa, että idea vaikuttaa hyvältä, niin voidaan siirtyä laitteen *suunnitteluun*. Se on metodi, joka määrittelee toteutettavan järjestelmän. Suunnittelussa voi käyttää suunnittelukieliä, kuten esim. UML-kieltä. Toisinaan suunnitelmia voi simuloida ja verifioida suoraan määritelmistä. Näin voi tehdä esim. SDL-kielisen ja Petri-verkolla annettujen määrittelyjen osalta.

Vaatimusmäärittely

Usein *vaatimusmäärittely* on suunnittelun ensimmäinen vaihe, joka kartoittaa järjestelmän vaatimukset ja ehkä asiakastarpeet. Asiakastarpeiden selvittämien on niitä harvoja vaiheita tekniikassa, joissa voi ajatella haastattelua tutkimusmenetelmänä. Useammin tutkija vain kirjoittaa vaatimukset omaan analyysiinsä perustuen.

Käyttäjakeskeinen suunnittelu

Järjestelmällä on aina käyttäjä. *Käyttäjakeskeinen suunnittelu* on omia tutkimusmenetelmiään käyttävä suunnittelumetodi, joka perustuu esimerkiksi koehenkilöiden haastatteluihin.

Toteutus

Toteutus on seuraava vaihe. Yleensä ensimmäinen toteutus on prototyyppi ja lopullinen toteutus on parannettu versio. Ohjelmistoissa aika usein lopullinen versio on prototyyppi, josta on jokin määrä ohjelmistovirheitä korjattu.

Testaus

Testaus on vaihe, jossa selvitetään toteutuksen virheettömyyttä. Vesiputousmallin mukaisessa kehitysprosessissa suunnittelu, toteutus, testaus seuraavat toisiaan, eikä seuraavasta vaiheesta enää palata edelliseen vaiheeseen. Spiraali- ja inkrementaalisisissa malleissa palataan tarvittaessa edelliseen vaiheeseen. Suunnittelu, toteutus ja testaus vievät helposti vuosia.

Pilotointi ja erilaiset kokeilut

Pilotointi, käyttökokeilut, yhteentoimivuuskokeilut ym. ovat vaiheita, joilla kartoitetaan uuden järjestelmän toimintaa, ennen kuin se otetaan käyttöön.

Näin suunniteltua häirintälähetintä voidaan edelleen *vertailla* muihin tapoihin, joilla tarkkuuspommiuhkaa voi pienentää. Suunniteltu järjestelmä voidaan *mallintaa* tarkemmin matemaattisesti ja sen toimintaa voi optimoida. Kaikkia piirteitä ei voi analysoida matemaattisesti, mutta niitä voidaan *analysoida* ei-matemaattisesti. Esimerkiksi tietoturvaominaisuuksien analyysi on usein mahdollisten uhkaskenaarioiden kuvailua ja suojausmenetelmien selostusta.

Tässä on nyt kuvattu joukko tekniikan tutkimusmenetelmiä: kirjallisuusselvitys, matemaattinen analyysi, muu analyysi, vertailu, mallinnus, simulointi, mittaus, suunnittelu, käyttäjakeskeinen suunnittelu omana alueenaan, toteutus, testaus, kokeilut ja vaatimusmäärittely. Joukko ei ole kattava, enem-

mänkin metodeja voitaisiin mainita. Tekniikan tutkimusmenetelmät liittyvät tuotekehityssykliin, eikä tekniikan puolella ole mielekäästä tarkasti erotella tutkimusta ja tuotekehitystä. On hyvä todeta, että eri vaiheiden menetelmät vievät erilaisia aikoja. Usein kaikkein hitainta on rakentaa järjestelmä ja sen jälkeen käydä sitä tutkimaan. Yksinkertaisempia malleja, siis matemaattisia ja simulointimalleja käyttäen asiaa voi tutkia jo varhaisemmassa vaiheessa.

3 VAATIMUSMÄÄRITTELY TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

3.1 Hankkeita tukeva tutkimustoiminta

Puolustusvoimien teettämä tekninen tutkimustyö on useimmiten soveltavaa tutkimusta, jolla pyritään mm. tarkastelemaan tekniikan ja teknologioiden hyödyntämistä uusia järjestelmiä hankittaessa tai kehitettäessä. Tutkimuksen aiheena voi olla vaikka ”Tutka-aaltomuotojen soveltuvuus kohteiden havaitsemiseksi suomalaisessa saaristo-olosuhteissa”. Tällaisten tutkimusten tekemiseen soveltuvat parhaiten tutkimuslaitokset.

Sotakouluissa opinnäytetyönä sotatekniikan alueelta tehtävät tutkimukset taas yleensä selvittävät laitteiden, tekniikan tai teknologian vaikutusta sotajoukon toimintaan, kuten esimerkiksi ”Maastonvalvontatutkan käyttömahdollisuudet prikaatin tiedustelussa”. Tällainen sotatekniikan tutkimus tukee erityisesti taktiikan ja taistelutekniikan kehittämistä.

Myös sotakouluissa tehdään suoraan hankintoja tukevaa tutkimusta. Tällöin tutkimustyössä yleensä määritellään vaatimuksia hankittavilla järjestelmälle. Vaikka hankittava järjestelmä olisi hyvinkin tekninen, sisältää vaatimusmäärittely aina merkittävässä määrin myös taktiikan ja operaatio-aidon elementtejä.

Vaatimusmäärittely ei siis varsinaisesti ole tekniikan alaan, vaan pareminkin tuotantotalouteen (sotatalouteen) liittyvä menetelmä. Koska kuitenkin hankittavat järjestelmät ovat luonteeltaan yleensä hyvin teknisiä, opetetaan sotataloutta ja sen osana myös vaatimusmäärittelyä Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksella sotatekniikan yhteydessä.

3.2 Vaatimusmäärittelyn perusteet

Järjestelmien vaatimusmäärittelyt tehdään pääsääntöisesti virkatyönä. Vaatimusmäärittely ja vaatimusten hallinta on normaalia kaikkiin monimutkaisiin hankintoihin ja kehittämistöihin liittyvää työtä, jonka normittaminen on kuitenkin puolustusvoimissa vasta alullaan. Syksyllä 2004 julkaistaneen aiheesta sekä pysyväisasiakirja että soveltamisohje [8]. Ajatus tällaisesta määrittelystä tutkimusmenetelmänä on puolustusvoimissa uusi. Ajatus ei

ole kuitenkin kaukaa haettu, sillä virkatyönäkin tehtynä määrittely on erityisesti yhden ihmisen pitkäjänteistä ponnistelua ja soveltuu siis hyvin myös opinnäytetyönä tehtäväksi tutkimukseksi.

Vaatimusmäärittely menetelmänä on helposti ymmärrettävissä ja opittavissa. Laadukkaan määrittelyn tekeminen edellyttää kuitenkin toimintaympäristön eli taistelukentän, aselajin ja tukijärjestelmien hyvää tuntemusta. Kysymys on erityisesti järjestelmän rajapintojen määrittelystä sekä käyttäjään että muihin toimijoihin ja toimintoihin. Aina kun tutkimus on luonteeltaan vaatimuksia määrittelevää, tulisi siinä käyttää vaatimusten määrittelyn ja hallinnan käytäntöjä sekä mahdollisuuksien mukaan myös alan työkaluja.

Vaatimusmäärittelyä ei aina pidetä varsinaisena tutkimusmetodinä. Se onkin useita eri tutkimus- ja työskentelymenetelmiä soveltamalla saavutettu muodoltaan tarkasti säädelty lopputulos. Se on kuitenkin prosessina säädelty ja sisältää kohtuullisen selkeitä työvaiheita, kuten tietojen ja vaatimusten kerääminen, jalostaminen, hyväksyminen ja hallinta, joten sen käsittely menetelmänä on puolusteltavissa.

3.3 Vaatimusmäärittelyn tavoite

Vaatimuksia kirjataan siksi, että hankittava järjestelmä vastaisi mahdollisimman hyvin tilaajan tarpeita. Vaatimusmäärittely kuvaa siis pelkistetysti järjestelmän halutut ominaisuudet ja toisaalta toimintaympäristön, jossa järjestelmän on toimittava. Se on monimutkaisia järjestelmiä hankittaessa laajin ja työllistävin asiakirjakokonaisuus. Vaatimukset myös luonnollisesti määräävät pääosin kokonaisuuden hinnan. Muita merkittäviä hankintojen valmisteluun liittyviä dokumentteja ovat projektinhallinnalliset dokumentit, jotka kuvaavat, miten hankinta toteutetaan. Tällaisia ovat muun muassa rahoitus, henkilöstö, kesto ja työskentelytapa.

Vaatimusmäärittely tehdään aina niin, että se tai siitä tarvittavat osat voidaan sellaisenaan liittää yrityksille lähetettävään tarjouspyyntöön. Aikanaan saadaan toimittajaehdokkailta tarjoukset, joissa jokaiseen esitettyyn, numeroituun vaatimukseen on vastattu. Vastauksessa todetaan vähimmillään, onko vaatimus täytettävissä vai ei. Lisäksi toimittajien tulisi kuvata, miten vaatimus tulee täytetyksi. Vastaukset ovat toimittajia sitovia ja niiden perusteella pitäisi tilaajan pystyä tekemään ratkaisu tarjottujen järjestelmien soveltuvuudesta ja keskinäisestä paremmuusjärjestyksestä. Tämä on pystyttävä perustelevaan myös hävinneille ehdokkaille, joten vaatimukset on aina laadittava erityisen selkeiksi, lyhyiksi ja yksikäsitteisiksi. Kokonaisuus toki ratkaisee, ja siksi kaupallisissa asiakirjoissa on aina annettava tiedoksi päätöksentekoperusteet eli vaatimusten täyttymisen priorisointi.

Kun toimittaja on vaatimusten täyttymisen – tietysti myös hinnan ja kauppapoliittisen sopivuuden – perusteella valittu, jalostuu vaatimuksista pääosin toimittajan toimenpitein HW-projekteissa (hardware) tuotekuvaus eli tekninen spesifikaatio ja SW-projekteissa (software) joko toiminnallinen määrittely tai sekä toiminnallinen että tekninen määrittely. Näiden tuotekuvauksen perusteella tulisi syntyä haluttu järjestelmä tai palvelu, joka täyttää tarjouspyyntövaiheessa esitetyt ja myöhemmin sopimuksessa tarkennetut vaatimukset.

3.4 Vaatimusten ymmärrettävyys

Vaatimusmäärittelyn perusteella tulisi toimittajaehdokkaalle muodostua selkeä käsitys siitä, mitä ollaan hankkimassa. Huolitellun yksikäsitteiset ja lyhyet vaatimukset eivät sellaisenaan kuitenkaan tue hyvin kokonaiskäsitteilyksen syntymistä. Siksi määrittelyyn on aina liitettävä haluttua järjestelmää tai palvelua selittävää, helposti luettavaa tekstiä, piirroksia ja kaavioita. Tätä selittävää tekstiosuutta ei tarjouksen tekijän tarvitse vaatimusten tapaan kommentoida, mutta se antaa parhaan yleiskäsityksen tilaajan tarpeista ja helpottaa vaatimuksiin vastaamista.

Tästä yleiskuvauksesta käytetään pääesikunnan ohjeessa nimitystä operatiivinen konsepti (OCD, Operative Concept Document). Alemmalla tasolla siitä voi käyttää nimitystä taktinen kuvaus. Oleellista on, että syntyy käsitys siitä, ketkä, miten ja missä ympäristössä järjestelmää on ajateltu käytettävän. Uuden järjestelmän hankinta muokkaa yleensä tätä kuvausta. Kuvauksen muuttuessa ja tarkentuessa hankinnan edetessä se lähenee helposti tasoa, josta myös järjestelmän taktisen käyttöohjeen tekeminen on mahdollista.

Järjestelmän ajateltujen toiminnallisten ketjujen ymmärtämiseksi on aina kuvattava tärkeimmät käyttötapaukset (use case). Nämä ovat kaavion ja tekstin muodossa esitetyjä tapahtumaketjuja, joissa on kuvattu käyttäjien toimenpiteitä ja niiden haluttua vaikutusta järjestelmässä (INPUT – OUTPUT). Käyttötapauksen kuvaaminen tukee, paitsi vaatimusten ymmärtämistä, myös aikanaan tapahtuvaa järjestelmän testausta. Käyttötapauksen kuvaukset voivat olla joko vaatimuksia selittävää yleiskuvausta tai itsessään vaatimuksia.

3.5 Vaatimusten määrittely

Vaatimustenhallinnan kokonaisprosessia on selvitetty seikkaperäisesti pääesikunnan ohjeessa. Vaatimusten hallinta käsittää vaatimusten koko elinkaaren aina puolustusvoimien suorituskykyvaatimuksista hankittavien järjestelmien vaatimusten määrittelyyn, hyväksymiseen, muutosten hallintaan, täyttymisen todentamiseen ja mahdolliseen jatkokäyttöön.

Tutkimustyötä ei voida tehdä kattamaan koko hallintaprosessia, mutta itse järjestelmävaatimusten määrittely soveltuu hyvin tutkimuksena tehtäväksi. Tällöin taustalla on yleensä jo hyväksytty hanke, jonka suorituskykyvaatimukset on määritetty ja ainakin alustava operatiivinen konsepti (yleiskuvaus) on laadittu. Laajoissa hankkeissa yksittäinen tutkimustyö voi käsittää vain osajärjestelmien vaatimusten määrittelyn. Kuten yleensäkin tutkimustöissä, on aihetta rajattava riittävästi käsittelyn syvyyden varmistamiseksi.

Tutkimustyönä tehtävä määrittely voi käsittää esimerkiksi yleiskuvauksen laatimisen sekä itse vaatimusten keräämisen, jäsentelyn ja muokkaamisen. Vaatimusmäärittely tulisi aina katselmoida eli hyväksyttää niillä tahoilla, joita määrittely koskee. Tämä vaihe on yleensä kuitenkin jätettävä virkatyönä tehtäväksi ja tutkimustyön lopputuloksena syntyvä vaatimusmäärittely jää yleensä näin ollen luonnosasteelle. Tutkimustyössä on kuitenkin kuvattava tahot, joiden kanssa katselmointi on suoritettava.

3.5.1 Vaatimusten kerääminen

Vaatimusten kerääminen aloitetaan sidosryhmien tunnistamisella. Sidoryhmät (stakeholders) ovat tahoja, jotka joko käyttävät tai muuten jollakin tavalla asettavat vaatimuksia tai rajoituksia järjestelmän toiminnalle. Selkeitä sidosryhmiä ovat järjestelmää käyttävä joukko ja operaattorit, mutta myös tukijärjestelmät, yhteistoiminta (ml. kansainvälinen toiminta) ja yhteiskunta. Kukin niistä asettaa omat vaatimuksensa järjestelmälle. Kun sidosryhmät on tunnistettu, voidaan vaatimusten kerääminen aloittaa.

Vaatimusten kerääminen on työtä, joka tehdään sidosryhmien kanssa yhdessä. Tällöin on yleensä tarpeellista kuvata kokonaisuutta ensin erilaisilla kaavioilla ja kuvilla asian hahmottamiseksi. Osa kaaviosta voi lopulta päätyä myös vaatimusmäärittelyn osaksi. Kaaviomallinnukseen käytettäviä notaatioita löytyy alan kirjallisuudesta, mutta yleensä kaaviot ovat joko toiminnallisia kaavioita tai käsitekaavioita, jotka kuvaavat järjestelmän elementtien välistä vuorovaikutusta. Vaatimusmassan keräämiseksi sidosryhmiltä voidaan käyttää lukemattomia eri menetelmiä, mutta tärkein on esiselvitysten, ylemmän tason vaatimusten, kehittämissuunnitelmien ja olemassa olevien määrittelyiden läpikäynti – tämä toteutetaan asiakirjatutkimuksella. Tyypillisesti vaatimusmäärittelyyn sisältyy myös runsaasti haastatteluja, joissa hahmottamista helpottavia kaavioita tulisi hyödyntää. Muita mahdollisia menetelmiä ovat esimerkiksi kyselyt, aivoriihet, seminaarit ja havainnointi – jopa roolipelit ja kenttäkokeet. Myös mallinnus, simulointi ja erityisesti prototyypin tekeminen voivat tulla kysymykseen. Vaatimusten keräämisen kuluessa on aloitettava myös systemaattinen kohdealueen sanaston ja määrittelyjen kokoaminen. Tässä vaiheessa syntyy tai jalostuu

myös järjestelmän yleiskuvaus (operatiivinen konsepti) ja ainakin karkeat käyttötapauskuvaukset.

Vaatimusten keräämisvaihe on kokonaisuuden kannalta tärkein, sillä siinä vaiheessa tekijälle tulisi hahmottua koko määrittelyn mielekkyys. Myöhemmissä vaiheissa kokonaisuuteen voidaan kiinnittää yhä vähemmän huomiota. On selvää, että tässä vaiheessa tulee hahmottaa oikein myös teollisuuden kyky ja olemassa olevat tuotteet. Tätä helpottaa mahdollisesti jo aiemmin vaihtoehtojen tarkasteluvaiheessa teollisuudelle lähetetty informaatiopyyntö (RFI, request for information).

3.5.2 Vaatimusten jäsentely

Kun uskotaan, että vaatimukset on pääosin koottu ja kaikki sidosryhmät on otettu huomioon, voidaan aloittaa vaatimusten jäsentely. Siinä ryhmitellään vaatimukset sopivien otsikoiden alle. Kun keräämisvaiheessa oleellista on asian hahmottaminen ja kuvaaminen piirroksin ja kaavioin, voidaan nyt aloittaa myös vaatimustenhallintaohjelmiston käyttö. Pv:ssa on käytössä Doors-ohjelmisto. Suppeissa määrittelyissä Doors-ohjelmiston käyttö on ylimitoitettua ainakin, jos projektihenkilöstöllä ei ole siitä kokemusta. Myös tekstinkäsittely tai taulukkolaskenta ovat sopivia työkaluja. Laajoissa määrittelyissä Doorsin käyttö on kuitenkin välttämätöntä.

Sisällysluettelon otsikointiin vaikuttaa järjestelmän tai palvelun sisältö, mutta käyttökelpoisen lähtökohdan tarjoavat sekä pääesikunnan ohjeessa kuvattu malli että erityisesti ohjelmistoprojekteissa IEEE 830 -standardi. Tosin ohjelmistosuunnittelu kehittyy nopeasti, ja uusia vaatimusmäärittelyn malleja sovelletaan jatkuvasti. Tästä esimerkkinä ovat iteratiiviset ja Cots-ohjelmistohankinnat. Erilaisten sisällysluetteloiden, mallien ja aiemmin tehtyjen määrittelyiden tarkastelu aiheuttaa yleensä lisävaatimuksia järjestelmälle. Tässä vaiheessa ideointi on vielä sallittua.

PvMatLE on käyttänyt ohjelmistoprojekteissaan seuraavaa IEEE 830 -standardin mukaista, mutta hieman sovellettua sisällysluetteloa:

1. Johdanto (Laajuus, asiakirjojen kokonaisrakenne, luettelot, määrittelmät).
2. Yleiskuvaus (Toimintojen rakenne, lohkokaaviot, osakokonaisuudet ja liittymät, käyttäjäprofiilit ja ominaisuudet).
3. Tietojen käyttö (Sisältöjen vaatimukset, asiakirjat, sanomat, tietoluettelot, kartat, tietovirrat ja suhteet, laskenta ja parametrit).
4. Toiminnalliset vaatimukset (Prosessin ja toimintojen kuvaus kaaviona, käyttöliittymät, tapahtumaluettelo, kukin toiminto omana kohtana, alustavat käyttötapauskuvaukset).
5. Ulkoiset liittymät (Liittymien ja tietojen vaihdon yleisperiaat-

teet, liitynnät johtamislaitteisiin, vaihdon volyymit, tiedostojen koko ja vaihtomedia, tiedonsiirtoverkon kapasiteettitarkastelu, käyttäjän kapasiteettitarkastelu manuaalilanteessa, paikkatietoaineisto, vaihdettavien tietojen sisältö, yksilöinti, kuvaus, sanomarakenteet).

6. Muut vaatimukset ja perusteet (Laajennettavuus, suorituskyky, ei-toiminnalliset vaatimukset laite- ja ohjelmistovaatimukset yleisellä tasolla, laatuikäytännöt, riskien hallinta, dokumentointi, vaatimusten jäljitettävyys).

3.5.3 Vaatimusten muokkaaminen

Tässä vaiheessa tulisi vaatimusten kokoaminen ja ideointi lopettaa ja aloittaa systemaattinen vaatimusten laadun parantaminen. Vaatimusten muoto on hyvin formaali. Kaikki vaatimukset numeroidaan ja niihin liitetään tarvittavat lisämääreet.

Vaatimuksen tulisi olla:

1. Oikeellinen
 - vaatimuksen tulee olla johdettavista tarpeesta,
 - tarve on esitetty mahdollisesti hankkeen suorituskykyvaatimuksissa,
 - vaatimusten oikeellisuus tarkastetaan katselmoinneissa, joissa pyritään välttämään muiden laatuksiteerien tarkastelua,
2. Yksiselitteinen ja selkeä,
 - toimittajan ja tilaajan käsitys vaatimuksen sisällöstä tulee olla mahdollisimman samankaltainen. Siksi vaatimukset ovat yleensä hyvin lyhyesti esitettyjä,
3. Toteuttamiskelpoinen,
 - mahdottomat vaatimukset tulevat kalliiksi,
4. Testattavissa,
 - jokaisen vaatimuksen on oltava testattavissa,
5. Jäljitettävissä,
 - vaatimuksen tulisi polveutua ylemmällä tasolla esitetystä suoritusvaatimuksesta tai tarpeesta,
 - jokaisella vaatimuksella on tekijänsä, joka pystyy antamaan tarvittaessa lisäinformaatiota,
 - vaatimusryhmille voidaan myös nimetä omistajaorganisaatio, jolle on annettu oikeus vaatimuksen hyväksymiseen ja muutoksiin,
 - vaatimuksiin voidaan linkittää lisäinformaatiota, kuten pöytäkirjoja, joissa vaatimus on hyväksytty,

6. Ristiriidaton.

- vaatimus ilmaistaan aina vain yhden kerran, eikä se saa olla toisten vaatimusten kanssa ristiriidassa.

Vaatimuksille annetaan lisämääreitä, joiden tavoitteena on parantaa vaatimusten ja koko määrittelyn laatua. Kulloisenkin tarpeen ja määrittelyn laajuuden mukaan lisämääreiden määrä vaihtelee.

Seuraavassa listassa on lueteltu tärkeimmät lisämääreet:

1. Tunniste,

- yksikäsitteinen numerointi on välttämätön, koska samaa numerointia käytetään myös tarjouksissa. Ohjelmistossa numerointi yksilöi myös poistetut vaatimukset ja numerointi mahdollistaa vaatimusten linkittämisen toisiinsa,

2. Itse vaatimus,

- pitäisi olla oikeellinen, yksiselitteinen jne.,

3. Kriittisyys,

- jokaisesta vaatimuksesta tulee selvästi käydä ilmi, onko sen täyttyminen hankinnan kannalta välttämätöntä vai ehdollista,
- yleisin englanninkielisissä tarjouspyynnöissä käytetty tapa on ollut erottaa nämä vaatimukset toisistaan kirjaamalla apuverbiksi joko shall (vaatimus on täytettävä) tai should (vaatimuksen täyttämiseen tulisi pyrkiä),
- hienojakoisempaan luokitteluun päästään pääesikunnan viiteasiakirjan jaolla kriittisiin, ensisijaisiin ja toissijaisiin vaatimuksiin. Pakollisten (kriittisten) vaatimusten lukumäärän tulee olla yleensä hyvin pieni ja niiden sisältö hyvin harkittu. Osa kriittisistä vaatimuksista voidaan esittää monitasoisena (toive-, tavoite- ja minimitaso),

4. Testaustapa,

- tämä voi olla esimerkiksi tehdas- tai kenttäkoe. Vaikka kenttäkoetta ei käytettäisikään, vaatimusten tulee olla aina jotenkin testattavissa, muuten niitä ei kannata kirjata lainkaan. ”Hyvät talviominaisuudet” ei siis mm. täytä sen paremmin yksikäsitteisyyden kuin testattavuudenkaan vaatimuksia,

5. Esittäjä,

- pystyy tarvittaessa antamaan asiasta lisäinformaatiota,

6. Omistaja,

- on yleensä esittäjän organisaatio,
- tätä kohtaa ei tarvita, jos koko määrittelystä ja se hyväksynnästä eri vaiheissa vastaa yksi organisaatio. Laajoissa hankkeissa näin ei kuitenkaan ole, vaan vastuuta on jaettu,

7. Perustelu,

- tämä voi olla linkki hyväksymisasiakirjaan, muuhun dokumenttiin tai muu selvitys siitä, miksi vaatimus on esitetty,

8. Liityntä,

- tässä viitataan ylemmän tason vaatimusmäärittelyyn. Tällaisia ovat muun muassa suorituskykyvaatimukset, sidosryhmien tarvekuvaukset ja hankkeen tavoitteet sellaiseen kohtaan, joka oikeuttaa vaatimuksen olemassaolon,
- vaatimus voi liittyä myös toiseen vaatimukseen. Tämä linkitys helpottaa muutosten hallintaa,

9. Muut lisämääreet.

Vaatimusmassalle voidaan tehdä laadun arviointi, jonka perusteella vaatimusmäärittelylle on annettavissa arvosana. Malli tähän löytyy pääesikunnan ohjeesta.

Määrittelyssä voidaan tehdä monenlaisia virheitä, mutta niistä yleisimpiä on se, että vaatimukset kuvataan joko liian löyhästi tai liian tarkasti.

Löyhä vaatimus

Löyhä vaatimus pitää tyypillisesti sisällään epämääräisiä laatusanoja ja tekee vaatimusten testaamisen mahdottomaksi. Löyhästi esitetyt vaatimukset voivat johtaa kokonaan väärään tuotteeseen, jos toimittaja ei kykene joko niistä tai muusta saatavilla olevasta tiedosta hahmottamaan tilaajan tarvetta riittävästi.

Optimitapauksessa pelkkä tarpeen ylimalkainen kuvaus voi kuitenkin johtaa nopeasti ja edullisesti hyväänkin lopputulokseen. Tällöin kuitenkin yleensä edellytetään toimittajalta joko tilaajan tarpeiden poikkeuksellista tuntemusta tai muuten jo lähes valmista tuotetta, joka mahdollisesti pienillä muutoksilla sopii myös puolustusvoimien toimintaympäristöön.

Vaatimusten mukauttamista tiedossa olevien valmiiden tuotteiden ominaisuuksien kaltaiseksi ei voida enää pitää tiettyjen valmistajien suosimisena – lähinnä se on terveen järjen käyttöä. Miksi kehittää puolustusvoimille uusi kallis tuote, jos sama ongelma on jo ratkaistu muualla aikaisemmin? Löyhällä vaatimusmäärittelyllä eli antamalla enemmän vapausasteita saadaan yleensä edullisempia tarjouksia. Tuotteen lopullinen hinta voi muodostua korkeaksi, jos vaatimuksissa on jätetty oleellisia asioita määrittelemättä.

Liian tarkka vaatimus

Liian tarkka vaatimusten kirjaaminen taas voi johtaa siihen, että tarpeettomasti sidotaan järjestelmän kehittäjän toteutusmahdollisuuksia. Se saattaa siis estää vaatimusmäärittelijälle vieraiden, mutta muuten tehokkaiden teknologioiden käytön tilaajan ongelman ratkaisemiseksi.

Vaatimukset (requirements) ja järjestelmän suunnittelu (design) on siis erotettava selvästi toisistaan. Järjestelmän suunnittelu tulee yleensä jättää toimittajan harkittavaksi. Liian tarkka määrittely kuluttaa kohtuuttomasti omia resursseja ja nostaa yleensä myös tarjousten hintaa. Hyvinkin yksityiskohtainen vaatimusmäärittely voi kuitenkin nousta arvoonsa silloin, kun toimittaja ei panosta asiaan riittävällä tarmokkuudella. Tarkka vaatimusmäärittely voi tällöinkin taata kohtuullisen tuotteen ilman merkittäviä lisäkustannuksia.

Summa summarum – vaatimusmäärittelyn tekeminen vaatii aina kokemusta, jota saa vain joko osallistumalla ammattilaisten tekemään määrittelytyöhön tai sitten sitä tiiviisti seuraamalla.

4 KENTTÄKOKEET TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

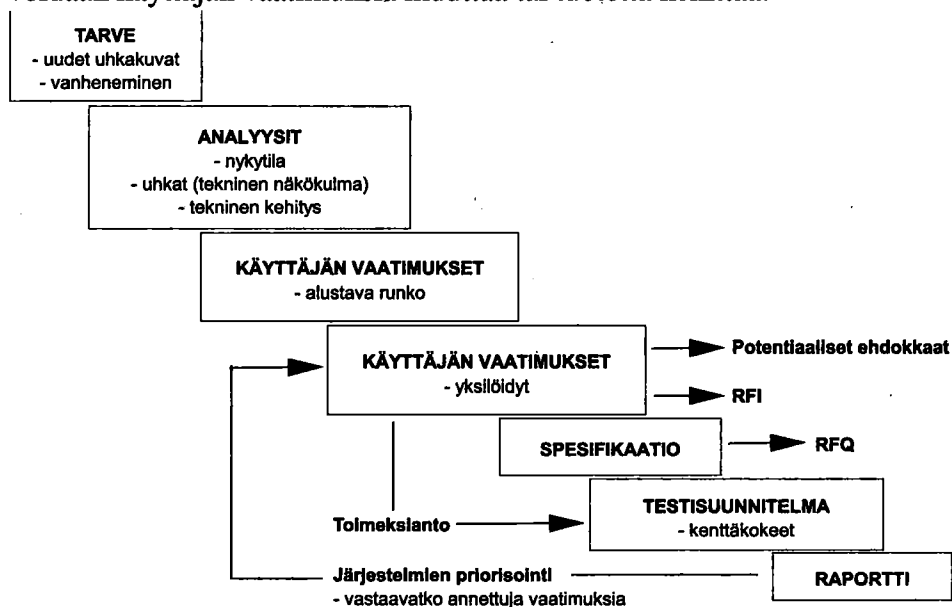
Kenttäkokeet ovat tärkeä osa hankittavan materiaalin testausta. Eri joukko-osastoissa ja aselajikouluissa tehdään jatkuvasti mitä erilaisimpia kenttäkokeita. Yleistä PAK-tasoista ohjetta kenttäkokeiden suunnittelusta, johtamisesta ja raportoinnista ei ole olemassa. Tässä luodaan lyhyt katsaus kenttäkokeiden tarkoitukseen, suunnitteluun, toteutukseen ja johtamiseen. Tärkeää on, että kenttäkokeisiin osallistuvat ja niitä suunnittelevat tai johtavat upseerit oppivat suhtautumaan testaukseen tärkeänä osana suoriutskykyä ja järjestelmän elinjaksoa. Lopputuote kenttäkokeesta on asiantunteva raportti.

4.1 Materiaalihanke ja kenttäkokeet

Eriyisesti materiaalin sotavarusteeksi hyväksymiseen [6] liittyy kenttäkokeita ja koeammuntoja. Hankittavalle tai hankitulle materiaalille tehdään ennen sotavarusteeksi hyväksymistä kenttäkokeilut ja soveltuvuuden tutkimus. Materiaalin hankkija, esim. Puolustusvoimien Materiaalilaitos, varmistaa tuotteen käyttöturvallisuusvaatimusten täyttymisen ennen kenttäkokeita. Kenttäkokeista vastaa materiaalista kokonaisvastuussa oleva pääesikunnan aselajitarkastaja.

Materiaalihanke etenee periaatteessa kuvan 1 mukaisesti. Uusista uhkaku- vista ja nykyisen kaluston vanhenemisesta johtuen syntyy tarve analysoida tilanne uudelleen. Analyysin avulla johdetaan hankittavalle kalustolle käyttäjän

vaatimukset, joiden perusteella laaditaan hankittavan kaluston spesifikaatiot ja annetaan toimeksianto hankkivalle organisaatiolle. Kenttäkokeet ovat osa tuotteen testausta. Ensinnäkin kenttäkokeilla osaltaan tarkistetaan se, että tuote täyttää käyttäjän vaatimukset. Toisaalta kenttäkokeiden perusteella voidaan käyttäjän vaatimuksia muuttaa tai tuotetta kehittää.



Kuva 1: Materiaalihanke-prosessi [5].

4.2 Esimerkkejä erilaisista kenttäkokeista [1]

Kenttäkokeet voivat liittyä kehittämishankkeisiin, joista hyvänä esimerkkinä on kotimaisten ajoneuvojen (AMV, XA-203) kehittäminen: näissä hankkeissa kenttäkokeet palvelevat teollisuutta järjestelmien ergonomian, käytettävyyden ja suorituskyvyn kehittämisessä. Vuorovaikutuksen teollisuuden kanssa tulee olla jatkuvaa, jotta suurilta virheiltä järjestelmän kehittämisen eri vaiheissa vältyttäisiin.

Toisaalta kenttäkokeet voivat liittyä ns. evaluointihankkeisiin, joissa kilpailutetaan valmiita järjestelmiä, ja joissa tavoitteena on valita paras tai kustannustehokkain vaihtoehto. Tällaisista hankkeista esimerkkeinä voidaan mainita keskitorjunta-alueen panssarintorjuntaohjushanke, kranaattikonekiväärihanke ja lähipanssarintorjuntahanke.

Oikein toteutetut kenttäkokeet ovat tärkeitä hankkeiden osia, sillä järjestelmien käytettävyydellä taistelutilanteessa on ratkaiseva merkitys. Testiohjelmaan liitetään yleensä koe- ja mittaustoimintaa, joiden tulokset yhdistetään kenttäkoeraportteihin. Esimerkkejä kenttäkokeista voivat olla:

- asejärjestelmän toimivuuden testaus ammunalla,
- asejärjestelmän hajontatekijöiden testaus ammunalla,
- ampujan ergonomian ja laitteiston käytettävyyden todentaminen ammuntojen yhteydessä,
- osuvuuden todentaminen sovellettuihin maalitulanteisiin ammunalla (ml. rasitus),
- vaikutuksen todentaminen maalissa mittauksin,
- laitteen häiritävyyden todentaminen ammuntojen yhteydessä,
- sensorien suorituskyvyn todentaminen mittauksin ammuntojen yhteydessä.

4.3 Kenttäkokeiden suunnittelusta, toteutuksesta ja johtamisesta

Kenttäkokeen toteuttaa useimmiten leirin tai suuremman harjoituksen yhteydessä aselajikoulu, jolloin käskyn kenttäkokeen suorittamisesta antaa aselajitarkastaja. Kenttäkokeet kannattaakin pyrkiä toteuttamaan leirien yhteydessä, jolloin vartiointi- ja huoltopalvelut saadaan organisaatiolta palveluna. Muussa tapauksessa varomääräysten mukaiset vartiointi- ja lääkitä- yms. toiminnot on itse hoidettava ja varattava.

Kenttäkokeesta laaditaan kenttäkoesuunnitelma. Sitä valmisteltaessa tulee selvittää, mitä aiempia kokeita samasta tai siihen läheisesti kuuluvasta aiheesta on tehty. Samalla saa usein hyviä ajatuksia kokeen järjestelyistä. Jos kenttäkoe toteutetaan samalla tavalla kuin aiemmat kokeet, voidaan tuloksiin saada jatkumo ja aiempia tuloksia voidaan helpommin hyödyntää. Suoritetuista kenttäkokeista saa tietoa aselajitarkastajilta, aselajikouluilta ja PvMatL:n toimialoilta.

Liitteessä on esimerkki valtakunnallisessa panssarintorjuntaohjusharjoituksessa 1/2000 pidetyn kenttäkokeen suunnitelmasta [7]. Siinä tutkittiin kannettavia lämpötähystimiä Panssarikoulun tutkimus- ja kehittämisosaston johdolla.

Hyvin laadittu kenttäkoesuunnitelma on onnistuneen kokeen edellytys. Siinä tulee ottaa huomioon ja käsitellä ainakin seuraavia asioita [1]:

1. Yleistä (Kenttäkokeen tavoite).
2. Aikataulu (Kenttäkokeen vaiheet. Yksityiskohtainen toteutus kuvataan liitteenä).
3. Henkilöstö (Asianhoitajat, johtaja, apulaiset. Koeorganisaatio saattaa olla hyvin laaja ja kokeen järjestämiseen voi osallistua

henkilöstöä useasta joukosta).

4. Kalusto (Tärkein materiaali, kuka toimittaa, mitä ja milloin).
5. Tukipyynnöt (Mittaukset, mittalaitteet, maalit).
6. Muut (Kustannukset. Varomääräykset).
7. Liitteet (Kokeet ja mittaukset yksilöityinä. Tämä on suunnitelman tärkein osa. Kokeessa tulee pyrkiä oikeisiin, uhkamallien mukaisiin tilanteisiin. Suorituksia tulee olla riittävästi tilastollisen varmuuden saamiseksi. Ohjeet tulosten dokumentoinnista. Tehtäväkortit eli henkilöstön ohjeet ja testilomakkeet, kysymykset on suunniteltava huolellisesti jo ennen koetta).

Kenttäkokeissa noudatetaan voimassa olevia varomääräyksiä ja muita ohjeita. Niihin perehtyminen huolellisesti on osa tehtävään valmistautumista.

Ennen kenttäkokeen toteutusta valmisteluihin kuuluu alueen tiedustelu. Sen merkitystä ei koskaan voi ylikorostaa. Esimerkiksi aurausten tarpeen selvittäminen talvella on olennainen asia, jotta alueelle päästään valmistelemaan kenttäkoetta.

Kenttäkokeen valmisteluun kuuluu tehtävien mittausten suunnittelu ja valmistelu sekä erityisesti dokumentoinnin suunnittelu. Kokeen tapahtumat kannattaa mieluummin kirjata liian tarkasti muistiin kuin jättää merkitsemättä muistiin jokin yksityiskohta. Seuraavana päivänä asioita on usein vaikea palauttaa mieleen. Mittausten ja tulosten merkitseminen tulee tehdä siten, että myöhemmin joku toinen voi toistaa saman kenttäkokeen esimerkiksi työpöydällä teoreettisesti. Esimerkiksi kranaatinheitinammunnan kaikki alkuperäiset ampumapöytäkirjat ja eri henkilöstön pöytäkirjat ovat tällaisia toiston edellyttämiä asiakirjoja.

Varsinainen tutkimus on kokeen toteutusta, mittaamista ja tulosten muistiin merkitsemistä. Tästä johtuen itse kenttäkokeeseen ei kuulu johtopäätösten tekeminen. Opinnäytetyönä tehtävään raporttiin voidaan hyvinkin sisällyttää kehittämisen arviointi johtopäätöksineen, mutta itse kenttäkokeen suoritukseen se ei kuulu. Lisäksi on varmistuttava siitä, että koe tehdään tarkoin suunnitelman mukaisesti, ja että kaikki tarvittavat asiat saadaan dokumentoiduksi.

Kenttäkokeet herättävät usein mielenkiintoa puolustusvoimien henkilökunnassa, työskennelläänhän tällöin tavallisesti uuden tai kehitettävän asian parissa. Ulkopuoliset henkilöt tulee ohjata sellaiseen paikkaan, että kokeen toteutus ei häiriinny. Kesken kenttäkoetta ei saa lähteä muuttamaan suunnitelmaa vain sen takia, että ulkopuolinen henkilö niin haluaisi.

Tutkimuksen toteutus ja johtaminen perustuu hyvään suunnitelmaan. Useimmiten kenttäkokeen johtaja osallistuu koesuunnitelman laatimiseen. Seuraavassa on yhteenvetona muistilista kenttäkokeen johtajalle ja suunnittelijalle huomioon otettavista asioista:

1. Testataan käyttäjän vaatimusten mukaiset kohteet. Laaditaan ja esitellään suunnitelma.
2. Määritetään ja sovitaan aikataulut eri yhteistyöosapuolten kanssa.
3. Laaditaan turvallisuussuunnitelma.
4. Valitaan henkilöstö.
5. Kartoitetaan alue, materiaalit ja varastotilat.
6. Huolehditaan kuljetuksista ja niiden suojauksesta.
7. Dokumentoidaan ja raportoidaan tulokset.

4.4 Koetoiminta Koeampumalaitoksessa

Kenttäkoetta ei pidä sekoittaa Koeampumalaitoksessa suoritettavaan koetoimintaan [2], jossa tutkimusmetodeina käytetään muun muassa mittausta ja testausta.

Koetoiminta liittyy tuotteiden tai prototyyppien testaukseen. Se jakautuu toiminnallisuuden ja turvallisuuden testauksiin sekä suoritusvaatimusten ja vastaanottovaatimusten todentamiseen. Koetoiminnalla varmistetaan tuotteen eli asejärjestelmän tai sen osan ampumatoimintaan liittyvien suoritusarvo- ja käyttöturvallisuusvaatimusten täytyminen ennen kenttäkokeita.

Koetoiminta käsittää koeammuntoja, polttokokeita, räjäytyksiä (vast.), olosuhdetestejä tai muita kokeita, joita suoritetaan Koeampumalaitoksen johdolla koeammuntamääräyksen tai olosuhdetestikäskyn perusteella. PvMatLE antaa nämä käskyt, missä myös suurin osa suoritettavista testeistä suunnitellaan ja saadut tulokset analysoidaan. Merivoimat, Ilmavoimat ja kotimainen puolustusvälineteollisuus suunnittelevat omat Koeampumalaitoksessa toteutettavat testinsä.

Koeammunnat eivät ole taistelu- tai koulutusammuntoja eivätkä kenttäkokeita. Koetoiminta on työsuojelusäädösten alaista toimintaa. Tämän takia koetoimintaa ei saa toteuttaa kenttäkokeena, joita työsuojelumääräysten sijasta koskevat varomääräykset. Työsuojelumääräysten mukaan työnantaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että työntekijän terveys tai henki ei vaarannu työtehtävissä. Koetoiminnan toteuttaa tämän takia pääsääntöisesti Koeampumalaitoksen palkattu henkilöstö. Varusmiesten käyttö räjähdetöissä on kielletty.

5 LOPUKSI

Tieteellisen tutkimuksen tarkoitus on tuottaa uutta tietoa. Tekniikan tutkimuksen tarkoituksena on sitä vastoin usein tarkoitus kehittää uusi väline tai menetelmä. Tekniikassa ei tämän takia kiinnitetä tutkimusmetodeihin yhtä suurta huomiota kuin esimerkiksi humanistisissa tieteissä.

Asiakirjatutkimuksella on pitkät perinteet upseerien opinnäytetöissä. Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksella on ryhdytty ohjaamaan opiskelijoita myös muiden metodien käyttöön. Tällaisia ovat muun muassa matemaattinen analyysi, vertailu, mallinnus, simulointi, mittaus, suunnittelu, käyttäjäkeskeinen suunnittelu, toteutus, testaus sekä tässä artikkelissa lähemmin esitetyt kenttäkoe ja vaatimusmäärittely.

Tutkimusmenetelmien aito käyttö opinnäytetöissä edellyttää myös töiden ohjaajien koulutusta ja ohjaamista puolustushaara-, toimiala- ja aselajikouluissa – tekniikan laitoksen oman opettajiston lisäksi. Työ kannattaa tehdä. Sen avulla teknisesti suuntautuneiden upseerien opinnäytetöitä lähennetään teknisten yliopistojen ja korkeakoulujen opinnäytetöihin – myös käytettyjen metodien osalta: murros on alkanut.

Professori, dosentti, filosofian tohtori Jorma Jormakka on Teknillisen Korkeakoulun Tietoliikennelaboratorion professori ja yhteisprofessuurisopimuksen myötä Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksen sotatekniikan professorina. Hänen erityisalueinaan Maanpuolustuskorkeakoulussa ovat tutkijakoulutus ja johtamisjärjestelmätekniikka.

Yleisesikuntaeversti, tekniikan lisensiaatti Esa Lappalainen palvelee Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksen johtajana.

Yleisesikuntakomentajakapteeni Auvo Viita-aho palvelee Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksen tekniikan opettajana. Hänen erityisalueenaan Maanpuolustuskorkeakoulussa on johtamisjärjestelmätekniikka ja materiaallinen valmius, ja hän on tekniikan lisäopintojen kurssin johtaja ja vastuuopettaja.

Insinöörimajuri, diplomi-insinööri Pekka Tuovinen palvelee Maanpuolustuskorkeakoulun tekniikan laitoksen tekniikan opettajana. Hänen erityisalueenaan Maanpuolustuskorkeakoulussa on sotatekniikkaan liittyvä operaatioanalyysi sekä asetekniikka ja ballistiikka.

LÄHTEET

- ¹ Kenttäkokeet. Maj Matti Honkelan luento MpKK:lla 2002. Julkaisematon.
- ² Koetoiminta Koeampumalaitoksessa, PEmat-os PAK YL 02:08.
- ³ Lappalainen, Esa ja Jormakka, Jorma (toim.): Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa. MpKK:n tekniikan laitoksen julkaisusarja 5, julkaisu nro 1. 202 s. Edita Oy, Helsinki 2004. ISSN 1795-3294, ISBN 951-25-1540-7.
- ⁴ Lappalainen, Esa ja Jormakka, Jorma: Tiede ja Ase nro 61. Katsaus tekniikan tutkimusmenetelmiin Maanpuolustuskorkeakoulussa. Suomen Sotatieteellisen seuran vuosijulkaisu n:o 61, 2003, s. 202-230. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2003. ISSN 0358-8882.
- ⁵ Maavoimien materiaalihankkeiden suunnittelu ja toteutus, PEmat-os PAK YL 01:03.
- ⁶ Maavoimien materiaalin hyväksyminen sotavarusteeksi ja harjoitusmateriaaliksi, PEmat-os PAK YL 02:01.
- ⁷ Panssariprikaatin suunnitelma R2447/12.2/D/III/25.5.2000.
- ⁸ Vaatimukset ja niiden hallinta puolustusvoimissa, PEop-os ohje 25.2.2003 (Luonnos). Alkuperäislähteet Iso/IEC 15288 ja Requirements Analysis for Technology Base Projects and Product Development (Halligan Corporation Pty, Ltd 2002).

LIITE: ESIMERKKI KENTTÄKOESUUNNITELMASTA

Alla oleva ote on hieman muokattu Panssarikoulun laatimasta kenttäkoesuunnitelmasta [7]. Suunnitelma on myös esimerkki siitä, että kenttäkokeet joudutaan usein yhdistämään muuhun toimintaan, tässä tapauksessa harjoitusrakettiaseen käytön koulutukseen.

LÄMPÖKAMERAN KENTTÄKOESUUNNITELMA PSTOHJ 1/00 -HARJOITUKSESSA

1 YLEISTÄ

Kannettavien lämpötähistimien kenttäkoe toteutetaan valtakunnallisessa panssarintorjuntaharjoituksessa 1/2000 Rovajärvellä x.x. – x.x.xxxx. Lisäksi harjoituksessa koulutetaan ohjusyksiköiden kouluttajille 112-63 RSKES APILAS harjoitusrakettiaseen käyttö ammunnoissa. Kouluttajat ampuvat myös totuttautumisammunnan.

Kenttäkokeen, koulutuksen, ammunnat ja johtaa kapteeni XX Panssarikoulun tutkimus- ja kehittämisosastosta.

2 PÄÄMÄÄRÄ JA TAVOITE

Ohjusammuntojen ja koulutustasomittauksen yhteydessä toteutettavan kenttäkokeen päämääränä on saada vertailukelpoista tietoa eri lämpötähistinten erottelukyvystä ja käytettävyydestä harjoitusten mukaisissa maali- ja käyttötilanteissa.

Harjoitusrakettiaseen koulutuksen ja ammunnan päämäärä on opettaa koulutettaville koulutuskäyttöön tuleva 112-63 RSKES APILAS harjoitusrakettiase, a-tarvike sekä ammunnan varomääräykset. Panssarikoulu järjestää Hautainmaalla totuttautumisammunnan. Koulutuksen perusteella kouluttajat saavat muodollisen pätevyyden rakettiaseella suoritettavien ammuntojen päiväkäskytystä varten.

3 HENKILÖSTÖ JA KUSTANNUKSET

Kenttäkokeen johtaja	Kapteeni XX. Puh nn.
Asianhoitajat (Apilas)	Insinööri YY. x.x-x.x. PvMatlEatarv-os maksaa. Puh nn.
Asianhoitaja (Lämpökamera)	TkT ZZ. Puh nn. x.x.-x.x. PvMatlEel-os maksaa.

Kokeen johtajan apul (OTO)	Teknkapt TT.
Telakuorma-auton kulj	Varusmies/leirijoukot.
Kenttäkokeen kustannukset ovat seuraavat:	
- henkilöstökulut	x mk,
- matkat ja majoittuminen	x mk,
- ajoneuvo- ja polttoainekustannukset	x mk,
- yhteensä	x mk.

4 TOTEUTUS

4.1 Valmistelut

Materiaalin varaaminen: kapteeni XX tuo PsK:lta kaluston, mikäli laitevalmistajat ovat toimittaneet kaiken kaluston kenttäkoetta varten.

Siirtyminen Rovajärvelle x.-x.x.

Henkilöstön perehdyttäminen x.x. ja x.x.

Ammuntojen valmistelut x.x.

Kenttäkoejärjestelyiden valmistelut x.x.

4.2 APILAS-harjoitusrakettiammunnat

Ammuntojen ja koulutuksen valmistelu ja testipaikkojen tarkastus x.x. KuoAseV toimittaa PsK:lle yhden täydellisen harjoitusrakettiaseen viikolla xx. Teknkapt TT (KarPr) vastaa loppujen viiden rakettiaseen tuonnista Rovajärvelle.

PvMatlEatarv-os vastaa harjoitusrakettien saamisesta ampumaleirille.

Koulutus- ja totuttautumisammunnat ammutaan 112-63 RSKES APILAS-aseella Hautainmaalla valmistelupäivänä x.x.xxxx. Ampumapaikka ja varoalue suunnitelman LIITTEESSÄ (ei tässä artikkelissa). Ammunaan varattu 20 kpl harjoitusraketteja.

Ohjusleirin ammunnanjohtajan koulutus toteutetaan 112-63 harjoitusrakettiaseelle varusmiesten ammunnassa x.x.xxxx. Varusmiesten ammuntoihin varattu 40 kpl harjoitusraketteja.

4.3 Lämpökameratesti

Leirillä testataan neljää eri tyyppistä lämpötähyntä (Lion, Matis, Sophie ja Intim). Kaikki testitilanteet nauhoitetaan kapt XX:n mukanaan tuomilla laitteilla tulosten myöhempää analysointia varten.

Ohjustulen tähystystesti suoritetaan ammunnanjohtajan kanssa sovittavalla tavalla. Lisäksi kuvataan ohjuskomppanian tuliasematoiminnan lämpöheräte ”vihollisen silmin” taistelutoiminnan aikana.

Koulutustasokilpailussa Heinuvaarassa testataan eri lämpökameroiden erottelukyky ohjusjoukkueen tuliasematoiminnan aikana simulaattoriammunnassa. Kuvaus suoritetaan simulaattorimaalin tasalta. Tähystystestit suoritetaan Heinuvaaran – Hautainmaan alueella x.– x.x.xxxx.

Erillinen lämpökameran erottelukykytesti suoritetaan x.x. Kypärä-Hirvaselän alueella etäisyyksille 100 m – 5000 m. Maalina telakuorma-auto ja jalkaväkitaistelija.

Paluu Rovajärveltä x.– x.x.xxxx.

4.4 Tulosten raportointi

Kenttäkokeiden tulokset raportoidaan PEjv-os:lle x.x.xxxx mennessä. Kenttäkokeista saatu informaatio ja tulokset taltioidaan lisäksi Panssarikoulun tutkimus- ja kehittämisosastolla.

Ammuntojen tulokset ilmoitetaan leirin aikana. Perehdyttämisammuntoihin osallistuneen henkilöstön osalta tulokset toimitetaan ammuttamisoikeuksien päiväkäskyttämisen perusteiksi myös koulutettavan henkilöstön joukko-osastoille (vast.) x.x.xxxx mennessä.

5 MAKSUPERUSTEET

Ampumakoulutus ja kenttäkoe suoritetaan sotilaallisena harjoituksena. Kustannukset korvataan PsK:n menokohdalta xxxx.

Yksittäisen virkamiehen osalta sotaharjoituskorvaukseen oikeuttava aika alkaa virkamiehen ilmoittautuessa harjoitusjoukon mukaan hänen ryhtyessään hoitamaan tehtävänsä harjoitusjoukon osana. Korvaukseen oikeuttava aika päättyy virkamiehen poistuessa joukosta ja tehtävästään harjoitukseen välittömästi liittyneiden huoltotoimenpiteiden tultua suoritetuiksi.

Esimerkki kenttäkoesuunnitelmasta -liitteen

LIITE: KENTTÄKOEEN TUTKIMUSKYSYMYKSET

1. Miten eri ikkunalla ja eri toimintaperiaatteella toimivan lämpökameran kuva näkyy eri etäisyyksille erilaisissa tilanteissa?

1.1. Ohjustulen tähystys tuliasemasta maaliin asti.

1.2. OhjK:n lämpöheräte tulitoiminnan aikana ”vihollisen silmin”.

1.3. Ohjuspartion tuliasemaan ryhmittäminen simulaattoriammuntaa varten.

2. Mikä on eri lämpökameroiden erottelukyky etäisyyksille 100 m–5000 m, maalin havainto/luokittelu/tunnistus?

Abstract**THE NATIONAL DEFENCE COLLEGE IN THE MIDDLE OF CHANGE OF RESEARCH METHODS FOR TECHNOLOGY**

Jorma Jormakka, Professor, Ph.D., Esa Lappalainen, Colonel G.S., Lic. Techn., Auvo Viita-aho, Lt.Cdr., Pekka Tuovinen, Major (Eng)

Research in technology differs to some extent from research in science. The differences are caused by the different goal: science creates new knowledge and modifies our view of the universe, while the goals of technology is to create methods and constructions which help us control the world.

This article tries to illustrate research in technology by a fictive example. Starting from an idea for a new weapon system, the phases which are needed before a new weapon system is realized, demonstrate the need for different research methods: for instance mathematical modelling, simulation, testing, measurement, design, implementation, testing and piloting are all needed in this process.

Literature study is by far the most common research method used in theses at the National Defence College. Every research work contains a literature survey and student works are required to have an extensive part describing the existing body of knowledge based on the literature. However in a minor part of the works other research methods than a literature study is used.

There exists no generally agreed list of research methods for technology. This article proposes that in addition to the methods in science, such as mathematical modeling, simulation and measurements, also the methods used in different stages of product development should be considered as research methods in technology. These methods include for example design, implementation, testing including field tests, comparison, requirement analysis and evaluation including requirement definition. Several of the more technical research methods are fully possible also in officer education, especially in the new thesis of Master of Military Sciences with technology.

Defining requirements is a well proven method for improving the quality of a product especially in large procurements. It is basically hard work that has to be done prior to system specification and design. In our position as a customer it is the main tool for making us understood by the system supplier/manufacturer. Defining requirements is nothing new, but the way to do it systematically – has been established in the Finnish Defence Forces quite recently.

This review shortly explains the main principles while defining requirements. The wanted characteristics of the requirements are explained, are also the attributes that should be attached to every requirement. A table of contents is given as an example as well.

Defining requirements is divided into three steps in order to make it easier to work systematically. The basic guidelines are given to gather, analyze and edit the requirements. The need for experience and precision is emphasized.

A short review of field tests is given with a point in view in introducing the officers to the meaning, planning and conducting of field tests. Field tests as a part of the procurement process is explained because they are an important part in developing new materiel or in an evaluation phase of different competing systems. The new materiel to be procured has to be field tested before being accepted for in-service use. Examples of different kinds of field tests are given. Practical advice in planning and conducting of field tests is given with an emphasis on writing a good test plan. A check list is given where the most important points are a precise definition of the test goals, safety and documentation of the results. Also included is a good real test plan as an example. The differences between field tests and technical tests or firings conducted by the Test Firing Centre are explained.

Col Lappalainen is the head of the Department of Technology at the National Defence College. Prof. Jormakka is a professor of telecommunications at the Helsinki University of Technology and a professor of military technology at the National Defence College. Lt.Cdr Viita-aho is an instructor of the Department of Technology at the National Defence College. Major (Eng) Tuovinen is an instructor of the Department of Technology at the National Defence College.