

Järjestelmät — informaatio — ihminen

Yleisesikuntaeverstilutnantti Martti Kumpula

”Ein Jahrhundert, das sich bloss auf die Analyse verlegt und sich vor der Synthese gleichsam fürchtet, ist nicht auf dem rechten Wege; denn nur beide zusammen — — — — machen das Leben in der Wissenschaft.”

Goethe

JOHDANTO

Valkoinen — musta, humanistinen — luonnontieteellinen, taktinen — tekninen, osat — kokonaisuus, analyysi — synteesi. Vastakohtasettelu näyttää erottamattomasti liittyvän inhimilliseen ajatteluun. Ehkä tämä ainakin osittain johtuu siitä, että tietomme on vajavaista. Jo apostoli Paavali oli tästä syvästi tietoinen. Hän julistikin korintolaisille, että tieto katoaa, ”sillä tietomme on vaillinaista ja profetoimisemme vajavaista”. Samalla hän kuitenkin esitti ennustuksen: ”mutta kun tulee se, mikä täydellistä on, katoaa se, mikä on vajavaista. — — — nyt me näemme kuin kuvastimesta, arvoituksen tavoin, mutta silloin kasvoista kasvoihin; nyt minä tunnen vajavaisesti, mutta silloin minä olen tunteva täydellisesti, niinkuin minut itsenikin täydellisesti tunnetaan”.¹⁾

Myös tieteellisen ja varsinkin kokemusperäisen tiedon osalta on tiedemiehiä vaivannut sama tietoisuus tiedon vajavuudesta — että se käsittää vain osia, eikä kokonaisuuksia. Ehkäpä juuri tuo vajavuuden

¹⁾ 1.Kor. 13: 9, 10, 12

tunne onkin pakottanut heidät vuosisatojen kuluessa yhä enemmän tavoittelemaan kokonaisuuksia, pyrkimään analyysin kautta synteesiin. Vuosisatamme vaihteessa ja sen jälkeen on mm psykologian alalla todettavissa koulukuntia kuten hahmopsykologia, persoonallisuuspsykologia ja holistinen psykologia, jotka vastakohtana mekanistisille käsityksille pyrkivät dynaamiseen, holistiseen, kokonaisvaltaiseen käsitykseen ihmisestä ja ihmispersoonasta. Näitä koulukuntia edustivat mm nimet Wertheimer, Koffka, Köhler, Lewin, McDougall, James ja akateemikkovainajamme Eino Kaila. Toisen maailmansodan jälkeisissä yhteiskunnallisissa pyrkimyksissä meillä Suomessa voimme todeta sellaisten seikkojen kuten valtakunnan suunnittelu, kokonaisratkaisut ja totaalisen maanpuolustuksen kurssit olevan todistena yhä kasvavasta tarpeesta kokonaisvaltaiseen ajattelutapaan.

Toisen maailmansodan aikana sai tietoisesti alkunsa operaatioanalyysi eli menetelmätutkimus, jossa analyysin kautta pyritään kokonaisuuden mahdollisimman tehokkaaseen toimintaan. Aseiden ja niihin liittyvien laitteiden kehittyminen yhä monimutkaisemmiksi toisen maailmansodan jälkeen, automation lisääntyminen ja teknisen kehityksen jatkuva nopeutuminen ovat tekijöitä, jotka jo lähes parin vuosikymmenen ajan ovat pakottaneet sotilaat ja sotilastiedemiehet näkemään sodankäynnin välineet laajempina kokonaisuuksina, järjestelminä, jotka on kokoonpantu toisiinsa toiminnallisesti liittyvistä osista ja joissa kokonaisuus, järjestelmä — kuten ihmisessäkin — on enemmän kuin osat yhteensä ja hallitsee osien toimintaa.

Tämän katsauksen ensimmäisessä osassa tarkastellaankin järjestelmiä, niiden suunnittelua, kehittämistä ja tekniikkaa. Myös sotilaan pyrkimystä osista kokonaisuuteen — aseista asejärjestelmiin — valaistaan esimerkein. Järjestelmien johtamiseenkin viitataan jo tämän osan lopussa, joskin sitä käsitellään hieman laajemmin vasta katsauksen toisessa, informaatiota käsittelevässä osassa.

"Tieto on valtaa". Tällä lentäväksi lauseeksi muodostuneella sanonnallaan Francis Bacon tarkoitti tietynlaista "insinööritaitoa", kykyä puuttua säätelevästi luonnonilmiöihin käyttäen hyväksi niistä hankittua tietoa.¹⁾ Lähinnä tässä mielessä onkin tieto, informaatio käsiteltävä järjestelmiä — niin luonnon järjestelmiä kuin ihmisen suunnit-

¹⁾ von Wright (1963), 14

telemia teknisiä järjestelmiäkin — ylläpitävänä ja johtavana peruselementtinä. Tähän informaation osuuteen — myös maanpuolustusjärjestelmien johtamisen perustekijänä — onkin katsauksen toisessa osassa asetettu painopiste.

Ennen järjestelmien valvontakysymyksen tutkistelua tarkastellaan kuitenkin lyhyesti informaation luonnetta ja viitataan tiedon ja tiedonvälityksen matemaattiseenkin teoriaan sen perustavaa laatua olevan merkityksen vuoksi, mikä tällä teorialla on ollut ja on tulevaisuudessakin informaatio- ja viestitusjärjestelmien kehittämisessä. Järjestelmillä ja myös kolmannessa osassa käsitellyillä bioteknisillä probleemeilla on niinkään matemaattinen teoriansa. Niiden käsittely ei kuitenkaan ole ollut katsauksen tarkoituksena — eikä kirjoittajan käsiteltävissäkään. Päämääränä on ollut ainoastaan yleiskatsauksen antaminen. Niitä varten, jotka haluavat perehtyä syvällisemmin esitettyjen asiakokonaisuuksien matemaattiseen teoriaan, on tekstissä viitattu sopiviin lähdeluettelon kohtiin.

Informaation sisällöllä, sen merkitykseen liittyvällä eli semanttisella puolella samoin kuin tiedotustoiminnan perimmäisillä tavoitteilla sen sijaan on esimerkiksi opetus- ja koulutustoiminnan kannalta varsin suuri käytännöllinen merkitys. Niillä onkin näin ollen katsauksessa luonnollinen sijansa. Samasta syystä on informaation ”räjähdysmäisestä” kasvusta johtuvaan mm yhä kiristyvällä vauhdilla lisääntyvän teknisen tietouden hallitsemisprobleemiin kiinnitetty huomiota. Onhan se muodostunut perin tärkeäksi ratkaistavaksi probleemiksi meidän maanpuolustusjärjestelmässämmekin.

Tarkasteltaessa informaation osuutta järjestelmien valvonnassa keskitytään lähinnä automaattisen valvonnan osuuteen. Syy tähän on siinä, että jatkuvasti lisääntyvä automatio lyö selvän leimansa myös asejärjestelmiin, niiden osajärjestelmiin ja valvontaan. Tällöin joudutaan myös toteamaan, että sellaisissa laajoissa järjestelmissä — joita ilmapuolustusjärjestelmäkin asejärjestelmänä edustaa — aikavakio ja tehokkaan valvonnan edellyttämä tietojen määrä ovat sitä suuruusluokkaa, että vain elektronisten tietojenkäsittelylaitteiden avulla voidaan johtamisessa päästä tyydyttävään tulokseen. Elektroniselle automaattiselle tietojenkäsittelylle on myös meidän maanpuolustusjärjestelmässämme jo nyt löydettävissä useampiakin sovellutusaloja.

Huolimatta automaattisen tietojenkäsittelyn kasvavasta merkityksestä on ihmisen osuus tietojen käsittelijänäkin, mutta ennen kaikkea järjestelmien toiminnan päämäärien asettajana, järjestelmien suunnittelijana, kehittäjänä ja ohjelmoitsijana kuitenkin aivan perustavaa laatua — nyt ja tulevaisuudessakin. Järjestelmät ovat sitäpaitsi — ihmisten tekemät — tarkoitettut juuri ihmistä itseään varten. Ihminen on kaiken lisäksi vielä oleellinen osa monissa automatioltaan hyvinkin pitkälle viedyissä teknisissä järjestelmissä. On näin ollen ollut perusteltua aihetta omistaa katsauksen kolmas osa ihmisen osuudelle järjestelmissä.

Teknisten järjestelmien ollessa asejärjestelmiä ajatellen sotilaallisessa mielessä kenties mielenkiintoisimpia, on bioteknisille ongelmille eli niille pulmille, jotka aiheutuvat ihmisten sopeutumisesta tai sopeuttamisesta ihminen—kone järjestelmään, omistettu erityinen huomio. Samasta syystä on tässä yhteydessä omana erikoistapauksena lyhyesti sivuttu myös ihminen—tietokone-suhdetta. Näiden tarkastelujen yhteydessä on samalla suoritettu eräitä ihmisen ja koneen välisiä suorituskykyvertailuja.

Koska ihmisen sopeutuminen teknisiin järjestelmiin yhtenä niiden osana ei ole vailla varsin monitahoista problematiikkaa, onkin osan lopussa tarkasteltu eräitä järjestelmäkoulutukseen liittyviä kysymyksiä. Käytettävissä olleet lähteet ovat sallineet viitata eräisiin sotilallisiinkin järjestelmäkoulutussovellutuksiin.

Lähdeviittauksissa ja lähdeluettelossa lukijan huomio saattaa kiinnittyä anglosaksisen lähdeaineiston huomattavaan osuuteen muunkieliseen verrattuna. Vaikka siihen saattaa olla syynä kirjoittajan luontumuksilla, voi syynä olla myöskin se, että nyt esillä olevia kysymyksiä on ehkä juuri anglosaksisissa maissa eniten tutkittu. Alkulähteetkin — kuten informaatioteorian ja kybernetiikan — ovat useassa tapauksessa sieltä löydettävissä. Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä viitata mm venäläiseen julkaisusarjaan *Problemyi Kibernetiki*, biotekniikan alan bibliografiaan *Ronco & Sawyer (1962)*¹⁾ sekä abstraktijulkaisuun *Automation Express*. Ne jo osoittavat että katsauksen aihe-

¹⁾ Ronco, Paul G and Sawyer, Herbert: A Survey of Russian Literature Related to Human Factors Engineering. Human Factors Vol 4, N:o 3, June 1962, 107—123

piirit ovat myös Neuvostoliitossa erittäin laajan mielenkiinnon ja tieteellisen tutkimustyön kohteina.

Katsauksen aihepiirit liittyvät varsin läheisesti tekniikkaan — käsitelläänhän tässä nimenomaan teknisiä järjestelmiä ja niiden ominaisuuksia. Aihetta ei kuitenkaan ole käsitelty sanan varsinaisessa merkityksessä tekniseltä kannalta. Huomio ei niinkään ole ollut laitteissa, alan "hard ware"-puolella — käsite, joka anglosaksisessa kielenkäytössä merkitsee juuri laitteita, välineitä ja niihin liittyvää tekniikkaa. Huomion painopiste on sensijaan asetettu pääasiassa ns "software"-puoleen eli kaikkeen siihen, mikä liittyy teknisten laitteiden ja niistä koostuvien järjestelmien loogiseen rakenteeseen, järjestelmien analysointiin, suunnitteluun, ohjelmointiin, henkilöstön koulutukseen jne.

Käsitellyt asiaryhmät eivät suinkaan ole täysin uusia. "Mikään järjestelmä ei ole täysin uusi", kuten mm prof Choras toteaa.¹⁾ Kuitenkin on katsauksessa käsiteltyihin asiakokonaisuuksiin ruvettu kiinnittämään suurempaa huomiota vasta II maailmansodan aikana ja sen jälkeen. Meillä on maanpuolustusjärjestelmä entistä enemmän teknistymässä. Ainakin ilmapuolustusjärjestelmämme osalta tämä teknistyminen jo on saavuttanut tai saavuttamassa asteen, jolloin järjestelmänärkevä hallinta, suunnittelu ja edelleen kehittäminen eivät enää ole mahdollisia ilman nykyaikaisen järjestelmäanalyysin, informaatiotekniikan ja biotekniikan menetelmiä. On itse asiassa kyse modernin ajattelutavan omaksumisesta myös oman maanpuolustusjärjestelmämme kohdalla.

Sovellettaessa uutta vanhaan on luonnollisesti koetettava pidättäytyä radikaalisista johtopäätöksistä ja toimenpiteistä. Katsauksessa käsitellyt asiat eivät kuitenkaan enää ole niin uusia, etteikö varovaisia johtopäätöksiä siitä, mihin muutoksiin ne omassa maanpuolustusjärjestelmässämme antavat aihetta, voitaisi tehdä. Kukin katsauksen kolmesta luvusta päättyykin eräisiin johtopäätöksiin, minkä lisäksi katsauksen loppupäätelmissä on viitattu näkökohtiin, joihin esillä oleviin asioihin toivottavasti myöhemmin kohdistetussa yksityiskohtaisessa tutkimuksessa olisi kiinnitettävä erityistä huomiota — tämä lyhyt katsaushan on itse asiassa vasta vain lähinnä asialuettelo. — Käsiteltyjen asia-

¹⁾ Choras (1962), 7. 11.

ryhmien laajakantoisuudesta ja merkityksestä maanpuolustusjärjestelmämme kehittämistä ajatellen on tämän kirjoittaja kuitenkin jo katsausta laatiessaan tullut vakuuttuneeksi. Jos katsaus on vaikkapa osittain omiaan herättämään samaa vaikutelmaa myös sen lukijoissa ja jos se on omiaan antamaan virikkeitä käsiteltyjen asioiden jatkotutkimuksille, silloinhan se olisikin saavuttanut tarkoituksensa.

1. JÄRJESTELMÄT

"The Scope of the Process is
larger than the Machine"

Thorstein Veblen

1.1. MENETELMATUTKIMUS

"Mikään tiede ei koskaan ole syntynyt jonakin tiettyinä päivinä. Jokainen tiede kehittyy silloin kun mielenkiinnon kasvaessa tietyn-tyyppisiä probleemeja kohtaan samanaikaisesti kehitetään tieteellisiä menetelmiä ja välineitä, joilla näitä probleemeja pystytään ratkaisemaan."¹⁾ Tämä pitää paikkansa myös sotatieteisiin nähden ja siihenkin sotatieteiden haaraan, joka kohdistaa huomionsa sotilaalliseen toimintaan, nimittäin operaatioanalyysiin eli menetelmätutkimukseen.²⁾ Jo kolmannella vuosisadalla e Kr Syrakusan kuningas Hieron kääntyi Arkhimedeen puoleen saadakseen neuvoja roomalaisten toimeenpaneman Syrakusan kaupungin merisaarron murtamiseksi. I maailmansodan aikana englantilainen F W Lanchester julkaisi kirjan, jossa hän selvitteli lukumääräisen ylivoiman ja tuliyylivoiman osuutta voiton saavuttamisessa.³⁾ Menetelmätutkimus oli hänelle kuitenkin vielä vain harraste, eikä sillä ollut mitään vaikutusta I maailmansodan operaatioihin.

Vasta II maailmansodan aikana, aluksi Englannissa ja myöhemmin

¹⁾ Churchman (1957), 3

²⁾ Molempia nimityksiä käytetään meillä vielä rinnan, joskin menetelmätutkimus-sana on alkanut vakiintua yhä enemmän sotilaalliseen sanastoomme.

³⁾ Lanchester (1916)

myös Yhdysvalloissa alettiin tuntea suurempaa mielenkiintoa sotilaallisen toiminnan tieteellistä tutkimista kohtaan. Samalla ruvettiin myös kehittämään tieteellisiä menetelmiä ja keinoja sotatoimien tehostamistutkimuksien yhteydessä esiintulleiden probleemien ratkaisemiseksi. Näin voidaan menetelmätutkimuksen eli operaatioanalyysin (*operational research, operations research*), joksi sitä silloin jo nimitettiin, saaneen varsinaisesti alkunsa Englannissa II maailmansodan alkuvuosina 1939—41.¹⁾ Eräät ensimmäisistä menetelmätutkimuksen kohteina olleista problemeista liittyivät ilmapuolustuskysymyksiin ja nimenomaan tutkien ja it-yksikköjen yhteistoiminnan koordinointiin. Nämä tutkimukset pani alulle Englannin itjoukkojen komentajan kenraali Pile'n aloitteesta professori P M S Blacket, jota voidaankin pitää eräänä operaatioanalyysin uranuurtajista. Hänen myöhemmin julki-suuteen saatetut kaksi kirjoitustaan "Scientist's at the Operational Level" (1941) ja "A Note on Certain Aspects of the Methodology of Operational Research" (1943)²⁾ ovat niinkään eräät ensimmäisistä tämän tieteellisen menetelmän teoreettisista tarkasteluista.

Operaatioanalyysi, menetelmätutkimus on tieteellinen metodi, jonka tarkoituksena on antaa johtajalle kvantitatiiviset, luvuin ilmaistavissa olevat perusteet hänen tehdessään johdettavanaan olevia toimintoja — operaatioita — koskevia päätöksiä.³⁾ On siis kyseessä siirtyminen johtajan päätöksentekoprosessissa intuitioon, sisäiseen havaintoon ja vakaumukseen perustuvista "minusta tuntuu, näyttää ilmeiseltä, olen vakuuttunut" jne. päätelmistä tieteellisiin, luvuin ilmaistavissa oleviin toteamuksiin. "Jos voit mitata sen mistä puhut ja ilmaista sen numeroin, silloin todella tiedät jotakin asiasta" sanoo lordi Kelvin'kin.⁴⁾ Kun sotilasjohtajan esimerkiksi on valittava kahden asejärjestelmän välillä, voi menetelmätutkija helpottaa johtajan päätöksen tekoa ilmoittamalla, kuinka paljon suurempi todennäköisyys on asejärjestelmällä A tuhota vihollinen tietyissä olosuhteissa verrattuna asejärjestelmään B. Pystyäkseen tällaisia todennäköisyyslukuja ilmoittamaan on menetelmätutkijan rakennettava matemaattinen malli tutkimuksen kohteena olevasta toiminnasta, joka voi olla esim vihollisen

¹⁾ McCloskey and Treffethen (1954), 5—6

²⁾ Blacket (1948, 1952 and 1955)

³⁾ Morse and Kimball (1951, 1958), 1

⁴⁾ Freedman (1950), 15

pommituskoneen tuhoaminen ilmapuolustusjärjestelmällä. Malliin on sisällyttävä oleellimmat ratkaistavaan tilanteeseen vaikuttavat tekijät todellisuutta vastaavissa suhteissaan. Kun malli ratkaistaan sijoit- taen vuoroin kummankin vertailtavana olevan asejärjestelmän arvot todellisuutta kuvaavaan yhtälöön, saadaan lukuarvot, jotka sitä parem- min ilmaisevat vertailtavien asejärjestelmien suhteellisen arvon, mitä enemmän malli on onnistuttu rakentamaan todellisuutta vastaavaksi.

Menetelmätutkija siis itse asiassa laatimansa matemaattisen mallin avulla mahdollisuuksiensa mukaan jäljittelee, simuloi, todellisuutta. Tämä merkitsee tavallisesti todellisen tilanteen huomattavaa yksin- kertaistamista, idealisointia, ja menetelmätutkimuksen arvo jääkin riippumaan siitä, missä määrin juuri oleellimmat todellisen tilanteen muuttujista on osattu valita yhtälöön ja kuinka oikein niiden keskei- set suhteet menetelmätutkija analyysissään on nähnyt. Monimutkaisia malleja ratkaistessaan on menetelmätutkijan turvauduttava elektroni- siin tietokoneisiin.

Menetelmätutkimus löysi jo II maailmansodan aikana lukuisia sovel- lutuksia niin taktisten, teknisten kuin strategistenkin kysymyksien rat- kaisuja helpottamaan.¹⁾ Sen merkitystä sotilaallisen johtamisen apu- keinona osoittaa se, että nykyisin sisältyy kymmeniä, jopa satoja me- netelmätutkijoita ja heidän muodostamiaan työryhmiä, team'oja, eri maiden sotilasorganisaatioiden esikuntiin ja tutkimuslaitoksiin.²⁾ Myös siviilielämän eri aloilla on menetelmätutkimuksen antama tuki mm teollisuus- ja talouselämän kehittämiseksi vakiinnuttanut sen aseman useissa maissa eräänä johtamisen tärkeimmistä apukeinoista. Kui- tenkin itse menetelmä vasta runsaat 20 vuotta vanhana tarjoaa vielä lukuisia kehittämisen mahdollisuuksia siihen kriittisesti suhtautuville tiedemiehille. Sotilaallisia toimintoja ajatellen mm etsintä, tiedustelu, vaikka sitä jo on melkoisesti teoreettisestikin tutkittu, sisältää vielä runsaasti tutkimatonta tai vain osittain tutkittua aluetta. Sellainen on mm sähkömagneettiseen säteilyyn perustuva tiedustelu — esim tutkatiedustelu vihollisen häirinnän esiintyessä ja puolestaan viholli- sen tiedustelun estäminen tai vaikeuttaminen omalla häirinnällä.³⁾

¹⁾ Morse and Kimball (1951, 1958)

²⁾ mm Davies and Verlust (1958), 163—170 ja Huuhka (2.5.1962)

³⁾ Ackoff (1961), 477

Menetelmätutkimuksen, operaatioanalyysin tavoitteena on toiminnan optimointi, toiminnan tehon kohottaminen niin suureksi kuin mahdollista, — sama päämäärä siis kuin esim työntutkimuksella ja rationalisoinnilla. Menetelmätutkimus kohdistuu toimintajärjestelmään kokonaisuutena.¹⁾ Se on kuitenkin lähinnä jo olevan järjestelmän optimointia analyttisin menetelmin. Nämä menetelmät ovat kuitenkin useissa tapauksissa riittämättömiä. Tämä johtuu epävarmuustekijän keskeisestä osuudesta tapahtumissa — eikä vähiten sotilaallisella alalla. On epävarmuutta päämääristä, kustannuksista, asejärjestelmän suorituskyvystä, vihollisen vastatoimenpiteistä jne. Tämä epävarmuustekijä on pakottanut suuntaamaan katset analyysistä synteysiin. Tavoitteena on järjestelmän — esimerkiksi asejärjestelmän — suunnittelu sellaiseksi, että se toimisi mahdollisimman luotettavasti ja tehokkaasti mahdollisimman monissa tulevaisuudessa esiintyvissä ja järjestelmän suunnitteluvaiheessa vain hämärästi aavistettavissa olevissa olosuhteissa. Tähän tähtäävät järjestelmäanalyysi, -suunnittelu ja -tekniikka.²⁾

1. 2. JÄRJESTELMÄT, ASEJÄRJESTELMÄT, JÄRJESTELMÄTIEDE

Meille lienee useimmille tuttu tarina ihmisruumiin osista, jotka nousivat kapinaan kokonaisuutta vastaan — todetakseen kuitenkin lopulta, ettei ihminen voi tulla toimeen ilman mitään oleellisen tärkeätä osajärjestelmäänsä — kuten verenkiertojärjestelmää, ruoansulatusjärjestelmää jne. Etsiessämme esimerkkiä järjestelmästä meidän ei todella tarvitse mennä kauas. Me itsekukin olemme järjestelmä kaikkine järjestelmille luonteenomaisine ominaisuuksineen. Ihminen — kaikkine vajavuuksineenkin — on itse asiassa monimutkaisin ja nerokkain servomekaaninen järjestelmä, mitä koskaan on luotu — ainakin meidän planeetallamme. Ihminen on järjestelmä, jota tiedemiehet ja insinöörit yrittävät jäljitellä kehittäessään monia teknisiä järjestelmiä. Ihmisellä, omistamansa pienen, mutta tehokkaan tietokoneen — aivojensa — ansiosta on ja tulee aina olemaankin

¹⁾ Churchman, Ackoff, Arnoff (1957), 20—57

²⁾ Specht (1958)

ratkaiseva osa myös rakentamiensa teknisten järjestelmien, mitä moninaisimpien ihminen—kone-järjestelmien ohjelmoivana, valvovana ja johtavana tekijänä.

Järjestelmä — ihminen yhtenä niistä — on toistensa kanssa yhteistoiminnassa olevien osien tai osajärjestelmien muodostama kokonaisuus, joka on luotu tavoittelemaan tiettyä päämäärää. Mikä on ihmisen päämäärä, lienee eräs vaikeimmin vastattavaksemme asetetuista kysymyksistä. Ihminen on itselleen järjestelmänä vielä monessa muusakin mielessä mysteeriä huolimatta ihmiseen itseensä kohdistuneiden tieteenhaarojen, kuten lääketieteen, psykologian ja sosiologian, jo monesti varsin kunnioitettavista saavutuksista. Helpposelitteisempiä ovatkin esim ihmisen omia tarkoituksiaan varten luomat tekniset järjestelmät. Olemassaolon taistelua palvelevat asejärjestelmät ovat tyyppillinen esimerkki niistä.

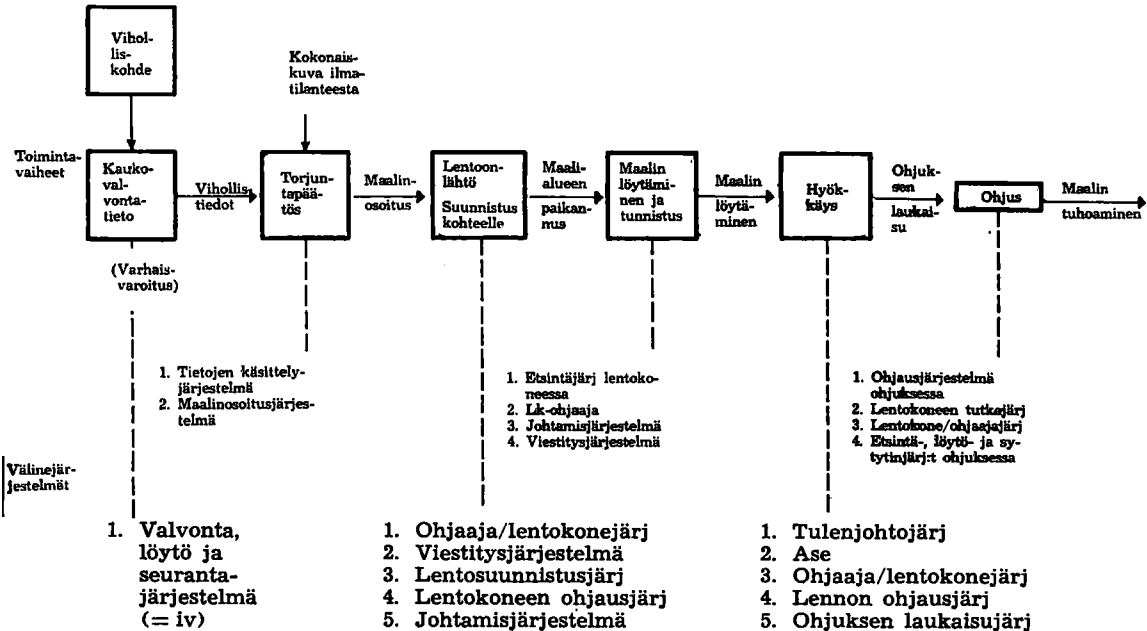
Käsite asejärjestelmä modernissa mielessä ei ole vielä kovankaan vanha. Sitä ruvettiin käyttämään näet vasta 1950-luvun alkupuolella. Ehkä suorastaan vuosi 1952 voitaisiin osoittaa sen syntymävuodeksi ja käsitteen käyttöönottajaksi USAF — Yhdysvaltain ilmavoimat. Tosinhan jo esim jousta ja nuolta tai linkoa, jolla David tappoi Goljatin, voitaisiin nimittää asejärjestelmäksi. Kuitenkin vasta Yhdysvaltain ilmavoimien v 1956 ensilentonsa lentänyt ylläänellinen pommituskone Convair B-58 Hustler lienee ensimmäinen "asejärjestelmä" sanan nykyaikaisessa mielessä.¹⁾ Sitähän on sen jälkeen kehiteltykin yli viittäkymmentä aseistusvaihtoehtoa silmälläpitäen, mikä paljastaa meille erään oleellisen piirteen nykyaikaiseen lentokoneeseen rakentuvasta asejärjestelmästä, toisin sanoen sen, että samaa lavettia voidaan tietyin osajärjestelmämuutoksien käyttäen useihin eri tehtäviin. Toisena esimerkkinä lentokoneasejärjestelmistä voidaan mainita ruotsalaisten kehitteillä oleva torjunta-, rynnäkkö- ja tiedusteluasejärjestelmä SAAB 37 *Viggen*.

Järjestelmän tarkoituksena on pystyä suorittamaan tietty *tehtävä* (*mission*)²⁾, esimerkiksi tiedustelu-, rynnäkkö- tai torjuntatehtävä. Me tiedämme kuitenkin toisaalta, että esimerkiksi lentotorjuntatehtävää ei pysty pelkkä torjuntahävittäjä sellaisenaan suorittamaan, vaan

¹⁾ Rapp (1961), 11

²⁾ Ellis — Ludwig (1962), 8

LENTOTORJUNTAJÄRJESTELMÄN TOIMINTAVAIHEIDEN KETJU
(= lentotorjunnan tulenjohton toimintavaiheiden ketju)



Lähde: Airborne Radar (Grayson Merrill-series) s 42

Kuva 1

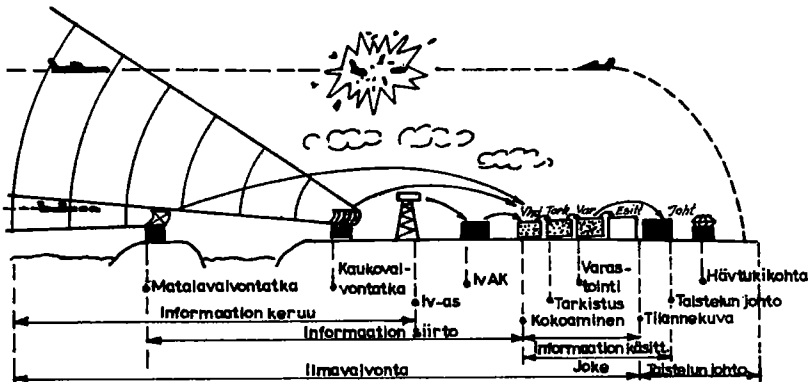
että tässä mm on kyse tyypillisestä ihminen—kone järjestelmästä, jossa hävittäjäkoneen ohjaaja on vähintään yhtä tärkeä järjestelmän osa kuin konsanaan hävittäjäkone. Nykyaikaisen hävittäjäkoneen lentoonlähtökuntoon saattaminen, sen ohjusjärjestelmien tarkistus, koneen eri alajärjestelmien tarkastukset ja huolto edellyttävät puolestaan sangen moninaista maassa olevaa laitteistoa. Torjuntahävittäjään perustuva järjestelmäkokonaisuus on kuitenkin vain eräs ilmapuolustusjärjestelmän asejärjestelmä. Ilmapuolustustehtävän suoritus edellyttää paitsi torjuntahävittäjäjärjestelmän, myös erilaisia it-ohjusjärjestelmiä, aktio-it-järjestelmiä ja suojelujärjestelmän. Ilmavalvonta-, viestitys- ja johtamisjärjestelmä ovat mainittujen asejärjestelmien lisäksi suurimmat ja tärkeimmät ilmapuolustusjärjestelmän alajärjes-

telmistä. Ilmapuolustus taas on osa aseellisesta maanpuolustusjärjestelmästä, joka on yksi totaalisen maanpuolustuskokonaisuuden osasektori. Toteamme siis järjestelmien muodostavan laajan hierarkian, jossa pienemmät alajärjestelmät ovat aina suuremman järjestelmän tiettyyn tehtävään tarkoitettuja osia.

Kuva 1 esittää lohkokkaaviona lentotorjuntajärjestelmäketjun vaiheittain alajärjestelmineen, kuvasa 2 on kaaviollinen esitys ilmavalvonnan, viestityksen ja johtokeskuksen osuudesta lentotorjuntajärjestelmässä ja kuvasa 3 on maanpuolustusjärjestelmä sektoreineen esitetty lohkokkaaviona.

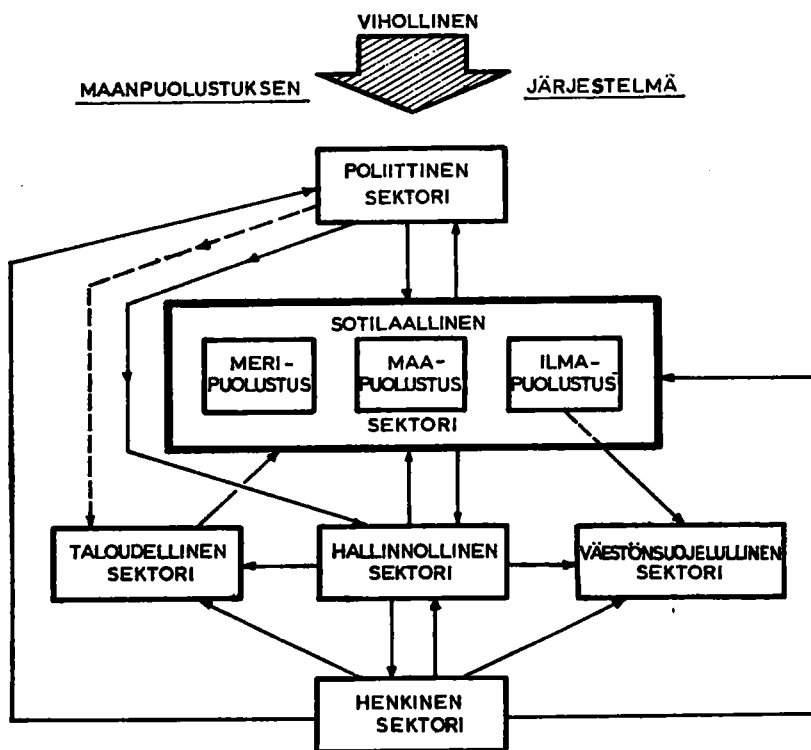
Ketju on täsmälläen niin vahva kuin sen heikoin rengas. Tämä pitää paikkansa myös osien ja alajärjestelmien muodostamiin järjestelmäketjuihin nähden. Olkoonpa, että meillä olisi vaikka kuinkakin tehokkaita torjuntahävittäjiä, mutta meiltä puuttuvat niiden tarkistus-, käynnistys- ja huoltolaitteet tai riittävä määrä niitä, niin tämän järjestelmän arvo on yhtä kuin nolla tai se on hyvin pieni. *Toimintavarmuus*, reliabiliteetti, onkin eräs järjestelmille asetettavista perusvaatimuksista. Koska sataprosenttiseen varmuuteen ei kuitenkaan koskaan voida päästä on *huollettavuus* eräs tärkeimmistä kriteereistä

ILMAVALVONTA JA TAISTELUN JOHTO



Kuva 2

Westergård, B & Sjölin, T: Flygvapnet.
Teknisk Tidskrift (1958) Arg 88, N:o 15, 382



Kuva 3

järjestelmän arvoa määrittäessä. Muita tärkeitä järjestelmille ja niiden toiminnalle asetettavia vaatimuksia ovat mm *yksinkertaisuus, joustavuus, taloudellisuus, turvallisuus ja nopeus.*¹⁾

Järjestelmiä ja niiden ominaisuuksia tieteellisesti tutkittaessa on myös kehitetty niiden matemaattista ja loogista teoriaa. Mm Ellis ja Ludwig ovat esittäneet teoksessaan järjestelmän tarkan loogisen määrittelyn.²⁾ Järjestelmien tutkimuksen yhteydessä on teorianmuodostusta ja systemaattista tietoa järjestelmistä kertynyt niin runsasasti, että jos varsinkin järjestelmätekniikka matemaattisine teorioineen³⁾

¹⁾ Johnson — Kast — Rosenzweig (1963), 105—106

²⁾ Ellis — Ludwig (1962), 128—131

³⁾ mm Dommasch — Laudeman (1962)

otetaan huomioon, voidaan puhua suorastaan *järjestelmätieteestä* omana tieteenhaaranaan.¹⁾ Järjestelmätiede käsittää kaiken sen johdonmukaisesti kerätyn ja järjestetyn tiedon, joka liittyy järjestelmiin, niiden suunnitteluun, kehittämiseen, valvontaan ja johtamiseen. Perustan muodostaa järjestelmien ja niiden edellämainittujen toimintojen rakennetta koskeva looginen ja matemaattinen tietous. Näillä aloilla suoritettava tutkimus on siis järjestelmätieteen perustutkimusta. Koska kaikki inhimillinen toiminta ja itse asiassa myös luonto ja koko maailmankaikkeus on jonkin olevaisen järjestelmän osaa, niin sovellettu järjestelmätiede käsittää tavallaan kaiken inhimillisen tietouden. Suppeammassa nykyaikaisessa merkityksessään sovellettu järjestelmätiede lähinnä käsittelee luonnontieteellisiä sovellutuksia ja nimenomaan aikamme lukemattomia teknisiä järjestelmiä. Päämääränä on ennen kaikkea soveltaa järjestelmistä kerättyä tietoutta sekä jo olevien teknisten järjestelmien edelleen kehittämiseen että erityisesti kehityksen synnyttämien tarpeiden sanelemien uusien teknisten järjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen. Tyypillisenä esimerkkinä viimeksimainituista ovat sotilaallisen toiminnan edellyttämät moninaiset ja yhä monimutkaisemmiksi kehittyvät *asejärjestelmät*.

1. 3. JÄRJESTELMÄANALYYSI, -SUUNNITTELU JA -TEKNIikka

1. 3. 1. Järjestelmäanalyysi

Järjestelmien nykyaikaiseen tarkasteluun liittyy paljon uutta käsitteistöä — voidaanhan järjestelmiä tarkastella niin monesta eri näkökulmasta. Lyhyen katsauksen puitteissa voidaan luonnollisesti vain murto-osa näistä käsitteistä tuoda esille ja moni esitellyistäkin lähinnä vain lyhyenä mainintana. Eräs tällainen käsite on *järjestelmäanalyysi* (systems analysis). Se on toimintaa, joka lähinnä tähtää jo olevan järjestelmän edelleen kehittämiseen ja kohdistaa tällöin huomionsa mm järjestelmän informaatiovuon tutkimiseen ja optimointiin. Koska järjestelmätiede kaikkine eri virtauksineen on varsin uusi, on luon-

¹⁾ Hall (1962), 20

nollista, että mm sen suhteesta muihin tieteen ja tekniikan haaroihin käydään vilkasta keskustelua. Varsin mielenkiintoiseksi on esimerkiksi osoittautunut kysymys järjestelmätieteen ja -tekniikan suhteesta menetelmätutkimukseen, operaatioanalyysiin. Vastauksen laatu riippuu tietenkin ratkaisevasti siitä, mitä itse kukin näillä asioilla tarkoittaa. Jos näemme menetelmätutkimuksen nimenomaan analysoivan jo olevia järjestelmiä ja tähtäävän niiden optimointiin, niin silloin voimme lähes piirtää yhtäläisyysmerkin sen ja järjestelmäanalyysin välille. Sensijaan *järjestelmäsuunnittelu*, *systemisuunnittelu* (systems design) ja *järjestelmäteknikka* (systems engineering) eivät asian näin ymmärtäen enää ole menetelmätutkimusta, koska ne liittyvät nimenomaan uusien järjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen.¹⁾ Asiaa sotilaalliselta kannalta tarkasteltaessa voidaan todeta sekä jo olevan järjestelmän edelleen kehittämisen että tarpeelliseksi osoittautuneiden uusien asejärjestelmien suunnittelun ja kehittämisen olevan eräitä mielekkäitä sotilaallisenkin toiminnan ydinkysymyksiä. Sen vuoksi niin menetelmätutkimus kuin nykyaikainen järjestelmäsuunnittelu ja -tekniikka ovatkin kaikkialla sotilaallisen suunnittelu- ja kehittämissuunnan tärkeimpiä apuvälineitä nykyisin.

1. 3. 2. Järjestelmäsuunnittelu

Suunnitelmalla ymmärrämme ennakolta määriteltyä toiminnan suuntaa. Suunnittelu on sitä järjestelmiin liittyvää toimintaa, joka on liikkeelle paneva voima järjestelmän muuttamiseksi, kehittämiseksi, optimoimiseksi pyrittäessä niin järjestelmän välitavoitteisiin kuin sen lopulliseenkin päämäärään.²⁾ Näinhän me olemme käsittäneet myös sotilaallisen toiminnan suunnittelun, suunnitelman teon, jota ovat edeltäneet johtajan tilanteenarvostelu ja päätös.

Myös teknisiä järjestelmiä koskevassa järjestelmäsuunnittelussa päätöksen teko ja suunnittelu ovat kiinteästi liittyneet toisiinsa. Jonkin järjestelmän — esimerkiksi asejärjestelmän (pst-lähtörjuntajärjestelmän, merenkulun saattojärjestelmän, ilmatorjuntajärjestelmän tms) — suunnittelu edellyttää tarjolla olleiden ehkä lukuistenkin jär-

¹⁾ Johnson — Kast — Rosenzweig (1963), 258—259

²⁾ Johnson — Kast — Rosenzweig (1963), 23

jestelmävaihtoehtojen keskinäisen vertailun tuloksena syntyneitä päätöksiä siitä, mikä näistä vaihtoehdoista otetaan tulevan suunnittelu- ja kehittämistyön pohjaksi. Näin syntyvä yleissuunnitelma puolestaan muodostaa perustan myöhemmin tehtäville alajärjestelmiä koskeville osapäätöksille. Esimerkiksi tarve puolustaa valtakunnan elintärkeitä kohteita ilmasta suuntautuvia vihollishyökkäyksiä vastaan, näiden kohteiden tärkeysjärjestys ja sijainti, olemassa olevat ja käyttöön sovellettavissa olevat ilmapuolustuksen asejärjestelmät, valtakunnan poliittiset, taloudelliset ja teolliset mahdollisuudet hankkia ja kehittää erilaisia järjestelmiä sekä kansakunnan käytettävissä oleva ihmismateriaali ja sen kouluttamismahdollisuudet ovat eräät tärkeimmistä niistä tekijöistä, jotka määrittelevät yleispuitteet ilmapuolustusjärjestelmän kehittämiseksi. Näin syntyvien puitteiden sisällä on myöhemmin tapahduttava ilmapuolustusjärjestelmää, eri asejärjestelmiä ja muita alajärjestelmiä koskevien ratkaisujen.

Järjestelmäsuunnittelussa esiintyy usein myös ristiriitoja suunnitteluun liittyvien ajatusten suhteen. Tämä johtuu siitä, että suunnittelua suoritetaan — ja sitä täytyy suorittaa — usealla eri tasolla. Tähän on puolestaan syynä se, että on olemassa eriasteisia ja -tasoisia päämääriä. Ne voitaisiin jakaa esim seuraaviin kolmeen ryhmään.

1. Päämäärät ja tavoitteet.
2. Voimassa olevat suunnitelmat.
3. Kertakäyttöiset suunnitelmat.¹⁾

Jos pidämme ilmapuolustusjärjestelmää edelleenkin esimerkkinä, päämääriä ja tavoitteita vastaa se tulos, joka ilmapuolustusjärjestelmällä kokonaisuudessaan halutaan saavuttaa, ja jonka kriteerinä voivat olla joko saavutettava suojan aste tai tuhottujen vihollisen ilmalusten määrä. Voimassa olevat suunnitelmat puolestaan ovat ne yleiset periaatteet, doktriinit ja toimintaohjeet, jotka on otettu ilmapuolustusjärjestelmän kehittämisen pohjaksi. "Kertakäyttösuunnitelmia" puolestaan on useamman laatuja. a) Tärkeimmät *alaohjelmat* esimerkiksi käsittävät ilmapuolustusjärjestelmän osien, kuten valvontaja johtamisjärjestelmän, asejärjestelmien — lento- ja ilmatorjuntajärjestelmän — sekä suojelujärjestelmän, suunnittelun. b) Pienempiä *osasuunnitelmia* — projekteja — esimerkiksi hävittäjätorjuntajärjes-

¹⁾ Johnson — Kast — Rosenzweig (1963), 27

telmässä edustavat puolestaan hävittäjäalentokone—ohjaaja järjestelmän, koneiden huoltojärjestelmän, polttoainetäydennysjärjestelmän, tukikohtajärjestelmän, henkilöstön koulutusjärjestelmän jne suunnitelmat. c) *Erikoisohjelmia* jo ovat taas esim suunnitelmat elektroniseksi vastatoimenpiteiksi (ECM). d) Yksityiskohtaisia *detaljisuunnitelmia* pienimpiä teknisiä yksityiskohtia myöten edellyttää puolestaan kunkin osasuunnitelman toteuttaminen.

Koko järjestelmäajatuksen ytimenä on se, että kaikki alaohjelmat osasuunnitelmineen, erikoissuunnitelmineen aivan pienimpiä detaljisuunnitelmiaan myöten niin esimerkkinä olevassa ilmapuolustusjärjestelmässä kuin kaikissa muissakin järjestelmissä muodostavat kiinteän kokonaisuuden, jota järjestelmän kokonaisuusmäärä ja tavoite hallitsevat. Yhdistävänä tekijänä järjestelmän osien välillä on niiden keskeinen informaation vaihto, *informaatiovuoto* (information flow). Informaatiovuoto ja informaatio yleensäkin — erityisesti tieto järjestelmän suhteesta ympäristöönsä ja kilpaileviin järjestelmiin samoin kuin tieto järjestelmän alaosien tilasta ja kulloisestakin keskinäisestä suhteesta — muodostavat myös perustan järjestelmän valvonnalle ja johtamiselle. Tästä syystä käsitelläänkin järjestelmien valvontaa ja johtamista pääasiassa vasta tämän katsauksen toisessa, informaatiota koskevassa osassa.

1. 3. 3. Järjestelmäteknikka

Jo nimi järjestelmäteknikka viittaa siihen, että on kyse teknisten järjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen liittyvistä kysymyksistä — järjestelmien, jotka kuten esimerkiksi ilmatorjunta-asejärjestelmä puolestaan ovat osana laajemmassa kokonaisjärjestelmässä, tässä tapauksessa ilmapuolustusjärjestelmässä. Järjestelmäteknikka on itse aiassa useista osista koostuva teknisen laitteen — ”järjestelmä” — keksimistä, suunnittelua ja kokoamista yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, jolla on tietty laajempi kokonaistehtävä suoritettavanaan. Järjestelmäteknikka eroaa siis varsin oleellisesti aikaisemmasta teknisestä suunnittelusta, joka tähtäsi vain erillisten osien, komponenttien keksimiseen ja suunnitteluun. ”Aikaisempi” merkitsee tässä kylläkin nykyistä melkoisesti aikaisempaa ajankohtaa, sillä käytännön teknisessä suunnitte-

lussa järjestelmäteknikkaa on itse asiassa sovellettu jo ensimmäisen teollisen vallankumouksen alkuaajoista, ts höyrykoneen keksimisestä lähtien.

Nykyaikaisessa mielessä järjestelmäteknikka sai alkunsa II maailmansodan aikana silloisia niin teollisia kuin sotilaallisiakin järjestelmiä kehitettäessä. Siviilitekniikan osalta alettiin nimitystä systems engineering käyttää 1940-luvun alkupuolella.¹⁾ Asejärjestelmistä — weapons systems — alettiin anglosaksisessa ja lähinnä amerikkalaisessa kielenkäytössä puhua vasta 1950-luvun alussa. Tällöin siis järjestelmäteknikka ikäänkuin tuli tietoiseksi itsestään. Käsitettä järjestelmäteknikka — systems engineering — on viime vuosina käytetty kuvaamaan teknisiä järjestelmiä, jotka ovat suurempia, monimutkaisempia ja vaikeammin rakennettavia kuin mitkään aikaisemmat järjestelmät. — Aina II maailmansotaan saakka järjestelmäteknikka käsitti pääasiassa vain alaosien kokoamisen lopulliseksi tuotteeksi. Suunnittelu tähtäsi pikemminkin jatkuvaan jo olevien järjestelmien parantamiseen kuin vallankumouksellisiin uusiin läpimurtoihin. Tätä tarkoitustahan myös menetelmätutkimus, operaatioanalyysi, palveli — ja palvelee edelleenkin. Järjestelmän osien keskinäisestä vaihtokelpoisuudesta tuli eräs silloisen suunnittelun ja kehittämisen johtoajatuksista.¹⁾

Oleellista meidän päiviemme järjestelmäteknikalle on se, että tavoitteena on tietyn tehtävän suorittamiseen soveltuva laite tai järjestelmä, jonka suunnitteluvaiheessa ei vielä olla täysin varmoja siitä, pystytäänkö edes kaikkia tarvittavia alaosia kehittämään.²⁾ Tätä tutkimuksen, suunnittelun ja kehittämisen alalla tapahtunutta kehitystä kuvaa sattuvasti myös R D S p e c h t RAND'in kehittymistä käsittelevässä kirjoituksessaan.³⁾ Hän vititaa mm siihen, miten aikaisemmin — vielä 1940- ja 1950-lukujen vaihteessa — oltiin näennäisesti nykyistä "tieteellisempi" pyrittäessä muodostamaan todellisuutta kuvaavia matemaattisia malleja ja ratkaisemaan niitä. Nykyisin sensijaan pyritään analyysin asemesta enemmän synteisiin. Toisin sanoen pyritään suunnittelemaan järjestelmiä, jotka toimivat mahdollisimman

¹⁾ Hall (1962), 7

²⁾ ja ³⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 119

³⁾ Specht (1958)

luotettavasti sellaisissa tulevaisuudessa esiintyvissä olosuhteissa, joita kaikkia ei järjestelmän suunnitteluhetkellä edes pystytä selvästi näkemäänkään. Tämä järjestelmien toimintaanpanohetkellä vallitseviin olosuhteisiin liittyvä epävarmuustekijä onkin eräs nykyaikaisen järjestelmäteknikan vaikeimmista, mutta samalla myös kiehtovimmista problemeista. Vähiten tämä epävarmuustekijä ei luonnollisestikaan liity juuri asejärjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen.

1. 4. ASEJÄRJESTELMAT, NIIDEN SUUNNITTELU, KEHITTÄMINEN JA TEKNIikka

Asejärjestelmienkin osalta järjestelmäteknikka vielä II maailmansodan alussa lähinnä käsitti vain jo olevien asejärjestelmien edelleen kehittämisen. Tähän liittyi myös silloinen operaatioanalyysi, jonka tavoitteena oli olevien sotilaallisten toimintojen — nimenomaan sota-toimien eli operaatioiden — optimointi, pyrkimys suurimpaan mahdolliseen toiminnan tehoon. Vasta atomipommin suunnittelu ja kehittäminen oli sanan nykyaikaisessa merkityksessä järjestelmäteknikkaa eli pyrkimystä uuteen vallankumoukselliseen läpimurtoon.

Käsite asejärjestelmä on analoginen yleisen järjestelmäkäsitteen kanssa, ja se voidaan näinollen määrittellä esim seuraavalla tavalla. *Asejärjestelmä on välineiden, laitteiden ja rakennelmien yhdistelmä, joka kokonaisuutena muodostaa joko yhden tai useamman puolustushaaran käytössä olevan välineen tietyn tehtävän suorittamiseksi.* Tavoitteiden ja päämäärien asemesta asejärjestelmien kohdalla käytetään siis käsitettä tehtävä — mission (engl). Asejärjestelmäsuunnittelun ja -tekniikan tehtävänä on näinollen kehittää mahdollisimman tehokas ja varma järjestelmä kutakin ilmenevää tehtävää varten. Seuraavat viisi toimintoa ovat välttämättömät tehtävän menestykselliseksi suorittamiseksi ja muodostavat asejärjestelmäsuunnittelun ja kehittämisen päävaiheet.

1. Tarpeen määrittely.
2. Suunnittelu.
3. Tuotanto.
4. Luovutus käyttäjälle.
5. Hyväksi käyttö.

Tässä esityksessä viitattakoon näistä vain ensimmäiseen ja viimeiseen, jotka sotilaan ja nimenomaan sotilasjohtajan näkökulmasta ovat tärkeimmät.

On syytä erityisesti korostaa tarpeen määrittelyn, t a r v e a n a l y s i n, merkitystä, koska — kuten on sattuvasti sanottu — nykyaikaisen teknisen kehityksen ansiosta on paljon helpompi saada käyttöön mitä erilaisimpia teknisiä laitteita ja järjestelmiä kuin tietää mitä todella tarvitsee. Tämä on perin ymmärrettävää, sillä kuten edellä ilmapuolustusjärjestelmäesimerkin yhteydessä viitattiin on tarpeen selvittämiseksi voitava punnita monia vaikeasti määriteltävissä olevia kysymyksiä. On arvioitava mahdollisen vihollisen niin nykyiset kuin tulevatkin tekniset mahdollisuudet. On myös voitava arvioida nykyinen ja jotenkin myös tuleva poliittinen tilanne ja sotilaallisen valmiuden vaikutus maiden ulkopoliittikkaan. Näin saadaan puitteet ja perusta yksityiskohtaisemmalle tarveanalyysille, jonka tehtävänä on selvittää, minkälaisia asejärjestelmiä tarvitaan em laajoissa puitteissa hahmoitelluissa olosuhteissa esiintyvien sotilaallisten tehtävien suorittamiseksi. Tällöin on arvioitava toisaalta nykyisen asejärjestelmätekniikan mahdollisuudet ja toisaalta se, mikä on teknisesti toteutettavissa tulevaisuudessa. Myös taloudelliset näkökohdat on tällöin tarkasti harkittava. On varsin todennäköistä, että erilaiset tavoitteet — yhteiskunnan sotilaallisen sektorin ja siviilisektorien — saattavat olla pahastikin ristiriidassa keskenään. Nämä ristiriidat voidaan ratkaista vain korkealla kansallisella tasolla.¹⁾ Missä määrin yhteiskunnan maanpuolustusjärjestelmää onnistutaan kehittämään kansakunnan tarpeita vastaavasti, riippuu näinollen ratkaisevasti siitä, kuinka selvästi tämä tarve varsinkin maan korkeimmissa johtoportaisissa nähdään ja kuinka selvästi kansakunta kokonaisuudessaankin sen tajuaa. Tekniset järjestelmät ovat olemassa juuri ihmistä itseään varten. Kuinka ”onnelliseksi” ihminen voi tulla, ts missä määrin hänen onnistuu tyydyttää tarpeitaan, riippuu siitä, kuinka hyvin hän on pystynyt tarpeensa arvioimaan.

Tarveanalyysin tuloksena saadaan ne perussuunnittelutekijät, jotka luovat perustan järjestelmäsuunnittelulle ja antavat myös lähtökohdan teollisuuslaitosten suorittamalle asejärjestelmien yksityiskohtaiselle

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 121

tekniselle suunnittelulle ja valmistukselle. Järjestelmien valmistajalla on vielä huomattava osuus myös asejärjestelmien luovutuksessa käyttäjille — puolustushaaroille ja aselajeille. Käyttö tietenkin on lähes kokonaan puolustushaarojen ja aselajien oma asia, vaikka sekään ei aina tapahdu vailla ainakin osittaista valmistajan asioihin puuttumista — vähintään niin kauan kuin niin sanottuja ”lasten tauteja” uudessa järjestelmässä esiintyy. Käyttöön liittyvät sellaiset tekijät kuin henkilöstön koulutus, käytön edellyttämien rakenteiden — esim lentotukikohdat kiitoteineen ym — rakennuttaminen, huoltorakennelmien aikaansaaminen, huollon ja korjauksen järjestäminen, asejärjestelmien modernisointi ja vanhentuneiden järjestelmien poistaminen käytöstä. Nämä kaikki ovat niitä tekijöitä, jotka muodostavat asejärjestelmän laajemmassa merkityksessä ja ovat välttämättömät, jotta järjestelmä pystyisi suorittamaan juuri sen tehtävän, jota varten se on suunniteltu. Usein asejärjestelmät valitettavasti nähdään kovin ahtaasta näkökulmasta. Nähdään todella vain ase sanan varsinaisessa merkityksessä: esim raketti, ohjus tai pommi tai korkeintaan ase lavetteineen, esimerkiksi lentokone aseineen. Merkillistä kyllä ihminen järjestelmän osana usein jo jää vähemmälle huomiolle ja kuitenkin esimerkiksi lentokone ja sen ohjaaja, tutkamittaja ja tutkan kuva-putki, taistelunjohtaja ja hänen käytössään oleva tietokone ilmapuolustuksen johtokeskuksessa muodostavat perin merkittäviä ilmapuolustusjärjestelmän ilminen—kone alakokonaisuuksia. Oleellista asejärjestelmäajattelulle onkin, että järjestelmää suunniteltaessa ja kehitettäessä pyritään näkemään kaikki ne edelläkin luetellut perustekijät, jotka vaaditaan, jotta järjestelmä kiinteänä kokonaisuutena pystyisi menestyksellisesti suoriutumaan tehtävästään.

Järjestelmäsuunnittelijan — varsinkin sotilassektorissa toimivan — on edellä mainittujen seikkojen lisäksi otettava huomioon kaksi sängen oleellista viimeisimmän kehityksen mukanaan tuomaa tekijää. Ensimmäinen niistä on viime vuosien kehityksen tuloksena syntynyt *dynaaminen tekniikka*. Niinpä esim suunnittelua ja kehittämistä ei voidakaan enää pitää erillisinä toiminnan vaiheina, vaan suunnittelu-työ jatkuu koko kehittämisvaiheen ajan ja sen ylikin. Koulutus- ja huoltojärjestelmien aikaansaamista ei liioin voida jättää aloitettavaksi vasta silloin, kun asejärjestelmän valmistusvaihe on päättynyt, vaan

ne on käynnistettävä jo suunnittelu- ja kehittämisvaiheessa.¹⁾ Nämäkin seikat korostavat sitä kuinka tärkeää on, että järjestelmänäkemys kokoaa kaikki perustekijät sensijaan että sovellettaisiin vanhaa pala palalta kehittämisen menetelmää. Aikaisemmin oli mahdollista saavuttaa asejärjestelmien kehittämisessä tyydyttäviä tuloksia eri teknisten osastojen keskeisellä yhteistoiminnalla. Nykyaikaisten asejärjestelmien kehittäminen edellyttää myös johdon keskittämistä siten, että organisaatioihin saadaan henkilö, joka koordinoi kaikilla kysymyksen tulevilla tekniikan aloilla tapahtuneiden uudistusten hyväksikäytön.

Toinen varsin merkittävä ja varteenotettava tekijä asejärjestelmiäkin ajatellen on *aikavakion* muuttuminen teknisessä kehityksessä. Uusia asejärjestelmiä pystytään kehittämään jatkuvasti yhä lyhenevin aikaväleihin. Suunnitteluun ja kehittämiseen kuluvan ajan jatkuva lyheneminenhän on yleisenä kehitystendenssinä todettavissa teknisellä alalla kokonaisuudessaankin.²⁾ Toisaalta dynaamisen teknisen kehityksen ansiosta löytyy kullakin hetkellä useita eri teknisiä vaihtoehtoja yhden ja saman tehtävän suorittamiseksi. Nämä seikat merkitsevät sitä, että asejärjestelmät vanhenevat entistä nopeammin ja että ollaan yhä kasvavien vaikeuksien edessä uusia asejärjestelmä-sukupolvia valittaessa. Asejärjestelmien nopeasta vanhenemisesta on puolestaan seurauksena pyrkimys rajoittaa tuotanto suhteellisen pienen määrään kunkin asejärjestelmän kohdalla. Toisaalta taas erilaisten järjestelmien lukumäärä on kasvamassa. Näin siis suuri järjestelmäkirjavuus ja pienet valmistussarjat ovat asejärjestelmäalalla johdonmukainen seuraus kiihtyvistä teknisen kehityksen tahdistista. Tämä aikavakion muuttuminen myös jatkuvasti enenevässä määrin korostaa *olevan voiman* merkitystä. Yhä ilmeisempää on, että sodat käydään niillä järjestelmillä, jotka omistetaan sillä hetkellä kun napia painetaan. Tavoitteena valmiutta ajatellen ovat siis viimeisimmät asejärjestelmät sotatoimiin käyttövalmiina.

Asejärjestelmäsuunnittelija on ilmeisesti niin suurissa kuin pienissäkin maissa nykyisin melkoisissa vaikeuksissa. Niiden voittamiseksi on luonnollisesti pyrittävä kehittämään järjestelmäsuunnittelua itseään sekä sen hallintoa. On mm tullut voimakkaana esille tarve muuttaa

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 122—123

²⁾ Chorafas (1958), 19 ja sama (1962)

organisaatiota niin, että järjestelmäajatuksen soveltaminen olisi helpommin toteutettavissa. Sotilaallinen organisaatio tavallisesti merkitsee kokonaisuuden jakamista osiin toiminnallisella pohjalla siten, että kukin osa vastaa omasta toiminnallisesta osastaan, esikunta suunnittelusta, koulut koulutuksesta, varikot täydennyksestä ja korjauksista ja joukko-osastot käytöstä. Etuna tällaisesta jaosta on eri osien erikoistuminen ja erikoistumisen mukanaan tuoma toiminnan tehokkuus. Jako puolustaa paikkaansa silloin, kun organisaation eri asejärjestelmien tehtävät ovat keskenään huomattavan samanlaisia. Jos asejärjestelmien tehtävät eroavat toisistaan, ei edellämainittu toiminnalliseen jakoon perustuva organisaatio enää olekaan sopiva. Eräänä varjopuolena toiminnallisessa erikoistumisessa on se, että saattaa esiintyä tiettyjen osatoimintojen optimointia kokonaisuuden optimoinnin kustannuksella eli itseasiassa niin sanottua suboptimointia, josta menetelmätutkijat tavan takaa varoittavat. Onkin havaittavissa pyrkimystä sotilaallisten organisaatioiden tarkistukseen pitämällä järjestelmäajatausta johtavana tarkistusperusteena. Esimerkkinä tästä kehityksestä voidaan mainita USA:n ilmavoimien siirtyminen uuteen järjestelmäajatuksen huomioon ottavaan organisaatioon.¹⁾ Tehtäväkokonaisuuksien toiminnallisesta hahmottamisesta ei uudessa järjestelmäorganisaatiossakaan tarvitse luopua, päinvastoin se on monien myönteisten puoltensa vuoksi syytä tavalla tai toisella säilyttääkin. Asejärjestelmähallinnon ydinajatuksena on keskittää organisaation toiminnallisten osien pyrkimykset muodostamalla koordinoivia elimiä. Keskittäminen ja koordinointi ovat järjestelmäjohton perustoimintoja.

Ilmapuolustuksen voimme jälleen ottaa esimerkiksi. Siinähan on kyse eräästä aseellisen maanpuolustussektorin tehtävästä, joka muodostaa oman loogisen järjestelmäalakokonaisuutensa ja edellyttää näin myös yhtenäistä järjestelmäsuunnittelua ja järjestelmäjohtoa. Ellei virkaorganisaatio ole muodostunut järjestelmäajatuksen pohjalle, vaan ilmapuolustusjärjestelmän asejärjestelmiä sijaitsee puolustusjärjestelmän toiminnallisissa eri osissa, silloin tulee erittäin korostetusti esille ilmapuolustusta järjestelmän koordinoivan elimen tarve. — Se että ilmapuolustusjärjestelmä on kirjoittajalle useimmiten tarjoutunut esi-

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 124—127 ja Air Force (1963), N:o 3, March, 34—37

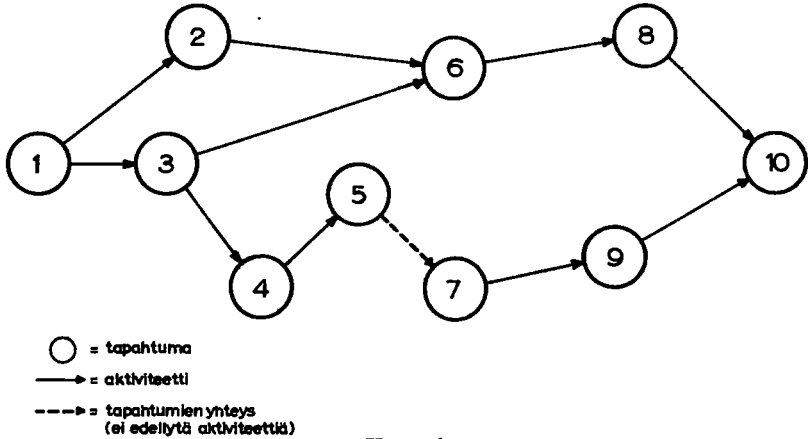
merkki, johtuu ilmeisestikin suurelta osalta hänen asetakkinsa väristä ja osin myös pyrkimyksestä jotenkin rajoittaa esillä olevaa laajaa asiakokonaisuutta. Lukijaa voidaan tässä auttaa avarammille vesille viittaamalla eräisiin lähteinä olleisiin, myös sotilaallisia järjestelmäsovel-lutuksia — ja nimenomaan muitakin kuin ilmapuolustussovellutuksia — käsitteleviin teoksiin.¹⁾

Nykypäivien monimutkaisimmat järjestelmät lienevät löydettävissä asejärjestelmien ja yleensäkin sotilaallisten järjestelmien alalta. Yhdysvaltain ilmavoimat — USAF — mm ovat läntisen pallonpuoliskon suurin organisaatio, järjestelmä. Uusia monimutkaisia asejärjestelmiä kehitettäessä on syntynyt pakottava tarve hallita valtavaksi paisu-neita suunnittelu- ja kehittämisohjelmia ja saada myös havainnollista kuvaa ohjelmien edistymisestä ja varsinkin ohjelman eri osien toteut-tamiseen tarvittavasta ajasta, henkilötarpeesta ja kustannuksista. Eräs mainittujen tarpeiden tyydyttämiseksi kehitetty tekniikka on nimel-tään PERT, *Program Evaluation and Review Technik* eli ohjelman arvostelu ja tarkistusmenetelmä.

1. 5. OHJELMIEN TARKISTUS JA VALVONTA; PERT

PERT-menetelmässä sovelletaan ns verkkoanalyysi — *network ana-lysis* — menetelmää. Verkko kuvaa järjestelmää alajärjestelmien ja osineen, jotka ovat toistensa kanssa yhteydessä ja vuorovaikutuksessa keskenään joko yhdessä tai useammassa kohdassa. Kuvassa 4 on esi-tetty yksinkertainen PERT-verkko. Järjestelmien suunnittelu ja ke-hittäminen muodostavat tällaisia verkostoja, joissa suunnittelun tai kehittämisen lähtökohdasta (1 kuvassa 4) edetään useampia teitä tar-vittavien toimintojen — activity — aikaansaamien välitavoitteiden eli tapahtumien — event — kautta suunnittelun ja kehittämisen lopulli-seen tavoitteeseen (10 kuvassa 4), joka on haluttu järjestelmä. Mikä tahansa järjestelmän kehittämisohjelma voidaan esittää tähän tapaan verkkoina, jotka suurten asejärjestelmien kyseessä ollen muodostavat laajoja ja monimutkaisia verkostoja.

¹⁾ mm Dommasch—Laudeman (1962); 1—18, Ellis—Ludvig (1962), 236—252; Povejsil—Raven—Waterman (1961), 1—137; Seifert & Brown (1961), 1—14 ja Skolnik (1962), 570—602



Kuva 4

Esimerkki verkostosta (Johnson—Kast—Rosenzweig, 1963, 249)

Mahdollisuus ohjelman arviointiin ja tarkistuksiin saavutetaan, kun verkostoon liitetään aika-arviot siitä, mikä on kunkin välitavoitteen saavuttamiseksi suoritettavaan työhön kuuluva aika optimistisine, pessimistisine ja todennäköisine arviointeineen, ja mitkä ovat kunkin osatavoitteen, tapahtuman, toteutumisen arvioidut ajankohdat. Tällöin pystytään esimerkiksi ohjelmaa suunniteltaessa määrittelemään ns kriittinen reitti — critical path — eli se reitti, joka määrittelee ohjelman toteuttamiseen kuluvan kokonaisajan ja jolla reitillä myös vaarallisimmat viivästykset — slac — voivat sattua. Tähän kriittiseen reittiin erityisesti voi ohjelman toteuttamisen valvoja ja johtaja kiinnittää huomiota ja ryhtyä toimenpiteisiin uhkaavien viivästysten eliminoinniseksi esim hankkimalla jonkin välitavoitteen toteuttamiseksi lisää määrärahoja tai lisää työvoimaa. *Aika-arvioiden* — PERT TIME — lisäksi voidaan verkostoon myös merkitä näkyviin *kustannusarviot* — PERT COST — ja *henkilöstötarvelaskelmat*. — PERT MANPOWER. Tällöin PERT tarjoaakin ohjelman toteuttamisesta vastuussa olevalle johtajalle monipuolisen sekä prognostisen että diagnostisen välineen käytettäväksi hyväksi niin ohjelman suunnittelussa kuin sen toteuttamisen valvonnassa. Niinpä PERT voidaankin määritellä mm seuraavalla tavalla.¹⁾

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 247

"PERT on diagnostinen ja prognostinen tilastollinen menetelmä, jonka avulla pyritään kvantitatiivisesti määrittelemään ne ohjelman eri vaiheiden toteuttamisen yhteydessä ilmeneviin niin henkisiin kuin fyysisiin tekijöihin liittyvät epävarmuustekijät, jotka ovat oleellisia ohjelman määräaikaiselle toteutukselle. Se on menetelmä, jonka avulla johtajan huomiota voidaan kiinnittää niihin ohjelman toteuttamisen yhteydessä esiintyviin hälyttäviin tekijöihin, jotka vaativat hänen välitöntä asioihin puuttumistaan samoin kuin alueisiin, joissa ajankäytön järjestelyt, lisämäärärahat tai lisätty tekninen henkilöstö voisivat ehkäistä pahimmat viivästyksset."¹⁾

Mainittu määritelmä osoittaa selvästi myös PERT-menetelmän merkityksen ja hyödyllisyyden. Se todettiin jo menetelmää kehitettäessä ja ensi kerran käytäntöön sovellettaessa v 1958, mikä tapahtui Yhdysvaltain laivaston kehittäessä "Polaris"-atomisukellusvene-ohjusejärjestelmänsä. Senjälkeen sitä on menestyksellisesti sovellettu jo lukuisten asejärjestelmien kehittämisen yhteydessä, ja siitä on jo olemassa epäluukuinen määrä erikoissovellutuksia mitä moninlaisimpine nimilyhenteineen.²⁾ USA:n ilmavoimat mm käyttävät omasta sovellutuksestaan lyhennettä PEP = Program Evaluation Procedure eli ohjelman arviointimenetelmä. Myös siviilisektorin järjestelmiä ohjelmoitaessa ja ohjelmien toteuttamista valvottaessa PERT/PEP on osoittautunut erittäin käyttökelpoiseksi, ja PERT'istä on lukuisten aikakauslehtiartikkelien lisäksi nyt jo runsaasti kirjallisuuttakin saatavissa.³⁾ Sotilaallista suunnittelua ja nimenomaan sotilasilmailuun liittyvää suunnittelua palveleva meitä lähinnä oleva PERT-sovellutus on löydettävissä Ruotsista, jossa SAAB'in lentokonetehtaat ovat soveltaneet sitä jo mm Draken-koneensa valmistusohjelman suunnitteluun ja valvontaan ja soveltavat nyt mm parhaillaan meneillään olevaan Viggen-projektiin. SAAB on myös julkaissut lyhyen selvityksen PERT-sovellutuksestaan.⁴⁾ SAABin PERT-sovellutukset ovat jo sitä suu-

¹⁾ Willard, Fazar: "Progress Reporting in the Special Projects Office", Navy Management Review, April 1959, s. 2

²⁾ Hollitch & Mittman (1962), 76—97

³⁾ mm Stilian and others (1962), Miller (1963), Battersby (1964)

⁴⁾ Bjernfalk, L, Ekstrand, O, Stenlund, C. A., PERT: Program Evaluation and Review Technique, Ett hjälpmiddel vid administration av stora utvecklingsarbeten, Januari 1963, 53 s.

ruusluokkaa, että tarvittavien tilastollisten laskujen suorituksessa on turvaututtava tietokoneisiin. PERT'in yhteydessäkin — kuten yleensä silloin, kun suoritettavien laskujen määrä tai vaikeusaste eivät ole ihmisen kohtuullisessa ajassa hallittavissa — nykyaikainen elektroninen tietokone osoittautuu välttämättömäksi apuvälineeksi.

1.6. YHDISTELMÄ

Seuraava Hall'in esittämä luettelo järjestelmätekniikan päämääristä¹⁾ selventäneek lukijalle edellä esitetyn lisäksi sitä, mitä järjestelmätekniikka on ja mikä sen merkitys on niin siviili- kuin sotilassektorinkin suunnittelu- ja kehittämistyössä. Järjestelmätekniikan päämääränä on Hall'in mukaan.

- a Tarjota johdolle niin paljon informaatiota kuin mahdollista kehittämisohjelman ohjaamiseksi ja valvomiseksi kokonaisuudessaan.
- b Muotoilla pitkän tähtäimen ohjelmia ja päämääriä sellaiseksi rungoksi, että yksityiset ohjelmakohdat voidaan siihen saumattomasti niveltää.
- c Tasapainottaa kehitysohjelma niin, että varmistetaan kehitys tärkeillä aloilla, ja että voidaan samanaikaisesti parhaalla mahdollisella tavalla käyttää hyväksi miesvoimaa ja muita resursseja (vertaa PERT!).
- d Muotoilla tavoitteet ja laatia ohjelmat yksityisille projekteille ja liittää ne kokonaisuohjelmaan sekä pyrkiä selvittämään organisaation kulloisetkin tarpeet kuin myös sen tulevaisuuden tarpeet, jotta oltaisiin täysin valmiit silloin kun tulee aika toimia.
- e Pysyä perillä uusista ideoista, periaatteista, menetelmistä ja laitteista sekä varmistaa, että ajoissa voidaan käyttää hyväksi uusintakin tekniikkaa.
- f Suorittaa kukin järjestelmätekniikan vaihe (ks luku 1.4) tehokkaimmalla mahdollisella tavalla ottaen huomioon, että työn yksityiskohtien tarkkuuden ja nopeuden tarve riippuu kulloinkin työn alla olevasta prosessin vaiheesta.

¹⁾ Hall (1962), 12

Järjestelmäajatus — todettakoon se vielä kerran — on laaja näkökulma, josta organisaatio näkyy kokonaisjärjestelmänä, jonka päämäärään ja tavoitteisiin suunnistetaan yrittämällä mahdollisimman selvästi ymmärtää alajärjestelmien toiminnan merkitys ja siinä mielessä niveltää ne kokonaisuuteen. Ehkäpä se tarjoaa keinot oikean tien löytämiseen, sillä

”Men are prone to go it blind,
Along the calf-path of the mind,
And work away from sun to sun
To do what other men have done.”¹⁾

1. 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Meitä sotilaita on totuttu lähinnä pitämään käytännön miehinä, joiden puolestaan on erään määritelmän mukaan sanottu olevan niitä, jotka toistavat esi-isiensä virheet, eli toisin sanoen — kuten edellä oleva runo koruttomasti asian toteaa — kulkevat sokeina ajatustensa karjapolkuja ja tekevät päivästä toiseen samaa, minkä muut ovat jo aikaisemmin tehneet. Yhä selvemmin on sotilasorganisaatioissa niin muualla kuin meilläkin kuitenkin jo todettu tieteellisen asennoitumisen tarve ja merkitys myös sotilaallisia kysymyksiä ratkaistaessa.

Järjestelmäajatuksessa ei pohjimmiltaan ole mitään uutta. Itse asiassahan se on vain perin yksinkertaista logiikkaa ja tervettä järkeä, nyt vain sovellettuna aikamme monimutkaisiin niin siviili- kuin sotilasjärjestelmiin. On kuitenkin ilmeistä, että soveltamalla sitä myös omaan maanpuolustusjärjestelmäämme pystymme paremmin ehkä hahmottamaan, organisoimaan sen, käsittämään yleisen asejärjestelmäkehityksen meillekin asettamat vaatimukset ja pystymme näin ehkä onneksemme poikkeamaan kovaksi polkemiltamme ajatustemme karjapoluilta sekä kehittämään asejärjestelmiämme entistä paremmin tulevaisuuden vaatimuksia ja tarpeita vastaaviksi.

Edellä on jo viitattu eräisiin ajatuksiin, joita järjestelmäajatuksen soveltaminen sotilasorganisaatioomme saattaa herättää. Niitä kannattanee tutkia, sillä mitä on organisaatio ja mitä on maanpuolustusor-

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 327—328

ganisaatio? Sehän on juuri tietyn tehtävän — maanpuolustuksen — suorittamista silmälläpitäen luotu järjestelmä. Tämä tehtävä muuttaa jatkuvasti luonnettaan sitä mukaa kun hyökkäysmenetelmät muuttuvat, kehittyvät ja monipuolistuvat. Puolustusjärjestelmän on pystyttävä muuttamaan itseään tapahtunutta kehitystä vastaavaksi ja pystyttävä luomaan riittävät vastajärjestelmät kehittyvien hyökkäysjärjestelmien torjumiseksi ja maanpuolustuksen päämäärän saavuttamiseksi muuttuneissakin olosuhteissa.

Dynaamisesti kehittyvä sotatekniikka, yhä monipuolisemmiksi muodostuneet hyökkäysasejärjestelmät ja aikavakion muuttuminen, kehitys kohti yhä suurempaa nopeutta niin järjestelmien luomisessa kuin niiden toimeenpanossa ja tehtävien suorituksessa asettavat puolustusjärjestelmiä suunnittelevan — edes tyydyttävänkin valmiuden takaimiseksi — jatkuvasti monimutkaistuvien ja yhä nopeammin ratkaisuaan vaativien proleemien eteen. Lienee itsestään selvää, että ainoa keino pienelle maallekin yrittää löytää ratkaisut monimutkaistuviin asejärjestelmäprobleemeihin on soveltaa niihin nykyaikaisen järjestelmäänalyysin, järjestelmäsuunnittelun ja järjestelmätekniikan menetelmiä. On luonnollisesti suoritettava analyysiä jo olevan järjestelmän kehittämiseksi, mutta on myös voimakkaasti tähdättävä synteisiin tulevien vuosien ja vuosikymmenien asejärjestelmiä hahmoiteltaessa. Ei liene epäilystäkään siitä, etteikö sellaisia suunnittelun apukeinoja kuin PERT'iä voitaisi menestyksellisesti käyttää hyväksi omassa asejärjestelmäsuunnittelussammekin.

2. INFORMAATIO, KOMMUNIKAATIO, JÄRJESTELMIEN VALVONTA JA JOHTAMINEN

"Nothing is so practical as a good theory"

Kurt Lewin

2.1. JOHDANTO

Seuratkamme tavallisen työpäivämme kulkua. Heräämme herätyskellon soittoon, ajamme partamme, silmäilemme päivän lehden, ajam-

me autolla työpaikkaamme, luemme postin, kirjoitamme pari kirjelmää, osallistumme neuvotteluun, pidämme kenties luennon, kotiin tuluumme luemme, kuuntelemme radiota tai katselemme televisiota, ja lopuksi vilkaisemme ennen nukkumaan menoamme minkälainen sää on ulkona ja panemme herätyskellon jälleen herättämään — mahdollisimman myöhään — seuraavaa päivää varten. Voimme todeta, että kaikki jokapäiväinen toimintamme, itse asiassa koko elämistemme ja olemistemme perustuu informaatioon ja toimimiseen sen perusteella.

Jos puolestaan tarkastelemme maanpuolustustehtävää, toteamme miten sotatoimen mielekäs suorittaminen edellyttää riittävän tarkkoja tietoja vihollisesta, jotka hankitaan tiedustelujärjestelmän erilaisin keinoin. Ilmapuolustusjärjestelmän välitön johtaminen edellyttää erittäin tehokkaan ja teknisen tietojenhankkimisjärjestelmän — ilmavalvontajärjestelmän — olemassaoloa. Sotilaallinen suunnittelu- ja kehittämistyö ei ole mahdollista ilman perusteellisia tietoja muualla maailmassa etenkin sotilaallisella alalla tapahtuneesta kehityksestä. Asejärjestelmän kehittäjä tarvitsee nykyisin mitä monipuolisinta teknistä tietoutta, minkä lisäksi hän — kuten insinöörit nykyisin entistäkin enemmän — tarvitsee tietoa myös bioteknisistä problemeista, ihmisen ja koneen välisistä suhteista asejärjestelmissä. Sotilasjohtajalta vaaditaan pystyäkseen toimimaan sotilaallisen organisaation eri tehtävissä mitä moninaisinta ja vuosien mittaan laadullisesti entistäkin painavampaa tietoutta. Sen hankkiminen edellyttää monipuolista koulutus- ja itseopiskelujärjestelmää. Rauhan ja sodankin aikaisten sotilaallisten organisaatioiden johtaminen, niin esikuntatyöskentely, joka suurimmalta osaltaan on monien ns käytännön miesten vihaamaa "paperisotaa", kuin joukkojen välitön johtaminen, joka pääasiassa tapahtuu teknisin viestivälinein, on jatkuvaa tietojenkäsittely- ja tiedotustoimintaa. Tiedotustoiminnalla sanan varsinaisessa merkityksessä luodaan kansalle ja sen johtajille oikea kuva maanpuolustuksen tarpeista ja kasvatetaan oikeata maanpuolustustahtoa. Sodan aikana asiallisella tiedotustoiminnalla lujitetaan tätä maanpuolustuksen henkistä perustaa ja pyritään eliminoimaan vihollisen vääristellyn tiedotustoiminnan, propagandan, vaikutukset. — Sotilaallinen toimintakin siis lepää kokonaan informaatio- ja kommunikaatiotoimintojen varassa.

Voimme vielä luoda katsemme poliittisen toiminnan sektoriin.

Yhdistyneiden kansakuntien yleiskokoukset, alaorganisaatioiden ja jaostojen toiminta, valtiomiesten ja valtuuskuntien väliset neuvottelut, valtiomiesten puheet mitä erilaisimmissa tilaisuuksissa ja eriateisilla foorumeilla, tiedonannot ja lausunnot lehdistökonferensseissa tai yksityisille henkilöille, valtiomiesvierailut puheineen ja kommunikoeineen, diplomaattinen kirjeenvaihto jne ovat informaatiotoimintaa korkeimmalla kansainvälisellä tasolla.

Vielä kansainvälisellä tasolla pysytellen voimme todeta, miten vaikeimmat kiistakysymykset ja sitkeimmät neuvottelujen kohteena olevat probleemit keskittyvät nimenomaan juuri informaatiokysymysten ympärille. Avoimen taivaan ohjelma, ydinkokeiden kansainvälinen valvonta, valvontakomissiot ja tarkkailuryhmät ja viimeisimpänä korkeimman tason kansainvälisenä kommunikaatiosovellutuksena Suomenkin kautta kulkeva "kuuma linja"!

Alussa oli Sana. Paratiisissa ihminen jo maistoi hyvän ja pahan tiedon puusta. Vakoilua on kautta aikojen pidetty sotilaallisesti mitä tärkeimpänä ja julkisesti mitä halveksittavimpana tietojen hankkimismuotona. Huhujen levittämisessä ja kuiskutuskampanjassa tiedotusmuotona ei liioin ole erikoisemmin hyväksyttävä vivahdus. Mutta kuitenkin uteliaisuus on eräs inhimillisimmistä luonteenpiirteistä eikä suotta, perustuhan se erääseen ihmisen voimakkaimmista henkisistä tarpeista, tiedon tarpeeseen. Siihenhän perustuu myös tiede nykyisin jo suunnattoman suuriksi paisuneine tietomäärineen. Informaatioon perustuu itse asiassa koko inhimillinen kulttuuri kaikkine muotoineen, taide, elinkeinot, oikeuslaitos, hengellinen elämä. Viimeinen informaatio, joka monesta meistä ainoana jää jäljelle kuoltuamme on hautaristissä oleva nimi ja pari riviä kirkonkirjoissa, mutta informaatiota kuitenkin muutaman bit'in verran!

Yhden pääluvuista omistaminen tässä katsauksessa informaatiolle ei kaivanne enempää motivointia.

2. 2. INFORMAATIOTEORIA

On luonnollista, että inhimillinen tiedon halu ja tiede ovat kohdistaneet huomionsa myös tietoon, informaatioon itseensä. Mitä on tieto, informaatio? Kysymykseen voidaan vastata useammallakin tavalla.

Informaatio on nimi sille sisällölle, jonka vaihdamme ulkomaailman kanssa pyrkiessämme sopeutumaan siihen. Tämä on eräs Norbert Wiener'in informaatiolle antamista määritelmistä.¹⁾ Informaatio liittyy yleensä johonkin ihmisen antamaan, lähettämään tai jälkeensä jättämään sanomaan — message. Warren Weaver määritteleeekin informaation niin, että se on mitta vapaudellemme valita sanomamme. Informaatiossa ei siis niinkään ole kyse siitä, mitä sanomme, kuin siitä, mitä voimme sanoa.²⁾ Se mitä voimme sanoa, ts kuinka suuri valinnan vapautemme on lähettäessämme sanoman, riippuu tietolähteen, tilanteen, tilasta ja nimenomaan sen järjestäytymisen asteesta. Mitä järjestäytyneempi on tilanne, tietolähde, sitä pienemmät ovat valinnan mahdollisuutemme sanoman suhteen ja sitä pienempi informaatio. Mitä suurempi on tilanteen sattumanvaraisuus, sekavuus, järjestäytymättömyys, sitä suurempi on valinnan mahdollisuus lähetettävälle sanomalle, sitä suurempi on tieto, sitä suurempi on lähettämämme sanoman "uutisarvo". Oletetaan esimerkiksi, että katsauksen lukijoitten järjestelmiä, informaatiota ja biotekniikkaa koskevassa tietoudessa saattaisi esiintyä järjestäytymättömyyttä nimenomaan niissä näkökulmissa, jotka on tässä katsauksessa tuotu esille. Siinä on silloin katsauksen perusmotiivi: kirjoittaja olettaa sisällöllä olevan "uutisarvoa". Mikäli näistä asioista kirjoitettaisiin myöhemmin lisää, olisi valinnanvapaus sisällön suhteen jo paljon pienempi! — Tätä tilanteessa järjestelmässä esiintyvää sattumanvaraisuutta sanotaan entropiaksi — käsite, joka on lainattu lämpödynamiikasta, jonka toinen laki sanoo, että entropia, järjestäytymättömyys, aina kasvaa järjestelmissä. Informaatiosta voidaan edellisen perusteella todeta, että suuri sattumanvaraisuus, valinnanvaraisuus ja suuri informaation määrä liittyvät yhteen. Toisaalta myöskin voidaan todeta, että informaatio luo järjestystä, minkä vuoksi sitä on sanottu myös negatiiviseksi entropiaksi.³⁾ Tässä yhteydessä on syytä muistaa, että nyt on kyse pelkästään informaation määrästä, ei sen laadusta.

Matemaattinen informaatio- ja kommunikaatioteoria, jonka amerikkalaiset Claude Shannon ja Warren Weaver ensimmäisinä

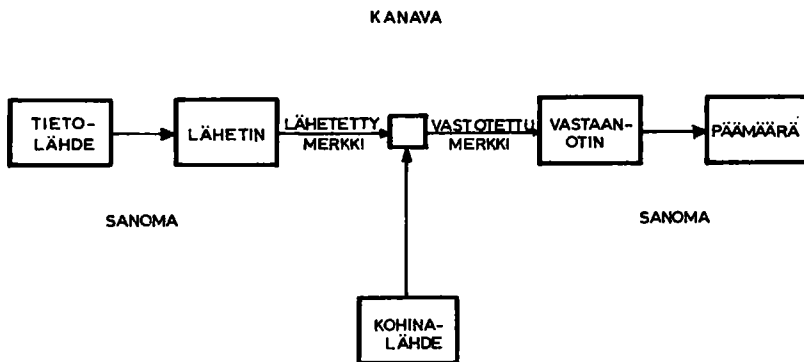
¹⁾ Wiener (1956), 17

²⁾ Weaver (1948), 100

³⁾ King (1948), 84

ovat muotoilleet¹⁾, keskittyy myös vain informaation määrään pyrkien selvittämään informaatiolähteen tilastollista luonnetta. Informaation määrä ilmoitetaan binäärisen lukuasteikon avulla, jossa on vain kaksi symbolia: 0 ja 1. Kumpikin symboli edustaa yksinkertaista valintaa kahdesta mahdollisesta. Jos sanoma sisältää binäärisiä lukuja — binary digit's — niin kukin digit sisältää yhden yksikön informaatiota. Matemaatikot John T u k e y ja edellä jo mainittu Shannon ryhtyivät käyttämään tästä informaation määrän yksiköstä — binary digit — lyhennettä bit, jota nykyisin jo aivan yleisesti käytetäänkin informaation mittana. Bit'ien lukumäärä sanomassa ilmoittaa siis lähetetyn informaation määrän. — Informaation ja kommunikaation teoriaa on jo mainitun Shannon'in ja Weaverin kirjan lisäksi käsitelty varsin runsaasti mm seuraavissa alaviitassa luetelluissa lähteissä.²⁾

Shannon ja Weaver lienevät ensimmäisinä esittäneet informaation lohkokaaavion³⁾ siten, kuin se esiintyy myös oheisessa kuvassa 5. Pie-nin muunnelmien sen löytää lukuisista informaatiota ja kommunikaatiota käsittelevistä lähteistä.⁴⁾



Kuva 5

Kommunikaation lohkokaavio (Shannon & Weaver, 1949, 48)

¹⁾ Shannon, Claude and Weaver, Warren: *The Mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana Ill. 1949

²⁾ Brillouin (1956), 1—10; Cherry (1957), 40—51; Crowley—Harris—Miller—Pierce—Runyan (1962), 283—303; Goldman (1953); Harrah (1963) ja Weaver (1948), 97—110.

³⁾ Shannon ja Weaver, em teos (1949), 98

⁴⁾ Mm Hall (1962), 381, 390 ja Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 77

Erityisesti on syytä korostaa kohinan osuutta kommunikaation — viestitystoiminnan — vaikeuttajana. Tietojenvälitys on järjestelmä, joka toimii tietyssä ympäristössä. Eräs itse viestitystoiminnan onnistumisen kannalta merkittävimpiä piirteitä tässä ympäristössä on juuri kohina, joka usein pahiten haittaa informaation välitystä. Kohinalla — engl noise — tarkoitetaan tässä tapauksessa tietojen välitys- ja käsittelylaitteissa ilmeneviä informaatioon itseensä sisällyttymiä satunnaisia häiriöitä.

Matemaattisen, tilastollisen informaatioteorian suuri käytännöllinen merkitys on siinä, että se antaa suuntaviivat kommunikaatio- eli viestitysjärjestelmien kehittämiseksi, että toisaalta niiden hardware-puoleen, tekniikkaan, on investoitu vain sen verran kuin on välttämätöntä tietyn informaatiomäärän saamiseksi läpi kanavassa, ja että ne toisaalta pystyvät toimittamaan informaationsa vastaanottajalle esiintyvistä tahattomasta tai myös tarkoituksellisesta kohinasta — häirinnästä — huolimatta. Tästä näkökulmasta katsottuna informaatioteorialla on mitä suurin merkitys myös nykyaikaisia sotilaallisia informaatio- ja kommunikaatiojärjestelmiä kehitettäessä.

Viitattakoon tässä vain pariin merkittävään sotilaalliseen sovellutukseen, joilla on myös läheinen liittymäkohta toisiinsa, nimittäin ilma-valvontatiedon hankkimiseen tutkia hyväksi käyttäen ja elektroniseen häirintään ja sen vastatoimenpiteisiin. Tilastollisella informaatioteorialla on ollut aivan ratkaiseva merkitys kehitettäessä varsinkin sellaisia tutkailma-valvontajärjestelmiä, joilla satojen, jopa tuhansienkin kilometrien päästä on pystyttävä kohinasta selvittämään haluttu tieto.¹⁾ Tämä kohina voi myös olla vihollisen tarkoituksellisesti aikaansaamaa häirintää. Häirintä on toimintaa, joka kohdistuu viestitystoimintoihin laajemminkin, ei pelkästään tutkatoimintaan. Menestyksellisen elektronisen häirintäsuunnitelmansa toteutuksen ansiosta mm saksalaisten onnistui II maailmansodan aikana saada taistelulaivansa Scharnhorst ehjänä läpi kapean Englannin Kanaalin.²⁾ Informaation varma kulku viestityskanavissa on sotatoimien onnistumisen elinehto. Sen vuoksi kaikkialla nykyisin kiinnitetäänkin mitä suurinta huomiota siihen, miten toisaalta voitaisiin häiritä vihollisen viestitystoimintaa,

¹⁾ Skolnik (1962), 408—500

²⁾ Giessler (1961)

saada kanaviin ylimääräistä kohinaa, ja miten toisaalta voitaisiin vaurautua vastatoimenpiteisiin vihollisen vastaavan toiminnan varalta. On suorastaan väitetty, että tulevaisuuden sodat merkittävältä osaltaan ratkaistaisiinkin elektronisen sodankäynnin rintamilla. Esiintyvistä vaikeuksista antaa jo kuvan mm se, että esim suomalaisen talonpojan aura saattaa vahingossa katkaista Moskovan ja Washington'in välisen "kuuman" linjan! — Elektroniseen sodankäyntiin, häirintään, vastahäirintään, vastahäirinnän eliminoimiseen — ECM (Electronic Counter measures), ECCM (Electronic Counter Countermeasures) — jne kohdistuva mitä tärkein ja vakavin tieteellinen tutkimus nojaa osaltaan juuri matemaattiseen informaatioteoriaan.¹⁾ —

2. 3. SISÄLLÖLTÄÄN MERKITTÄVÄ TIETO

Informaatioteorialla edellä esitetyssä mielessä on siis ratkaiseva merkitys suunniteltaessa ja kehitettäessä nykyaikaisia kommunikatiojärjestelmiä. Mutta vähintään yhtä tärkeä merkitys kuin informaation määrällä on luonnollisesti myös sen sisällöllä. Voimme yhtyä Norbert Wiener'iin hänen sanoessaan, että toiminnan kannalta ei olekaan ylipäätänsä merkitystä vain lähetetyn informaation määrällä sinänsä, vaan että tärkeämpää on kuinka paljon tästä informaatiosta pystyy tunkeutumaan vastaanottimiin niin, että se aikaansaa halutun toiminnan.²⁾ Vain tällaisella tiedolla, informaatiolla on todellista merkitystä. Informaation laadusta tällöin ilmeisesti riippuu, onko sillä merkittävyyttä eli ei. Olemme siis tekemisissä informaation semanttisten näkökohtien kanssa. Semantiikka on se logiikan haara, jossa keskitytään tutkimaan tiedon, informaation *merkitykseen* liittyviä kysymyksiä. Kaikessa informaatio- ja tiedotustoiminnassamme meidän siis tulisi pystyä läpäisemään vastaanottimemme, ts kuulijoittemme, lukijoittemme, alaiSTEMME ja esimiESTEMME "semanttiset siivilät". Meidän tulisi pystyä murtamaan ajatusten "äänivallit" saadaksemme alaiSTEMME halukkaasti toimimaan toivomallamme tavalla

¹⁾ Besserer & Nixon(1961)

²⁾ Wiener (1950. 1954), 94

tai saadaksemme ajatuksemme — mikäli niitä on — esimiehillemme ymmärrettävästi esitetyksi.

Informaation sisältöön liittyvään tutkimukseen ei siis suotta ole kautta aikojen kiinnitetty suurta huomiota niin puhtaasti teoreettisessa kuin käytännöllisessäkin mielessä. Varsin huomattava osa näistä tutkimuksista on keskittynyt kasvatus- ja koulutuskysymysten ympärille — onhan niissä nimenomaan kyse sellaisen informaation antamisesta, jonka tavoitteena on opetettavien ja koulutettavien tietty haluttu toimintatapa ja taito heidän astuessaan järjestelmään toimimaan aloilla ja asemissa joihin opetus ja koulutus sisällöllisesti on tähdännyt. Näin on tietenkin laita yhtä hyvin siviili- kuin sotilasjärjestelmien kohdalla. — Käytännöllistä merkitystä on mm seuraavalla jaolla informaation sisällön perusteella. Ackkoff'in mukaan¹⁾ informaatio voi olla

- a informoivaa
- b instruktoivaa ja
- c motivoivaa.

Informoivan tiedotuksen tarkoituksena on lähinnä näköalojen avaruttaminen, asioiden sijoittaminen laajempiin yhteyksiinsä. Instruktoivan informaation tarkoituksena on opettaa toiselle henkilölle jokin toimintatapa. Tähänhän sotilaskoulutustoimintakin kokonaisuudessaan tähtää. Motivoivan informaation tarkoituksena puolestaan on saada toinen ymmärtämään, miksi jokin asia on niin tai näin tai miksi jokin asia on tehtävä juuri niin kuin kouluttaja sen haluaa. *M o t i v o i n t i* selvittämällä miksi — siinä on se jälkipoltin, jonka käytöllä puhkaistaan ajatusten äänivallit. Motivoinnissa on toiminnan avain. On näin ollen luonnollista, että informaation sisällön teoreettisetkin tarkastelut nykyisin entistä enemmän keskittyvät nimenomaan merkityskysymyksen ympärille.²⁾

Jonkin asian ymmärretyksi tekemisen perusedellytyksenä on se, että voidaan antaa oikea kuva asiasta. Mitä enemmän onnistutaan käyttämään hyväksi kielikuvaa, toisin sanoen vertauskuvaa, analogiaa tai kuvaa sanan varsinaisessa merkityksessä, valokuvaa, piirrosta, kaaviokuvaa, diagrammia jne, sitä paremmat edellytykset ovat ole-

¹⁾ Ackkoff (1958)

²⁾ mm Ackoff (1958) ja Barnlund (1962)

massa kaikkien tiedotustoiminnan lajien — niin informoivan, instruktioivan kuin motivoivankin — onnistumiselle.¹⁾

Mitä enemmän lähetinpuolella, jota opettaja, kouluttaja edustaa — viitatakseni informaation lohkokaavioon, kuva 5 — pannaan vaivaa sanoman muokkaamiseen ja nimenomaan kuvallisten havainnollistamiskeinojen valmistamiseen, sitä syvemmälle informaatio vastaanottimissa uppoaa.²⁾ Audiovisuaalisten, nimenomaan kuvaan perustuvien opetus- ja koulutusmenetelmien tehokkuus ei näin ollen kaitvannekaan tätä laajempaa motivointia.

Järjestelmät — niin ihmisten muodostamat organisaatiot, tekniset järjestelmät kuin ihminen—kone-yhdistelmät — tähtäävät toiminnallaan tiettyyn päämäärään. Järjestelmän johtajan tehtävänä on ohjata järjestelmää kohti tätä päämäärää aivan niinkuin ruorimies — kapteenin antamien ohjeiden mukaan — ohjaa alusta kohti määräsatamaa. Kuten olemme todenneet, on informaatio, ja nimenomaan sisällöltään merkittävä, motivoiva informaatio se keino, jolla järjestelmän osat ja näin järjestelmä kokonaisuudessaankin saadaan toimimaan halutun päämäärän suuntaan. Kaikki se tietous, joka tavalla tai toisella liittyy tähän informaation merkittävään osuuteen järjestelmissä ja niiden johtamisessa muodostaa oman kokonaisuutensa. Norbert Wiener nimittää tätä kokonaisuutta eli itseasiassa tieteenhaaraa nimellä *kybernetiikka*. Nimi johtuu kreikkalaisesta sanasta *kubernetes*, joka puolestaan merkitsee ruorimiestä. Tästä samasta kreikkalaisesta alkuperästä juontavat juurensa myös sellaiset johtamiseen liittyvät sanat kuin englannin *govern* = hallita ja Suomen *kuvernööri*. Ensimmäisen kybernetiikkaa käsittelevän kirjansa alaotsakkeessa Wiener jo määrittelee, mitä hän kybernetiikalla tarkoittaa. Kybernetiikka käsittelee niitä kysymyksiä, jotka liittyvät informaation ja kommunikaation osuuteen niin elollisessa luonnossa kuin ihmisen luomissa koneissa ja teknisissä järjestelmissä³⁾.

¹⁾ McCay (1959) 31, 125—133 ja 135—140

²⁾ Mills (1953), 25—43

³⁾ Wiener (1948)

2. 4. JÄRJESTELMIEN VALVONTA JA JOHTAMINEN: INFORMAATIOJÄRJESTELMÄT

Aikaisemmin edellä järjestelmiä käsiteltäessä todettiin, miten niitä on olemassa eriasteisia. Jokainen järjestelmä — yksityisen ilmatorjuntatykin suuntausjärjestelmä, servolaite tai ilmapuolustusjärjestelmä kokonaisuudessaan — on osa jostakin laajemmasta järjestelmästä. Jokaisen järjestelmän toiminta ja järjestelmän johtaminen nojaa jatkuvaan informaation kulkuun, informaation virtaan, tietovuohon. Kullakin järjestelmällä on sen tarvitsema, sille ominainen informaatiojärjestelmä, jonka avulla se toteuttaa tarkoitustaan. *Informaatiojärjestelmä* voidaan määritelläkin niiden keinojen muodostamaksi kokonaisuudeksi, jonka avulla toisistaan erillään ja hajallaan olevat tiedot kootaan, järjestetään ja muokataan tyydyttämään järjestelmän toiminnan ja johtamisen sanelemaa tarvetta.¹⁾

Informaatiojärjestelmien ja niiden toimintojen ymmärtämistä helpottaa Saline'n¹⁾ suorittama informaation luonteenomaisten piirteiden jako määrään, sisältöön, kieleen ja laatuun.

- a Määrä eli volyyymi on yksinkertaisesti = olevan informaation määrä, joka voidaan ilmoittaa esim sanojen lukumääränä, sivujen lukumääränä tai bit'ien määränä.
- b Sisältö on = ne asiat, joita informaatio käsittelee.
- c Kieli on = se symbolijärjestelmä, jolla informaatio ilmaistaan. Sellaisia ovat kirjainkieli, matemaattinen kieli, numerot, koodit ja lyhenteet.
- d Laatu on = informaation tarkkuus, luotettavuus, oleellisuus, ajankohtaisuus ja täydellisyys.

Informaatiojärjestelmät ovat yhtä vanhoja kuin ihminen ja luomakunta kokonaisuudessaan. Kirjastoja, jotka ovat eräs informaatiojärjestelmien laji, tiedetään olleen jo 600-luvulla eKr, ja niissä olleen kirjoituksia tai tietoja, joista vanhimmat ovat olleet vuodelta 2000 eKr. Nykyaikaisessa mielessä informaatiojärjestelmät käsittävät kaikki tietojen etsintä-, kokoamis-, käsittely-, esittämis- ja viestitys- eli kommunikaatiojärjestelmät. Informaatiojärjestelmät voidaan Saline'n mu-

¹⁾ Saline (1961), 92

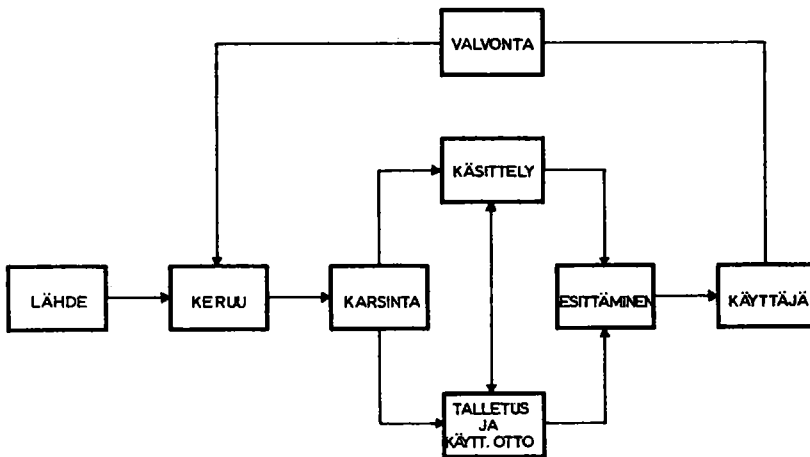
kaan jakaa seuraavaan viiteen ryhmään, jotka käsittävät niin sotilaalliset kuin siviilijärjestelmätkin.

- a *Tiedustelujärjestelmät* hankkivat ja muokkaavat informaatiota sellaisista parametreistä, muuttuvista tekijöistä, jotka eivät ole sotilas- tai siviilijohtajan suoranaisesti valvottavissa. Tiedustelujärjestelmien tehtävänä on kerätä, analysoida, säilöä, ottaa esille, käsitellä ja esittää komentajalle tai liikkeen johtajalle tuoreita ja tarkkoja tietoja. Tiedustelujärjestelmät ovat sotilaallisten ja siviilijohtamisjärjestelmien osajärjestelmiä. Sotilasorganisaatioissa tiedustelujärjestelmät — kuten tiedämme — antavat arviointeja vihollisen tilasta, mahdollisuuksista, kohteiden haavoittuvuudesta ja vihollisen tarkoituksista sekä varoituksen uhkaavasta hyökkäyksestä. Liikkeenjohdolle tiedustelujärjestelmät antavat vastaavanlaisia tietoja asiakkaista, kilpailevista yrityksistä ja muista ympäristötekijöistä.
- b *Hallintoa tukevat informaatiojärjestelmät* hankkivat ja muokkaavat johdon käytettäväksi informaatiota niistä muuttuvista tekijöistä, jotka ovat johtajan suoranaisessa valvonnassa. Ne ovat niinkään johtamisjärjestelmän alajärjestelmiä ja käsittävät omien voimavarojen, ohjelmien, asiakirjojen ja huollon valvontajärjestelmät samoin kuin niitä koskevan informaation käsittelyjärjestelmät.
- c *Teknistä puolta tukevat informaatiojärjestelmät* hankkivat teknisille johtajille ja avustajille heidän työnsä suorittamiselle välttämätöntä informaatiota. Ne ovat myös johtamisjärjestelmän alajärjestelmiä. Niihin kuuluvat mm kirjastot, tekninen kirjallisuuspalvelu sekä laskentajärjestelmät. Näistä esimerkiksi laskentajärjestelmät muokkaavat lentokoneiden tai ohjusten valvontatietoja ja tietoja satelliiteista, suorittavat tuhoutumis-, saastumis- ja haavoittuvuuslaskelmia sekä huolehtivat suunnittelusta ja kehittämistoiminnan vaatimasta laskentatyöstä.
- d *Sotilaalliset johtamis- ja valvontajärjestelmät* hankkivat käyttöön kaiken sen informaation sekä omista että vihollisen joukoista ja voimavaroista, joka tarvitaan omien asejärjestelmien johtamiseksi niin, että sekä puolustuksellisten että hyökkäyk-

sellisien asejärjestelmien käytössä saavutetaan optimitulos. Niihin kuuluvat edellä kohdissa a—c mainitut järjestelmät alajärjestelmineen. Pääesikunnat, puolustushaarojen esikunnat ja esikuntapäällikköiden neuvostot ovat meidän hyvin tuntemiamme esimerkkejä laajemmista sotilaallisista johtamisjärjestelmistä.

- e *Hallinnolliset johtamisjärjestelmät* hankkivat liikkeenjohdon käyttöön tiedot sekä sen suoranaisessa valvonnassa olevista että tämän valvonnan ulkopuolelle jäävistä parametreista ja käsittävät niinkään kohdissa a—c luetellut järjestelmät alajärjestelmineen. Suurten hallinnollisten virastojen ja laitosten — esim. verovirasto ja kansaneläkelaitos — sekä suurten teollisuus- ja liikeyritysten hallintoneuvostot, johtokunnat ja toimistot informaatiojärjestelmineen ovat esimerkkejä laajoista hallinnollisista johtamisjärjestelmistä.

Kuvassa 6 on informaatiojärjestelmän yleinen toiminnallinen rakenne-lohkokaaviona Salinen ¹⁾ esittämässä muodossa. Kaaviossa voimme erityisesti panna merkille informaatiojärjestelmän käyttäjän osuuden järjestelmän valvonnassa. Todetut puutteellisuudet tai halutut



Kuva 6

Yleinen informaatiojärjestelmän lohkokaavio (Saline, 1961, 93)

¹⁾ Saline (1961), 93

muutokset esitettävän tiedon sisältöön syötetään takaisin vastaavina ohjeina ja käskyinä järjestelmän keruulohkoon. Tässä voimme jo nähdä kaikille valvontajärjestelmille — niin ei-automaattisille, puoli-automaattisille kuin täysin automaattisillekin — ominaisen takaisin syötön — *feedback* — joka on kaiken johtamisen, valvonnan, säädön oleellisin osa. Johtaminen, valvonta, säätö, nehan merkitsevät sitä, että järjestelmän toiminnan tulosta — *output* — verrataan haluttuun tulokseen ja sikäli kuin eroa todetaan, syötetään korjausohjeet järjestelmän sisään syöttö — *input* — puolelle, jotta järjestelmän tulos jatkossa mahdollisimman paljon vastaisi toivottua lopputulosta. Informaatiojärjestelmät ovat näin ollen joko valvontajärjestelmiä sellaisinaan tai osia valvontajärjestelmistä. Useimmiten ne ovat osana johtamisjärjestelmissä. Esimerkiksi ilmavalvontajärjestelmä on informaatiojärjestelmä, joka on osajärjestelmä ilmapuolustuksen johtamisjärjestelmässä. Vastaavasti partiotiedustelu on osa tiedustelujärjestelmästä, joka informaatiojärjestelmänä on jalkaväen johtamisjärjestelmän osa.

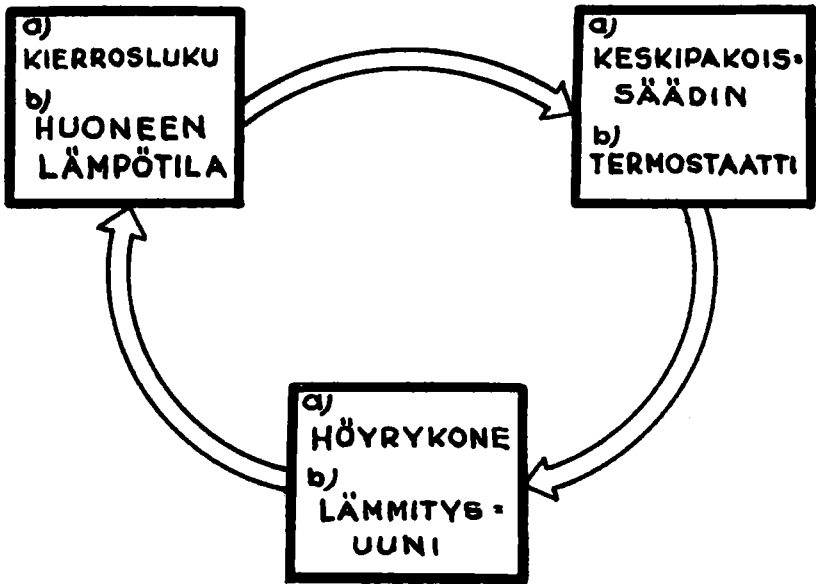
2. 5. JÄRJESTELMIEN VALVONTA JA JOHTAMINEN: AUTOMATIO, AUTOMAATTINEN TIETOJEN KÄSITTELY

Höyrykoneen keksiminen v 1765 merkitsi ensimmäisen teollisen vallankumouksen alkua, raskaan ruumiillisen työn asteittain laajenevaa siirtämistä koneiden hoidettavaksi. Samoihin aikoihin ihmisen tarve vapauttaa itsensä myös näiden kehittämiensä koneiden säätötehtävistä löysi ensimmäisen sovelluksensa, joka merkitsi tavallaan automation alkua. V 1786 höyrykoneen keksijä James Watt näet kehitti ns keskipakoissäätimen pysyttämään koneensa kierrosluvun halutun suuruisena. Keskipakoissäätimen avulla höyrykone siis tavaltaan "automaattisesti" sääteli toimintansa. Sana automaattinen voisi tässä esiintyä ilmankin lainausmerkkejä. Käytetäänkö niitä eli ei riippuu pelkästään siitä, mitä me *automaatiolla* käsitämme. Jos automaatiolla ymmärrämme tapahtumaa, jonka kulkuun ihmisen ei tarvitse puuttua, niin silloin keskipakoissäädinkin on automaatti. Itse asiassa automationkin alalla voimme löytää useita eriasteisia sovellutuksia, joista moderneimmat ja kehittyneimmät merkitsevät jo mm monimut-

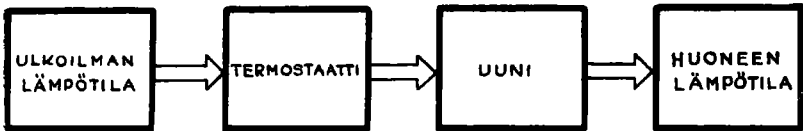
kaisia teollisia prosesseja automaattisesti optimoivia ja jopa ”oppi-maan” pystyviä automaattisia valvonta- ja säätöjärjestelmiä. Niissä automatio jo edellyttää valvontaan liittyvien monimutkaisten tietojenkäsittelykysymystenkin automatisointia. Mikäli automatioksi halutaan hyväksyä vain nämä uusimmat ja kehittyneimmät muodot, silloin keskipakoissäädin ja lukuisat muutkin valvontalaitteet ovat vain yksinkertaisia mekaanisia säätölaitteita eivätkä ”automaatteja”.¹⁾

Joka tapauksessa aina silloin, kun ihminen jonkin kehittämänsä laitteen — kuten keskipakoissäätimen, termostaatin, servolaitteen jne — avulla vapauttaa itsensä rutiininomaisesta säätötehtävästä korkeammanasteisiin johtotehtäviin, hän on saattanut jonkin johdossaan olevan järjestelmän tai sen osan toimimaan itsenäisesti. Tällöin hän itse asiassa aina astuu askelen eteenpäin automation tiellä. Sen sijaan että pohtisimme laajemmin automation määritelmää, teemme itsellemme varmasti suuremman palveluksen tarkastelemalla asiaa muutaman esimerkin valossa. Silloin meille ehkä parhaiten selviää, mistä automatiassa itse asiassa on kyse. Kuvassa 7 nähdään kaaviona suljettu automatioketju yksinkertaisimmassa perusmuodossaan. Se esittääkin oleellisimmat osat kaikista tällaisista automation feed-back-sovellutuksista. Kuvaan on merkitty näkyviin, mitä nämä osat vastaavat a) James Watt'in höyrykoneen kierrosluvun säädössä keskipakoissäätimen avulla ja mitä b) nykyaikaisessa huoneen lämmön säädössä termostaattia hyväksi käyttäen. Kuvassa 8 on esitetty avoin automatioketju lohko-kaaviona. Sitä edustaa huoneen lämmön säätö ulkoilman lämpötilan mukaan — niinkään termostaattia hyväksi käyttäen. Nykyaikaisista automation sovellutuksista myös työkoneiden numeerinen ohjaus edustaa samaa avointa ketjua. Kummassakin tapauksessa puuttuu takaisin syöttö — feed back. Huoneen lämpötilan muutoksethan eivät vaikuta ulkoilman lämpötilaan vaikuttaakseen jälleen säätävästi takaisin huoneen lämpötilaan enempää kuin työstettävä esinekään vaikuttaa sen numeriseen ohjaukseen. Eri asia on, että vm esimerkissä suljettu automatioketju voi esiintyä koneessa itsessään, jolloin se huolehtii ”automaattisesti” siitä, että työn tulos pysyy asetetuissa rajoissa pysäyttäen koneen toiminnan ”automaattisesti”, jos kone jonkin häiriön johdosta

¹⁾ Foster (1962), 89



Kuva 7
Suljettu automatioketju

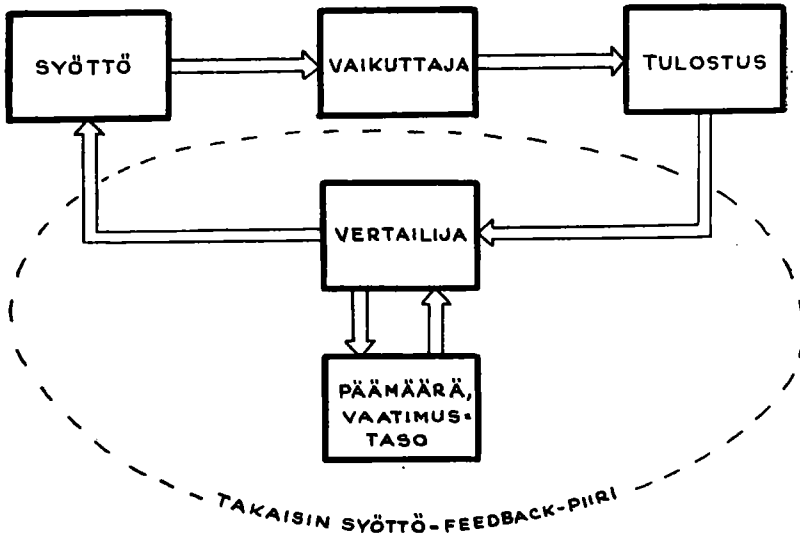


Kuva 8
Avoin automatioketju (Scientific American, 1955, 12 Tustin)

on poikennut asetetuista rajoista. Kuvassa 9 on suljettu valvontaketju, joka on luonteenomainen kaikille päämäärähakuisille valvontajärjestelmille, esitetty niin, että järjestelmän ydin — feed back — ketju tulee selvemmin esille.¹⁾

Edellisiä esimerkkejä astetta yksinkertaisempia automaatteja ovat

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 62 mukaan



Kuva 9

Järjestelmän takaisin syöttö — Feedback-piiri
(Johnson—Kast—Rosenzweig, 1963, 62)

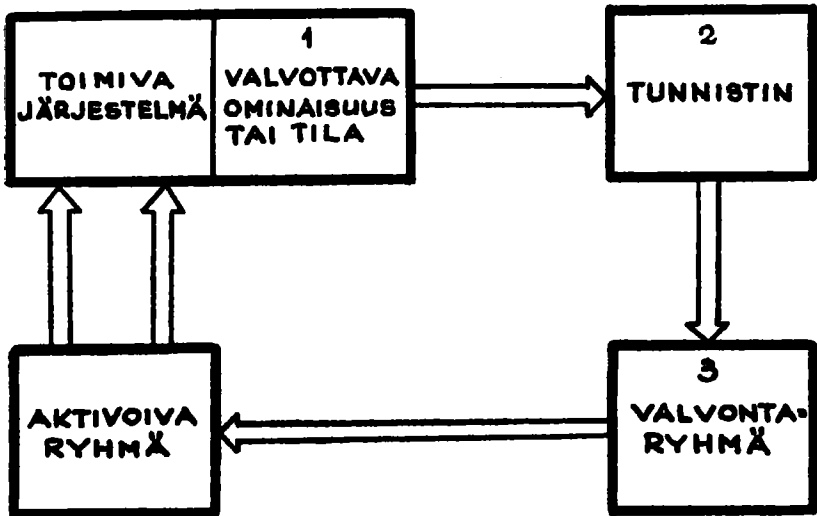
kaikki sellaiset koneet — esim työstökoneet — joissa ihminen, koneen käyttäjä, suorittaa säädön ja valvonnan koneen suorittaessa mekaanisesti työn. Tämä mekanisointi, ihmisen vapauttaminen raskaasta ruumiillisesta työstä koneiden avulla, lihaksien ja ihmisen fyysisen energian korvaaminen aluksi höyryvoimaa, myöhemmin vesivoimaa ja nyt jo osin ja tulevaisuudessa yhä enemmän ydinvoima- ja sähköenergiaa energialähteinään käytävillä koneilla onkin automation ensimmäinen aste. Ammattitaitoisen työvoiman puute käyttämään yhä lukuisampia ja monimutkaisempia koneita, tarve keskinäisen kilpailun vuoksi jatkuvasti kohottaa tuotantolukuja ja työn laatua, jolloin ylittää ihmisen mahdollisuudet valvoa koneiden toimintaa, pakottivat myös koneiden toiminnan valvonnan ja säädön automatioon yhä enenevässä määrin. Säädön ja valvonnan — engl control — automatio-sovellutukset ovatkin sitä, mitä viime aikoihin saakka olemme automatiolla lähinnä käsittäneet. Erittäin selvän ja havainnollisen kuvan automation kehityksestä, sen eri asteista ja kaikista automatioon liit-

tyivistä kysymyksistä saa mm Amber & Amber'in teoksesta "The Anatomy of Automation".¹⁾

Valvonta on toimintaa, jonka tulee taata järjestelmän toiminta laaditun suunnitelman mukaisesti kohti haluttua päämäärää, tai — pysyäksemme reaalisten mahdollisuuksien puitteissa — taata, että edettäessä päämäärään poikkeukset tiestä pysyvät sallituissa rajoissa.²⁾ Valvonnan oleelliset vaiheet ovat

- mittaaminen,
- vertailu,
- korjaaminen ja
- tulosten tarkistaminen³⁾

Kuvassa 10 on lohkokaaviona esitetty sama asia hieman toisessa muodossa.⁴⁾ Kaikki valvonta- ja säätötehtävät noudattavat itse asiassa tätä samaa kaavaa. Esimerkkeinä voisimme mainita kirjoittamisen,



Kuva 10

Valvontajärjestelmän osat (Johnson—Kast—Rosenzweig, 1963, 59)

¹⁾ Amber & Amber (1962)

²⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 58

³⁾ Brown, Gordon S ja Campbell, Donald P: Control Systems. Scientific American: Automatic Control, 1955, 27.

⁴⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 59 mukaan

autolla ajon, lentokoneen ohjauksen ja ittykin suuntauksen. Valvonta- ja säätötehtävät on edullista ja usein pakkokin — kuten edellä jo todettiin — automatisoida. Näin on esimerkiksi juuri lentokoneen ohjauksen ja ittykin suuntauksen laita, joissa varsinkin nykyaikaiset nopeus- ja tarkkuusvaatimukset huomioon ottaen ihmisen kyvyt mitaajana, vertaajana ja korjaajana eivät enää riitä. Ilmatorjuntatykin kohdalla tämä todettiin jo II maailmansodan aikana, jolloin myös jo eräissä pommituskoneissa oli automaattiohjauslaitteita. Ilmasotaan liittyvien sovellutusten osalta voidaan todeta, että valvonnan automatio tuli pakottavimpana esille aluksi puolustusaseen — ittykin — puolella. Pitihän puolustajan pyrkiä — tuloksia saadakseen — olemaan hyökkääjää ”nopeampi”. Sekä lentokoneen automaattiohjausjärjestelmän että ittykin automaattisen suuntausjärjestelmän oleellisina osina ovat *servolaitteet*. Ne juuri toimivat tunnustimina, vertaajina ja säätöliikkeiden suorittajina kummassakin tapauksessa. Servoksi sanotaankin nimenomaan sellaista automaattista valvontalaitetta, jonka valvottavana oleva suure on mekaaninen asento.¹⁾ Sana *servo* sinänsä juontaa juurensa latinalaisesta sanasta *servus*, joka merkitsee palvelijaa, orjaa. Tässä alkuperäisessä merkityksessään servolaite jo sanana kuvaa sattuvasti automation perustarkoitusta: olla ihmisen palvelija!

Tekniikan sotilaalliset sovellutukset ovat useimmiten olleet tien näyttäjinä ja edelläkävijöinä myöhemmille rauhanajan siviilielämän sovellutuksille. Tämä pitää myös paikkansa automation suhteen ja se käy ilmi tarkastellessamme sen seuraavaa astetta, monimutkaisen järjestelmän valvonnan tietojenkäsittelyn automatiota. Mitä on *tietojen käsittely* — engl *data processing*? Se on tietojen, tosiasioiden — informaation raakamateriaalin — keräämistä, laskentaa, järjestelyä ja asettamista loogisiin yhteyksiinsä tarkoituksella saada muokattua merkityksellistä tietoa ihmisen, esim sotilasjohtajan, päätöksen tekoa varten tai koneen automaattisen laitteen suorittaman ”päätöksen”, valinnan edellytykseksi. Ihminen omine ”tietokoneineen”, aivoineen, on erinomainen tietojen käsittelijä tiettyyn rajaan saakka. Tämä raja tulee kuitenkin nopeasti vastaan lukuisissa tapauksissa kahdesta oleellisesta syystä: a) joko tietyn aikavälin sisällä käsiteltävien tieto-

¹⁾ Bukstein (1963), 1

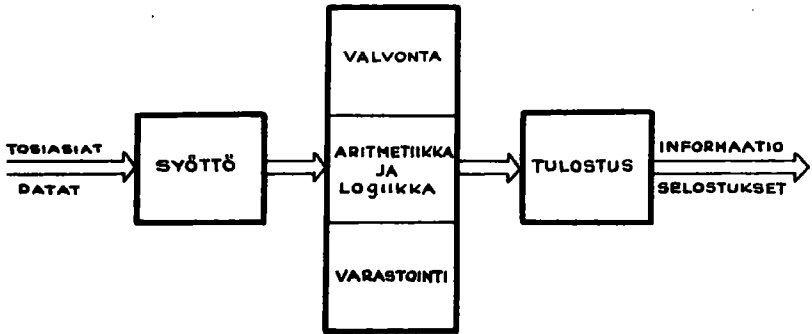
jen, datojen, määrä kasvaa liian suureksi — kuten on laita ollut ilmapuolustuksen kohdalla jo toisen maailmansodan ja jopa sitä edeltäneistäkin ajoista lähtien, — tai b) käsiteltävien tietojen, tosiasia-ryhmien, parametrien väliset suhteet ovat niin monimutkaisia — kuten useissa matemaattisissa malleissa — että ihmisäivot joko eivät lainkaan pysty niitä ratkaisemaan kynä—paperi menetelmällä tai laskutikkua hyväksi käyttäen, tai eivät pysty suoriutumaan tehtävästä kohtuullisessa ajassa. Tällöin on ihmisen turvaututtava koneeseen, joka pystyy suuristakin ja monimutkaisista tietomääristä selviytymään riittävän nopeasti ja luotettavasti. Näitä tähän tarkoitukseen kehitettyjä koneita sanotaan nykyisin *tietokoneiksi* — engl data machines — tai yleensä yksinkertaisesti vain *laskimiksi* — engl computers — liittäen tavallisesti vielä eteen sana elektroninen osoittamaan näiden nykyaikaisten tietokoneiden elektroniikkaan perustuvaa rakennetta.

Tietokoneet eivät kuitenkaan suinkaan ole pelkästään nykypäivien sovellutuksia, vaan niiden edeltäjiä on jo monta sukupolvea ja monta erilaista laitetta. Laskutikku esimerkiksi on analoginen "tietokone", joka käyttäjän suorittettua tietyt asetukset tai pikemminkin näitä asetuksia tehtäessä samalla suorittaa "automaattisesti" laskutoimituksia — suhteiden vertailuja — antaen ne halutulla kohdalla lukijansa suoraan luettavaksi. Ns *reikäkorttikoneet*, joita keksijänsä amerikkalaisen Herman Hollerith'in mukaan on myös sanottu hollerith-koneiksi, jotka toimivat sähkömekaanisella periaatteella, pystyvät suorittamaan rajoitettuja aritmeettisia ja loogisia laskutoimia ja jotka "suhteellisen lyhyessä" ajassa pystyvät käsittelemään "suhteellisen suuren määrän" tietoja, ovat jo peräisin vuosisatojen 1800/1900 vaihteesta. Niitä on meillä Suomessa ollut käytössä mm Kansaneläkelaitoksella jo ennen sotia. Siviilielämässä liikeyritysten, teollisuuden ja hallinnon lukuisilla aloilla suurten tietomäärien nopean käsittelyn tarve onkin erittäin voimakasta, minkä lisäksi tieteellisessä tutkimustyössä tavan takaa tullaan ihmiselle ylivoimaisen työläästi suoritettavien laskutoimitusten eteen. Sotilaallisista sovelluksista ittykin suuntaus oikeaan ennakkopisteeseen oli jo ennen toista maailmansotaa tehtävä, joka ei ollut tyydyttävästi ratkaistavissa ilman sähkömekaanisen analogisen tietokoneen, tulenjohtokoneen apua. Tässä juuri sotatekniikka onkin ollut tien näyttäjänä siviilitekniikalle tietojen käsittelyn sovellutuksissa.

Ilmasodan alalla ehkä selvimmin tulevat esille kaksi nimenomaan

tekniselle kehitykselle luonteenomaista piirrettä, joihin edellä tavaltaan jo on viitattu, nimittäin aikavakion muuttuminen, kehityksen jatkuvasti kiihtyvä tendenssi ja tarve yhä lyhyempinä aikaväleinä käsitellä ja ratkaista yhä monimutkaisempia kysymyksiä. Elektronikan sovellutus tietokoneiden suunnitteluun ja kehittämiseen on jo tuonut ratkaisun moniin vaikeisiin pulmakysymyksiin. Nykyisin sekä *analogiset tietokoneet*, jotka tehtäviä ratkaistessaan nojaavat fysikaaliseen analogiaan, että *digitaliset tietokoneet*, joiden toiminta perustuu symbolien käsittelyyn ja binäärisessä lukujärjestelmässä suoritettaviin laskutoimituksiin — josta syystä vm tietokoneita myös usein nimitetään *binäärisiksi tietokoneiksi* — ovat rakennetut toiminnaltaan elektronisiksi. Esimerkkinä tietokoneiden alalla tapahtuneesta kehityksestä voidaan mainita että nopeimmat nykyisin käytössä olevista digitalisista tietokoneista pystyvät suorittamaan jopa miljoona laskutoimitusta sekunnin murto-osassa. Ymmärtää, miksi nimenomaan digitaliset tietokoneet ovat osoittautuneet jo nyt erinomaisiksi apuvälineiksi mitä erilaisimmilla aloilla. Kehitystä kuvaa myös se, että vaikka elektroninen tietokone on vasta vajaan kaksi vuosikymmentä vanha, niitä jo nykyisin on maailmassa käytössä yli 12 000 erilaista järjestelmää. Meillä Suomessakin on jo käytössä yli 20 elektronista tietokonetta, yksi niistä puolustuslaitoksella, ja kuvaavaa kehityksen nopeudelle tällä alalla pienissäkin maissa on se, että mm meillä Suomessa arvioidaan käytössä olevien elektronisten tietokoneiden määrän kaksinkertaistuvan nykyisestäään jo lähimmän kahden vuoden kuluessa. Edellä esitettyä taustaa vastaan ei tunnu niinkään ihmeelliseltä kansainvälisen tietojenkäsittelyliiton — IFIP = International Federation of Information processing — nykyisen presidentin, amerikkalaisen Isaak Auerbach'in, ennuste, että pian tulemme näkemään päivän, jolloin useampia ihmisiä opetetaan ohjelmoimaan ja käyttämään tietokoneita kuin opetetaan käyttämään laskutikkua. Auerbach pitää jo varmana sitä, että tietokoneella ja sen eri sovellutuksilla tulee 20. vuosisadan loppupuolella olemaan huomattavasti paljon suurempi rakentava vaikutus ihmiskunnan kehitykseen kuin millään muulla parin viime vuosikymmenen aikana otetulla teknisellä edistysaskelella.¹⁾

¹⁾ Auerbach: The Impact of Information Processing on Mankind. IFIP-62 kongressi, München 1962. Mm. Elektronische Rechenanlagen N:o 3, Juni 1963, 117—120.



Kuva 11

Tietojenkäsittelyjärjestelmä (Johnson—Kast—Rosenzweig, 1963, 181)

Kuvassa 11 näemme elektronisen tietokoneen oleelliset osat¹⁾:

- syöttölaitteet, joilla raakamateriaali, käsiteltävät datat syötetään koneeseen,
- datojen varastointi- eli muistiosan,
- aritmeettisen ja loogisen osan, joka suorittaa varsinaiset laskutoimitukset,
- valvontaosan ja
- tulostuslaitteet, jotka antavat käsitellyt tiedot muokattuna informaationa.

Vertaamalla tätä kuvaa kuvaan 6 näemme, mikä osa informaatiojärjestelmästä voidaan automatisoida tietokonetta käyttäen. Jos tarkastelemme asiaa automation kannalta yleensä, voimme nähdä kaksi toisistaan periaatteessa eroavaa tietokoneen käyttötapaa. Ensimmäisen ryhmän muodostavat niin sanotut *of-line*-sovellutukset, joissa tietokonetta käytetään erillään jostakin prosessista ratkaisemaan yksityisiä problemeja. Mm tieteellisten matemaattisten tehtävien ratkaisu kuuluvat tähän ryhmään. Toisen tärkeän ryhmän muodostavat niin sanotut *on line*- eli *real-time*-sovellutukset, joissa tietokonetta käytetään todellisessa ajassa etenevän prosessin — esim öljyn puhdistuksen, paperin valmistuksen, ilmatilanteen — valvontaan ja opti-

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 181 mukaan.

mointiin tai pelkästään valvontaan. Ittulojenjohtokone on esimerkki tietokoneen ensimmäisestä real-time-sovellutuksesta.

Aikaisemmin mainittu aikavakion muuttuminen tulee ehkä selvimmin esille ilmasodankäynnin välineiden alalla, ovathan lentokoneiden nopeudet nykyisin jopa 4—5-kertaiset II maailmansodan aikaisiin nopeuksiin verrattuina. Tämä seikka yhdessä sen tekijän kanssa, että ilmapuolustuksen valvontajärjestelmän informaatio on usein tarkoituksellisestikin aiheutetun häirinnän — kohinan — seasta pystyttävä eliminoimaan runsaasta elektronisin välinein kerätyn informaation määrästä, on aiheuttanut sen, ettei ilmapuolustuksen johtamisjärjestelmää missään nykyisin enää pystytä tyydyttävästi ratkaisemaan ilman automaattisia tai ainakin puoliautomaattisia tietojenkäsittelyjärjestelmiä. Yleisesti ottaen ilmapuolustuksen johtamisjärjestelmän täytyy vastataksaan tarkoitustaan pystyä suorittamaan seuraavat tehtävät

- antaa selvä tieto uhkaavista ilmahyökkäyksistä,
- antaa jokahetkiset tiedot oman ilmapuolustusjärjestelmän tilasta,
- antaa välittömät puolustuksen toimintaohjeet,
- toimia suurella tehokkuudella ilman hetkenkään viivytystä,
- suoriutua keskeytyksettä tapahtuvasta johtamistoiminnasta suurella toimintavarmuudella ja
- pystyä joustavasti sopeutumaan kasvavaan puolustuskapasiteettiin.

Jotta ilmapuolustuksen johtamisjärjestelmä nykyisten hyökkäys-asejärjestelmien mahdollisuudet huomioonottaen pystyisi selviytymään tehtävästään, on seuraavat toiminnot voitava joko kokonaan automatisoida tai vähintäänkin muuttaa puoliautomaattisiksi.

- a Informaation ja datojen keruu ja eliminoiminen kohinasta.
- b Informaation seulonta, ryhmittely ja muu tarvittava muokkaus,
- c Informaation näyttö niin, että se mahdollistaa johtokeskuksen henkilöstölle tilanteen seuraamisen, päätöksen teon ja väliintulon.
- d Informaation näyttö niin, että siitä selviää jatkuvasti ajan tasalla oleva ilmatilanne.
- e Keinot yksityisten lentokoneiden toteamiseksi kokonaisilmatilannekuvasta.

- f Seulotut yhdistelmänäytöt ylemmille johtajille yleisten tilanteen johdosta tehtävien päätösten tekoa varten.
- g Informaation ja datojen siirto sinne missä niitä tarvitaan.
- h Keinot päätöksen tekemiseksi siitä, mitä aseita käytetään sekä keinot niiden johtamiseksi hyökkäykseen.
- i Keinot näiden aseiden johtamisessa tarvittavan informaation laskemiseksi ja viestittämiseksi aseille.
- j Järjestelmän harjoitteluvälineet.¹⁾

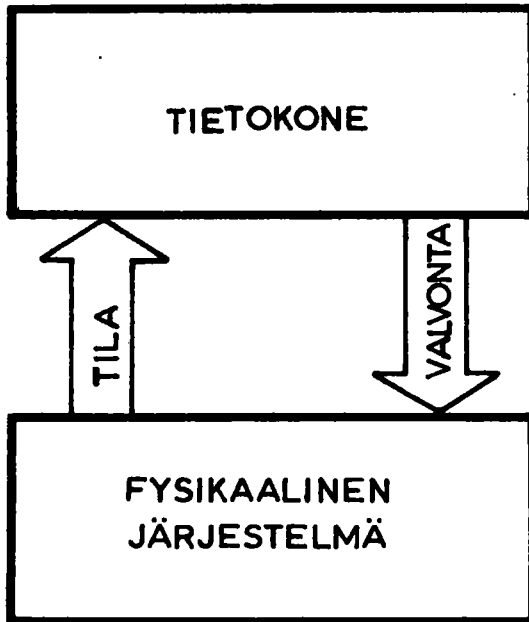
On siis kyse varsin monitahoisesta real-time eli todellisessa ajassa etenevän prosessin valvonnan ja johtamisen problematiikasta. Käytännön sovellutuksissa se, että suurimman mahdollisen tehon saavuttamiseksi myös puolustusprosessin optimointikysymykset on voitava ratkaista, asettaa johtokeskuksen automatiikalle ja nimenomaan tarvittaville elektronisille tietokoneille ja niiden yhdistelmille erittäin korkea-asteisia laatuvaatimuksia. Ellei ilmapuolustuksen johtokeskuksissa nykyisin olisi käytettävissä elektronisia tietokoneita, saataisiin luopua koko ilmapuolustustehtävän suorittamisesta.

Kuvassa 12, joka on analoginen valvontajärjestelmää yleisesti esittävän kuvan 9 kanssa, näemme miten tietokone korvaa ihmisen mittauksen, vertailun ja korjauksien suorittajana.²⁾ Siviililämässäkin kilpailun kiristyessä ja tarpeen työn tehokkuuden lisäämiseksi jatkuvasti kasvaessa ollaan jo useiden prosessien, mm energian tuoton, kemiallisen, poltto- ja voiteluaine-, teräs- ja paperiteollisuuden — eräitä esimerkkejä mainitaksemme — valvonnassa pakotettuja siirtymään yhä enenevässä määrin tietokonein tapahtuvaan prosessin valvontaan ja optimointiin. Kehitys on tosin tällä alalla vasta alussa, mutta voimakas tendenssi tähän suuntaan on havaittavissa. Erittäin intensiivistä kehitystä tapahtuu tällä hetkellä automaattisen valvonnan teoreettisten kysymysten selvittämiseksi niin idässä kuin lännessäkin.³⁾ Kehityksen tämän hetken viimeisimpiä tutkimuskohteita ovat mm itsestään sopeutuvat automaattisen valvonnan laitteet, jotka pystyisivät ”oppi-

¹⁾ Johnson—Kast—Rosenzweig (1963), 201

²⁾ Auerbach, Isaac L: The Information Revolution and its Impact on Automatic Control. Survey Session N:o 13. IFAC (International Federation of Automatic Control) 63 kongressissa Baselissa, 28. 8.—4. 9. 1963. Moniste, s 2.

³⁾ Tämä kävi selvästi ilmi em, IFAC -63 kongressissa Baselissa.



Kuva 12

Automaattisen valvonnan piiri (Auerbach, 1963, 2)

maan” valvontatehtävänsä kestäessä tekemistään virheistä ja näin suunnistautumaan kohti entistä parempaa valvottavanaan olevan prosessin tulosta. — Sotilaallisista sovellutuksista voidaan ilmapuolustuksen lisäksi mainita, että mm merivoimien johtamisessa ja tämän johtamisen harjoittelussa jo mm Ruotsissa käytetään tietokoneita. On myös jo olemassa tietoja maasodassa hyväksi käytettävistä ja kenttäkäyttöönkin sopivista elektronisista tietokoneista, jotka on tarkoitettu käsittelemään mm taktisluontoisia tiedustelutietoja.¹⁾

2.6. INFORMAATIOMÄÄRÄN JATKUVA KASVU

Eräaseen informaatioon liittyvään oleelliseen ja vakavasti varteen otettavaan kehityksen piirteeseen, nimittäin tietomäärän yhä kiihty-

¹⁾ Ramo (1962, McGraw-Hill Year Book), 53—64.

vällä vauhdilla tapahtuvaan eksponentiaaliseen kasvuun, on vielä kiinnitettävä huomiota, vaikka tätä kysymystä ei tässä katsauksessa voidakaan laajemmin tarkastella. Erittäin voimakas on tietomäärän kasvu tieteellisen ja varsinkin teknisen painetussa muodossa esiintyvän informaation alalla. Tietomäärän kasvua kuvaa mm se, että nykyisin joka päivä aloittaa jossakin maailman kolkassa ilmestymisensä jokin uusi ammattiaikakauslehti, joiden kokonaismäärä maailmassa tälläkin hetkellä nousee jo useihin kymmeniin tuhnsiin. Tieteellisestä ja teknis-tieteellisestä kirjallisuudesta voidaan todeta, että sitäkin tulee vuosittain lisää useita satoja hyllymetrejä koko maapallon kirjallisuus mukaan lukien.¹⁾ Ollaan sen vaikean probleemin edessä, miten pysyä ajan tasalla itse kullekin tärkeästä ajankohtaisesta tiedosta. Toinen tähän liittyvä perustavaa laatua oleva probleemi on, miten voida tästä valtavasta tietomäärästä valita tuo kulloinkin tärkein ja oleellinen tieto ja miten saada se sitä tarvittaessa mahdollisimman nopeasti käyttöön. Vielä eräs oleellinen seikka nimenomaan teknisen informaatiomateriaalin säilytystä ajatellen on se, että tekninen kirjallisuus vanhenee erittäin nopeasti. Kaikki tietohan vanhenee — mm tiedustelutieto — hieman eri tavalla riippuen siitä, minkälaatuisesta tiedosta on kyse.²⁾ Teknisen kirjallisuuden lasketaan joka tapauksessa nykyisin menettävän yleisen käyttökelpoisuutensa jo keskimäärin viidessä vuodessa.³⁾ *Dokumentaatio- eli kirjallisuuspalvelun* kohdalla ollaankin nykyisin tekemisissä yhä vaikeammaksi muodostuvien tietojenkäsittelyprobleemien kanssa.

Selvillä pysymiseksi siitä, mitä tietoa missäkin on olemassa ja saatavissa, ovat kirjojen, lehtien tai kortistojen muodossa ilmestyvät *bibliografiat*, lyhenne- ja selostejulkaisut, tällä hetkellä ainoa keino.³⁾ Nykyaikaisissa ajan tasalla olevissa kirjastoissa onkin erittäin laajat ja monipuoliset bibliografiakokoelmat, jotka nykyisin jo vievät melkoisen osan kirjastojen pinta-alasta. Bibliografioitakin on nykyisin olemassa niin runsaasti, että niistä joltakin erikoisalalta pystyy useissa tapauksissa hankkimaan kirjastoon vain tärkeimmät. Mutta onhan

¹⁾ Gross (1962)

²⁾ Platt (1957), 26—28

³⁾ van der Wolk (1963)

onneksi olemassa bibliografioita bibliografioista! — Suurissa kirjastoissa alkaa olla probleemina myös se, miten löytää nopeasti kulloinkin haluttu tieto, jonka varmasti tiedetään olevan jossakin kirjaston laajoissa kokoelmissa. Löytämisen edellytyksenä on että tiedot on voitu kokoelmiin systemaattisesti taltioida. Kokoelmien jatkuvasti kasvaessa saavutetaan tälläkin informaation käsittelyn — dokumenteissa olevan tiedon talletuksen ja esille saamisen — alalla raja, jonka jälkeen vain nämä toiminnot automatisoimalla voidaan tiedot toimittaa niiden tarvitsijoille kohtuullisessa ajassa. Olemme lähestymässä aikaa, jolloin elektroniset tietokoneet hoitavat kirjastojen ja kirjallisuuspalvelun tietojen talletus- ja hakutoiminnot.¹⁾

2.7. YHDISTELMÄ

Tieto on valtaa, mutta se on valtaa vain silloin, kun oikea tieto ja nimenomaan oikein ymmärretty tieto on oikeaan aikaan käytettävissä oikeassa paikassa. Jotta mahdollisimman pienin poikkeamisin reitiltä voitaisiin edetä kohti päämäärää, edellyttää se informaatiotoiminnassa, silloin kun se kohdistuu järjestelmässä ihmiseen, sitä, että vain merkittävää informatiota annetaan ja sellaisessa muodossa, niin hyvin motivoituna, että se varmasti puhkaisee vastaanottajansa ”ymmärryksen” äänivallin ja saa hänet toimimaan halutulla tavalla järjestelmän päämäärän hyväksi.

Ihmisen luomat järjestelmät ovat kehittyneet jatkuvasti yhä monimutkaisemmiksi nimenomaan tekniseltä rakenteeltaan. Näyttää onneksi kuitenkin olevan niin, että sama tekninen kehitys myös pystyy luomaan välineitä helpottamaan näiden monimutkaisten järjestelmien valvontaa. Elektroninen tietokone ja nimenomaan elektroninen digitaalinen tietokone on jo nykyiselläänkin suuresti auttanut monien vaikeiden ongelmien ratkaisua ja järjestelmien valvontaa.

Teknisiä informaatio- ja valvontajärjestelmiä kehitettäessä on useassa tapauksessa jo päästy hyviin tuloksiin pidettäessä esikuvana luonnon ihmiseen itseensä luomia ratkaisuja. Ne ovatkin taloudellisuudessaan ja tarkoituksenmukaisuudessaan informaatio-, valvonta-

¹⁾ Greenberg (1962), 134—178

ja tietojenkäsittelytekniikkaa nykyisin tutkivan ja kehittävän insinöörin ja tiedemiehen kaukaisena — tuskin koskaan saavutettavissa olevana — tavoitteena. Juuri näitä kysymyksiä, informaation osuutta niin elollisessa luonnossa kuin ihmisen luomissa koneissa ja automaateissa, selvittelee kybernetiikaksi sanottu tieteenhaara.¹⁾ Tekninen suunnittelu- ja kehittämistyö näillä aloilla on pakottanut perusteellisiin operaatio- ja järjestelmäanalyysiin. Nämä analyysit ja niiden yhteydessä tapahtunut luonnon luomien järjestelmien tarkastelu ovat auttaneet tiedemiestä paremmin ymmärtämään myös oman itsensä muodostamaa järjestelmää ja ihmisten keskeisiä järjestelmiä sekä niihin liittyviä valvontakysymyksiä. Mikäli kehitys tähän suuntaan jatkuu entistäkin voimakkaampana, ja mikäli ihminen onnistuu joskus kehittämään tällä tiellä järjestelmän itsessään piilevän pahan kurissa pitämiseksi, silloin tekninen kehitys, nimenomaan informaatio-, valvonta- ja tietojenkäsittelytekniikan alalla tapahtuva kehitys, on ollut ja on oleva ihmiskunnalle siunaukseksi eikä kiroukseksi.

2. 8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Maanpuolustusjärjestelmämme kannalta voitaisiin edellä esitetyn nojalla tehdä useitakin johtopäätöksiä. Tässä voitaneen rajoittaa kuitenkin vain seuraavaan kolmeen.

- a Informaation merkityspuoleen myös sotilaskoulutuksessa ja opeutuksessa on syytä kiinnittää erityistä huomiota. On mitä tärkeintä, että yhteiskunnassa mahdollisimman monella on maanpuolustuskysymyksistä yhtenäinen kuva. Asiallisella motiivatiolla on näin ollen henkisen maanpuolustuksen ja täten totta-taalisena maanpuolustuksen kannalta kokonaisuudessaankin mitä suurin merkitys.
- b Maanpuolustusjärjestelmäämme kehittäessämme meidän tulee voida investoida varoja myös valvonta- ja johtamisjärjestelmien tietojenkäsittelykysymysten uusiin sovellutuksiin. Ilmapuolus-

¹⁾ Eldin, Nour H ja Ruosch, E: "Die Automatik — eine Einführung und Uebersicht." Forschung und Technik, National-Zeitung Basel, 5. 9. 1963

tuksemme johtamisjärjestelmä on järjestelmistämme jo tällä hetkellä se, joka ei enää voi täyttää tehtäväänsä ilman elektronisten tietokoneiden apua.

- c Pysyäksemme ajan tasalla alati kasvavan maanpuolustuskysymyksiä käsittelevän informaation vuossa, meidän tulee voida jatkuvasti tehostaa myös järjestelmämme kirjasto- ja kirjallisuuspalvelupuolta — puuttumatta tässä muihin tietojen hankkimisjärjestelmiin. Jos kohta tässä emme vielä ole automatiotarpeen edessä, niin ainakin bibliografista puolta kehittämällä voimme huomattavasti edistää maanpuolustuksen eri aloilla tapahtuvaa tutkimus-, suunnittelu- ja kehittämistyötä.

3. IHMINEN JÄRJESTELMIEN OSANA

”Man is a device by means
of which the system brings
itself to perfection.”

A l m e g a

3.1. JOHDANTO

Edellisen yhdistelmän — 2.7 — lopussa päädyttiin varovaiseen optimismiin ihmiskunnan mahdollisuuksista valvoa kehitystään tulevaisuudessa. Kirjassaan ”Human Use of Human Beings” Norbert Wiener kuitenkin viittaa myös niihin rajoituksiin, joita tekninen kehitys on ihmiselle asettanut. Hän toteaa, miten me ihmiset olemme itse asiassa aikaansaamamme teknisen kehityksen orjia. Emme enää pysty palaamaan esim 1800-luvun maatalan itsenäiseen luonnonmukaiseen ympäristöön. Wiener toteaaakin, että ainoana keinona ihmisellä on vain yrittää sopeutua kehittämäänsä teknisvoittoiseen ympäristöön. Kunhan vain ihmiskunta tulee kyllin tietoiseksi tästä sopeutumisen tarpeesta, ympäristön ihmiselle asettamista uusista vaatimuksista ja niistä keinoista, joilla nämä tarpeet on tyydytettävissä, niin Wiener ennustaa ihmissuvulle ja sen luomalle sivistykselle vielä pitkää ikää, vaikkakin päätyy pessimistiseen tulokseen, niiden lopulli-

seen häviämiseen maanpinnalta — "though perish they will even as all of us are born to die." —¹⁾

Ihminen on joka tapauksessa luonut järjestelmänsä, niin siviili- kuin sotilasjärjestelmänsäkin, nimenomaan itseään varten, omia tarpeitaan tyydyttääkseen. Ihminen on sitäpaitsi myös oleellisena alajärjestelmänä kaikissa niissä — kaikkein teknisimmissäkin. Ainoana mahdollisuutena ihmiselle selviytyä "tekniikan orjuudesta" on pyrkiä selvittämään itselleen ihminen—kone yhdistelmien olemus ja niiden luonteenomaiset piirteet. On näin ollen perusteltua aihetta tämänkin katsauksen lopuksi luoda silmäys myös tähän aihepiiriin, sillä ovathan ihminen—kone yhdistelmät jo nyt varsin monilukuiset meidänkin puolustusvoimissamme. Kaikkien puolustushaarojen sitäpaitsi kehittyessä jatkuvasti yhä teknisemmiksi — näin seuraten kehityksen yleistä linjaa — kysymykset sotilaan ja hänen teknisten välineidensä ja järjestelmiensä suhteesta saavat jatkuvasti vain yhä laajempaa kantavuutta.

3. 2. IHMINEN JA JÄRJESTELMÄ

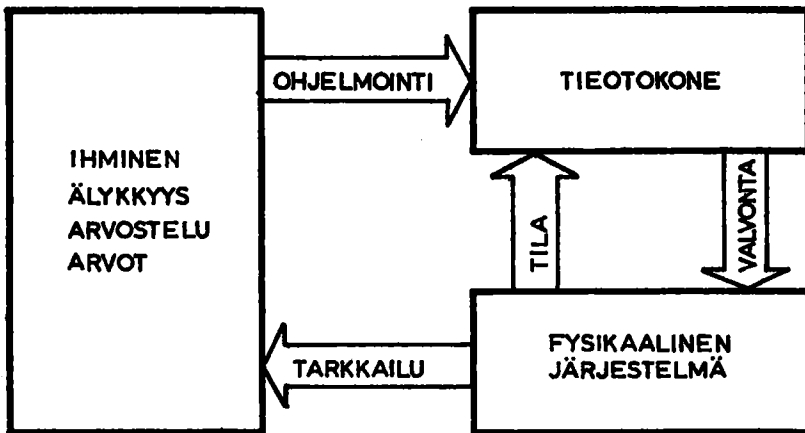
Kun kysymys ihmisestä järjestelmissä käsittää itse asiassa kaiken inhimillisen toiminnan, on selvää, että näin lyhyessä katsauksessa täytyy rajoittua tarkastelemaan asiaa vain varsin suppeasta näkökulmasta ja siitäkin vain eräin väläyksin. Sotilaalliseltakin kannalta oleellisen tärkeät puhtaasti psykologiset ja sosiologiset probleemit mm on jätettävä kokonaan käsittelemättä. Seuraavassa rajoitutaankin vain kysymyksen teknisluontoiseen puoleen eli tarkastelemaan lähinnä ihminen—kone kokonaisuuteen liittyviä näkymiä.

Heti höyrykoneen keksimisen jälkeen kysymys ihmisen ja koneen suhteesta tuli laajan ja usein varsin kiihkeänkin keskustelun ja tarkastelun kohteeksi, eikä ihme kun kysymysten asetelussa selvä kilpailuasenne, ihminen vaiko kone, oli voimakkaasti etualalla. Sama asennoituminen on sävyttänyt keskustelua ja väittelyä kehityksen myöhäisemmissäkin vaiheissa, mm keskustelussa automaation vaikutuksesta työelämässä ja viimeksi polemiikissa ihmisen ja tietokoneiden keskinäisistä suhteista. Näissä keskusteluissa, jotka edelleenkin

¹⁾ Wiener (1956), 46—47

jatkuvat, on mm tietokoneita tarkasteltaessa usein kysymys ihmisen ja tietokoneen mahdollisesta etevämmyydestä ja arvosta tietojen käsitteijänä näyttänyt tavan takaa toistuvan — eikä sitä voitane välttää tässäkin katsauksessa. Taylor'in alulle panemat tutkimukset työn tehokkuuden lisäämiseksi ja koneellisen työn rationalisoimiseksi olivat alkuna ihminen—kone yhdistelmään kohdistuvalle tieteelliselle tutkimukselle. Siitä sovelletun tieteen alasta, joka nykyisin tarkastelee ihmisen ja hänen luomiensa koneiden keskinäistä suhdetta pyrkien löytämään optimiratkaisut näiden kahden niveltämiseksi toisiinsa nykyaikaisissa järjestelmissä, on meillä Suomessa vakiintumassa nimitys *biotekniikka*, jota mm prof. Ohto Oksala käyttää. Sen englanninkielisiä vastineita ovat mm ergonomics, human engineering ja human factors engineering.

Tätäkin kysymystä voidaan tietenkin tarkastella lukuisista eri näkökulmista varsinkin, kun otamme huomioon sen, miten monenasteisia ihminen—kone-sovellutuksia on olemassa. Edellä luvussa 2 tarkastelimme viimeksi mm tietokoneiden osuutta valvontajärjestelmissä. Tällöin varmaan heräsi kysymys, mikä jää ihmisen osuudeksi niissä. Auerbach esittää asian kuvassa 13 näkyvällä tavalla.¹⁾ Ihmisen osuus



Kuva 13

Ihmisen osuus automaattisessa valvonnassa (Auerbach, 1963, 3)

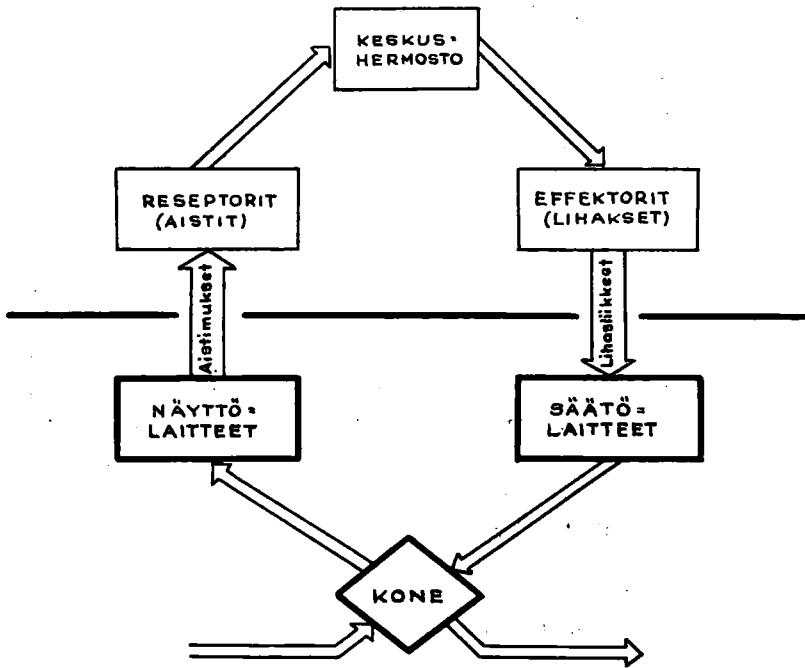
¹⁾ Auerbach (1963), 3

on siis automaattisissakin valvontajärjestelmissä aivan oleellisen tärkeä. Ihminen asettaa päämäärät — esim maanpuolustusjärjestelmälle ja sen alajärjestelmille — ja asettaa sen mukaisesti järjestelmien toiminnan vaatimukset. Hän seuraa järjestelmän toimintaa ja käyttää hyväkseen älyään ja tilanteenarvostelukykyään pikemminkin kuin toimii mekaanisesti tilanteen muutosten mukaisesti. Hänellä on arvojärjestelmänsä ja kriteerinsä, joihin hän vertaa järjestelmänsä toimintaa ohjelmoiden tarvittavat muutosohjeet tietokoneelle, milloin on kysymys tietokonein valvotusta järjestelmästä, jollainen esim ilma-
 puolustuksen johtamisjärjestelmä nykyaikaisessa muodossaan on. Nämä ohjeet ovat erittäin tärkeä toimintaohje — input — tietokoneelle. Se ei itseasiassa voisi suorittaa järkevästi tehtäväänsä ilman niitä, vaikkakin nämä ohjeet ehkä annetaankin sille ajallisesti jo ennen järjestelmän toimintavaihetta. Ihmisen lihakset korvaava kone merkitsi ensimmäistä teollista vallankumousta. Elektronisen tietokoneen keksiminen oli alkuna toiselle teolliselle vallankumoukselle, informaatiokumoukselle. Automaattinen valvonta yhdistää näiden kummankin hyvät puolet. Ihmisen, tietokoneen ja fyysikaalisen järjestelmän yhdistäminen kokonaisuudeksi moninkertaistaa näiden kunkin voimat. Se tekee ihmiselle mahdolliseksi keskittää lihaksiensa ja aivojensa vaikutuksen monta kertaluokkaa suurempana tietyn tehtävän suorittamiseen.

3. 3. IHMINEN JA KONE

Mittaava, vertaava ja säätävä toiminta ovat oleellisia myös yksinkertaisissa ihminen—kone sovellutuksissa, jollainen kaaviokuvana on esitetty kuvassa 14.¹⁾ Kuvastakin käy jo ilmi, että ihmisen toiminnat informaatiokanavana (mittaaminen-) — tietojenkäsittelylaitteena (vertailu) — ja vaikuttajana (säätävä toiminta) — ovat ne, joihin ihmisen osalta ihminen—kone järjestelmää tarkasteltaessa lähinnä on kiinnitettävä huomiota. Niitä erityisesti on ajateltava silloinkin, kun ihmisen ja koneen suorituskykyä vertaillaan toisiinsa. Ne ovat tärkeitä

¹⁾ Birmingham, H. P. ja Taylor, F. V. "A Design Philosophy for Man-Machine Control Systems", 2 mukaan (Sinaiko, 1961, 68)



Kuva 14

Ihminen—kone-järjestelmä (Sinaiko, 1961, 68, Birmingham & Taylor)

nimenomaan järjestelmäsuunnittelun kannalta, jossa järjestelmän alaosien kohdalla on harkittava ”ihminen vaiko kone” soveltuu johonkin tiettyyn tehtävään tai kun on harkittava vielä tarkemmin ”minkälainen koneosa” tai ”minkälainen ihminen”. Bioteknisen tutkimustyön tarkoituksena onkin järjestelmäsuunnittelun helpottaminen harkittaessa inhimillisen tekijän mahdollisuuksia. Sen jälkeen kun on tapahtunut järjestelmäsuunnittelun ensimmäinen vaihe eli järjestelmän yleishahmottelu päämäärien määrittelyineen, on seuraavana tehtävänä järjestelmän eri tehtävien jako alajärjestelmille. Tällöin järjestelmäsuunnittelijan on mahdollisimman tarkoin tunnettava kyseeseen tulevien alakomponenttien ominaisuudet. Ihmiskomponenttien yhtä hyvin kuin teknisten — hardware — osien kohdalla on harkittava mm kus-

tannuksia, "valmistusmahdollisuuksia", ja sitä, missä määrin komponentteja on saatavissa. Eihän ihmisiäkään ole rajattomasti saatavissa, eikä kustannustekijä heidänkään kohdalla ole aivan vähäarvoinen. Eräs tärkeä kriteeri komponenttien valinnassa on myös se, että jokaisesta osasta on saatava irti mahdollisimman suuri hyöty juuri tämän osan luonteenomaiset mahdollisuudet huomioon ottamalla. Kutakin osaa — ihmistä tai konetta — tulee käyttää juuri sille parhaiten soveltuvaan tehtävään. Komponenttien rajoituksia ei saa ylittää, sikäli kuin ne tunnetaan. — Järjestelmäsuunnittelun kolmannessakin vaiheessa komponenttien liittämässä toisiinsa on niiden ominaisuuksien tunteminen erittäin tärkeää. Ihmiskomponentin osalta on Sinaiko'n ja Buckley'n mukaan, joiden ajatuksia edellä jo on esitetty, ainakin seuraaviin tärkeimpiin ominaisuuksiin kiinnitettävä huomiota

- fyysiset ulottuvuudet,
- tietojen tunnistuskyky,
- tietojen käsittelykyky,
- motoriset kyvyt,
- oppimiskyky,
- fyysiset ja psykologiset tarpeet,
- herkkyys fysikaalisille ympäristötekijöille,
- herkkyys sosiaalisille ympäristötekijöille,
- kyky keskitettyyn toimintaan ja
- ihmisten keskeiset eroavuudet.¹⁾

Tässä ei voida jokaista ominaisuutta tarkastella erikseen, mutta seuraava Sinaiko'n ja Buckley'n esittämä yhdistelmä²⁾ saattaa olla valaiseva. Heidän mukaansa ajateltaessa ihmistä järjestelmän osana voidaan tehdä seuraavat huomautukset.

- a Ihminen on erittäin käyttökelpoinen komponentti, joka pystyy lukuisiin sellaisiin suorituksiin, joita korvaamaan tarvitaan erittäin monimutkaisia ja suuria mekaanisia tai elektronisia laitteita. Eräitä ihmisen käyttökelpoisia ominaisuuksia ei voida lainkaan korvata konevastineilla.

¹⁾ Sinaiko ja Buckley: Human Factors in the Design of Systems. (Sinaiko, 1961, 4)

²⁾ Em. teos, 15

- b Koneisiin verrattuna ihminen on yleiskomponentti, "joka palkan höylä". Tämä ominaisuus on perin hyödyllinen, mutta joskus siitä voi olla huoliakin, sillä ihmisluonto on jossakin määrin ennalta-arvaamaton.
- c Ihmiseen sisältyy luonnostaan tietty määrä vaihtelevuutta. On vaikeaa mennä suurella tarkkuudella ennakoimaan, kuinka ihminen tulee käyttäytymään tietyssä tilanteessa. Riippuen kyseessä olevasta tehtävästä ja myös monista muuttuvista tekijöistä — motivaatiosta, terveyden tilasta, kokemuksesta — ihmisen suoritus saattaa olla toisessa tapauksessa erinomainen, toisessa taas aivan huono.
- d Ihminen on varsin tarkoin rajoitettu siinä suhteessa, mitä hän pystyy tekemään. Mekaanisia rakenteita voidaan laajentaa moduliperiaatteella, mutta ihminen saavuttaa kyllästysrajan varsin pian sekä samanaikaisesti suoritettavien tehtävien määrän suhteen että työn kestoaikaan nähden. Nämä näkökohdat ovat, ihme kyllä, useimmin vaille huomiota jääneitä tekijöitä järjestelmäsuunnittelussa.
- e Ihmiskomponentissa on monta heikkoa kohtaa. Monet ympäristötekijät vaikuttavat ihmisen käyttäytymiseen. Hänen terveytensä, ikänsä ja fyysiset rajoituksensa ovat eräitä esimerkkejä siitä, että ihminen ei ole läheskään sataprosenttisen varma komponentti. Häntä täytyy siis hoitaa erittäin huolellisesti.
- f Vastoin yleisiä käsityksiä ihminen on erittäin kallis komponentti. Kun otetaan huomioon koulutus- ja huoltokustannukset sekä ne kustannukset, jotka aiheutuvat silloin kun järjestelmän tärkeä ihmistekijä on korvattava toisella, huomataan että ihminen komponenttina onkin usein paljon kalliimpi kuin mitä päällisin puolin oli voitu kuvitella.

Meillä sotilaille on useita itse asiassa perin vaarallisia iskusananomaisiksi muodostuneita sanontatapoja. Yksi niistä on se, että "ei sota yhtä miestä kaipaa". Tämäkin sanonta on edellä esitetyn valossa ilmeisesti syytä perin juurin tarkistaa. Yhdenkin nykyaikaisiin asejärjestelmiin koulutetun ja erikoistuneen sotilaan korvaaminen toisella saattaa olla perin työläs ja kallis toimenpide monessa sellaisessa tapauksessa, jossa "sotilas" edustaa pitkälle erikoistunutta ammattimiestä.

3. 4. IHMINEN KOULUTUSJÄRJESTELMÄSSÄ: SIMULAATTORIT, AUTOMAATTINEN OPETUS

Opetuksen osalta viitataan tässä aluksi vain jo aikaisemmin — kohdassa 2.3 — esitettyyn sisällön merkitykseen opetuksessa päämäärän saavuttamiseksi, mikä on oppilaiden liikkeelle saaminen haluttuun suuntaan. Audiovisuaalisen opetuksen merkitystä nimenomaan auttamassa kuvan saamista asioista, joka on opetetun asian omksumisen edellytyksenä, voidaan myös jo useimmille ainakin opetustehtävissä toimiville pitää selvänä tosiasiana, joka ei tässä yhteydessä kaipa laajempaa käsittelyä. Yleisiin kasvat- ja koulutusksymyksiin ei liioin ole tarkoitus kajota. Järjestelmäkoulutuksen mielenkiintoisiin team-työskentelyksymyksiin, jotka mm ilmapuolustuksen johtokeskuksessa tulevat esille, ei tässä katsauksessa voida yksityiskohtaisemmin puuttua.¹⁾ Sensijaan kun automatiosta ja ihminen—kone kysymyksistä on ollut yleisesti puhetta, lienee paikallaan pari sanaa koneista ja automatiosta opetuksessa eli niin sanotuista simulaattoreista ja automaattisista opetuslaitteista.

Simulaattori on järjestelmän toiminnan harjoitteluun käytettävä laite, joka mahdollisimman paljon simuloi eli jäljittelee varsinaisen tosiohtävään tarkoitettun laitteen oleellisia toimintoja. Miksi tällaiset laitteet ovat tarpeen? Eikö harjoittelu todellisella laitteella tai järjestelmällä vastaisi paremmin tarkoitustaan? Varmasti näin on asian laita. Mutta kahdestakin syystä näistä ”jäljitelmistä” on suurta hyötyä. Tärkein niistä on taloudellinen säästö, mikä saavutetaan simulaattoria käyttäen. Tulisi esim suhteettoman kalliiksi järjestää kaikkea sitä lentotoimintaa, jota tutkamittaajien koulutuksessa tarvittaisiin, jotta se vastaisi tarkoitustaan. Sen vuoksi niin sanout *tutka-simulaattorit* ovatkin nykyisin jo yleisesti käytössä. Tällaisella laitteella saadaan riittävä määrä halutunlaisia ”lentoja” syötettyä koulutettavien kuvaputkille. Harjoittelun tulosta voidaan myös verrata ”todelliseen, tapahtuneeseen lentotoimintaan”. Toinen simulaattorien etu nähdään *lentosimulaattoreissa*, joita on jo ennen viime sotia käytetty lentämiseen liittyvien toimintojen, erityisesti mittarilennon, harjoitteluun. Niillä nimittäin voidaan aina haluttaessa luoda sopivat

¹⁾ Gagnee (1962) y.m.

mittarilento-olosuhteet, minkä lisäksi saavutetaan vielä toinenkin etu: säästetään ihmishenkiä. Simuloiduissa lentovaurioissa ja -onnettomuuksissahan ohjaaja toki ei kuole. Simulaattoria käytettäessä voidaan myös valvoa suoritusta yksityiskohtaisesti, mikä esim todellisella lentokoneella harjoiteltaessa usein jää puutteelliseksi tai on kokonaan tai suurelta osalta mahdotontakin.

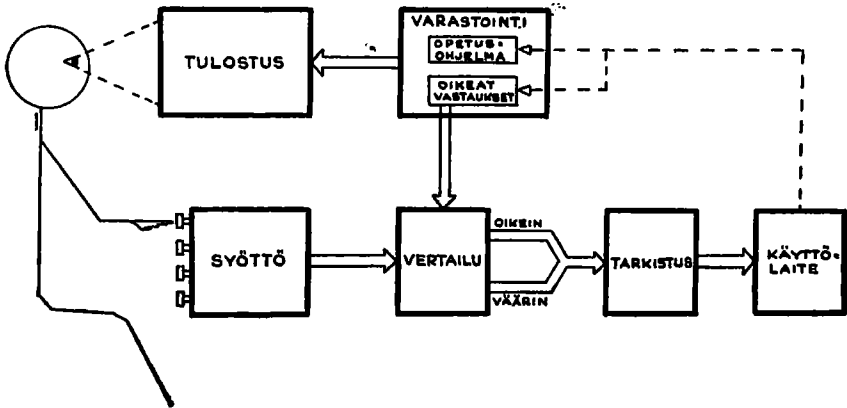
Paitsi erilaisia osatehtäviä, kuten lentosuunnistus, tai tiettyjen alajärjestelmien kokonaisuutta, kuten lentämisen kaikki puolet tietyllä konetyypillä jäljitteleviä laitteita, jolloin vastaavasti puhutaan *osa- ja kokonaistehtäväsimulaattoreista*¹⁾, voidaan laajemmissakin järjestelmissä kyseeseen tulevia toimintoja simuloida ja jäljiteltujen tilanteiden läpikäynnillä sekä säästää rahaa että nopeuttaa koulutusta. Tällaisista voidaan mainita esimerkkinä erilaiset *johtokeskussimulaattorit*. Ilmapuolustuksen johtokeskussimulaattoreilla voidaan halutunlaisista ilmatilanteista esim nauhalta ajaa todentuntuiset näytöt johtokeskuksen tutkakuvaputkille, johtotasoille tai muihin näyttölaitteisiin ilman että yhtäkään todellista lentokonetta tarvitsee lähettää johtokeskuksen valvomaan ilmatilaan. Mitä enemmän johtokeskuksen todellisia laitteita voidaan käyttää tällaiseen harjoitukseen, sitä paremmin siinä tietenkin koulutetaan henkilöstöä toimimaan tositilanteissa. Meritoiminnan johtamisen harjoittelua ei ainakaan meidän leveysasteillamme voida luonnollisista syistä harjoitella tosiolosuhteissa ympäri vuoden. Johtokeskussimulaattorilla voidaan sensijaan talvellakin, jäiden estäessä vesillä liikkumisen, järjestää johtamisen harjoittelu hyvinkin todentuntuiseksi ja näin "suorittaa merisotatoimia" ympäri vuoden. Tällainen vanhassa rahassamme n 250 miljoonaa — eli koulutusfregatin hinta — maksava johtamisharjoittelusimulaattori on toiminnassa mm Ruotsin laivaston kouluissa Bergassa, jossa sille on annettu nimi *Mimer*.

Edellä kohdassa 2.6. mainittu tietomäärän laajeneminen on aiheutunut vain entisestäänkin lisääntyneen uuden tiedon tarpeen. Ollaan ajatusten, tosiasioiden ja ajan koskaan päättymättömässä inflaatiokierteessä.¹⁾ Tästä puolestaan on seurauksena tulevaisuudessa yhä enemmän ja paremmin koulutetun henkilöstön tarve yhä vain lyhyemmässä ajassa. Eräänä pohjimmaisena syynä tähän jatkuvaan "kier-

¹⁾ Cron (1961), 132

teeseen” on maailmassa kaikilla aloilla — eikä suinkaan vähiten sotilaallisella — vallitseva ”reipas” kilpailuhenki. Entistä vaikeampi on tietenkin myös saada riittävää määrää korkeat laatuvaatimukset täyttäviä opettajia antamaan tätä vaativaa opetusta lyhyenä käytettävissä olevana koulutusajana. Totutut koulutusjärjestelmät tavoitteitaan myöten ovat käymässä vanhanaikaisiksi. Tarve ottaa automatio avuksi opetuksessakin on monilla aloilla tullut tiedostetuksi.

Muutaman viime vuoden aikana on jo puhuttu *opetuskoneista*, mutta mikä on opetuskone, mitä tarkoitetaan automaattisella opetuksella. Cron'in mukaan sillä tarkoitetaan oppilaan henkilökohtaista opetusta mekaanisilla tai sähkömekaanisilla välineillä ja laitteilla.¹⁾ Mitä nämä laitteet ovat, selvinnee tässäkin tapauksessa parhaiten yksinkertaisen kaaviopiirroksen avulla. Kuvassa 15 on kaaviollisesti esitetty yleistarkoituksiin soveltuva opetuskone.²⁾ Voimme todeta, että on muodostettu henkilökohtaisen opetuksen suljettu feed back-ketju, ja tapaamme siis tässäkin tuon kaikille automaattisille järjestelmille luonteenomaisen perustekijän. Automaattisessa opetuksessa oppilas ”syöttää takaisin” laitteeseen onko hän käsittänyt sen anta-



Kuva 15

Automaattinen opetuskone (Levine & Knight, 1962, 31)

¹⁾ Cron (1961), 132

²⁾ Levine ja Knight (1962), 31 mukaan.

man informaation vai ei. Laite puolestaan säätää toimintansa niin, että se "syöttää takaisin" oppilaalle tarpeellisen informaation joko hyväksymällä vastauksen tai korjaamalla ja täydentämällä sen kulloinkin parhaaksi osoittautuvalla tavalla. Näin siis oppilas etenee askel askelelta koneen kulloinkin määritellyssä hänen viimeisimmän ilmoituksensa tehokkuuden. Näin saadaan jatkuva kokoelma oppilaan vastauksia ja voidaan vakuuttautua siitä, että ne vastaavat tarkoin laitteen syöttämää tietoa.

Automaattisessa opetuksessa voidaan soveltaa useimpia opetuksen peruseriaatteita, sitä useampia kuin täydellisemmästä laitteesta on kyse. Ainakin seuraavia periaatteita voidaan soveltaa.

- a Omatoimisuuden periaate: mitä aktiivisemmin oppilas osallistuu opetustapahtumaan, sitä selvemmat ovat hänen motiivinsa, sitä enemmän hän hyötyy opetustapahtumasta ja sitä syvällisemmäksi kokemus muodostuu.
- b Palkkion periaate: oppilaat oppivat parhaiten silloin, kun heidän ponnistuksensa palkitaan.
- c Välittömän palkitsemisen periaate: mitä välittömämmin tunnustus ja/tai korjaus annetaan, sitä tehokkaampaa on oppiminen.
- d Tulosten tietämisen periaate: oppilaat oppivat parhaiten silloin, kun he saavat tietää ovatko he vastanneet oikein tai väärin.
- e Henkilökohtaisien eroavuuksien periaate: mitä lähemmin opetustilanne vastaa itse kunkin oppilaan henkilökohtaisia tarpeita, suorituskykyä ja mahdollisuuksia, sitä tehokkaampaa oppiminen on.

Kaikkien edellä lueteltujen periaatteiden noudattaminen muodostaa todella tehokkaan ja tuloksia tuottavan opetuksen perustan. Kun lisäksi otamme huomioon automatiolla saavutettavan säästön niin ajassa kuin opetushenkilöstössäkkin, on aivan luonnollista että kaikkialla, missä opetuksen korkeita laatuvaatimuksia ja samalla taloudellisuutta ja nopeutta pidetään tärkeinä, pyritään opetuksen automatisoinnin mahdollisuudet nykyisin tarkoin tutkimaan. Automation sovellutuksesta sotilasopetustoimintaan voidaan lyhyesti viitata saavutettuihin myönteisiin tuloksiin opetuskoneiden käytöstä teknisen opetuksen ja harjoittelun apuvälineinä.¹⁾

¹⁾ Geldard (1962), 170—195

3.5. YHDISTELMA

Huolimatta yhä pitemmälle menevästä teknistymisestä, automaatiosta ja informaation vallankumouksesta ihmisen itsensä osuus sitenkin säilyy kaikissa oleellisimmissä tehtävissä, nimittäin kehittämiensä järjestelmien suunnittelussa, järjestelyssä ja valvonnassa. Analyysinsä — suunnittelunsa vielä enemmän — ihminen joutuu tekemään usein varsin monien epävarmuustekijöiden vallitessa. Eräs suurimmista näistä on ihminen itse. Ja sittenkin ihminen on osoittautunut ja tulee tulevaisuudessakin osoittautumaan varsin merkittäväksi osaksi teknisissä ja automatisoiduissakin järjestelmissä. Jo vanhan ajan viisaat kehottivat ihmistä tuntemaan itsensä. Yhä vain voimakkaammaksi on ihmiselle nykyisin tullut itsensä tuntemisen tarve, jotta hän voisi sijoittaa itsensä järjestelmiinsä ja voidakseen jollakin todennäköisyydellä vielä ennustaa järjestelmänsä toiminnan. Yhä tähdelisemmäksi ihmiselle on myös tullut selvittää päämääränsä ja olemassaolonsa tarkoitukset. Mitä enemmän hän voi jättää rutiininomaisia asioita automation hoidettavaksi, sitä enemmän hänen pitäisikin voida keskittyä tähän oleellisimpaan. Ehkäpä siinä onkin automation ihmiselle suoma tilaisuus.

3.6. JOHTOPAATOKSET

Optimoidessamme resursseiltamme pienenä maana maanpuolustusjärjestelmäämme meidän täytyy entistäkin huolellisemmin voida käyttää vähistä voimavaroista tärkein osa, ihmisvaramme. Meidän tulee ilmeisesti yhä enemmän pyrkiä investoimaan ihmiseen ja ajattelemaan päin vastoin kuin aikaisemmin, että "sota kaipaa hyvinkin tarkkaan jokaisen miehen". Se kaipaa hänet lisäksi oikeaan aikaan ja oikeassa paikassa, oikein koulutettuna. Voidaksemme entisestäänkin kohottaa koulutustasoa maanpuolustusjärjestelmässämme on ilmeisesti meidänkin tutkittava huolellisesti myös simulaattorien ja automaattisten opetuskoneiden käyttömahdollisuudet riittävän tason saavuttaaksemme käytettävänämmä olevassa lyhyessä ajassa. — Opetuksen sisällön huolellista valmistelua, motivointia, opetuksen havainnolli-

suutta ja audiovisuaalisten menetelmien käyttöä sekä team-työskentelyn periaatteiden sovellutusta voitaneen meillä jo pitääkin itsestään selvinä opetuksen ja koulutuksen peruseriaatteina.

LOPPUPÄÄTELMÄT

"The work of organization is never done,
and the structure has to be continually
adapted to new and anticipated conditions".

Ralf Cordiner

Voimakkaan teknisen kehityksen seurauksena sotilaankin työympäristö ja maailmankuva on jatkuvien muutosten alainen. Jotta voisimme mielekkäästi kehittää järjestelmäämme, meidän pitäisi voida riittävän nopeasti pystyä sopeuttamaan se muuttuneita olosuhteita vastaavaksi. Tässä onkin eräs suurin vaikeutemme järjestelmiemme kehittämisessä. Me emme vastusta uusia järjestelmiä sinänsä, mutta emme lähinnä vain haluaisi lähteä pois vanhoilta totutuilta laduilta. Järjestelmän edelleen kehittämiseksi on näin kuitenkin pakko tehdä, ja kun kehityksen vauhti on jatkuvasti vain kiihtyvää, on tuo vastustava kitka voitava myös vastaavasti entistä nopeammin voittaa.

Edellytyksenä muutoksille on, että riittävän selvästi tajuamme niiden tarpeellisuuden. Ilmeinen tarve tällä hetkellä on niin sotilas- kuin siviilijärjestelmissäkin sopeutua järjestelmäajatukseen itseensä ja sen asettamiin vaatimuksiin järjestelmien suunnittelussa, organisoinnissa, valvonnassa ja johtamisessa. Edellä olevan katsauksen tarkoituksena on ollut osoittaa, mihin suuntaan tällä hetkellä ollaan menossa ja millä aloilla muutosten tarve maanpuolustusjärjestelmässämmekin kirjoittajan mielestä on voimakkain. Kysymyksessä on ollut kuitenkin vain katsaus eikä esillä olleiden varsin laajojen asiakokonaisuuksien systemaattinen esitys. Laadittu karttaluonnos on näin ollen kovinkin pääpiirteittäinen eikä varmaankaan saa vielä tarkastelijaansa vakuuttamaan kuvattavana olleiden maisemien viehättävyydestä. Kirjoittajan johtopäätökset myös saattavat näyttää olevan vielä vailla riittävää motiivointia. Käytettävänään olleista läh-

teistä saamansa kuvan perusteella kirjoittaja kuitenkin on vakavasti päätenyt esittämiinsä näkemyksiin.

Yleisesikuntaupseeri on rauhan aikana ennen muuta järjestelmäsuunnittelija ja kehittäjä. Sodassa hän on näiden kehittämiensä järjestelmien johtajana tai niiden valvonta- ja johtamisjärjestelmän jonakin oleellisena osana. Mikäli tämä järjestelmiä, niiden valvontaa ja johtamista sekä ihmisen osuutta järjestelmissä käsitellyt katsaus on edes joissakin kohdissa onnistunut antamaan viitteitä lukijainsa itseohjelmoinnille, on se vastannut tarkoitustaan. Ehkäpä katsauksen laatijalla puolestaan myös on myöhemmin tilaisuus lukijoiltaan saada tarvitsemansa feed back ja näin viitteitä näiden kysymysten mahdolliselle jatkokäsittelylle.

”Actually the issue, as is usual,
was not in the realm of ' yes or
no ' but in that of ' more or less”.

Winston Churchill

LÄHDELUETTELO

- ACKOFF, Russel L (ed): Progress in Operations Research Volume I
John Wiley & Sons, Inc. New York—London, 1961, 505 s
- ACKOFF, Russel I: Toward a Behavioral Theory of Communication. Vol 4
N:o 3, April 1958, 218—234.
- AMBER, George H and AMBER, Paul S: Anatomy of Automation. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 1962, 245 s
- AUERBACH, Isaac L: The Impact of Information Processing on Mankind
IFIP2-6 kongressi, München 1962
Elektronische Rechenanlagen n:o 3, Juni 1963, 117—120
- AUERBACH, Isaac L: The Information Revolution and its Impact on Automatic Control
IFAC-konferenssi, Basel 1963
- BARNLUND, Dean C: Toward a Meaning-Centered Philosophy of Communication. The Journal of Communication. Vol XII, N:o 4, December 1962, 197—211.
- BATTERSBY, Albert: Network Analysis for Planning und Scheduling,
Macmillan & Co. Ltd
London, 1964, 218 s
- BESSERER, William C and NIXON, Floyd E (eds): Principles of Electronic Warfare, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 1961, 213 s

- BIRMINGHAM, H. P. and TAYLOR, F. V.: A Design Philosophy for Man-Machine Control Systems, Sinako, H. Wallace, ed. (1961): s 67—87
- BJERNFALK, L; EKSTRAND, O, STENLUND, C. A., PERT: Program Evaluation and Review Technique, Ett hjälpmedel vid administration av stora utvecklingsarbeten. Svenska Aeroplan Aktiebolaget, Organisationsavdelning. C. A. Stenlund, Januari 1963, 53 s
- BLACKETT, P. M. S.: Operational Research, Reprinted from "The Advancement of Science", Vol. V, N:o 17, April, 1948, (Quarterly Journal of the British Association) Edmund C Berkeley and Associates, New York, 1952 and 1955, 11 s.
- BRILLOUIN, Leon: Science and Information Theory, Academic Press, Inc. Publishers, New York, 1956, 320 s.
- BROWN, Gordon S and CAMPBELL, Donald P: Control Systems Scientific American. Automatic Control, 62—40 Simon and Schuster New York, 1948, 1955
- BUCKSTEIN, Ed: Basic Servomechanism, Holt, Rinehart and Wiston, New York—London, 1963, 190 s.
- CHERRY, Colin: On Human Communication. A Review, a Survey and a Criticism. The Technology Press of M. I. T. and John Wiley & Sons. Inc. New York, 1957. Chapman & Hall Limited. London, 333 s.
- CHORAFAS, Dimitris N.: Operations Research for Industrial Management. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1958, 303 s.
- CHORAFAS, Dimitris N.: Menetelmätutkimus — seminaarien luennot. Sotakorkeakoulu, Helsinki, 5. 11.—10. 11. 1962.
- CHURCHMAN, C. West, ACKOFF, Russel L, ARNOFF, E. Leonard: Introduction to Operations Research. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1957, 645 s.
- CRON, Rodney, L: Why Automatic Instruction? IRE Transactions on Education, December 1961, 132—134.
- CROWLEY, Thomas H., HARRIS, Gerard G., MILLER, Steward E., PIERCE, John R. and RUNYON, John P
Modern Communications. Columbia University Press.
New York and London, 1962. 340 s.
- DAVIES, Max and VERLUST, Michel (editors):
Operational Research in Practice. Report of a NATO Conference, Pergamon Press. London—New York—Paris—Los Angeles, 1958, 201 s.
- DOMMASCH, Daniel O and LAUDEMAN, Charles, W: Principles Underlying Systems Engineering. Pitman Publishing Corporation, New York—London 1962, 48 s.
- ELDIN, N. H. und. RUOSCH, E:
Die Automatik — eine Einführung und Uebersicht Forschung und Technik
National-Zeitung, Basel. 5. 9. 1963.
- ELLIS, David O and LUDWIG, Fred J: Systems Philosophy Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 1962, 387 s.
- FOSTER, David: The Philosophy of Automation. Aspects of Modern Automation — I. Control, March 1962, 88—90.
- FREEDMAN, Paul: The Principles of Scientific Research. Public Affairs Press. Washington, D. C. 1950, 222 s.
- GAGNÉ, Robert M (ed): Psychological Principles in System Development. Holt, Rinehart and Winston. New York, 1962, 560,s.
- GELDARD, Frank (ed): Defence Psychology. Proceedings of a Symposium Held in Paris, 1960, Pergamon Press, Oxford—London—New York—Paris, 1962, 354 s.

- GISSLER, Helmuth: The Breakthrough of the "Scharnhorst" Some Radio-Technical Details. IRE Transactions on Military Electronics, January 1961, 2—7.
- GOLDMAN, Stanfrod: Information Theory. Prentice-Hall, Inc. New York, 1953, second printing 1954, 385 s.
- GREENBERG, Martin (ed): Management and the Computer of the Future, John Wiley & Sons, Inc., New York—Lonton, 1962, 340 s.
- GROSS, Bertram M.: Operation Basic: The Retrieval of Wasted Knowledge, The Journal of Communication. Vol XII, N:o 2, June 1962, 67—83.
- HALL, Arthur. D: A Methodology for Systems Engineering. D. van Nostrand Company, Inc. Princeton. New Jersey, 1962, 478 s.
- HARRAH, David: Communication: A Logical Model The M.I.T. Press. Cambridge, Massachusetts, 1963 118 s.
- HOLLITCH, Robert S. and MITTMAN, Benjamin (eds.): Computer Applications — 1961. Proceedings of the 1961 Computer Applications Symposium, October 25 and 26, 1961, The Macmillan Company, New York —London, 1962, 198 s.
- HUUHKA, K: Operaatioanalyysi, sen Tarpeellisuus ja Koulutuksen Järjestely Meillä, Sotakorkeakoulu, Helsinki 2. 5. 1962, Moniste, 9 s.
- JOHNSON, Richard A, KAST, Fremont E and ROSENZWEIG, James E: The Theory and Management of Systems. McGraw—Hill Book Company, Inc. New York—London, 1963, 350 s.
- KING, Gilbert: What Is Information? Scientific American. Automatic Control, 83—96. Simon and Schuster, New York, 1948, 1955.
- LANCHESTER, F. W.: Aircraft in Warfare. The Dawn of the Fourth Arm. Constable and Company Limited, London, 1916, 222 s.
- LEVINE, S. L. and KNIGHT, W. J.: Teaching Machines: General Purpose and Special Purpose. IRE Transactions on Education, March, 1962, 30—31.
- McCAY, James T.: The Management of Time. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 1959. Sixth printing, September 1962, 178 s.
- McCLOSKEY, Joseph F and TREFETHEN, Florence N. (eds.): Operations Research for Management. The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1954, 409 s.
- MILLER, Robert W: Schedule, Cost and Profit Control with PERT, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York—Toronto—London, 1963, 227 s.
- MILLS, H. R.: Techniques of Technical Training Cleaver-Hume Press, Ltd. London, 1953, 195 s.
- MORSE, Philip M and KIMBALL, George E: Methods of Operations Research. Technology Press and John Wiley & Sons, Inc. New York 1951. Chapman & Hall. London, Seventh Printing, July 1958, 158 s.
- PLATT. Washington: Strategic Intelligence Production. Basic Principles. Frederick A Praeger. Inc. New York 1957, An Atlantic Press book distributed by Thames and Hudson, London, 302 s.
- POVEJSIL, Donald J.: RAVEN, Robert S and WATERMAN, Peter and others. Airborne Radar. Principles of Guided Missile Desing, edited by Captain Grayson Merrill, U.S.N. (Ret.) D. Van Nostrand Company, Inc. Princeton, New Jersey, 1961, 823 s.
- RAMO, Simon: Man and Intelligent Machines. The extension of man's intellect through his partnership with machines that perform intellectual processes. McGraw-Hill Year-book of Science and Technology. Review 1961/Preview 1962, s 53—64.
- RAPP, B. T.: Luftkrigföringens Vapensystem. Bergman och Svensson (red) 1961, 9—49.

- RONCO, Paul G and SAWYER, Herbert: A Survey of Russian Literature Related to Human Factors Engineering. Human Factors Vol 4, N:o 3, June 1962, 107—123.
- SALINE, Lindon E: The Technology of Information Systems—Another Challenge for Engineering Education. IRE Transaction on Education. Volume E-4. September, 1961, Number 3, s 91—97.
- SEIFERT, Howard S and BROWN, Kenneth (ed): Ballistic Missile and Space Vehicle Systems. John Wiley & Sons, Inc. New York—London, 1961, 526 s.
- SHANNON, Claude and WEAVER, Warren: The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press. Urbana 1949, 117 s.
- SINAIKO, H. Wallace (ed): Selected Papers on Human Factors in the Design and Use of Control Systems. Dover Publications, Inc. New York, 1961, 405 s.
- SKOLNIK, Merrill I: Introduction to Radar Systems McGraw-Hill Book Company, Inc.
New York—San-Francisco—Toronto—London, 1962, 648 s.
- SPECHT, R. D.: RAND, A Personal view of its History. P-1601. October 23, 1958. The RAND Corporation. Santa Monica. California.
- STILIAN, Gabriel N. and others: PERT, A new Management Planning and Control Technique. American Management Association, New York, 1962, 192 s.
- WEAVER, Warren: The Mathematics of Information Scientific American Automatic Control, 97—110. Simon and Chuster, New York, 1948, 1955.
- WIENER, Norbert: The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society. Doubleday & Company. Inc. Garden City, New York, 1956. Houghton Mifflin Company, 1950, 1954, 199 s.
- WILLARD, Fazar: Progress Reporting in the Special Projects Office. Navy Management Review, April 1959, 2 s.
- van der WOLK, L. J.: Technical University Libraries Unesco Bulletin for Libraries. Vol XVII, N:o 1, January—February 1963, 7—11.
- von WRIGHT, Georg Henrik: Essay om Naturen, Människan och den Vetenskapligt-Tekniska Revolutionen. Lund CWK Gleerup, Lund, 1963, 25 s.