

JYVÄSKYLÄ STUDIES IN EDUCATION, PSYCHOLOGY AND SOCIAL RESEARCH 35

VEIKKO TEIKARI

VIGILANSSI-ILMIÖN MITTAAMISESTA JA  
SELITYSMAHDOLLISUUKSISTA

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, JYVÄSKYLÄ 1977

VEIKKO TEIKARI

VIGILANSSI-ILMIÖN MITTAAMISESTA JA  
SELITYSMAHDOLLISUUKSISTA

ESITETAAN JYVÄSKYLÄN YLIOPISTON YHTEISKUNTATIEEELLISEN  
TIEDEKUNNAN SUOSTUMUKSELLA JULKISESTI TARKASTETTAVAKSI  
SALISSA II 212 TOUKOKUUN 18. PÄIVÄNÄ 1977 KELLO 12

VIGILANSSI-ILMIÖN MITTAAMISESTA JA  
SELITYSMAHDOLLISUUKSISTA

VEIKKO TEIKARI

VIGILANSSI-ILMIÖN MITTAAMISESTA JA  
SELITYSMAHDOLLISUUKSISTA

URN:ISBN:978-951-39-8271-3  
ISBN 978-951-39-8271-3 (PDF)  
ISSN 0075-4625

ISBN 951-677-797-X  
ISSN 0075-4625

COPYRIGHT © 1977, by  
University of Jyväskylä

Jyväskylässä 1977 Kirjapaino Oy Sisä-Suomi

## ALKUSANAT

Suppeahko laudaturtutkielmani haastoi minut selvittämään, voisiko vigilanssi-ilmiötä kuvata silloista tutkimusraportointia selkeämmin. Mahdollisuus perustutkimuksen suunnitteluun ja toteuttamiseen tarjoutui, kun siirryin professori Ohto Oksalan assistentiksi Teknillisen korkeakoulun työpsykologian laitokselle.

Nykyinen esimieheni professori Sauli Häkkinen suuntasi mielenkiintoni jo laudaturtyövaiheessa tutkimusalueelle; hän on antanut virikkeitä, ohjannut ja arvioinut työtäni tutkimuksen eri vaiheissa. Professorit Martti Takala, Tapio Nummenmaa ja J.M. von Wright ovat lukeneet käsikirjoitukseni. Heidän ehdotustensa mukaisesti olen korjannut työtäni. Julkaisu-sarjan toimittaja apulaisprofessori Lea Pulkkinen on korjannut esitystapaani julkaisukelpoiseksi. Kiitän heitä kaikkia sydämellisesti neuvoista, ohjeista ja tuesta.

Yhteiskuntatiet.lis. Heikki Lyytinen on avustanut minua kokeiden toteuttamisessa. Kasvatustieteiden kandidaatti Raimo Karttunen on pyyteettömästi auttanut tietojenkäsittelyssä ja tilastomatematisissa pulmissa ja näin säästänyt aikaani. Diplomi-insinöörit Bert Bjarland, Kari Iloranta ja Ora Järvinen sekä laboratoriomestari Ilpo Tamminen rakensivat tutkimuslaitteiston. Tarkoituksenmukaisten koehenkilöiden löytämisessä minua avustivat Sotilaspsykologisen toimiston päällikkö maisteri Aimo Huhtala ja Kaartin pataljoonan autokomppanian kapteeni Tapani Pauru. Kiitän heitä kaikkia yhteistyöstä.

Hum.kand. Pirjo Sipilä tarkisti tutkimukseni kieliäsen. Liikuntatiet.maist. Eira Teikari käänsi tiivistelmän englanniksi ja B.A. Elizabeth Heap tarkisti käännöksen. Merkonomi Taina Liukkonen, rouva Orvokki Sam-

pio ja rouva Eira Åhman ovat huolehtineet tekstin puhtaaksikirjoituksesta ja yhteiskuntatiet.kand. Eila Niemelä kuvioiden piirtämisestä. Kiitän heitä suuresta avusta.

Jenny ja Antti Wihurin rahastoa kiitän tutkimukseni taloudellisesta tukemisesta. Jyväskylän yliopistoa kiitän siitä, että se hyväksyi työni julkaisusarjaansa Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research.

Ennen kaikkea kiitän vaimoani Eiraa rohkaisusta, kärsivällisyydestä ja ideoista. Lisäksi hänen apunsa fysiologisten mittausten toteuttamisessa, koetulosten pisteittämisessä ja kieliäsun tarkistamisessa on ollut korvaamatonta.

Helsingissä helmikuussa 1977

Veikko Teikari

## SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto .....	1
2. Vigilanssi-ilmiön mittaamisesta .....	7
2.1. Detektiot .....	7
2.2. Väärät detektiot .....	10
2.3. Reaktioaika .....	12
2.4. Signaalidetektioiteorian tunnusluvut $d'$ ja $\beta$ .....	14
2.5. Observointireaktiot .....	16
2.6. Tarkkaavaisuus .....	18
2.7. GSR-mittaukset .....	19
2.8. Mittareiden luotettavuus ja keskinäiset yhteydet .....	22
3. Vigilanssiin vaikuttavia tekijöitä monotonisissa tehtävissä .....	27
3.1. Tehtävämuuttujat .....	27
3.1.1. Signaaliin liittyvät ominaisuudet .....	27
3.1.2. Muut vigilanssitehtävien ominaisuudet .....	31
3.2. Ympäristömuuttujat .....	35
3.3. Koehenkilömuuttujat .....	37
4. Vigilanssi-ilmiön selityksiä .....	39
4.1. Odotusteoria .....	39
4.2. Vireystilateoria .....	42
4.3. Signaalidetektioiteoria .....	44
4.4. Observointireaktioiteoria .....	46
4.5. Muita vigilanssiteorioita .....	48
4.6. Teorioiden yhteenveto .....	50
5. Tutkimussuunnitelma .....	52
5.1. Koeasetelma .....	52
5.2. Ongelma-alueet, teorioiden yhteenvedot ja hypoteesit .....	54



6. Tutkimuksen suorittaminen .....	57
6.1. Koehenkilöt .....	57
6.2. Koetilanne .....	58
6.2.1. Koesarjan tapahtumajärjestys .....	58
6.2.2. Laitteisto .....	58
6.2.3. Signaali .....	60
6.2.4. Instruktio .....	61
6.3. Muuttujat .....	62
6.3.1. Riippumattomat muuttujat .....	62
6.3.2. Riippuvat muuttujat .....	63
6.3.3. Kontrolloidut muuttujat .....	67
6.4. Aineiston käsittely .....	69
6.4.1. Reliaabelius .....	69
6.4.2. Validius .....	69
6.4.3. Tilastolliset menetelmät .....	74
7. Tulokset .....	76
7.1. Detektiot .....	76
7.2. Väärät detektiot .....	76
7.3. Reaktioajat .....	78
7.4. Observointireaktiot .....	81
7.5. Tarkkaavaisuus .....	82
7.6. GSR-konduktanssi .....	83
7.7. GSR-reaktioiden määrä .....	85
7.8. GSR-amplitudit .....	85
7.9. Tunnusluku $d'$ .....	87
7.10. Tunnusluku $\beta$ .....	88
7.11. Mittareiden väliset yhteydet .....	89
7.12. Fyysiset ja psyykkiset tuntemukset kahden tunnin vigi- lanssikokeen jälkeen .....	91
7.13. Subjekttiivinen ajankulun arviointi .....	93
7.14. Vigilanssimuuttujien ja taustamuuttujien väliset yh- teydet .....	94
7.15. Flicker-fusion-koee .....	97
8. Diskussio .....	98
8.1. Hypoteesien todentuminen .....	98

8.2. Koetulosten yhteenvedo ennustajina käytettyjen teorioiden valossa	106
8.3. Vigilanssi-ilmiö ja sen selittäminen .....	108
8.4. Mittareiden käyttökelpoisuuden arviointia .....	116
8.5. Tutkimuksen virhelähteistä ja tulosten yleistettävyydestä .....	119
8.6. Uusia tutkimusmahdollisuuksia .....	120
Tiivistelmä .....	121
Summary	123
Lähteet	125
Liitteet 1-18	

## 1. JOHDANTO

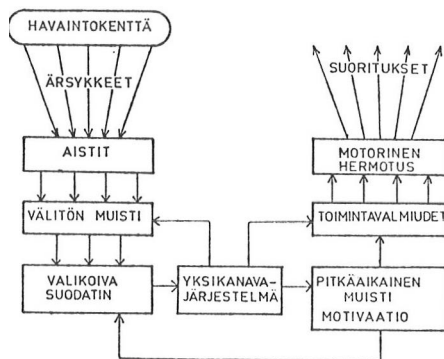
Nykyisessä automatisoituvassa yhteiskunnassa ihmisen tehtävät rajoittuvat yhä suuremmissa määrin erilaisten laitteiden valvontaan. Nämä yksinkertaisilta ja helpoilta näyttävät tarkkailutehtävät ovat kuitenkin käytännössä osoittautuneet sangen vaativiksi, koska lyhytaikaisellakin valppauden herpaantumisella saattaa olla mittavat seuraukset. Selvimmin tämä tulee esille liikenteessä, tutkavalvonnassa sekä teollisuuden valvonta- ja toistotehtävissä. Kiinnostusta ilmiöön osoittavat lukuisat tutkimukset, joissa pyritään selvittämään, mitkä tehtävään ja ympäristöön liittyvät tekijät aiheuttavat valppauden herpaantumisen pitkäaikaisissa yksitoikkaisissa tarkkailutehtävissä. Samaten kartoitetaan niitä yksilön ominaisuuksia, jotka tekevät hänet sopivaksi kuvatuunlaisiin työtehtäviin. Viimeksi mainitut tutkimustulokset ovatkin usein suoraan sovellettavissa käytäntöön esimerkiksi valintatilanteissa.

Runsa tutkimustoiminta on synnyttänyt erilaisia käsityksiä vigilanssista. Todennäköisesti kyseessä on melko kompleksinen ilmiö, jonka kuvaaminen nykyisellä tietotasolla on mahdollista monien eri teorioiden perusteella, vaikka nämä ovatkin joiltakin osin ristiriitaisia. Liika yksinkertaistaminen tekee tilanteen vain epäselväksi ja selityksen hataraksi. Yleisenä suuntauksena näyttää olevan tutkijain omien teoreettisten käsitysten korostaminen ja niiden empiirinen todentaminen sopivasti suunnitelluin koeasetelmin. Sen sijaan eri teorioiden puolueettomat vertailut ja mahdolliset yhdistämisyritykset eivät ole saavuttaneet suurtakaan huomiota.

Yhtä olennainen piirre on tutkimusasetelmien suppeus. Riippumattomia ja riippuvia muuttujia on tavallisesti kaksi tai kolme. On selvää että näin kerätty tieto on hajanaista ja yhteenvedot eri tutkimuksista

2.

perustuvat pikemminkin hyvään uskoon kuin kriittisiin arviointeihin. Yhteenvetoa vaikeuttavat lisäksi erilaisten signaalien ja tehtävien käyttö sekä väliintulevien muuttujien kontrollointi eri menetelmin. Näitä asioita pohditaan harvoin riittävän perusteellisesti tutkimusraporteissa.



Kuvio 1. Kaavakuva informaation kulusta (Häkkinen 1974, 58)

Vigilanssikäsitys liittyy kiinteästi informaation kulkuun ihmisen keskushermostossa (kuviokuva 1). Jotta informaation vastaanotto onnistuisi on aistien ja keskushermoston oltava valmiit vastaanottamaan ärsytys. Havaintokentästä tuleva ärsytys, joka on riittävän voimakasta, uutta tai tärkeää, herättää orientoitumisreaktion. Tämä orientoitumisreaktio saattaa habituoitua, jos ärsytys toistuu riittävän kauan, ja informaation kulku katkeaa. Sensorisia hermoja pitkin informaatio kulkee lyhytaikaiseen muistiin, jonka jälkeen valikoiva suodatin laskee tärkeän informaation pitkäaikaiseen muistiin tai suoraan motorisen hermoituksen keskuksiin. Aivoihin tullessaan informaatioimpulssit nostavat aivojen yleistä aktivaatiotasoa, jonka sopiva korkeus tekee mahdolliseksi informaation tarkemman käsittelyn aivokeskuksissa. Tämän jälkeen informaatio varastoituu pitkäaikaiseen muistiin tai aiheuttaa aktiviteettia.

Tarkkaavaisuus (attention) on usein määritelty valikoivaksi tekijäksi havaitsemisessa. Behavioraalinen määritelmä pitää tarkkaavaisuutta prosessina, jonka avulla muutamat impulssit pääsevät motorisen ja/tai pitkäaikaisen muistin järjestelmiin. Tämä saavutetaan eri meka-

nismien avulla, joita ovat reseptorien orientoituminen sekä sensomotorinen keskushermostollinen herkistyminen tai ehkäisy eri tasoilla (Milner 1973, 281-295).

Kahneman (1973, 2) käyttää käsitettä tarkkaavaisuus muutamista sisäisistä mekanismeista, jotka määrittelevät ärsykkeen senhetkisen tärkeyden, ja tästä johtuen käyttäytymisen ennustaminen yksistään ärsykkeen perusteella ei ole mahdollista kovinkaan tarkasti. Tarkkaavaisuus on siis väliintuleva muuttuja ärsykkeen ja reaktion välillä, ja sen määrittely on laaja-alaista ja epämääräistä. Tarkkaavaisuutta voidaan myös joissakin yhteyksissä käyttää kuvaamaan valpasta observointia vastakohtana uneliaalle, tai se voi tarkoittaa uteliasta ympäristön tutkintaa, henkistä keskittymiskykyä tai henkilön valmiutta ottaa vastaan signaaleja ja reagoida niihin. Vigilanssikokeissa käsitteellä tarkkaavaisuus kuvataan koehenkilön yleistilaa ja sen muutosta, kun henkilö toimii melko passiivista käyttäytymistä vaativassa pitkäaikaisessa tehtävässä (Moray 1969, 83-84). Ihmisen tarkkaavaisuuden kapasiteettia pidetään rajallisena, ja sitä voivat ylläpitää joko sisäiset tai ulkoiset ärsykkeet passiivisesti tai tahdonalaisesti (Vaughan & Ritter 1973, 130-151).

Eräät tarkkaavaisuusteoriat korostavat psyykkisen järjestelmän rakenteellisia rajoituksia (Broadbent 1958; Deutsch & Deutsch 1963), toiset sen kapasiteetin rajoituksia (Kahneman 1973, 11). Rakennemallit selittävät kognitiivisen aktiivisuuden rajoittuneisuutta suodattimen ja pullonkaulan avulla, jonka Broadbent sijoittaa lyhytaikaisen muistin jälkeen, Deutsch ja Deutsch vasta reaktion valintaa edeltäväksi vaiheeksi. Kapasiteettimallin mukaan rajoittuneet suoritusmahdollisuudet määräävät, mitä reaktioita voidaan tehdä yhdessä.

Vigilanssin määrittely teoreettisena käsitteenä on harvinaista. Sitä pidetään lähinnä keskushermoston tilana, jonka taso vaihtelee. Yleisimmin käytetyn määritelmän vigilanssi-ilmiolle on muotoillut Mackworth (1950): 'Vigilanssi on valmiustila havaita ja reagoida tiettyihin pieniin muutoksiin, jotka tapahtuvat satunnaisin väliajoin ympäristössä'. Valmiustila sisältää sekä sensorisen herkkyyden että päätöksentekokriteerinin muutokset, koska molempia on havaittu vigilanssitilanteessa. Muita tarkennuksia Mackworth ei tee. Useimmat tutkijat määrittelevät vigilanssin

4.

tarkemmin, mutta suppeammin kuin Mackworth. Määrittely liittyy usein omaan teoreettiseen viitekehykseen, tehtävässä vaadittaviin operatiioihin tai signaalin ominaisuuksiin.

Vigilanssin operationaalisisista määritelmistä on monia esimerkkejä. Bergumin ja Kleinin (1961, 8) mielestä vigilanssi ilmenee systemaattisina muutoksina signaalin detektiodennäköisyydessä. Rajoituksina he edellyttävät, että suoritukset tapahtuvat pitkien työjaksojen kuluessa, etsitään harvoin esiintyvää signaalia, signaalin voimakkuus on lähellä ärsykekyynnystä ja signaalit esiintyvät sekä ajallisesti että spatiaalisesti satunnaisina. Frankmann ja Adams (1962) puolestaan määrittelevät vigilanssin henkilön valppautena paljastaa muutoksia ärsyketapahtumisissa, kun taas Buckin (1966) mielestä vigilanssi voidaan päätellä observointikäyttäytymisen muutoksista suorituksessa ajan funktiona. Buck pitää itsekin määritelmäänsä ahtaana.

Kirjoittajan mielestä vigilanssi voidaan määritellä edellisten perusteella seuraavasti: 'Vigilanssi on valmiustila havaita ja reagoida pieniin, ennalta ilmoitettuihin ärsyketilanteen muutoksiin, jotka tapahtuvat satunnaisin väliajoin pitkähkön ajan kuluessa ennalta rajatussa ympäristössä'. Tämä määritelmä on tarkennus Mackworthin (1950) esittämästä, ja sen yleistettävyyden on lähes yhtä suuri. Määritelmä pitää vigilanssia keskushermostollisena tilana, joka voidaan tietyissä tehtävissä operationaalistaa erilaisten mittareiden avulla. Määritelmää voidaan pitää myös vigilanssitehtävän määritelmänä.

Halcomb ja Kirk (1965) täsmentävät vigilanssitehtävän lähes samalla tavalla: 'Tehtävä, jossa henkilöä vaaditaan paljastamaan peräkkäin esitettyjä ärsykeitä pitkien työjaksojen kuluessa, kun henkilöllä on vähän tai ei ollenkaan tietoa ärsykkeiden spatiaalisesta tai ajallisesta sijainnista'. Tähän on kuitenkin tärkeää lisätä, että vigilanssikokeessa signaalit esiintyvät harvemmin kuin muut tehtävä-ärsykkeet. Päinvas- taisessa tapauksessa on kysymys valppauskokeesta (McGrath 1963b, 232).

Vigilanssi-käsitettä on vaikea erottaa tarkkaavaisuus-käsitteestä muutoin kuin kapea-alaisuutensa ja tehtäväsidonnaisuutensa perusteella. Toisaalta vigilanssitehtävien ja muiden pitkäaikaista suoritusta vaativien tehtävien rajankäynti ei ole selvää. Useissa samantyyppisissä tehtävissä, kuten seurantatehtävissä (ohjata liikkuvaa pistettä tai valoa ärsy-

kekaavion mukaisesti), pitkäaikaisissa reaktioaikakokeissa ja erilaisissa ärsykekyynnysmittauksissa, on havaittu vigilanssikokeille tyypillistä suorituksen heikkenemistä (Mackworth 1969, 30-45).

Aktiivisissa pitkäaikaisissa työtehtävissä ei suorituksen heikkeneminen tule esiin yhtä selvänä kuin vigilanssikokeissa, joissa reagoidaan vain harvoin esiintyvään signaaliin. Suorituksissa on kuitenkin enemmän ylipitkiä reaktioaikoja, jotka on selitetty henkisenä väsymyksenä tai katkoksina tarkkaavaisuudessa (Sanders & Hoogenboom 1970, 414-431). Broadbentin (1957) mukaan aktiivisissa tehtävissä on vigilanssikomponenttinsa, ja hänen mielestään ero tehtävien välillä on pikemminkin semanttinen ja käsitteellinen kuin todellinen.

Signaalilla tarkoitetaan vigilanssitehtävissä sitä ärsyketilanteen muutosta, johon henkilön on reagoitava. Signaali voi olla erillinen valo- tai kuuloärsyke, tai poikkeama tavanomaisesta tapahtumaketjusta. Visuaalisissa vigilanssitutkimuksissa tehtävä voi olla tasaisin hyppäyksin siirtyvän kellon osoittimen (signaali on kaksoishyppy) tai tasaisesti liikkuvan kellon osoittimen (signaali on osoittimen pysähdys tai liikkeen nopeutuminen) seuraaminen. Usein tehtävänä on käytetty myös valon väläystä tummassa taustassa (signaali on kirkkaampi väläys tai väläyksen puuttuminen), tai oskilloskoopin kuvaputken seuraamista erilaisin signaalivaihtoehdoin. Vigilanssitehtävässä signaali ilmoitetaan ja määritellään henkilölle ennen kokeen alkua. Signaalin havaitsemista ja siihen reagointia harjoitellaan, sillä kokeen kuluessa ei saisi tapahtua enää oppimista.

Signaalit on tutkimuksissa jaettu eri tavoin: auditiiviset/visuaaliset, staattiset/dynaamiset, pysyvät/hetkelliset. Auditiivisen tai visuaalisen signaalin käytön determinoi tehtävän laatu, ts. onko tehtävä kuulo- vai näköhavaintoon perustuva. Dynaamiset signaalit edellyttävät nopeita muutoksia katseen kohdistuksessa tai silmän tilassa. Tavallisesti tämä tarkoittaa signaalien etsimistä rajoitetulta alueelta tai jatkuvan liikkeen seuraamista. Staattinen signaali ei edellytä muutoksia katseen kohdistuksessa tai silmän tilassa (esim. toistuva valonvälähdys samassa paikassa). Signaali on pysyvä (nontransient), kun koehenkilön on reagoitava siihen, ennenkuin se katoaa tai hetkellinen (transient), kun se on havaittavissa vain rajoitetun, lyhyen

6.

ajan, jonka jälkeen se katoaa koehenkilön reagoinnista riippumatta (Holland 1958; Teichner 1974).

Tässä tutkimuksessa pyrittiin seuraaviin tavoitteisiin:

- 1) Haluttiin vertailla eri mittausmenetelmien antamia tuloksia samassa tutkimustilanteessa. Tällöin voitiin selvittää paremmin kuin aikaisemmin mittausmenetelmien johdonmukaisuutta vigilanssi-ilmiön kuvaajina.
- 2) Vertailtiin muutamia perinteisiä vigilanssiteorioita ja signaalidetektioteoriaa vigilanssi-ilmiön selittäjinä, kun varioitiin kahta riippumattomuutta muuttujaa: signaalin pysyvyyttä ja observointireaktioiden suorittamista.
- 3) Yksityiskohtaisempina ongelmina kiinnostivat signaalin hetkellisyyden ja pysyvyyden vaikutus reaktioaikoihin sekä observointireaktioiden tekemisestä seuraavan aktivoinnin vaikutus eri suoritusmittoihin. Nämä kysymykset tuntuivat melko keskeisiltä monotonisissa tehtävissä työelämässä. Ongelmia ei kuitenkaan ole tutkimuksin selvitetty.
- 4) Lopuksi haluttiin selvittää persoonallisuustekijöitten ja vigilanssi-mittojen keskinäisiä yhteyksiä.

Koska vigilanssi-ilmiötä on operationaalistettu eri tavoin, haluttiin aluksi selvittää näiden menetelmien soveltuvuusalueet ja keskinäiset yhteydet, jotta lukijan olisi helpompi arvioida myöhemmin esitettäviä tutkimustuloksia. Seuraavaksi esiteltiin vigilanssi-ilmiöön vaikuttavia tekijöitä melko lyhyehköjen yhteenvetojen muodossa, jotta koko vigilanssi-ilmiön ongelmakenttä olisi hahmotettavissa. Lopuksi tarkasteltiin vigilanssi-ilmiön selittämiseksi kehiteltyjä teorioita.



## 2. VIGILANSSI-ILMIÖN MITTAAMISESTA

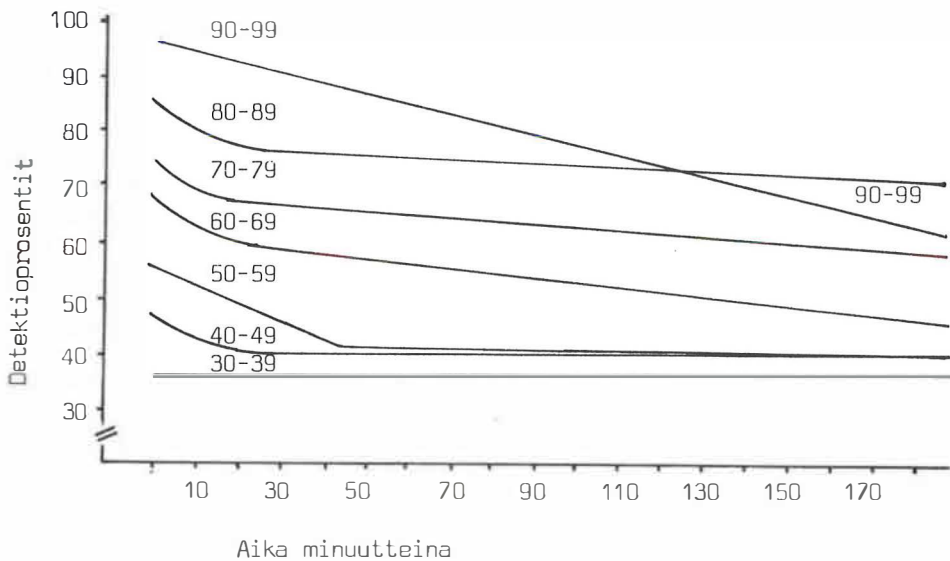
### 2.1. Detektiot

Käsitelmärittely. Detektioilla tarkoitetaan tehtävää suorittavan henkilön sovitulla tavalla ilmoittamaa havaintoa, kun oikea signaali esiintyy. Jos signaali on hetkellinen, ilmoituksen on tultava noin 5 sekunnin kuluessa signaalin esittämisestä. Signaalin kesto ja vaikeusaste pidentävät reaktioaikoja, ts. aikaraja riippuu siitä, vaatiiko signaalin tulkinta korkea-asteisempia aivotoimintoja. Kun signaali on pysyvä, ilmoitus siitä saa kestää tuntejakin.

Detektioiden käyttö vigilanssitehtävissä. Selvästi yleisin vigilanssisuorituksen mitta on detektioiden määrä. Se esitetään tavallisesti joko primaaripisteinä, prosenttilukuina tai todennäköisyysarvioina aikayksikössä. Detektioita on mielekästä käyttää mittarina, jos signaali on hetkellinen. Myös muut signaalin ominaisuudet, kuten sen kesto ja voimakkuus (Baker 1963b, 139; Mackworth 1964b; Wiener, Pooch & Steele 1964), paljastettavuus (Binford & Loeb 1963; Bowen 1964), laatu (staattinen tai dynaaminen) sekä tehtävän kesto (Teichner 1974) vaikuttavat herkästi detektioiden käyttökelpoisuuteen suorituksen kuvaajana. Detektiomäärien on yleensä havaittu laskevan vigilanssitehtävän kuluessa (Binford & Loeb 1966; Gale, Bull, Penfold, Coles & Barraclough 1972b; Guralnick 1972; Hatfield & Soderquist 1970; Moses 1967; Williges 1971), tai pysyvän joissakin tapauksissa ennallaan (Bergum & Lehr 1964; Davenport 1972; Mackworth 1964a; Wiener 1963).

Teichner (1974) on tehnyt yhteenvedon 37:stä vigilanssitutkimuksesta (kuvio 2). Näissä tutkimuksissa oli tarkkailtavana yksi kohde, signaalin spatiaalinen epävarmuus oli hyvin pieni, ja ympäristö oli meluton. Detektiomäärien alkutaso määriteltiin 30 minuutin jaksolta tehtä-

8.

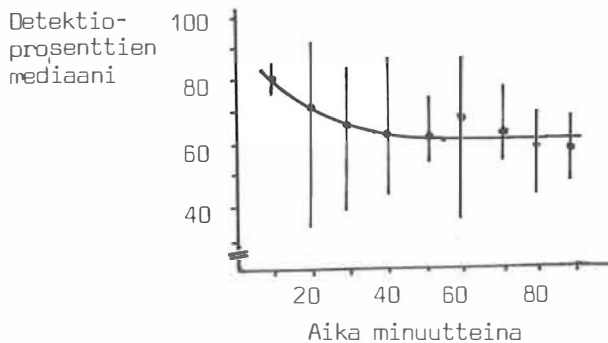


Kuvio 2. Detektioprosentit tehtävään käytetyn ajan funktiona, kun lähtötasot on estimoitu 10 prosentin luokkavälein (Teichner 1974)

vän alusta. Tämän perusteella estimoitiin silmämäärin kuvaajat tehtävään funktiona eri lähtötasojille (90-99 %, 80-89 %, 70-79 % jne.). Yhteistä kuvaajille on, että detektio määrät vähenevät ajan kuluessa. Voimakkainta vähenemistä (noin 35 %) on alkutasoltaan korkeimmassa kuvaajassa. Alkutasoltaan matalimmassa kuvaajassa suorituksen taso ei muutu ajan kuluessa. Kuvaajista voidaan myös havaita, että detektio määrät vähenevät eniten noin 50 minuutin aikana tehtävän alusta lukien, useimmissa jo 30 minuutin kuluessa. Lisäksi tarkemmassa analyysissä havaittiin detektio määräiden tasaisempaa ja jyrkempää laskua silloin, kun signaali oli dynaaminen. Staattisen signaalin tutkimuksissa detektio määräiden väheneminen oli pienempää.

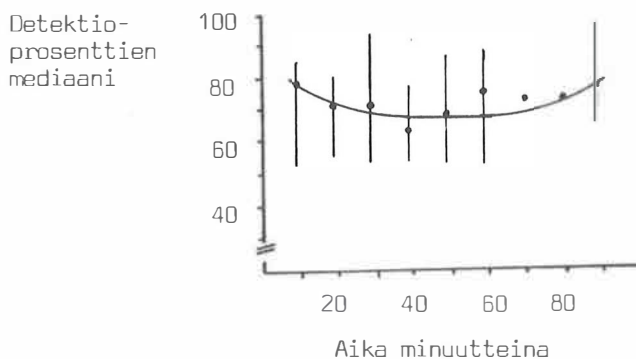
Levine, Romashko & Fleishman (1973) ovat yrittäneet arvioida vigilanssitehtävän vaatiman primaarisen ja sekundaarisen kykyalueen ja tarkastelleet näiden avulla 53 tutkimuksessa ilmoitettuja detektio-

määrien vaihteluja ajan funktiona. Kun tehtävä vaatii pääasiassa havaintonopeutta (perättäin tai samanaikaisesti esitettyjen ärsykekaavioiden samanlaisuuden tunnistamista), havaittiin detektiomäärien laskua noin 50 ensimmäisen minuutin aikana (kuvio 3). Kuvaaja on estimoitu 25 tutkimuksen perusteella.



Kuvio 3. Detektioprosenttien mediaani ajan funktiona tehtävissä ( $N = 25$ ), joissa pääkykyalueena on havaintonopeus (Levine ym. 1973)

Kun tehtävä vaatii pääasiassa kuvion identifiointia (flexibility of closure, eristää spesifi, relevantti ärsyke tarkoituksellisesti tuotetta häiritsevästä taustasta), detektiomäärien ja ajan riippuvuus näytti olevan käyräviivainen (kuvio 4). Kuvaaja on myös estimoitu 25 tutkimuksesta.



Kuvio 4. Detektioprosenttien mediaani ajan funktiona tehtävissä ( $N = 25$ ), joissa pääkykyalueena on kuvion identifiointi, flexibility of closure (Levine ym. 1973)

Kun mukaan otettiin sekundaarisiksi kyvyiksi valikoiva valppaus (selective attention) ja ajan jakaminen (time sharing), havaittiin, että detektiomäärien väheneminen ajan kuluessa pysähtyi noin 40-60 minuutin välillä tehtävän alusta lukien ja sen jälkeen suoritus alkoi parantua. Havaintonopeutta vaativissa tehtävissä suoritus ei missään vaiheessa parantunut ajan kuluessa.

Henkilöiden detektiomäärien lähtötason on havaittu vaihtelevan runsaasti samassa tehtävässä. Ilmiötä on pyritty selittämään motivaatio- tai persoonallisuustekijöiden avulla. Tutkimusyrietykset eivät ole tuoneet ratkaisua kysymykseen, ja siksi ongelma tavallisesti pyritään sivuuttamaan ylimalkaisilla viittauksilla eri selitysmahdollisuuksiin. Esimerkiksi motivaation samanlaisuus näyttää jäävän kokeenjohtajan uskon varaan sen jälkeen, kun hän on luvannut palkkioita hyvästä suorituksesta tai/ja rangaistuksia huonosta suorituksesta. Persoonallisuustekijöistä näyttää introversio-ekstroversio-ulottuvuudella olevan vaikutusta lähtötasoon lähinnä siten, että ekstrovertit aloittavat tehtävän hyvin tehokkaasti, mutta sitten suoritus heikkenee nopeasti. Introverttien suoritus on tasaisempaa läpi kokeen. Signaalidetektioiteorian avulla on yritetty selvittää henkilön riskinottokyvyn vaikutuksia suoritukseen. Näitä asioita käsitellään kuitenkin tarkemmin tuonnempana.

Detektiot vähenevät tavallisesti jo puolen tunnin työskentelyn aikana, vaikkakin ilmiö saattaa tulla tilastollisesti merkitseväksi muutamissa tapauksissa vasta tunnin kuluttua tehtävän aloittamisesta. Signaaliakohtaisiin analyysihin perustuvat havainnot viittaavat myös siihen, että suoritus alkaa huonontua ensimmäisen signaalin esittämisestä alkaen (Davies & Tune 1970, 11-12).

## 2.2. Väärät detektiot

Käsitelmärittely. Tarkkailija tekee väärän detektion ilmoittaessaan signaalin esiintyneen silloin, kun signaalia ei ole esitetty. Huomaamattomuusvirhe tapahtuu silloin, kun signaalia ei havaita. Väärät detektiot ja huomaamattomuusvirheet on joskus laskettu yhteen yhdistetyk-

si virhepistemääräksi. Menettely on ollut kuitenkin harvinainen. Tässä tutkimuksessa käytettiin indeksinä ainoastaan vääriä detektioita (Davies & Tune 1970, 13; Roby & Roazen 1963).

Väärrien detektioiden käyttö vigilanssitehtävissä. Koska monissa tutkimuksissa esiintyy vähän vääriä detektioita, tämä mittari on usein jätetty huomiotta, vaikka tietoja siitä olisikin saatavissa. Väärrien detektioiden on traditionaalisesti katsottu johtuvan, kuten Broadbent ja Gregory (1963) ovat huomauttaneet, 'moitittavasta tavasta arvata'. Väärrien detektioiden määrän vaihtelun on ajateltu olevan yhteydessä detektioiden määrään vain vähän tai ei ollenkaan. On myös esitetty, etteivät väärät detektiot ole vigilanssisuorituksen käyttökelpoinen mittari, vaan pikemminkin oppimisindeksi. Se ilmoittaa, miten hyvin henkilöt ovat oppineet erottamaan signaalit muista ärsykkeistä (McGrath 1963b). Näitä käsityksiä on kuitenkin ratkaisevasti muuttanut signaalidetektioiteorian soveltaminen vigilanssi-ilmiön selittämiseen.

Tutkimuksissa on toistuvasti havaittu, että pieni osa koehenkilöistä tekee valtaosan vääristä detektioista. Suuret yksilöiden väliset erot saattavat johtua joko siitä, että lyhyt totutteluperiodi ei riitä kaikille henkilöille tai siitä, että eri henkilöt käsittävät tehtävän vaatimukset eri tavoin. Toiset eivät halua menettää yhtään signaalia, vaikka tästä seuraisikin vääriä detektioita, toiset välttävät ensisijaisesti vääriä detektioita, vaikka signaaleja jäisi huomaamatta. Selitys löytynee joko päätöksentekokriteerien tiukkuuden vaihtelusta, epäselvästä instruktioista tai stressistä ja hätäilystä (Wiener 1963). Myös tehtävän vaikeus ja kesto vaikuttavat ilmeisesti väärrien detektioiden määrään.

Väärrien detektioiden on havaittu vähenevän suorituksen kuluessa useissa tutkimuksissa (Binford & Loeb 1966; Colquhoun & Baddeley 1964; Guralnick 1972; Hatfield & Soderquist 1970; Milosevic 1975; O'Hanlon, Schmidt & Baker 1965; Thackray, Jones & Touchstone 1973; Wiener 1964). Sen sijaan Mackworth (1964b, 1965) ja Wiener (1963) eivät ole tutkimuksissaan havainneet väärrien detektioiden merkittävää vähenemistä saman koetilanteen aikana. Jos koetta on toistettu päivittäin, väärät detektiot ovat vähentyneet (Bakan 1955; Wiener 1963). Väärrien detektioiden on havaittu myös lisääntyvän tehtävän

12.

kuluessa, joskaan ei merkitsevästi (Jenkins 1958; Mackworth 1965). Tällöin on epäilty puutteellisuuksia koehenkilöiden signaalin tunnistamisessa. Muutamissa kokeissa koehenkilön on pitänyt reagoida sekä signaaleihin että taustaärsykkeisiin. Tällöin vääriä detektioita on tehty vähemmän, mutta niiden määrä ei ole vähentynyt ajan kuluessa. Taustaärsykkeisiin reagointi ei ole vaikuttanut detektiomääriin, jotka ovat vähentyneet merkitsevästi tehtävän edetessä (Nakashima & Halcomb 1972a, b).

Piristävien lääkeaineiden, esim. amfetamiinin, on havaittu vaikuttavan siten, että detektioiden määrä ei ole vähentynyt, kuten kontrolliryhmällä, mutta väärin detektioiden määrään amfetamiini ei vaikuttanut. Rauhoittavat lääkeaineet ovat vähentäneet sensitiivisyyttä siten, että väärät detektiot eivät ole vähentyneet ajan kuluessa, mutta detektiot ovat vähentyneet enemmän kuin kontrolliryhmässä (Mackworth 1969, 178, 182, 194-195). Suuren unen vajauksen on havaittu lisäävän, pienen unen vajauksen vähentävän väärin detektioiden määrää (Mackworth 1969, 196).

Lopuksi voitaneen todeta, että väärin detektioiden tarkastelu irrallaan signaalidetektio teoriasta tuntuu melko sekavalta ja hedelmättömältä. Tavallisimmin tutkimukset kuitenkin ovat osoittaneet väärin detektioiden vähenevän tehtäväajan kuluessa.

### 2.3. Reaktioaika

Käsitemäärittely. Reaktioaika tai latenssiaika, kuten muutamat tutkijat haluavat sitä nimittää, ilmoittaa signaalin esittämisen ja henkilön reagoinnin välisen ajan. Vigilanssitehtävissä tämä koostuu observointireaktioon, sensoriseen toimintaan, päätöksentekoon ja motoriseen reagointiin kuluvista aikajaksoista (Jerison 1967).

Reaktioaikojen käyttö vigilanssitehtävissä. Vigilanssikokeissa, joissa signaali on pysyvä, reaktioaika on usein ainoa suoritustilanne. Useimmat tutkijat ovat kuitenkin vertailleet reaktioaikojen ja detektioiden yhteyksiä tutkimuksissa, joissa on käytetty hetkellisiä signaaleja. Täl-

löin on oltu kiinnostuneita reaktioaikojen keskiarvojen muutoksista koejaksojen välillä. Mielestäni jälkimmäinen lähestymistapa ei anna täyttä kuvaa reaktioaikojen variaatiosta vigilanssitehtävissä. Koska kadotetuista signaaleista ei saada reaktioaikoja, menetetään olennaisin osa sitä tietoa, jota reaktioajat voisivat antaa. Tilannetta ei paljon paranna, vaikka detektioiden määrän voi raporttien perusteella päätellä olevan 90 - 100 % (tätäkin tietoa ei useimmissa tutkimuksissa edes kerrota). Pikemminkin voi ihmetellä, onko tällaisissa tutkimuksissa saatu vigilanssin vähenemistä edes esiin. Reaktioaikojen jakautuma vigilanssikokeissa on suppea: vaihteluväli on noin 0.1 - 3 sekuntia, jos käytetään hetkellistä signaalia. Lisäksi reaktioaikojen jakautuma on aina positiivisesti vino. Kun käytetään pysyvää signaalia, vinous lisääntyy.

Buck (1966) on tehnyt yhteenvedon 28 tutkimuksesta, joissa on käytetty detektiomääriä ja reaktioaikoja suoritusmittareina. Näistä 17 tutkimuksessa reaktioaika kasvoi tehtävän edetessä, mutta detektioiden määrä ei suuresti vaihdellut tai sitä ei ilmoitettu. Siksi Buck päätteli löytyvän tehtäviä, joissa reaktioaika saattaa olla herkempi mittari suorituksen heikkenemiselle kuin detektiot. Lopuissa 11 tutkimuksessa vain yhdessä ilmoitettiin reaktioaikojen ja detektiomäärien korrelaatioksi -0.19, joka ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Buck laski näiden 11 tutkimuksen raporteista reaktioaikojen ja detektiomäärien järjestyskorrelaatiokertoimet ja ne vaihtelivat 0.20:sta -0.83:een. Viisi tutkimuksista tuki hypoteesia, että detektiomäärien vähetessä reaktioajat pitenivät, kahdessa tulosten suunta oli sama. Kolmessa tutkimuksessa saatiin hypoteesin vastaisia tuloksia. Näissä detektiomäärien vähetessä reaktioajat lyhenivät tai pysyivät ennallaan. Hypoteesin vastaisia tuloksia selitettiin lähinnä tehtävän pituudella ja reagointitavan vaikeusasteella.

Yhteenvedona voidaan todeta, että reaktioajat tavallisesti pitenevät vigilanssitehtävän kuluessa (Adams & Boulter 1962; Dardano 1962; Davenport 1972; Halcomb & Kirk 1965; Hatfield & Soderquist 1970; Lisper, Kjellberg & Melin 1972; McCormack, Binding & McElheran 1963; Thackray ym. 1973). Sen sijaan detektiomäärien ja reaktioaikojen välisestä yhteydestä on tehty vähän perusteellisia tutkimuksia. Reaktio-

14.

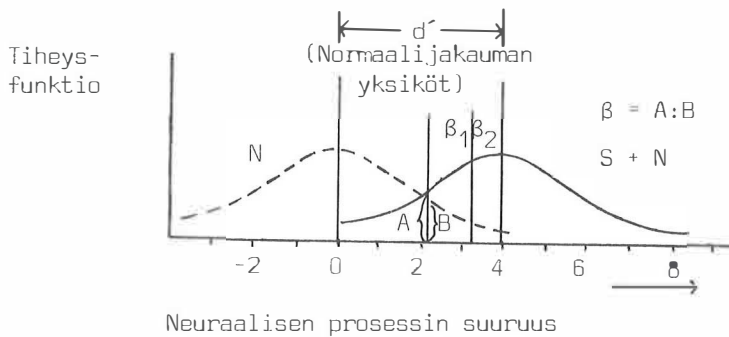
ajat on tavallisesti ilmoitettu vain detektioista, ja tällöin on käytetty hetkellistä signaalia. Väärien detektioiden määrää ei ole otettu huomioon riippuvuutta tarkasteltaessa. Signaalien vaikeusaste todennäköisesti muuttaa riippuvuutta. Myös yksilöiden erilainen päätöksentekoprosessi aiheuttaa virhevarianssia, koska jotkut reagoivat vasta varmoin vihjeisiin, toiset taas koettavat arvaamalla parantaa suoritustaan. Lisäksi on kyseenalaista, onko keskimääräinen reaktioaika hyvä vigilanssin indeksi. Parempi saattaisi olla reaktioaikojen variaation tunnusluku tai tavallista pitempien reaktioaikojen lukumäärä tms. (Davies & Tune 1970, 14-18). Thackray ym. (1973) havaitsivat sekä reaktioaikojen vaihtelun että maksimireaktioaikojen määrien kasvavan ja minimireaktioaikojen määrien vähenevän merkittävästi tehtävääjän kuluessa.

#### 2.4. Signaalidetektioiteorian tunnusluvut $d'$ ja $\beta$

Käsitelmääritys.  $d'$  ja  $\beta$  ovat psykofyysisistä tiedoista johdettuja tilastollisia mittoja ja ne liittyvät signaalidetektioiteoriaan. Signaalidetektion voidaan olettaa koostuvan kahdesta prosessista: diskriminaatiosta ja päätöksenteosta. Tunnusluku  $d'$  ilmaisee, kuinka hyvin henkilö pystyy sensorisesti erottamaan toisistaan peräkkäin esitetyt signaalit ja irrelevantit ärsykkeet (kohinan).  $\beta$  on tunnusluku, joka kuvaa henkilön päätöksentekokriteeriä hänen valitessaan kumpaan kahdesta tapahtumajakautumasta, signaaleihin vai kohinaan, yksityinen havainto kuuluu (kuvio 5).

N jakautuman oletetaan kuvaavan signaalin aiheuttamaa neuraalista aktiviteettia jossakin hermoston osassa. Kun siihen lisätään hermoston aiheuttama kohina (S+N), neuraalisen aktiviteetin määrä suurenee, ja jakautuma siirtyy ulottuvuudella oikealle. Molemmat jakautumat oletetaan hajonnoiltaan yhtä suuriksi ja normaaleiksi. Jakautumien keskiarvojen eroa merkitään tunnusluvulla  $d'$ . Keskiarvoeron ( $d'$ ) suuretessa erotetaan signaali helpommin kohinaasta.





- $N$  = taustakohinan jakautuma  
 $S + N$  = signaalin + kohinan jakautuma  
 $d'$  =  $N$  ja  $S + N$  jakautumien keskiarvojen erotus standardipisteissä  
 $\beta_1$  = lievempi päätöksentekokriteeri  $d'$ :n ollessa vakio  
 $\beta_2$  = tiukempi päätöksentekokriteeri  
 $\beta = \frac{S + N \text{ jakautuman ordinaatta (A)}}{N \text{ jakautuman ordinaatta (B)}}$

Kuvio 5. Signaalidetektioiteorian tunnusluvut (Davies & Tune 1970, 21)

$\beta$  saadaan laskemalla  $S+N$  jakautuman ordinaatan suhde  $N$  jakautuman ordinaattaan. Jos koehenkilö valitsee tiukan päätöksentekokriteerin signaalin hyväksymiseen,  $\beta$ :n arvo on suurempi, kuin jos koehenkilö valitsee lievemmän päätöksentekokriteerin. Tunnusluku  $d'$  voi vaihdella ilman, että se vaikuttaa  $\beta$ :n arvoon ja päinvastoin. Kun tiedetään, detektioiden ja väriiden detektioiden todennäköisyydet koetilanteessa,  $d'$ - ja  $\beta$ -arvot voidaan laskea tai katsoa taulukoista (Freeman 1973; Pastore & Scheirer 1974; Swets 1961).

$d'$ :n ja  $\beta$ :n käyttö vigilanssitutkimuksissa. Ilman vakavia perusteita on sovittu, että auditiivisissa kokeissa yhden sekunnin aikajakso muodostavat observointiperiodin, kun taas visuaalisissa kokeissa pidetään periodina kahta tapahtumaa (esim. kaksi valon välähdystä). On kuitenkin todettu, että vaikka observointiperiodin pituus vaikuttaa  $d'$ -arvon suuruuteen, se ei vaikuta  $d'$ -arvon muuttumiseen ajan funktiona

16.

(Broadbent & Gregory 1963; Mackworth 1965).

Vigilanssitehtävien aikana on havaittu lähinnä  $\beta$ -arvojen kasvua ajan kuluessa samanaikaisesti, kun suoritusmitat ovat huonontuneet. Koska kuitenkin  $\beta$ :n arvot ovat olleet hyvin korkeita, on uskallettua tulkita suoraviivaisesti, että vigilanssisuorituksen huononeminen johtuu päätöksentekokriteerien tiukkenemisestä. Tavallisesti  $d'$ :n arvot eivät ole muuttuneet merkitsevästi auditiivisissa vigilanssikokeissa. Muutamissa tutkimuksissa  $d'$ -arvot ovat pienentyneet, ja tämän on arveltu heijastavan väsymistä tehtävän aikana. Näitä muutoksia on havaittu nimenomaan visuaalisissa vigilanssikokeissa (Binford & Loeb 1966; Broadbent & Gregory 1963; Cahoon 1973; Colquhoun & Baddelcy 1967; Green & Swets 1966; Guralnick 1972; Hatfield & Soderquist 1970; Mackworth & Taylor 1963; Mackworth 1964b; Milosevic 1975; Welford 1968; Williges 1971). Signaalidetektioiteorian yhteydessä palataan  $d'$ :n ja  $\beta$ :n käyttöön kriittisemmin.

## 2.5. Observointireaktiot

Käsitelmääritys. Jotta signaalit voitaisiin nähdä, kohdetta on tarkkailtava. Tällaisia katseen kohdistamisia nimitetään observointireaktioiksi. Nykyisin silmänliikkeiden observointi on mahdollista silmänliikerekisteröinnin avulla, mutta tutkimuksissa on havaittu, että katseen ei tarvitse suuntautua kohteeseen, vaan aistimus saatetaan tehdä näkökentän reuna-alueillakin. Siksi silmän suuntaaminen tarkalleen kohteeseen ei ole välttämätöntä, ja silmänliikekameran avulla lasketut observointireaktiot antavat harhaanjohtavaa tietoa.

Holland (1958) päätyi operationaalistamismenetelmään, jossa koehenkilön oli painettava nappulaa nähdäkseen kohteen. Tällaiset observointireaktiot olivat helposti laskettavissa. Jerison ja Wing (1963) esittivät, että termi observointireaktio olisi pitänyt varata toistaiseksi määrittelemättömälle reaktiolle, joka liittyy signaalidetektioon, ja Hollandin käyttämää observointireaktiota olisi pitänyt nimittää va-

laisureaktioksi. Tässä tutkimuksessa käytettiin käsitettä observointi-reaktio Hollandin esittämässä merkityksessä, koska suuri osa tutkijoista oli omaksunut käsitteen tässä muodossa.

Observointireaktioiden käyttö vigilanssitehtävissä. Koska signaaleja esiintyy harvoin, observointireaktioita tehdään paljon runsaammin kuin detektioita. Holland (1958) havaitsi tutkimuksissaan, joiden ase- telma oli sama kuin Mackworthin perinteinen, että osalla koehenkilöistä (N=10) detektiomäärä laski kahden tunnin koejakson aikana, osalla koehenkilöistä (N=6) detektiomäärä pysyi koko ajan lähes 100 %:na. Päättulos oli, että henkilöillä, joiden detektiomäärä oli pieni, observointireaktioiden määrä väheni kokeen kuluessa, kun taas henkilöillä, joiden suoritus ei huonontunut, observointireaktioiden lukumäärä lisääntyi tehtävän kuluessa.

Hollandin tutkimuksia on kritikoitu. Baker (1960) osoitti, etteivät observointireaktiot, jotka operationaalistettiin valokuvaamalla katseen kohdistuminen, korreloineet detektiomäärien kanssa, eivätkä jakautuneet samoin kuin Hollandin operationaalistamat observointi-reaktiot. Broadbentin (1963, 72-87) koetilanteessa oli kolme nappia, joita painamalla valo syttyi vastaavaan kolmesta mahdollisesta lampusta. Signaalina oli lampun jääminen pimeäksi. Puolen tunnin koe- jakson aikana observointireaktioiden määrä kasvoi, mutta henkilöiden reaktioajat signaaleihin piteneivät. Tulokset olivat päinvastaiset kuin Hollandilla, mutta koeaikakin oli kovin lyhyt vigilanssi- tehtäväksi. Wilkinsonin (1961) tutkimustulokset olivat samansuuntaisia. Koehenkilöt eivät havainneet kaikkia signaaleja, vaikka he vapaaehtoisesti saivat antaa merkin, milloin olivat valmiit vastaan- ottamaan signaalin. Guralnick (1972) havaitsi observointireaktioiden lisääntyvän suoritusmittojen heiketessä ajan kuluessa.

Herääkin epäily, että koehenkilön suorittama toiminta, jolla hän ilmaisee olevansa valpas, muuttuu automaattiseksi tavaksi, joka on riippumaton todellisesta observointivalmiudesta. On myös osoitettu (mm. Hickey ja Blair 1958), että signaalifrekvenssin muutokset, jotka vaikuttavat detektiomääriin ja reaktioaikoihin, eivät näytä muuttavan observointireaktioiden lukumääriä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Hollandin muodostama vigilanssi-

18.

ilmiön mittari, observointireaktiot, on epäselvä. Se ilmeisesti mit-taa ainakin osittain eri aspekteja vigilanssisuorituksessa kuin de-tek-tiot tai reaktioajat. Tämä ei tietystikään tee mittarista täysin käyttökelpotonta, mutta tarkemmat selvitykset sen yhteyksistä toisiin mittareihin ja hedelmällisyydestä teorioiden testauksessa ovat tarpeen. Observointireaktioiden laskemisen poikkeavana ja hyvänä puolena voi-daan pitää sitä, että vigilanssitehtävä muuttuu aktiivista toimintaa vaativaksi. Tämä tuo laboratoriokekeen lähemmäksi työelämää kuin ai-noastaan passiivista tarkkailua edellyttävät koetilanteet.

## 2.6. Tarkkaavaisuus

Käsitemäärittely. Tarkkaavaisuudella (attention) tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, kuinka intensiivisesti ja kiinteästi henkilö katsoo annettua kohdetta ja seuraa tehtävää. Tarkkaavaisuutta voidaan arvi-oida observoimalla koehenkilön käyttäytymistä.

Tarkkaavaisuusarviointien käyttö vigilanssitutkimuksissa. Koehenki-lön tarkkailukäyttäytyminen muuttuu tehtävän kuluessa usein selvästi-kin. Tätä voidaan observoida. Jerison, Pickett ja Stenson (1965) ja-koivat tehtävän seuraamisen kolmeen luokkaan: valpas tarkkailu (alert observing), hajaantunut tarkkailu (blurred observing) ja häiriintynyt tarkkailu (distraction). Valpas tarkkailu määriteltiin psykofyysisen kokeen optimitarkkailuksi. Hajaantunut tarkkailu määriteltiin tilak-si, jossa sekä  $N$ -(kohina) että  $S+N$ -(signaali + kohina) jakautumien va-rianssit kasvoivat verrattuna näiden jakautumien varianssien suuruu-teen valppaassa tarkkailussa. Tässä tilanteessa  $d'$  pieneni,  $\beta$ :n voi-ttiin olettaa olevan yhtä suuri kuin valppaassa tarkkailussa. Tarkkai-lun muuttuminen hajaantuneeksi johtui ehkä epätarkoituksenmukaisesta akkomodaatiosta, fiksaatiosta, silmien kynneltymisestä, silmäluomien hetkittäisestä sulkeutumisesta jne. Häiriintyneeseen tarkkailuun kuu-lui omiin ajatuksiin vaipuminen, autistisuus, päiväunet jne. Tämä

saattoi johtua esim.  $\beta$ :n hyvin suuresta kasvusta, jolloin kriteeri oli niin ankara, ettei mitään ärsykeitä ilmoitettu signaaleiksi tai vääriksi detektioiksi. Tekijät olettivat, että 50 % vigilanssitehtävääjasta kuului valppaaseen tarkkailuun, 20 % hajaantuneeseen tarkkailuun ja 30 % häiriintyneeseen tarkkailuun.

Kritiikkinä voidaan todeta, että vigilanssitehtävän kuluessa eri tarkkailuasteita ei voida selvästi erottaa toisistaan, koska eri tilat vaihtelevat melko lyhyidenkin aikajaksojen sisällä (Hatfield & Soderquist, 1970). Tehtävääjan kuluessa valppaan tarkkailun osuus vähenee ja häiriintyneen tarkkailun osuus lisääntyy.

Koehenkilöiden käyttäytymisen observoinnista ei löydetty tutkimustuloksia, koska tarkkailijoiden läsnäolo huoneessa muuttaa ratkaisevasti vigilanssitilannetta aktiivoiden koehenkilöä. Tässä tutkimuksessa kokeiltiin observointia TV-kameran avulla.

## 2.7. GSR-mittaukset

Fysiologisia muutoksia ei voida pitää vigilanssisuorituksen varsinaisina mittoina. Jos detektiomäärien voidaan olettaa kuvaavan vigilanssitilaa, voidaan myös fysiologisten muutosten katsoa heijastavan vigilanssitason muutoksia.

Kun vireystilaa on mitattu fysiologisilla mittareilla, tutkimukset ovat noudattaneet kolmea päälinjaa. Ensiksikin detektiomäärien muutoksia on verrattu fysiologisiin mittoihin käyttämällä pitkien aikajaksojen (noin 15-60 min.) tarkastelutapaa. Toiseksi fysiologisten mittojen lyhytaikaisia muutoksia on vertailtu yksityisen signaalin havaitsemiseen. Kolmanneksi aktivaatiotason muutoksia aiheuttavien riippumattomien muuttujien avulla on tarkasteltu vaikutuksia suoritusmitoissa.

Vigilanssitutkimusten yhteydessä on käytetty seuraavia fysiologisia mittareita: EEG-indeksit, GSR-indeksit, syke, sykevolyyymi, hengitys, lihasjännitys ja veren adrenaalipitoisuuden muutokset. Yleishavainto näyttää olevan, että fysiologiset mitat ilmaisevat tavalli-

sesti vireystilan alenevan, kun koehenkilöt joutuvat monotoniseen tilanteeseen, jossa heidän ei tarvitse tehdä juuri mitään. Tällöin fysiologisten toimintojen aktiivisuus näyttää pienenevän (Davies & Tune 1970, 212-217). Seuraavassa tarkastellaan lähemmin GSR-mittauksista saatuja tuloksia, koska näitä indeksejä käytettiin tässä tutkimuksessa.

Käsitemäärittely. GSR-mittarin indeksinä on käytetty konduktanssia, jos silta on rakennettu konstantin volttimäärän periaatteella, tai resistanssia, jos silta on rakennettu konstantin virtamäärän perusteella (Edelberg 1967, 4-5). Konduktanssin perustaso suorituksen aikana voidaan määritellä esim. GSR-käyrän avulla. Konduktanssin perustason muutosten oletetaan heijastavan keskushermoston vireystilaa. Samantyyppinen yleistilan mitta on spontaanien GSR-reaktioiden määrä aikayksikössä. Vireystilan kuvaajana on joskus käytetty vaihtoehtoisesti em. reaktioiden amplitudien keskiarvoa aikayksikössä. Molemmat mitat ovat herkkiä kontrolloimattomille muuttujille koetilanteessa (Edelberg 1967, 44-45).

Yksityisten ärsykkeiden vaikutusta on analysoitu syntyvien GSR-reaktioiden amplitudeista tai GSR-reaktioiden latenssiajoista. GSR-roaktion amplitudi voidaan mitata poikkeamana perustasosta. Peräkkäisten reaktioiden amplitudi arvioidaan summausmetodien avulla, tai perustaso jälkimmäisessä reaktiossa voidaan arvioida jatkamalla palautumiskäyrää aikaisemmasta reaktiosta ja mittaamalla amplitudi tästä tasosta reaktion kohdalta (Edelberg 1967, 45-46).

GSR-indeksien käyttö vigilanssitutkimuksissa. Eniten GSR-indekseistä on tutkimustuloksia konduktanssin ja spontaanien GSR-reaktioiden lukumäärän osalta. Pitkien aikajaksojen keskiarvomuutoksia tarkastellessaan Davies ja Krkovic (1965) ovat havainneet trendianalyysin osoittavan, että detektiomäärien väheneminen, integroidun EEG-alfa-aktiiviteetin pieneneminen ja GSR-konduktanssin väheneminen olivat samansuuntaisia. Detektiomäärien pienetessä tai reaktioaikojen pidetessä ovat koetilanteen aikana havainneet ihon konduktanssin laskua samanaikaisesti myös Dardano (1962), Eason, Beardshall ja Jaffee (1965) ja Stern (1964). Andreassi (1966) ja Freeman (1940) ovat havainneet myös, että ihon konduktanssin laskiessa reaktioaika piteni. Poikkeuksen tekivät ihon kon-

duktanssin hyvin korkeat tasot.

Ristiriitaisuuksia ovat havainneet mm. Ross, Dardano ja Hackman (1959). Kahden tunnin kellotestin aikana konduktanssi nousi neljällä, pieneeni kolmella ja vaihteli kahdella koehenkilöllä. Coules ja Averi (1966) huomasivat konduktanssin kasvavan miehillä ja pysyvän muuttumattomana naisilla visuaalisen vigilanssitehtävän aikana. Sekä tässä että Ross ym. (1959) tutkimuksissa korkeat konduktanssitasot liittyivät kuitenkin hyvään suoritukseen. London, Schubert ja Washburn (1972) havaitsivat GSR-tason olevan korkeamman vigilanssitehtävässä kuin tehtäessä kertomuksia TAT-korteista. He tulkitsivat ikävystymisen kohottavan sisäistä aktivaatiota, samoin Berlyne (1960). GSR-tasot laskivat molemmissa ryhmissä ajan kuluessa.

Lyhytaikaisia muutoksia GSR-mittauksissa signaalin havaitsemisen yhteydessä ovat tutkineet mm. Surwillo ja Quilter (1965). He vertasivat spontaanien GSR-reaktioiden frekvenssiä, detektioita ja huomaamattomuusvirheitä edeltävän 18 sekunnin jakson aikana kellotestissä. Spontaaneja GSR-reaktioita oli merkittävästi enemmän detektioita edeltävän kuin huomaamattomuusvirheitä edeltävän jakson aikana. Groll (1966) on tutkinut (N=10) spontaanien GSR-reaktioiden lukumäärää 10 sekuntia ennen jokaista signaalia. GSR-reaktioiden keskiarvo oli havaittujen signaalien yhteydessä 0.88 ja huomaamattomien yhteydessä 0.67. Keskiarvojen ero oli merkittävä 5 %:n tasolla. Ely (1972) on havainnut GSR-amplitudien habituoituvan toistuvaan ääniärsykkeeseen, mutta olevan riippumattomia ärsykkeen kestosta aikavälillä 0.4 ja 8.4 sekuntia.

Vigilanssisuoritukseen vaikuttavien riippumattomien variaabeleiden variointi heijastuu myös fysiologisissa mittauksissa. Stern (1966) ei ole havainnut signaalitiheyden vaikuttavan GSR-resistanssiin, GSR-reaktioiden frekvensseihin, sykefrekvenssiin, sykevolyyymiin, hengitystiheyteen tai -laajuuteen. Koetilanne kesti tunnin ja signaalifrekvenssit olivat 120 ja 60 tunnissa. Ainoa ero havaittiin niskalihasten jännitystason vaihteluissa. Koehenkilöiden vireystila oli suurempi tilanteessa, jossa signaaleja oli vähemmän. Tämä ryhmä havaitsi vähemmän signaaleja ja teki enemmän vääriä detektioita. Sternin mielestä henkilöt olivat ylivireitä, mutta tämä tulkinta tuntuu liian helpolta. Eason ym. (1965) esittivät tunnin kokeessa valonvälähdyksiä kaikkiaan

22.

1200. Näistä oli signaaleja 120 tai 30. Kuusi koehenkilöä suoritti tehtävän kummassakin tilanteessa kahdesti. Signaalifrekvenssin muutos ei vaikuttanut detektioimääriin, ihon konduktanssiin, sykkeeseen eikä niskalihasten jännittyneisyyteen.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kovin konkreettista apua vigilanssi-ilmiötä selitettäessä eivät fysiologiset mittaukset toistaiseksi pysty antamaan. Indeksit soveltuvat ilmeisesti paremmin yksilön sisäisten muutosten seuraamiseen, mutta eri henkilöiden vertailu on vaikeaa suurten yksilöllisten reagoitiherkkyyserojen vuoksi.

## 2.8. Mittareiden luotettavuus ja keskinäiset yhteydet

Mittareiden reliabiliteettiongelmaan ei ole kiinnitetty suurtakaan huomiota. Vain muutamien tutkimuksien yhteydessä reliabiliuttia on käsitelty erikseen. Baker (1963a, 44-47) on todennut, että mitattaessa detektioita olivat Spearmanin järjestyskorrelaatiot tehtävän eri jaksosten (15 minuuttia) välillä merkitseviä 1 %:n riskitasolla ja vaihtelivat 0.65:n ja 0.96:n välillä. Sen sijaan eri päivinä suoritettujen kokeiden korrelaatiot vaihtelivat 0.05:n ja 0.89:n välillä. Samassa tutkimuksessa todettiin yksilön reaktioaikojen keskiarvon ja detektioiden kokonaismäärän korrelaatioiden vaihtelevan -0.47:n ja 0.54:n välillä. Positiiviset korrelaatiot johtunevat koeasetelman puutteellisuudesta, sillä hetkellisiä signaaleja käytettäessä ei kadotetuilta signaaleilta saatu tietenkään reaktioaikaa.

Buckner, Harabedian ja McGrath (1960) ovat tarkastelleet reliabiliteettiongelmaa sekä visuaalisessa että auditiivisessa tehtävässä. Molemmat tehtävät oli laadittu vaikeusasteeltaan samanlaisiksi, eikä visuaalisessa tehtävässä ollut etsimistekijää, koska signaalin esiintymispaikasta ei ollut epävarmuutta. Kuudentoista päivän aikana oli yksi tunnin kestävä koejakso aamuisin ja yksi iltapäivisin. Tutkimusperiodin aikana kunkin neljänneksen jakson keskimääräinen suoritus korreloi positiivisesti jokaisen muun neljänneksen jakson keskimääräiseen suoritukseen; tulomomenttikertoimen arvot vaihtelivat 0.71:stä



0.91:een. Vaikka muutamat korrelaatiot ovat melko pieniä, voidaan oikeiden detektioiden määrää pitää varsin konsistenttina mittana sekä koejakson sisällä että koejaksoista toiseen, vaikkakin eri tehtävissä suoritusten reliabiliteetti vaihtelee.

Väärrien detektioiden reliabiliteetti-arvioita ei tutkimusraporteissa ole ilmoitettu. Reaktioaikojen puolitusreliabiliteettikerroin on eräissä visuaalisessa vigilanssitehtävässä ollut 0.70 ja auditorisessa 0.68 (McGrath 1963a, 119). GSR-konduktanssin reliabiliteettikertoimet ovat olleet tavallisesti noin 0.90:n suuruisia (Andreassi 1966; Ross ym. 1959).

Kun on verrattu samojen koehenkilöiden suoritusta auditiivisessa ja visuaalisessa vigilanssitehtävässä (tehtävät yritettiin saada vaikeusasteeltaan samanlaisiksi)  $\beta$ :n arvojen välillä on (yhtä tapausta lukuunottamatta) havaittu melko korkeita järjestys- ja tulomomenttikorrelaatiokertoimia, jotka ovat vaihdelleet 0.48:sta 0.67:ään. Tämä osoittaa, että koehenkilöiden omaksumat vastauskriteerit visuaalisessa ja auditiivisessa tehtävässä ovat samanlaiset. Myös  $d'$ -arvojen väliset korrelaatiot näiden modaaliiteetti- ja vaihteluvälillä olivat melko korkeat: 0.59:stä 0.78:aan. Tunnuslukujen  $d'$  ja  $\beta$  reliabiliteettikertoimet samassa tehtävässä peräkkäisinä päivinä olivat myös tässä tutkimuksessa merkittävät ja vaihtelivat 0.48:sta 0.73:een (Gunn & Loeb 1967). Väärrien detektioiden määrän korrelaatio detektioprosentteihin ja reaktioaikoihin on ollut yleensä lähellä nollaa (Chinn & Alluisi 1964; Deese 1955; Eason ym. 1965; Jenkins 1958; McGrath 1963b, 233).

Reaktioaikojen ja detektioiden määrän on jo aikaisemmin todettu korreloivan pääasiassa negatiivisesti, joskin vaihtelevan melkoisesti. Kuitenkin on korostettava, että tosiasiasa reaktioaikojen ja detektiomäärien välisestä yhteydestä vigilanssitehtävässä tiedetään vähän. Ensiksikin reaktioajat on yleensä ilmoitettu vain oikeista detektioista ja reaktioaikojen sekä muiden vigilanssitilanteessa annettujen reaktioiden, esim. väärrien detektioiden, väliset yhteydet ovat epäselviä. Koska väärät detektiot ovat sekä yksilön ominaisuuksien että tehtävän ominaisuuksien funktio, voidaan odottaa, että tehtävissä, joissa saadaan paljon vääriä detektioita, reaktioaikojen ja

detektiomäärien välinen yhteys on erilainen kuin tehtävissä, joissa tällaisten virheiden määrä on pieni tai niitä ei esiinny lainkaan. Toiseksi on epäselvää, miten signaalin erottamisen vaikeusaste vaikuttaa reaktioaikojen ja detektiomäärien väliseen suhteeseen, vaikka Loeb työtovereineen on esittänyt evidenssiä, jonka perusteella näyttää todennäköiseltä, ettei vaikutusyhteys ole yksinkertainen (Loeb & Binford 1964).

Konduktanssitason ja reaktioaikojen logaritmin väliseksi tulomomenttikorrelaatioksi sai Dardano (1962) melujakson aikana  $-0.52$  ja tavallisessa tilanteessa  $-0.48$ . Malmö (1959) ei sen sijaan saanut merkitsevää eroa reaktioajoissa eri konduktanssitasoilla, mutta reaktioajat olivat lyhyempiä korkeilla konduktanssitasoilla.

Holland (1958) on tyytynyt tarkastelemaan vain graafisesti observointireaktiomäärien ja detektioprosenttien välisiä yhteyksiä Mackworthin signaaliasteikolla (asteikkoa käytettiin myös tässä tutkimuksessa, ks. liite 1) ja havainnut niiden muuttuvan samansuuntaisesti. Detektioiden ja observointireaktioiden välistä yhteyttä on todennettu korrelaatiotutkimuksella, jossa observointireaktiot suoritti joko koehenkilö tai kokeenjohtaja. Taulukosta 1 voidaan päätellä, että on kaksi faktoria, detektiotekijä ja valaisureaktiotekijä, joilla ei ole paljonkaan yhteistä varianssia, jos niitä ei tarkastella samassa tehtävässä, jolloin syntyy teknistä riippuvuutta. Koska kuitenkin molemmat ovat reliaabeleja mittareita, voidaan kysyä, kumpi soveltuu paremmin vigilanssin kuvaamiseen.

Broadbent (1963, 76-79) ei myöskään havainnut observointireaktioiden ja signaalidetektioiden välillä suurtakaan yhteyttä. Sen sijaan reaktioajat ja ennen kaikkea ne observointireaktioiden määrät, jotka tarvittiin signaalin havaitsemiseen, ennenkuin siihen reagoitiin, lisääntyivät yhdenmukaisesti detektioprosentin vähenemisen kanssa. Tämä tulkittiin osoitukseksi vigilanssin vähenemisestä.

On hyvin vaikeaa verrata suorituksen huononemisen määrää kahdella erilaisella suorituksen tasolla. Luotettavampia vertailuja voidaan suorittaa sensitiivisyyden ( $d'$ ) ja kriteerion ( $\beta$ ) mitoilla silloin, kun nämä ovat saatavissa. McGrath (1965) esitti tuloksia, joista  $d'$  ja  $\beta$  voitiin laskea. Kun detektioiden määrä laski 96:sta 87:ään prosenttiin,  $d'$ :n arvo aleni 4.5:stä 4.0:aan. Jos signaalia oli vaikeampi

Taulukko 1. Yksilöiden suoritusten interkorrelaatiot (Jerison & Wing 1963, 37)

	D-1	D-2	R-2
D-1	.49 <sup>x</sup>	.67 <sup>xx</sup>	.21
D-2		.69 <sup>xx</sup>	.54 <sup>x</sup>
R-2			.90 <sup>xx</sup>

<sup>x</sup><sub>p</sub> < .05;    <sup>xx</sup><sub>p</sub> < .01

- D-1: signaalidetektiot tilanteessa, jossa kokeenjohtaja ohjelmoi observointireaktiot  
D-2: signaalidetektiot tilanteessa, jossa koehenkilö suoritti observointireaktiot  
R-2: observointireaktiot D-2:n aikana

havaita, detektioiden määrä laski 75:stä 42:een prosenttiin, mutta  $d'$ :n arvo aleni ainoastaan 2.3:sta 1.9:ään. Kun signaali oli lähempänä kynnystä, hyvin pienet sensitiivisyyden muutokset saattoivat aiheuttaa suuria muutoksia detektioiden määrässä.

Muutamissa äskettäin tehdyissä tutkimuksissa on tarkasteltu riippuvuuksia useiden vigilanssimittareiden välillä. Milosevic (1975) on laskenut tunnin pituisessa auditiivisessä vigilanssikokeessa detektioiden vähenemisen järjestyskorrelaatiokertoimen väärin detektioihin ( $r = -0.39$ ),  $d'$ :uun ( $r = -0.17$ ),  $\beta$ :aan ( $r = -0.14$ ) ja GSR-resistanssiin ( $r = -0.31$ ). Keskiarvokäyrien vertailussa hän on havainnut GSR-resistanssin noustessa detektioiden ja väärin detektioiden vähenevän,  $\beta$ -arvojen nousevan ja  $d'$ -arvojen pysyvän muuttumattomina. Carr (1969) on saanut lähes 0-korrelaatioita verratessaan GSR-resistanssia detektioihin, väärin detektioihin,  $d'$ :uun ja latenssiaikoihin.

Thackray ym. (1973) ovat tutkineet neljän valon näyttötaulun avulla useiden mittareiden muutoksia 30 minuutin monotonisen tehtävän aikana ( $N = 50$ ). He totesivat, että reaktioajat kasvoivat hiukan, mutta merkittävästi ( $p < .05$ ), reaktioaikojen vaihtelu ( $p < .01$ ) ja maksimi-

reaktioajat ( $p < .01$ ) kasvoivat, minimireaktioajat ( $p < .01$ ) pieneni-  
vät, väärät detektiot ( $p < .01$ ) vähenivät, hengityspanot ( $p < .01$ ),  
hengityspanojen ( $p < .01$ ) ja sykkeen variabiliteetti ( $p < .01$ ) li-  
sääntyivät, GSR-konduktanssi ( $p < .01$ ) väheni, mutta sykemäärät eivät  
muuttuneet 30 minuutin vigilanssikokeessa. Korkean distrability-piste-  
määrän (lähellä impulsiivisuutta) saaneet henkilöt selvisivät huomom-  
min kuin matalan pistemäärän saaneet. Väärin detektioiden korrelaati-  
ot olivat minimireaktioaikoihin  $r = -0.53$  ( $p < .01$ ), reaktioaikojen  
keskiarvoihin  $r = -0.33$  ( $p < .05$ ), maksimireaktioaikoihin  $r = -0.09$   
ja reaktioaikojen variabiliteettiin  $r = -0.04$ . Muut mittarit eivät  
suurestiakaan korreloineet fysiologisten muuttujien kanssa ehkä siksi,  
että tehtäväaika oli lyhyt.

Dureman & Bodén (1972) ovat tutkineet neljän tunnin aikana autosi-  
mulaattorilla tapahtuvia suoritustason muutoksia kahdeksalla henki-  
löllä. Toinen neljän hengen ryhmistä sai ohjausvirheistään sähköis-  
kun, toisen ryhmän virheistä ei rangaistu. Sähköiskuja saanut ryhmä  
teki vähemmän ohjausvirheitä, jarrutusten reaktioajat olivat lyhyem-  
piä ja yksilöiden välinen suoritustason vaihtelu oli pienempi. Vas-  
taavia tuloksia ovat vigilanssikokeissaan saaneet McGrath (1963c) ja  
Mackworth (1964a). Ohjausvirheiden määrä lisääntyi ( $p < .01$ ) molemmis-  
sa ryhmissä ajan kuluessa. Sykefrekvenssi laski ( $p < .01$ ) molemmissa  
ryhmissä ja hengitysfrekvenssi vain ei-shokki-ryhmässä ( $p < .01$ ).  
GSR-konduktanssi laski shokki-ryhmässä, samoin spontaanit GSR-reak-  
tiot. Niskan lihasjännitys ei muuttunut kokeen aikana. Muutosten  
suunta oli sama kuin Eason ym.:llä (1965) sekä Davies ja Krkovicil-  
la (1965). Eason ym. (1965) havaitsivat kuitenkin sykkeen poikkeaa-  
van muiden mittareiden muutoksen suunnasta. Koeryhmästä löytyi hen-  
kilöitä, joilla GSR-konduktanssi nousi asteittain samalla kuin suo-  
ritus parani, ja toisia, joilla konduktanssin väheneminen liittyi  
madaltuvaan suoritustasoon, kuten Dardanon (1962) tutkimuksissa.  
Lisäksi näytti siltä, että EMC, sykefrekvenssi, GSR-konduktanssi  
ja hengitysfrekvenssi muuttuivat suoritustasojen kanssa johdonmu-  
kaisesti.

Koska mittarit ovat melko reliaabeleita, voidaan edellä kuvatus-  
ta päätellä, että on jokin yhteinen tekijä (vigilanssi?), jota

kaikki mittaavat, mutta että mittareiden yhteisen varianssin osuus on melko pieni ja vaihtelee eri tutkimusraporttien mukaan melkoisesti. Varmasti ei voida sanoa, mittaavatko mittarit lisäksi vigilanssi-ilmiön eri osa-alueita vai jotain ilmiöön kuulumatonta tekijää. Vaihtoehtoisesti voidaan katsoa, että vigilanssi-ilmiö koostuu heterogeenisestä joukosta monotonisia tehtäviä, joiden selittäminen yhden vigilanssikäsitteen avulla ei ole mahdollistakaan. Tällöin pitäisi luoda uusia tarkemmin ja ahtaammin rajattuja käsitteitä selittämään ilmiökenttää. Tällä hetkellä kehittymätön mittaustekniikka psykofysiologian alueella ei kuitenkaan suuresti rohkaise etenemistä tällä alueella.

### 3. VIGILANSSIIN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ MONOTONISISSA TEHTÄVISSÄ

#### 3.1. Tehtävämuuttujat

##### 3.1.1. Signaaliin liittyvät ominaisuudet

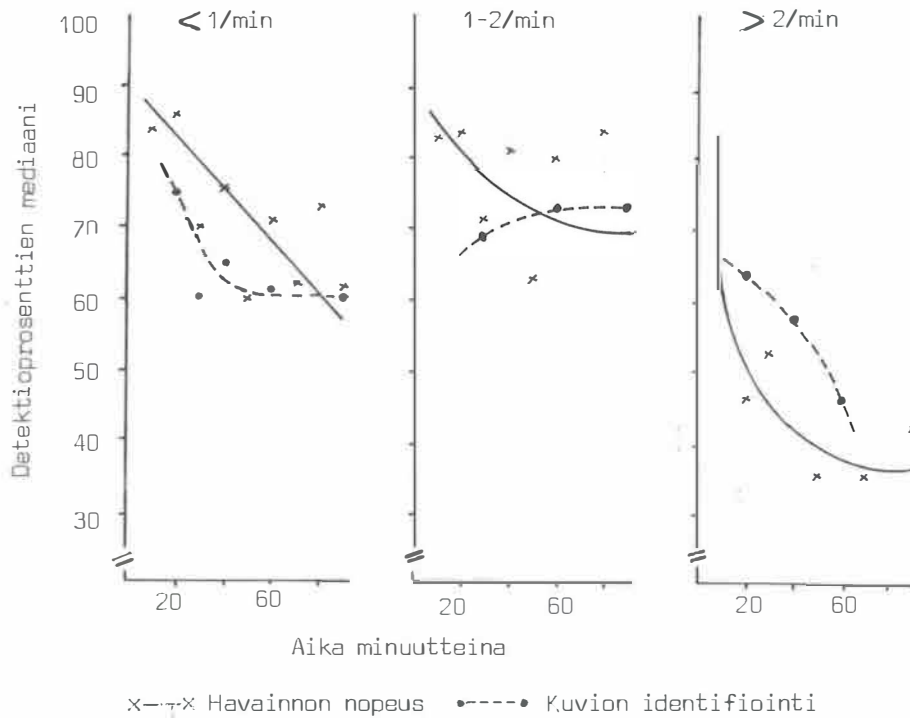
Signaalin kesto. Mitä kauemmin signaali on aistittavissa sitä todennäköisemmin se havaitaan ja sitä vähemmän suoritustaso heikkenee tehtävän aikana. Mm. Baker (1963b, c) on havainnut kahden tunnin tehtävissä selviä eroja. Jos signaalin kesto oli 0.2 sekuntia, detektiomäärä viimeisen puolen tunnin aikana oli 30 %. Kun signaali kesti 0.8 sekuntia, vastaava detektiomäärä oli 85 %. Yleislinjana voidaan todeta, että jos signaalin kesto on alle kaksi sekuntia, suoritustaso heikkenee (Adams 1956; Davenport 1968; Mackworth 1963). Signaalin intensiteetin kasvun, kun liikutaan lähellä ns. ärsytyskynnystä, on havaittu paran-

tavan signaalin havaittavuutta sekä vähentävän suorituksen heikkenemistä tehtävässä (Adams 1956; Davenport 1968; Jenkins 1958; Lisper ym. 1972).

Signaalifrekvenssi. Kun signaalifrekvenssi aikayksikössä lisääntyy, detektioiden määrä kasvaa ja suoritustaso paranee (Bowen 1964; Buck 1966; Coates, Loeb & Alluisi 1972; Colquhoun & Baddeley 1964; Frankmann & Adams 1962; Jenkins 1958; Johnston, Howell & Goldstein 1966). On myös löydetty viitteitä siitä, että signaalifrekvenssin ja suoritustason välinen suhde olisi käyräviivainen. Ellis ja Ahr (1960) ovat havainneet käännetyin U-muotoisen riippuvuuden signaalifrekvensseillä 6, 9, 15, 30, 60 ja 120 viittä käsikirjoitussivua kohti. Tätä ovat tukeneet myös tutkimukset, joissa suurilla signaalifrekvensseillä on saatu huonompia suoritustuloksia kuin pienillä signaalifrekvensseillä, tai signaalifrekvenssillä ei ole havaittu olevan vaikutuksia suoritustasoon (Eason ym. 1965; Stern 1966; York 1962). Yorkin koe kesti kuitenkin vain 15 minuuttia ja Eason ym:n ja Sternin tutkimuksissa kaikki signaalifrekvenssit olivat suuruudeltaan vähintään 60 kertaa tunnissa. Voidaan todeta, että kun signaalimäärä nousee 60-90 kertaa tunnissa tai sen yli, tilanne ei ole enää tyypillinen vigilanssikoe. Lisäksi väliintulevana muuttujana tuloksia sotkevat erilaiset signaali- ja ei-signaalisuhteiden määrät, joita raporteissa ei ilmoiteta.

Selvitystä tilanteeseen on antanut Levine ym:n (1973) tekemä yhteenveto 25 tutkimuksesta, jotka pääasiassa ovat vaatineet havaintonopeutta ja 25 tutkimuksesta, jotka ovat vaatineet pääasiassa kuvion identifiointia (flexibility of closure). Signaalifrekvenssit on jaettu kolmeen luokkaan: alle yksi signaali minuutissa, 1-2 signaalia minuutissa ja yli kaksi signaalia minuutissa (kuvio 6).

Ärsyketiheys. Jos ärsykkeet ja signaalit esiintyvät yhtämittaisena tapahtumaketjuna, vigilanssisuoritus paranee, kun ei-signaaliärsykkeiden tiheys vähenee. Selityksenä on esitetty, että jatkuva tapahtumaketju ei anna mahdollisuutta levätä tarkkailemalla välillä muita irrelevantteja ärsykeitä (Jerison & Pickett 1964; Jerison, Pickett & Stenson 1965; Taub & Osborne 1968). Kun ärsyketapahtumat ovat erillisiä ja välissä on pieni tyhjä hetki, vigilanssisuoritus paranee, kun ärsykefrekvenssi kasvaa. Suorituksen paraneminen on havaittu detektioiden ja  $d'$ :n lisääntymisenä (Stroh 1971, 11-13).



Kuvio 6. Detektioiden mediaanit tehtäväajan ja kahden kykyalueen funktiona kolmessa signaalifrekvenssiluokassa (Levine ym. 1973)

Signaalien ja ärsykkeiden suhde. Signaalien ja taustaärsykkeiden suhteen on väitetty olevan tärkeämpi vigilanssi-ilmiön selittäjä kuin signaalifrekvenssi (Colquhoun 1961; Jerison ym. 1965, Jerison & Pickett 1964; Johnston ym. 1966) tai palkkiot ja rangaistukset (Wiliges 1971). Tukea on saatu myös vastakkaiselle kannalle: signaalien suhde taustaärsykkeisiin ei vaikuta vigilanssisuoritukseen (Stroh 1971, 13-15; Taub & Osborne 1968). Tilanne kokonaisuutena näyttää olevan epäselvä.

Signaalien väliaikajakautuma. Tulokset signaalien väliaikojen vaiku-

tuksesta vigilanssisuoritukseen ovat hyvin sekavia, koska eri suoritusmitat näyttävät tuottavan erilaisia tuloksia. Varauksin voidaan todeta, että signaalien väliaikajakautuma vaikuttaa detektioiden määrään. Baker (1958, 1959) on verrannut toisiinsa kolmea visuaalista vigilanssitilannetta. Ensimmäisessä signaalien väliaika oli vakio. Toisessa väliaikojen pituus vaihteli yhdestä kuuteen minuuttiin. Kolmannessa käytettiin Mackworthin asteikkoa (liite 1), jossa signaalien väliajat vaihtelivat 45 sekunnista 10 minuuttiin. Keskimääräinen signaalien väliaika oli joka tilanteessa 2.5 minuuttia. Vain kolmannessa tilanteessa havaittiin detektioiden merkitsevä väheneminen tehtävän edetessä.

Kun signaalien keskimääräinen väliaika määrättiin minuutiksi, ja reaktioajat mitattiin visuaalisessa tehtävässä, havaitsivat McGormack ja Prysiazniuk (1961) varioidessaan signaalien väliaikoja (1. tilanne säännöllinen, 2. tilanne 30, 45, 60, 75 ja 90 sekunnin väliajat ja 3. tilanne 10, 35, 60, 85, 110 sekunnin väliajat), että reaktioajat kasvoivat merkitsevästi ajan kuluessa kaikissa tilanteissa. Dardano (1962) totesi lähes samanlaisessa toistokokeessa, että reaktioajat vaihtelivat signaalien väliaikajakautuman vaihtelun alueen muuttuessa. Epäsäännöllinen signaalijakautuma tuotti pitempiä reaktioaikoja kuin säännöllinen, mutta reaktioaikojen kasvu tehtävän kuluessa ei riippunut väliaikajakautumasta. Kahta viimeksi mainittua koetta voi kritiikoida ennenkaikkea siitä, että signaalien väliaikojen variaatiot olivat liian pienet ja kaikki jakautumat liian suppeita. Boulter ja Adams (1963) saivat kuitenkin vastaavat tulokset, vaikka signaalien väliaikojen variaatioaluetta suurennettiin (1. tilanne 15-900 sekuntia, 2. tilanne 120-320 sekuntiin ja 3. tilanne 220 sekuntia vakiona).

Tarkasteltaessa reaktioaikoja yksityiseen signaaliin sekä signaalien väliaikoja on havaittu viitteitä käännetyn U:n muotoisesta riippuvuussuhteesta (Baker 1959, 1962; Johnston ym. 1966). Dardano (1962) sekä Boulter ja Adams (1963) ovat kuitenkin saaneet erilaisilla temporaalisilla epävarmuusasteilla ristiriitaisia tuloksia. Signaalien detektiodennäköisyyden on havaittu olevan suurimmillaan väliaikajakautuman moodin eikä keskiarvon kohdalla (McGrath & Harabedian 1963, 102-103).



Yhteenvetona voidaan todeta, että mitä säännöllisemmin signaali esiintyy, sitä suurempi on sen havaitsemistodennäköisyys. Lisääntyvä vaihtelu signaalien väliajoissa vähentää suorituksen tehokkuutta. Reaktioajat lyhenevät, jos signaalien väliajat kasvavat ja väliaikojen vaihtelualue on suppea. Reaktioajat eivät muutu signaalien väliaikoja vaihdettaessa, jos väliaikojen vaihtelualue on keskimääräinen. Sen sijaan reaktioajat kasvavat signaalien väliaikojen kasvaessa, jos väliaikojen vaihtelualue on hyvin suuri.

Signaalien spatiaaliset ominaisuudet. Jos tarkkailualue on laaja ja kohteita on useita, signaalin havaitsemistodennäköisyys keskustassa on suurin. Tehtävääjan kuluessa koehenkilön havaintokenttä supistuu kohden tarkkailualueen keskustaa. Kun edellisestä signaalista on kulunut 5 minuuttia tai enemmän, tarkkailu suuntautuu enemmän perifeerisille alueille (Baker 1958; Colquhoun 1961; Davies & Tune 1970, 70-75; Stroh 1971, 33-34).

### 3.1.2. Muut vigilanssitehtävien ominaisuudet

Tehtävän kesto. Vigilanssitehtävän keston vaikutusta suoritustasoon ei ole kovinkaan tarkasti tutkittu, vaan päähuomio on kiinnitetty alku- ja lopputilanteen väliseen eroon. Teichnerin (1974) yhteenvedosta (kuvio 2) voidaan päätellä, että detektiot vähenevät pääasiassa ensimmäisen puolen tunnin tai viimeistään tunnin kuluessa. Muiden suoritusmittojen osalta Davies ja Tune (1970, 80-83) ovat päätyneet samaan tulokseen.

Lepotauot. Taukojen avulla pystytään tehokkaasti säätämään suorituksen laatua monotonisessa työssä. Yleistuloksena näyttää olevan, että 5 tai 10 minuutin tauot 15 minuutin tai puolen tunnin välein ehkäisevät suoritustason laskun vigilanssitehtävän aikana (Bergum & Lehr 1962b; Buck 1966; Colquhoun 1959; Mackworth 1964b; McGormack 1958).

Tehtävän vaikeustaso. Yksinkertaista vigilanssitehtävää on vaikeutettu eri tavoin. Toisen yksinkertaisen tehtävän mukaan ottaminen on

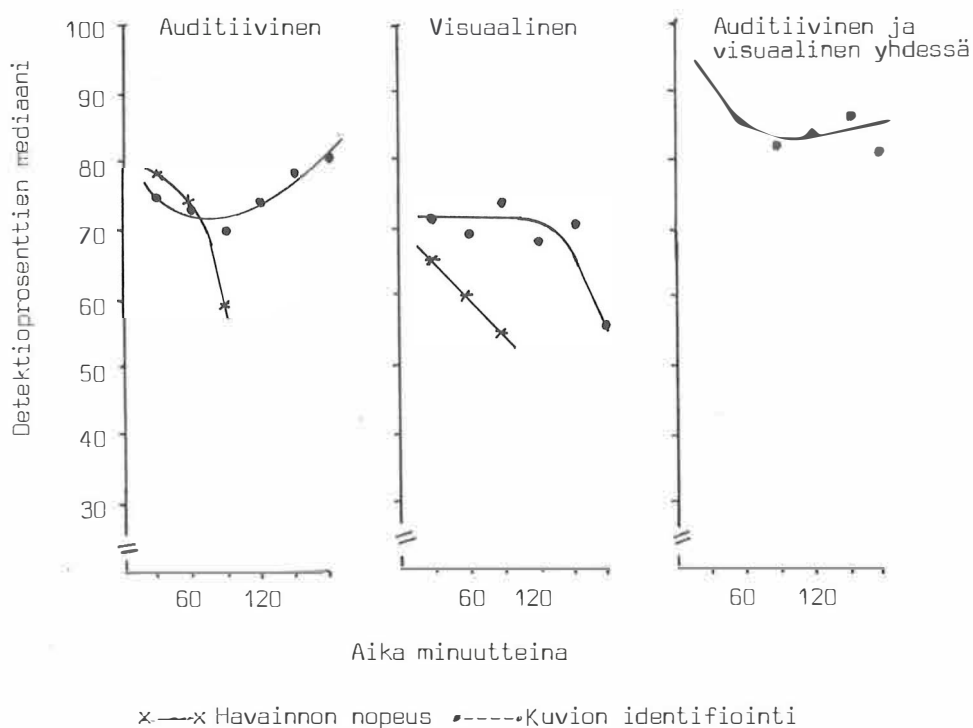
parantanut ensisijaisen tehtävän suoritusta (Baker 1959; Faulkner 1962). Kun tehtävässä on ollut tarkkailtavia kohteita, esim. mittaritauluja, kaksi tai kolme, on vigilanssisuoritus parantunut, mikäli visuaalista etsimistä tai kuormitusta ei ole lisätty (Adams & Boulter 1962; Baker 1963b, 49-50; Jerison 1963; Johnston ym. 1966; McGrath 1963c, 3-9, Ware, Baker & Sheldon 1964). Signaalin voimakkuuden vähetessä kohti ärsytyskynnystä vigilanssisuoritus on heikentynyt (Buck 1966, Mackworth 1964b, McGormack 1958).

Visuaaliset ja auditiiviset tehtävät. Visuaalisen ja auditiivisen tehtävän vertailu vigilanssitutkimuksissa ei ole helppoa, koska signaalin herättämää hermostollista prosessia on vaikea saada yhtä voimakkaaksi. Selvitysten perusteella näyttää siltä, että suoritus huononee samansuuntaisesti eri aistikanavien käyttöä edellyttävissä vigilanssitehtävissä. Suorituksen taso näyttää olevan paras, jos signaali annetaan samanaikaisesti sekä visuaalisena että auditiivisena. Yksityisistä aistikanavista paras on kuulo, sitten näkö ja heikoin tunto. Auditiivisten ja visuaalisten tehtävien väliset korrelaatiot samoilla henkilöillä ovat tavallisesti olleet pieniä ( $r = n. 0.30$ ). (Baker, Ware & Sipowicz 1963; Buckner & McGrath 1963, 53-68; Ware 1961).

Tekemällä auditiivisen ja visuaalisen vigilanssitehtävän yhtä vaikeaksi  $d'$  -arvojen avulla Hatfield ja Soderquist (1970) ovat saaneet eri tilanteissa auditiivisten ja visuaalisten tehtävien välille seuraavat merkitsevät korrelaatiot ( $N = 16$ ): väärät detektiot  $r = 0.52$  ja  $0.93$ , reaktioajat  $r = 0.78$  ja  $0.71$  sekä  $\beta$  -arvot  $r = 0.50$  ja  $0.96$ . Sen sijaan detektioiden korrelaatiot  $r = -0.08$  ja  $0.47$  ja  $d'$ :n korrelaatiot  $r = -0.09$  ja  $0.14$  eivät olleet merkitseviä.

Levine ym. (1973) ovat koonneet useista tutkimuksista (ks. kuvio 3 ja kuvio 6) tiedot ja estimoineet detektioiden mediaanikuvaajat sekä visuaalisille ja auditiivisille signaaleille erikseen että molempia kanavia myöten samanaikaisesti annetuille signaaleille eri kykyalueita vaativissa yksinkertaisissa vigilanssitehtävissä (kuvio 7).

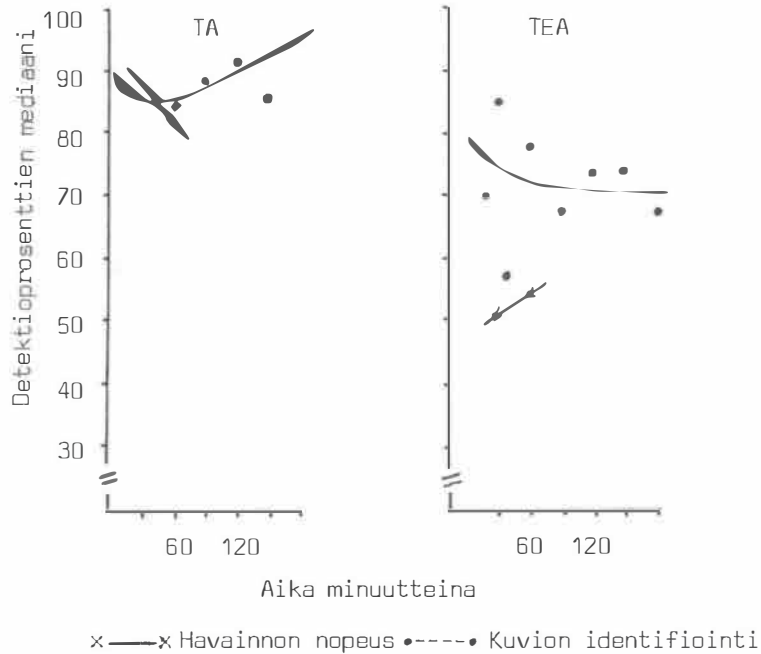
Tieto tuloksista. Jos kokeen kuluessa välitetään henkilölle tietoa suorituksen onnistumisesta joko laitteiden avulla tai verbaalisesti,



Kuvio 7. Detektioiden mediaanikuvaajat tehtäväajan kuluessa kahdella kykyalueella eri sensorisilla kanavilla (Levine ym. 1973)

suoritusaste heikkenee vähemmän, kuin jos tietoja suorituksesta ei anneta. Yli 30 %:n täydellinen palaute suorituksesta (detektiot, huomattomuusvirheet ja väärät detektiot) pitää suoritusasteen lähes muuttumattomana. Jopa väärä tieto auttaa säilyttämään vigilanssisuorituksen alkutasolla yhden koekerran ajan, jos henkilö luulee saavansa oikeita tietoja. Oikean palautteen edullinen vaikutus perustuu kahteen seikkaan: ensinnäkin se säilyttää koehenkilön vireystason riittävän korkealla, ja toiseksi se auttaa oppimaan tehtävän todella hyvin ja lisäämään reagoitavuutta (Antonelli & Karas 1967; Baker 1963b, 139; Chinn & Alluisi 1964; Hardesty & Bevan 1964; Johnson & Payne 1966; Mackworth 1964a; McGormack ym. 1963; Sipowicz, Ware & Baker 1962; Warm, Hagner & Mayer 1971; Warm, Riechmann, Graska & Seibel

1973; Weidenfeller, Baker & Ware 1962; Wiener 1963, 1974). Levine ym:n (1973) yhteenveto näyttää mediaanikuvaajien perusteella samansuuntaiselta (kuvio 8).



Kuvio 8. Detektioiden mediaanikuvaajat tehtävääjan kuluessa kahdella kykyalueella, kun tietoja suorituksesta annetaan (TA) tai ei anneta (TEA) (Levine ym. 1973)

Palkkiot ja rangaistukset. Kun on palkittu oikeat detektiot rahalla tai rangaistu huomaamattomuusvirheet ja väärät detektiot sakolla, on koehenkilöiden suoritusten havaittu olevan parempia kuin kontrolliryhmän, mikäli yllykkeet ovat olleet riittävän suuria. Esimerkiksi 20 centin palkkio ja sakko ovat tuottaneet parempia tuloksia kuin 10 centin. Vaikutus ei kuitenkaan ole kestänyt kovinkaan monta perättäistä päivää. Jos yllykkeiden antaminen on lopetettu, koeryhmän suoritus on huonontunut alle kontrolliryhmän suorituksen. Palkkioiden ja rangaistusten on havaittu nostavan  $d'$ :n arvoa ja pitävän  $d'$ :n arvon ennallaan.

Kun palkkiona on pidetty kokeenjohtajan läsnäoloa (= huomion osoittaminen), sen on havaittu parantavan vigilanssisuoritusta. Lisäksi verbaalinen palaute on ollut tehokkaampi kuin mekaanisesti ilmoitettu rahapalkkio tai sakko. (Bergum & Lehr 1962a, 1963a, 1964; Bevan & Turner 1965; Levine 1966; Smith, Lucaccini & Epstein 1967).

Harjoittelu. Esiharjoittelu ja tehtävän selitys ovat tärkeitä tekijöitä vigilanssikokeissa, muutoin oppimisvaikutus tehtävän aikana peittää helposti valppauden herpaantumisen (esim. Childs & Halcomb 1972). Oppimista on eniten tutkittu toistamalla samaa vigilanssikoetta peräkkäisinä päivinä. Tällöin on havaittu lähinnä väärrien detektioiden vähenemistä, diskriminaatiokyvyn paranemista (d' suurenee) ja varovaisuuden lisääntymistä ( $\beta$  kasvaa). Monien päivien harjoittelukaan ei ole näyttänyt selvästi estävän suoritustason heikkenemistä vigilanssitehtävissä, joskin muutos 3-5 päivän kuluttua ei ole ollut yhtä suuri kuin ensimmäisenä päivänä. (Baker, Sipowicz & Ware 1961; Baker 1963a; Binford & Loeb 1966; Colquhoun 1966; Poulton 1960, 1973).

### 3.2. Ympäristömuuttajat

Irrelevantit kuulo- ja näköärsykkeet. Erityyppiset kuuloärsykkeet (melu, musiikki, koneäänet jne.) parantavat tavallisesti visuaalista vigilanssisuoritusta (enemmän detektioita ja lyhyempiä reaktioaikoja) ja estävät sen heikkenemisen yhtä nopeasti kuin kontrolliryhmällä. Mikäli signaalifrekvenssi on suuri (yli 100 kertaa tunnissa), signaalin kesto on lyhyt (noin 0.2 sekuntia) tai ärsyketapahumat toistuvat lähekkäin, ylimääräiset kuuloärsykkeet heikentävät visuaalista suoritusta.

Melu on tavallisesti lisännyt väärrien detektioiden määrää, ja henkilöt ovat ottaneet enemmän riskejä ( $\beta$  laskee). Vaihtelevan musiikin on todettu aiheuttavan vähemmän vääriä detektioita ja lyhyempiä reaktioaikoja kuin melun (Davies, Lang & Shackleton 1973). Vaikeissa vigilanssitehtävissä musiikki vaikuttaa kuitenkin haitallisesti. Kun

taustamusiikkia on soitettu sekä satunnaisella että vaihtelevalla intervalliasteikolla, vigilanssisuoritus on ollut parempi, kuin jos musiikkia on soitettu kiinteällä intervalliasteikolla tai keskeytyksellä. Tällöin detektiot eivät ole muuttuneet merkitsevästi kokeen aikana. Reaktioajat ovat pysyneet alkutasollaan vain satunnaisella intervalliasteikolla, muilla ne ovat kasvaneet (Davenport 1974). Musiikin vaikutus detektiomääriin on todettu useammin positiiviseksi kuin negatiiviseksi. Ylimääräisten näköärsykkeiden on todettu sekä parantavan että heikentävän auditiivista vigilanssisuoritusta kontrolliryhmään verrattuna. Tätä aluetta on kuitenkin tutkittu melko vähän (Baker 1963h, 140; Broadbent & Gregory 1965; Davenport 1972; Davies 1968; Davies & Tune 1970, 138-156; Jerison 1963, 199-211; McGrath 1963c, 9-12; Mirabella & Goldstein 1967).

Ympäristön lämpötila. Mackworth (1950) ja Pepler (1960) ovat havainneet lämpötilat  $26^{\circ}\text{C}$ :sta ja  $28^{\circ}\text{C}$ :een edullisemmiksi detektioiden tekemiselle kuin lämpötilat  $20^{\circ}$ ,  $21^{\circ}$ ,  $31^{\circ}$ ,  $34^{\circ}$  ja  $37^{\circ}\text{C}$ :ta. Ympäristön lämpötilan noustessa myös kehon lämpötila kohoaa. Pieni kehon lämpötilan nousu (esim.  $37.3^{\circ}\text{C}$ ) on näyttänyt parantavan vigilanssisuoritusta. Jos on siirrytty tavallisesta  $21^{\circ}\text{C}$ :een huoneen lämmöstä  $30^{\circ}\text{C}$ :een huoneen lämpöön, vigilanssisuoritus on ollut parempi kuin siirryttäessä  $18^{\circ}\text{C}$ :een huoneen lämpöön. Poultonin (1973) mielestä yli  $27^{\circ}\text{C}$ :een lämpötila nostaa suoritustehokkuutta. Kuitenkin Benor ja Shvartz (1971) havaitsivat detektiomäärien vähenevän, kun ympäristön lämpötilaa nostettiin  $30^{\circ}\text{C}$ :sta  $50^{\circ}\text{C}$ :een. Samoin väärät detektiot lisääntyivät, mutta reaktioajat eivät muuttuneet 2 tunnin kokeen aikana. Kehon viilentäminen kumipuvun avulla eliminoi suorituksen huononemisen. Colquhoun & Goldman (1972) havaitsivat lämpötilan nostamisen  $34^{\circ}\text{C}$ :sta  $39^{\circ}\text{C}$ :een löyhentävän päätöksentekokriteeriä ja koehenkilöt riskeerasivat enemmän ja olivat varmempia vastauksistaan. Tällöin sekä detektiot että väärät detektiot lisääntyivät. Yhteenvetona näyttää siltä, että ympäristön lämpötilan vaikuttaessa hiukan kehon lämpöä nostavasti, suoritus aluksi paranee, mutta kehon lämpötilan noustessa edelleen alkaa suoritus heiketä mutamalla mittareilla. Jos huoneen lämpötila pidetään arvoissa  $21^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ :ta, sen vaikutus suoritukseen on pieni. (Poulton 1970, 137-140; Wilkinson, Fox, Goldsmith, Hampton & Lewis 1964).

Vuorokauden aika. Vigilanssitehtävien suoritustehokkuus näyttää seuraavan vuorokautista kehon lämpötilarytmiä. Havaitsemistehokkuus on suurimmillaan iltapäivällä. Kuitenkin on todettu, että korkeita introversiopistemääriä saavat henkilöt ovat tehokkaimmillaan aamupäivällä. Tehokkuus näyttää vähenevän tehtäväajan kuluessa samansuuntaisesti kaikkina vuorokauden aikoina (Blake 1967; Colquhoun 1960; Davies & Tune 1970, 168-173). Gale ym. (1972b) eivät havainneet tutkimuksissaan merkitseviä eroja vigilanssisuorituksessa eri vuorokauden aikoina.

Väsymys ja univelka. Henkilön psyykkisen väsymyksen ja univelan on todettu heikentävän vigilanssisuoritusta, ja lisäksi univelka on kiihdyttänyt suorituksen huononemista. Fyysinen väsymys sen sijaan ei juuri ole vaikuttanut suoritustasoon (Davies & Tune 1970, 160-164; Wilkinson 1961, 1963, 1964).

### 3.3. Koehenkilömuuttajat

Älykkyys ja ikä. Älykyyden ja vigilanssisuorituksen välillä ei näytä olevan selvää riippuvuutta (Halcomb & Kirk 1965; Jenkins 1958; Ware 1961; Wilkinson 1961). Ikä ei vaikuta selvästi vigilanssisuoritukseen, kun käytetään mittareina detektioita, reaktioaikoja sekä tunnuslukuja  $d'$  ja  $\beta$  (Davies & Tune 1970, 122-127; Gale ym. 1972b; York 1962). Visuaalinen etsintä tehtävän aikana saattaa asettaa vanhemmat (yli 60-vuotiaat) koehenkilöt huonompaan asemaan kuin nuoremmat (alle 60-vuotiaat) (Surwillo & Quilter 1964, 1965). Viime aikoina on EEG-tutkimuksissa saatu viitteitä siitä, että vanhempien koehenkilöiden suoritus paranee, mutta nuorempien huononee, kun aivojen viireystilaa nostetaan (Stroh 1971, 36-37).

Sukupuoli. Tutkimustuloksista käy yhteenvedona selville, että sukupuolella ei ole vaikutusta vigilanssisuoritukseen. Muutamissa on ha-

vaittu naisten suoriutuvan paremmin, toisissa miesten (Davies & Tune 1970, 127-129; Gale ym. 1972b; Smith ym. 1967; Whittenburg, Ross & Andrews 1956).

Ekstroversio-introversio-ulottuvuus. On kaksi teoreettista lähtökoh-  
taa, joista on päätelty, että introvertit selviytyvät paremmin tyypil-  
lisessä vigilanssitehtävässä kuin ekstrovertit. Broadbent (1963, 184-  
192) olettaa, että introvertit ovat kroonisesti ylivireitä ja ekstro-  
vertit alivireitä. Eysenckin (1965, 32-34, 58-62) hypoteesin mukaan  
ekstrovertit kehittävät nopeammin reaktiivista ehkäisyä kuin introver-  
tit.

Koetulokset eivät ole kovinkaan johdonmukaisia. Bakan, Belton ja  
Toth (1963, 22-28) havaitsivat ekstroverteilla ja normaalipistemääriä  
saaneilla henkilöillä detektiosuorituksen huononevan ajan kuluessa sa-  
mansuuntaisesti. Introvertit paransivat suoritustaan kokeen keskivai-  
heilla, jonka jälkeen suoritus huononi kokeen loppua kohti. Carr (1969)  
totesi ekstroverttien tekevän vähemmän detektioita ja enemmän vääriä de-  
tektioita tehtävään kuluessa. Sen sijaan introverttien suoritustaso  
ei laskenut merkittävästi. GSR-konduktanssin perustaso nousi ekstrover-  
teillä tehtävän aikana, mutta introverteilla se ei muuttunut. Carr tul-  
kitsi tulostensa tukevan Eysenckin hypoteesia, koska tehtävä näytti  
kuormittavan ekstrovertteja enemmän.

Thackray ym. (1973) havaitsivat reaktioaikojen variabiliteetin kas-  
vavan ekstroverteilla tehtävän aikana. Suoritustason lasku oli ennu-  
settavissa nimenomaan ekstroversion impulssiivisuusulottuvuudella, ei  
sosiaalisuusulottuvuudella. Tavallista on myös se, että introvertit  
tekevät enemmän vääriä detektioita kuin ekstrovertit (Davies & Tune  
1970, 131). Kaikissa tutkimuksissa ei kuitenkaan ole saatu eroja eks-  
troverttien ja introverttien suoritusten välille (Gale ym. 1972b;  
Tune 1966a, b). Tutkimuksia on toisaalta vaikea verrata keskenään,  
koska I- ja E-pistemäärien keskiarvot ja hajonnat puuttuvat usein  
raporteista ja lisäksi pistemäärät on saatu eri persoonallisuusmit-  
tareilla. Näin esimerkiksi ekstroverteiksi nimetty ryhmä saattaa si-  
joittaa hyvin eri kohdalle I-E-ulottuvuutta.



## 4. VIGILANSSI-ILMIÖN SELITYKSIÄ

### 4.1. Odotusteoria

Kaikki<sup>1</sup> vigilanssiteoriat ennustavat suoritustason heikkenevän pitkäaikaisen monotonisen tehtävän kuluessa, mutta jokainen esittää oman syynsä tälle ilmiölle. Sopivasti suunnitelluin koeasetelmin jokaisen teoriasuuntauksen edustajat ovat saaneet omaa teoriaansa tukevia tuloksia. Seuraavassa tarkastellaan odotusteoriaa, observointireaktioteoriaa, vireystilateoriaa ja signaalidetektioiteoriaa, jotka näyttävät kukin omalla sektorillaan olevan yleisimmin hyväksytyjä. Lisäksi teorioiden vertailu tämän tutkimuksen puitteissa näyttää tarkoituksenmukaiselta. Kannattaa kuitenkin muistaa, että mikään seuraavista teorioista ei pysty yksidimensionaalisuudessaan selittämään vigilanssi-ilmiötä, vaan kattava kuvaus syntyy vasta nykyisten ja kehiteltävien uusien teorioiden monidimensionaalisena yhdelmänä.

Odotusteorian mukaan vigilanssitaso on sama kuin odotustaso. Observoijan odotukset määräytyvät aikaisempien kokemusten perusteella. Siksi tila, jossa ei ole odotuksia, määrittelee yksilön perusvigilanssitason (Deese 1955).

Kun henkilö joutuu vigilanssikokeeseen, hän pyrkii muodostamaan itselleen kuvan tilanteesta. Näin syntyvän sekä temporaalisen että spatioaalisen kognitiivisen kenttänsä perusteella hän luo odotuksensa signaalien todennäköisistä esiintymisajoista ja -paikoista ja alkaa käyttäytyä näiden mukaan. Siksi vigilanssitaso vaihtelee lähinnä aaltoliikkeen tavoin, ja se on korkeimmillaan signaalin keskimääräisenä esiintymisaihana. Välittömästi signaalin esiinnyttyä se putoaa matalimmilleen, josta se vähitellen nousee maksimiarvoonsa. Jos signaali esiintyy keskimääräistä aikaansa myöhemmin, odotustaso nousee edelleen jonkin aikaa, kun-

nes se alkaa hitaasti laskea kohti signaalin jälkeistä tasoa.

Vigilanssitilanteessa henkilö ei kuitenkaan kykene arvioimaan keskimääräistä signaalien väliaikaa kovin tarkasti. Siksi oletetaan, että odotustason nousu ennen signaalin keskimääräistä tuloaikaa on nopeampi kuin odotustason lasku, jos signaalia ei tulekaan. Ennen keskimääräistä aikaansa esiintyvän signaalin havaitseminen on sitä epätodennäköisempää mitä aikaisemmin se tulee, koska vigilanssitaso on tällöin matalimmillaan (Baker 1963b, 127-154; Frankmann & Adams 1962). Mm. Vroon (1973) on saanut odotusteorian edellyttämän aaltoliikkeen aikaan testaessaan naputusmäärän vaihteluja odotuksen mittana reaktioaikakokeessa.

Vigilanssitilanteissa ilmenevän suoritustason laskun teoria selittää siten, että aluksi satunnaisesti kadotetut signaalit vääristävät henkilön odotuskaaviota, joka tehtävän jatkuessa vastaa yhä vähemmän ulkoista todellisuutta (Baker 1963b, 127-128). Samoin suuri variaatio signaalien väliajoissa vähentää detektioiden määrää (McGrath & Harabedian 1963, 102-113). Mitä lyhyempi signaalien keskimääräinen väliaika on ja mitä vähemmän väliajat vaihtelevat sitä paremmin odotukset vastaavat todellisuutta ja suoritustaso pysyy tasaisena (Jenkins 1958). Lisäksi on havaittu, että signaalin detektiomahdollisuudet keskimääräisenä tuloaikana eivät huonone, vaikka edellistä signaalia ei havaittaisikaan verrattuna siihen, että se havaitaan. Selityksenä on tarjottu subliminaalista havaitsemista (Bakerin kommenttipuheenvuoro teoksessa Buckner & McGrath 1963, 113). McGrath ja O'Hanlon (1967) ovat selvittäneet, että koehenkilöt, jotka ovat yli- tai aliarvioineet vigilanssitehtävän keston kokeen jälkeen, ovat havainneet vähemmän signaaleja kuin henkilöt, joiden aika-arviot ovat olleet tarkemmat.

Odotusteorian todentamisessa on suurin huomio kohdistunut signaalien väliaikajakautumaan. Baker antoi koehenkilölleen 20 signaalia, jotka seurasivat toisiaan säännöllisesti 10 sekunnin väliajoin. Seuraava, 21. signaali esiintyi odottamatta joko 2, 5, 20, 25 tai 30 sekunnin kuluttua edellisestä. Säännöllisesti esitettyihin signaaleihin verrattuna olivat reaktioajat 2 ja 5 sekunnin kuluttua esitettyihin signaaleihin merkittävästi ( $p < .01$ ) pitempiä. Vastaava tilanne toistettiin siten, että signaalien väliaika totuttelujaksossa oli keskimäärin kymmenen sekuntia. Kahdessa ensimmäisessä ryhmässä

(2 ja 5 sekuntia) ajat olivat 21. signaaliin 43 % ja 37 % pitempiä kuin alkuosan keskimääräiset reaktioajat (Baker 1963b, 129-131). Vastaavia tuloksia ovat saaneet Colquhoun ja Baddeley (1964, 1967) tarkastellessaan esitestissä luotujen odotusten vaikutuksia detektiotodennäköisyyteen itse vigilanssitehtävässä. Nimenomaan ensimmäisen signaalin esittämisajankohdalla oli ratkaiseva merkitys myöhemmälle suoritustasolle. Odotusteoriaa tukevia tuloksia saivat myös Johnston ym. (1966) tutkiessaan detektioiden reaktioaikoja signaalien väliaikojen funktiona.

Gale, Haslum ja Penfold (1971) tulkitsivat 38 minuutin kokeensa tulosten tukevan odotusteoriaa. He tekivät päätelmänsä sekä EEG-mittauksista että koehenkilöiden omista valppauden arvioinneista signaalin aikana 5-luokkaisella asteikolla. Pääongelmana oli selvittää vigilanssitason lyhytaikaisten muutosten yhteyttä reaktioaikoihin. Suunnilleen samalla koeasetelmalla GSR-reaktioiden amplitudit (mitattiin 1-6 sekunnin kuluessa ärsykkeen tulosta) eivät toistotutkimuksissa kuitenkaan korreloineet reaktioaikojen muutosten kanssa (Gale, Bull & Haslum 1972a).

Poikkeaviakin tutkimustuloksia on saatu. McGormack ja Prysiazniuk (1961) havaitsivat, että reaktioajat lisääntyivät ajan kuluessa, mutta signaaleiden väliajoilla ei ollut vaikutusta. Samaan päätyi Dardano (1962). Ellis ja Ahr (1960) eivät havainneet signaalien lukumäärän vaihtelun muuttavan merkitsevästi suoritustasoa. Suurimmilla signaalitiheyksillä detektiotodennäköisyys oli suurempi ( $p < .01$ ) kuin pienemmillä signaalitiheyksillä. Trendi ei kuitenkaan ollut suoraviivainen. Oikeiden ja väärin detektioiden välinen korkea korrelaatio ( $r = 0.53$ ) antaa kuitenkin aiheen päätellä, ettei signaalifrekvenssin muutoksen vaikutuksia tämän vuoksi voitukaan saada esille detektioprosenttien avulla.

Temporaalista epävarmuutta tutkiessaan Boulter & Adams (1963) eivät saaneet merkitseviä eroja tämän muuttujan suhteen, mutta kaikkien kolmen ryhmän suoritustaso laski sekä detektioprosentteina että latenssiaikoina mitattuna. He yhtyivät kuitenkin Dardanon (1962) käsitykseen siinä, että ajallisen odotustoiminnan roolia on liikaa yksinkertaistettu. Samaan päätyvät McGrath ja D'Hanlon (1967) esittäessään kolme mahdollisuutta ajallisen orientoitumisen ja vigilanssi-

suorituksen välille: temporaalinen orientoituminen vaikuttaa vigilanssi-suoritukseen, vigilanssisuoritus vaikuttaa temporaaliseen orientoitumiseen tai molempiin vaikuttaa samanaikaisesti kolmas muuttuja. Ensimmäinen vaihtoehto on odotusteorian mukainen, toinen voisi olla yhdyssiteenä observointireaktioteoriaan, sillä tällöin signaalit vahvistaisivat ajan tarkempaa havainnointia. Kolmas vaihtoehto liittyisi vireystilateoriaan, sillä selittävänä muuttujana toimisi yleinen vireystila. Loppukommenttina voidaan todeta, että odotustason voimakkuutta tehtävän eri vaiheissa on hyvin vaikea määritellä.

#### 4.2. Vireystilateoria

Vireystilateorian mukaan ärsykkeillä on kaksi funktiota. Ne toimivat vihjeinä kontrolloiden päämäärään suuntautuvia reaktioita, ja ne säätelevät vireystilaa eli vigilanssia. Kun henkilö joutuu erittäin monotoniseen tilanteeseen, aivoihin tulevat impulssit vähenevät siinä määrin, että niiden aiheuttama aivokuoren pommitus ei pysty säilyttämään riittävästi diffuusia vireystilaa, joka on välttämätön yksityisen ärsykkeen tuoman vihjeen havaitsemiseksi. Siksi signaaleja livahtaa tehtävän kuluessa yhä useammin tarkkaajan ohi tai signaalin havaitsemiseen kuluva aika pitenee (Hebb 1955).

Teorian todentamista vaikeuttaa kuitenkin vireystilan ja suoritustason välinen käyräviivainen riippuvuussuhde (Andreassi 1966; Bergum & Lehr 1966; Malmo 1959, van Olst, Orlebeke & Fokkema 1967; Schlosberg 1954). Tämän niinkuin muidenkin keskushermostollisiin prosesseihin liittyvien teorioiden heikkoutena on se, ettei sitä voida todentaa suoraan fysiologisin mittauksin, sillä EEG, syke ja GSR ovat tähän tehtävään liian karkeita mittareita. Lisäksi ne ovat erittäin herkkiä monille virhetekijöille. Useimmiten vireystilan muutoksia onkin arvioitu henkilön suorituksista, tavallisesti reaktioajoista, detektio-  
prosentista tai observointireaktioiden määrästä, mutta silloin teorian ja operationaalisten käsitteiden välinen kuilu on liian leveä,

ja tulkintaa vaikeuttavat monet väliintulevat muuttujat. Teoria tuntuukin liian yleiseltä, ja sitä on siksi vaikea todentaa tai osoittaa vääräksi.

Bergum ja Lehr (1966), Freeman (1940), Malmo (1959) ja Schlosberg (1954) saivat kuitenkin pienimmät reaktioajat keskimääräisillä konduktanssitasoilla. Sen sijaan Andreassi (1966) ja Sherwood (1965) eivät havainneet reaktioaikojen pitenevän korkeilla konduktanssitasoilla. Colquhoun ja Edwards (1975) päättelivät tulostensa tukevan käyräviivaista riippuvuussuhdetta vireystilan ja suoritustason välillä. He havaitsivat, että melu pidensi reaktioaikoja, mutta alkoholi ei vaikuttanut tuloksiin. Sen sijaan alkoholin vaikutuksen alaisena väärät detektiot lisääntyivät hiljaisessa tehtävässä, mutta vähenivät melussa. Myös oikeat detektiot vähenivät melun aikana. Yhdysvaikutuksia tutkijat eivät löytäneet. Vastaavaan päätelmään tulivat Wilkinson, Giesekin ja El-Beheri (1972) varioidessaan palkkioita, tehtävän uutuutta sekä tehtävän vaikeutta 40 minuutin kokeessaan. Fysiologisista mittareista syke reagoi vain palkkioihin, pulssivolyyymi tehtävän vaikeuteen, hengitysfrekvenssi sekä yllykkeisiin että tehtävän vaikeuteen, GSR-konduktanssi yllykkeisiin ja tehtävän vaikeuteen. Niskan lihasjännitys ei reagoanut mihinkään.

Tutkimuksissa on useimmiten havaittu GSR-konduktanssin laskevan, detektiomäärien vähenevän ja reaktioaikojen kasvavan samanaikaisesti vigilanssitehtävän kuluessa (Dardano 1962; Davies & Krkovic 1965; Eason ym. 1965; Verschoor & Wieringen 1970). Survillo ja Quilter (1965) totesivat, että spontaaneja GSR-reaktioita esiintyi enemmän ennen havaittua kuin menetettyä signaalia. Sen sijaan syke ei juuri vaihtelee vigilanssitilanteen aikana (Davies & Tune 1970, 221-225). Tulosten ristiriitaisuus voidaan tietysti selittää vireystilaotoksen kapeutena: vireystila ei noussut kyllin korkeaksi, jotta sillä olisi ehkäisevä vaikutus suoritukseen.

Vireystilateorian mukaan lisääntyvien ärsyketapahtumien määrän ei voida ennustaa parantavan vigilanssisuoritusta, vaikka tällaisia virheellisiä hypoteeseja onkin tehty (esim. Jerison & Pickett 1964; Taub & Osborne 1968). Sen sijaan uusien ärsykkeitten ilmeneminen parantaa suoritustasoa, mutta sitähan vigilanssitilanteessa

ei tavallisesti tapahdu. Habituoituminen toistuvaan tehtävä-ärsykeistöön tai jatkuvaan taustamusiikkiin vähentää vireystilaa tehtävän kuluessa (Davenport 1972, 1974; Olmedo, Kirk & Suarez 1973). Vireystilan väheneminen heijastuu sekä detektioiden että väärin detektioiden vähenemisenä (Davies & Tune 1970, 221; Eason ym. 1965; Stroh 1971, 61).

Welfordin (1962, 1968, 277-281) hypoteesi aktivaatiotason ja signaalidetektioiteorian tunnusluvusta ennustaa, että lisääntynyt aktivoituminen lisää tai vähentää sekä kohina- että kohina + signaalijakautumien keskiarvoja ja hajontoja samassa suhteessa, mutta sensitiivisyys ei muutu. Milosevic (1975) havaitsi auditiivisen vigilanssitutkimuksensa lukevan Welfordin hypoteesia. Hän totesi, että aktivaation väheneminen, joka heijastui nousevina GSR-resistansseina, vähensi samalla sekä oikeiden että väärin detektioiden määrää, lisäsi koehenkilön varovaisuutta ( $\beta$  kasvoi), mutta ei vaikuttanut sensitiivisyyteen ( $d'$  ei muuttanut). Vastaavia tuloksia ovat saaneet myös Colquhoun ja Goldman (1972).

Jos tehtävään on sisällytetty irrelevantteja ärsykeitä, kuten ääni- ja valoärsykeitä tai reaktiotavan vaihteluja, suoritustason on useissa tutkimuksissa todettu heikkenevän lievemmin kuin kontrolliryhmällä. Vastaavia muutoksia on todettu eri motivointikeinojen, kuten kokeenjohtajan läsnäolon ja palautteen vaikutuksista. Davies ym. (1973) totesivat, että reaktioaika oli herkin mittari. Helpossa tehtävässä musiikki paransi suoritusta, sen sijaan vaikeassa tehtävässä musiikki häiritsi sitä. Tieto suorituksesta nosti vireystilaa.

#### 4.3. Signaalidetektioiteoria

Lyhyt yhteenveto signaalidetektioiteoriasta ja sen tunnuslukujen laske- misesta on jo tehty sivuilla 14-16. Tässä yhteydessä keskitytäänkin pohtimaan signaalidetektioiteoriaa vigilanssitutkimuksiin sovelletta- essa syntyvää problematiikkaa.

Signaalidetektioiteorian kehittäminen nostatti suuren innostuksen

paikalleen juuttuneiden vigilanssiteoreetikkojen keskuudessa. Kymmenen vuoden kuluessa into on laantunut, sillä traditionaalinen vigilanssitilanne eroaa ratkaisevasti niistä tilanteista, joissa signaalidetektio-teoria kehitettiin. Näin jouduttiin tilanteeseen, jossa  $d'$  ja  $\beta$  laskettiin kokeista, jotka eivät täyttäneet signaalidetektio-teorian oletuksia. Vaihtoehtona oli muuttaa vigilanssitehtävä sellaiseksi, ettei se enää ollut vigilanssitehtävä kriittisesti katsottuna.

Jerison ym. (1965) ovat kritikoineet teorian soveltamista vigilanssitutkimuksiin kolmesta syystä. 1)  $\beta$ :n arvot vigilanssitilanteissa ovat epärealistisen suuria. Esimerkkeinä he mainitsivat Levinen (1966) saaman arvon  $\beta = 14.0$  kahden ja puolen tunnin vigilanssikokeen loppuvaiheessa, samoin Colquhounin ja Baddeleyn (1964)  $\beta = 70.0$ , Loeb ja Binfordin (1964)  $\beta = 250.0$  ja Jerison ym:n (1965)  $\beta = 500.0$  saamat arvot. Näitä arvoja on vaikea tulkita signaalidetektio-teorian avulla varovaisuuden tai konservatiivisuusasteen kasvuksi. 2) Kokeenjohtajan on arvioitava koehenkilön observointi- ja päätöksentekojakso. 3)  $\beta$ :n arvot ovat ärsykeinformaation transformaatioita sen jälkeen, kun informaatio on päässyt hermostoon. Premisseissä on oletettu, että ärsykeitä tulee sama määrä aistien kautta tehtävän alusta loppuun, eli koehenkilö katsoo kohdetta herpaantumattomasti. Vigilanssikokeissa tarkkailureaktiot kuitenkin vähenevät hyvin ratkaisevasti. Tällöin voidaan päätellä, että  $\beta$ :n vigilanssitilanteissa saamat suuret arvot johtuvat ehkä tarkkailukäyttäytymisen muutoksista.

Davies ja Tune (1970, 18-24, 228-231) täydensivät ja tarkensivat signaalidetektio-teorian kritiikkiä seuraavasti: 1) Vigilanssikokeessa henkilön ei tavallisesti tarvitse reagoida jokaisen observointijakson jälkeen, 2) observoija ei tiedä milloin observointijakso alkaa tai päättyy, 3) detektioita ja vääriä detektioita on niin vähän, että tunnuslukujen laskeminen ei ole kovin luotettavaa ja 4) arviointimenetelyn käyttö jokaisen observointijakson yhteydessä aktivoi koehenkilöä niin paljon, ettei vigilanssikokeesta enää voida puhua.

Taylor (1967, 390-399) kiinnitti huomionsa ROC-käyrän muotoon. Hänen mielestään se oli enemmän tai vähemmän vino. Tällöin  $d'$  on tulokittavissa, joskin se saa korkeita arvoja.  $\beta$ :a on vaikea arvioida tau-

lukoista, ja siksi sen tulkinta varovaisuuden lisääntymisenä on uskallettua.

Nykyisin oletetaan, että  $d'$ :n väheneminen visuaalisissa vigilanssitehtävissä on osoitus väsymyksestä (Green & Swets 1966; Mackworth & Taylor 1963; Mackworth 1969). Siksi Welford (1968, 277-281) ehdottikin, että  $d'$ :n väheneminen, jos sitä tapahtuu, on osoitus väsymyksen lisääntymisestä, ja  $\beta$ :n lisääntyminen on osoitus vigilanssin vähenemisestä. Welford selitti edelleen, että vireystilan nousu lisää sekä signaali + kohina- että kohinajakautumien keskiarvoja ja hajontoja samassa suhteessa, jolloin  $d'$  ei muutu. Jos kriteeri on edelleen sama,  $\beta$  vähenee ja detektio- sekä virhemäärät lisääntyvät. Erittäin suuri vireystilan lisääntyminen saattaa johtaa sekä  $d'$ :n että  $\beta$ :n pienenemiseen. Jos lisääntään keinotekoisia signaaleja tai tehdään signaalien väliajat säännöllisemmiksi, voidaan vaikuttaa päätöksentekokriteerin paikkaan, joka aiheuttaa  $\beta$ :n vähenemisen, mutta ei vaikuta  $d'$ :n arvoon. Jos taas lisääntään signaalien voimakkuutta, voidaan olettaa  $d'$ :n suurenevan. Jos kriteeri ei muutu,  $\beta$  pienenee. Sekä signaalidetektioiteorian soveltaminen että  $d'$ :n ja  $\beta$ :n tulkinta vigilanssitutkimuksissa on edelleenkin kaikkea muuta kuin selvää ja yleisesti hyväksyttyä.

#### 4.4. Observointireaktioteoria

Holland kritikoitavigilanssitutkimuksia siitä, että niissä mitataan tavallisesti vain signaalidetektioiden prosenttista osuutta, reaktioaikoja tai ärsytyskynnyksiä ja näissä tapahtuvia muutoksia. Tällaisten mittareiden avulla ei kuitenkaan pystytä selittämään, mikä vigilanssitehtävän aikana todella muuttuu. Sen sijaan pitäisi tutkia tehtävään liittyvää käyttäytymistä ja etsiä niitä variaabeleita, jotka kontrolloivat sitä. Kohdettahan on tarkkailtava, jotta siinä voitaisiin havaita muutoksia. Signaalien havaitseminen vahvistaa näin suoritettavia observointireaktioita. Tämä on todennettu käyttämällä eri vahvistusasteikoita. Signaalien havaitseminen siis kontrolloi observointikäyttäytymistä (Holland 1958).



Observointireaktioiden määrän suurenemisen signaalitiheyden funktiona havaitsivat myös Weiner ja Sherman (1962). Tämä todettiin käytämällä kahdeksaa eri tiheyttä. D-amfetamiini lisäsi lähinnä yksilöiden välisiä eroja, mutta myös vireystilahypoteesi sai tukea. Hickey ja Blair (1958) eivät todenneet signaalifrekvenssin vaikuttavan observointireaktioiden määrään. Sen sijaan signaalifrekvenssin vähentäminen pienensi väärin detektioiden määrää ja pidensi reaktioaikoja.

Vigilanssikokeissahan käytetään vaihtelevaa välimatka-asteikkoja signaalien esittämisessä. Observointireaktioteorian mukaan suorituksen heikkeneminen kokeen aikana johtuu siitä, että vahvistuksia ei saada riittävän usein. Koska Holland, kuten edellä mainitut tutkijat, käytti signaalialueita, joka oli vain hetken nähtävissä, voidaan vigilanssi-ilmioille esittää kaksi perustetta. Ensiksikin satunnaisesti kadotetut signaalit vähentävät detektioiden (vahvistusten) määrää ja antavat siten alun sammumiselle, jolloin yhä enemmän signaaleja menetetään tehtävän kuluessa observointireaktioiden vähetessä. Jos signaalifrekvenssi on tarpeeksi harva, vaikuttaa yhdenkin vahvistajan menetys enemmän kuin tiheimmissä signaalijaksoissa. Holland (1958) on todennut observointireaktioiden vähenevän, kun signaali esitettiin keskimäärin kerran kahdessa tai kolmessa minuutissa. Observointireaktiot sen sijaan lisääntyivät, kun keskimääräinen signaalifrekvenssi oli 1/15:ssä ja 1/30:ssä sekunnissa. Toiseksi signaalifrekvenssi saattaa alkujaan olla liian pieni observointikäyttämisen säilyttämiseen, vaikka kaikki pysyvät signaalit on pakko havaita.

Jerison ja Pickett (1963) ovat jakaneet vigilanssitehtävän kahteen osavaiheeseen. Ensiksi koehenkilön on päätettävä, observeiko hän tehtävää vai ei. Tätä pidetään voittojen ja tappioiden summana, joka liittyy detektion seuraamukseen ja signaalin todennäköisyyteen. Jos observointireaktio suoritetaan, seuraa toinen vaihe, eli sensorisen informaation analyysi ja päätöksenteko sen perusteella. Signaalidetektioiteoria soveltuu tämän vaiheen analyysiin. Observointireaktioiden tekeminen on kuitenkin koko ketjun avain. Detektiot palkitsevat observointireaktioiden tekemistä. Palkkio voi olla joko ulkoapäin annettu (raha) tai sisäinen (mielihyvä onnistumisesta) (Jerison ym. 1965; Jerison 1970).

Guralnick (1972) on tutkinut kaksivaihetheoriaa tunnin koejakson aikana visuaalisessa vigilanssitehtävässä, jossa tehtiin observointireaktioita ( $N = 12$ ). Hän havaitsi observointireaktioiden lisääntyvän, detektioiden, väärin detektioiden ja  $d'$ :n vähenevän sekä  $\beta$ :n kasvavan merkitsevästi ( $p < .01$ ) tehtävääjan kuluessa. Myös Broadbent (1963) ja Holland (1958) ovat havainneet observointireaktioiden lisääntyvän ryhmällä, joka menetti vähän signaaleja. Guralnick totesi, että observointireaktioita tehtiin vähemmän silloin, kun signaali oli vaikea ( $p < .01$ ).

Guralnick (1972) päätteli eri tekijöiden kontrolloivan observointireaktioiden tekemistä kuin muita suoritusmittoja. Signaalin vaikeuden ja pay-off-matriisin arveltiin määrittelevän observointireaktioiden tekemistä. Jos näitä muuttujia ei varioida, detektiot ehkä vahvistavat observointireaktioiden tekemistä. Nämä päätelmät saivat tukea, kun Guralnick (1973) varioi signaalin vaikeutta ja ärsyketapahtumien lukumäärää. Detektioiden ja väärin detektioiden,  $d'$ :n ja  $\beta$ :n muutoksia ei havaittu ajan kuluessa (signaalien väliajat olivat liian säännölliset). Observointireaktioiden määrät eivät muuttuneet johdonmukaisesti muiden suoritusmittojen kanssa, vaan määrät olivat hyvin korkeat koko tehtävän ajan. Guralnick päättelikin kahden tutkimuksensa tuloksista, että tehtävän päämäärä ratkaisee, palkitsevatko detektiot observointireaktioiden tekemistä vai eivät.

#### 4.5. Muita vigilanssiteorioita

Vigilanssia on selitetty myös muilla tavoilla, joihin ei tässä tutkimuksessa puututa kovinkaan paljon. N. Mackworth (1950) on esittänyt ehkäisyteoriassaan, että vigilanssin väheneminen aiheutuu sammumisesta. Sisäinen ehkäisy kasaantuu vigilanssitehtävän toistuvista ja monotonisista taustaärsykkeistä ja siitä, että signaalia ei kokeen aikana vahvisteta, kuten harjoitusaikana. Selitys muistuttaa klassillisessa ehdollistumisessa käytettyä ulkoisen ehkäisyn käsitettä.

J. Mackworthin (1969, 71-72) käsitys oli, että valppauden herpaantuminen on seurausta kahdesta neuraalisen reagoinnin tyypistä. Ensimmäisen vireytymisreaktiosta, joka ilmenee alfa-blokkina spontaanissa aivovirtauksissa ja toiseksi ärsykkeiden tuottamista potentiaaleista (evoked potentials). Hän oletti, että ensimmäisen habituoituessa herkkyys pienenee ja toisen habituoituessa motoriset reaktiot vähenevät. Mackworth tarkensi käsitystään siten, että habituoitumisen vaikutus kohdistuu enemmän vireytymiseen, jos taustasignaaliajatus on suuri tai ärsykkeiden herättämiin potentiaaleihin, jos signaaliajatus on vähemmän kuin kaksi sekunnissa. Teoriassa yhdistyvät ehdollistumis- ja vireytymiskäsitteet mm. siten, että vireytymisen heikkeneminen on tulosta inhibitiosta.

Suodatinteoria on Broadbentin (1953, 1957, 1958, 1971) kehittämä. Hän on yrittänyt tulkita valppauden herpaantumisen sekä ehdollistumisen että havaintosysteemin tietojenkäsittelyprosessin termein. Teoria perustuu yksikanavajärjestelmään, jonka mukaan ihminen tuo keskushermostoon valikoivan suodattimen läpi vain yhden havaintoyksikön kerrallaan. Läpipääsyyn vaikuttavat ärsykkeen fyysikaalinen intensiteetti, biologinen tärkeys sekä uutuus. Biologista tärkeyttä lienee useimmiten vigilanssitilanteessa vaikea perustella, lukuunottamatta ehkä tutkavalvontaa. Valppauden herpaantumista tapahtuu, koska signaali menettää toistettuna uutuusarvonsa samoin kuin koko vigilanssitehtävän seuraaminen, ja henkilö alkaa kiinnittää huomionsa irrelevantteihin asioihin tilanteessa. Jos tehtävän ärsykefrekvenssi on pieni, tehtävän uutuusarvo säilyy kauemmin. Broadbent (1958, 1971) on kehittänyt teoriaansa ja nimittää sitä yhdistetyksi vireystila-suodatinteoriaksi. Vireystila määrittelee suorituksen yleistason, mutta valppauden herpaantuminen on tulosta lisääntyvästä suodattimen vaihtelufrekvenssistä. Teoria on edelleenkin liian suppea selittämään vigilanssi-ilmiötä.

Smith on korostanut monotonian ja motivaation yhdysvaikutusta vigilanssi-ilmiön selityksessään. Hänen mielestään älykkyydeltään ja havaintokapasiteetiltaan normaali ihminen pysyy seuraamaan yksinkertaista vigilanssitehtävää kahden tunnin ajan niin tarkasti, että hän havaitsee kaikki signaalit, jos hän haluaa. Motivaation tasoon vaikuttavat ulkoiset (ympäristöärsykkeet) ja sisäiset (esim. tunnollisuus)

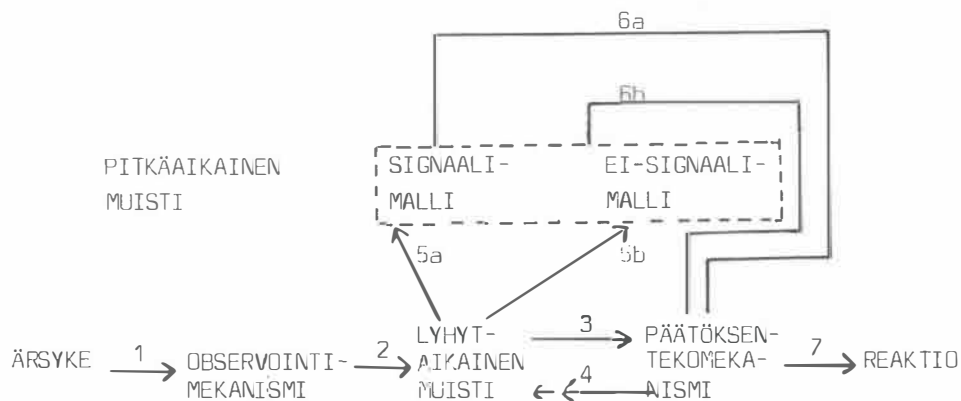
tekijät. Vigilanssitehtävien monotonisuus alentaa motivaatiotasoa, mutta sitä voidaan nostaa esim. signaalifrekvenssiä lisäämällä, erilaisilla yllykkeillä (raha tai sakko) tai instruktiolla (tehtävän tärkeys). Jos ulkoista motivaatiota ei ole, sisäinen motivaatio voi auttaa suoritusta. Vääriä detektioita tehdään, koska halutaan antaa kokeenjohtajalle käsitys, että seurataan tehtävää tarkasti, vaikkei niin tehdäkään. Vaihtoehtoinen selitys on koehenkilön kieltäytyminen yhteistoiminnasta. Smith siis selittää väärät detektiot tehtävään kuulumattomien variaabeleiden aiheuttamiksi. Yksistään motivaatioon perustuva vigilanssin selitys ei ole saanut paljonkaan kannattajia (Smith ym. 1967; Davies & Tune 1970, 211-212).

#### 4.6. Teorioiden yhteenveto

Koska kukin vigilanssiteoria pyrkii selittämään valppauden heikkene-  
misen lähinnä yhdestä tai kahdesta ihmisen informaatioketjun osavai-  
heesta johtuvaksi, on ehkä hyvä palauttaa mieliin koko prosessi. Mm.  
Davies ja Tune (1970) ovat esittäneet kaaviokuvan (kuvio 9) ihmisen  
informaation kulusta vigilanssitehtävässä.

Observointireaktioteoria selittää lähinnä observointimekanismissa  
tapahtuvia muutoksia, joihin vaikuttaa myös reagoinnin oikeaan osu-  
vuus. Motivaatio ja odotukset vigilanssitehtävästä vaikuttavat pää-  
tökseen, observoidaanko vai ei, ja odotukset vaikuttavat myös pää-  
töksentekoon, tulkitaanko sensorinen impulssi signaaliksi vai ei.  
Jälkimmäistä tapahtumaa selvittää signaalidetektiteorian tunnus-  
luku  $\beta$ . Sen sijaan  $d'$  kuvaaja observointimekanismissa tapahtuvia dis-  
kriminatioherkkyyden muutoksia. Vireystilateoria selittää obser-  
vointi- ja päätöksentekomekanismissa tapahtuvia muutoksia. Broadben-  
tin suodatinteoria kuvaa yksikanavajärjestelmän toimintaa lyhytai-  
kaisen muistin ja pitkäaikaisen muistin välillä.

Odotusteoriaa on useimmiten todennettu melko lyhytaikaisilla vi-  
gilanssikokeilla (15 minuutista 1 tuntiin). Mittausmetodina on käy-



Kuvio 9. Mahdollinen informaatiovirran malli vigilanssikokeessa  
(Davies & Tune 1970, 237)

tetty reaktioaikoja ehkä useammin kuin toisten teorioiden testaamisessa. Yleistoteamuksena voidaan esittää, että tämä teoria valitaan usein silloin, kun selitetään, miksi kokeen aikana ei tapahdu valppauden herpaantumista.

Vireystilateoria soveltuu parhaiten selittämään valppaustason muutoksia kokeen aikana. Tehtävät ovat tavallisesti melko pitkiä (tunti tai yli sen). Useimmiten pyritään vielä kytkemään suoritustasovaihtelut muutamiin fysiologisilla mittareilla havaittuihin muutoksiin.

Observointireaktioteoria pyrkii selittämään observointikäyttäytymisessä tapahtuvia muutoksia, jotka vastoin teorian kehittelijän käsityksiä näyttävät selittyvän muilla tekijöillä kuin suoritustasomuutokset. Signaalidetektiteoria on vigilanssikokeissa itse asiassa vain laskumenetelmä, jolla saadaan kaksi tunnuslukua. Näiden avulla voidaan kuvata informaatioketjun kahdessa vaiheessa tapahtuvaksi oletet-

52.

tuja ilmiöitä.

Ilmeisesti teorian, joka tarjoaisi kattavan selityksen vigilanssi-ilmiölle, pitäisi sisältää informaatioketjun kaikki vaiheet. Informaation hukkaa ja vääristymistä kussakin vaiheessa on nykyisellä mittausmetodiikalla kuitenkin mahdotonta laskea tarkasti. Sen sijaan Alluisi (1970, 171-206) on esittänyt laskumetodin, jonka avulla voidaan määrittellä informaation hukka tai vääristyminen koko informaatiokulun aikana. metodi tarjoaa vain uuden tavan kuvata muutos, joka tapahtuu vigilanssikokeen aikana. Toistaiseksi kirjallisuudesta ei löydy, Alluisin omaa esimerkkiä lukuunottamatta, tutkimuksia, joihin tätä kuvailutapaa olisi käytetty. Pitkät, aikaa vievät laskutnimitukset selittänevät haluttomuuden esittää tulokset informaatioteorian viitekehksessä.

## 5. TUTKIMUSSUUNNITELMA

### 5.1. Koeasetelma

Detektioita ja reaktioaikoja ei ole kovin mielekästä vertailla tutkimuksessa, jossa käytetään vain hetkellistä signaalia. Pitkät reaktioajat jäävät tällöin pois, jos signaalia ei havaita. Jos taas signaalien detektioprosentti nousee lähelle 100:aa, ei valppauden herpaantumista ole saatu aikaan. Jos käytetään yksistään pysyvää signaalia, on vaikea määrittellä sitä aikarajaa hetkelliseen signaaliin verrattuna, milloin kyseessä on detektio milloin ei. Molempien käsittelyjen toistaminen samoilla koehenkilöillä taas tuo mahdollisia oppimis- ja käsittelyjärjestysefektejä, jotka saattavat sotkea tulkintaa.

Koska observointireaktiot ovat tärkeitä vigilanssitilanteessa, ne haluttiin ottaa mukaan. Hollandin (1958) operationaalistamismenettelyn avulla saadaan koetilanteeseen mukaan mielekästä toimintaa, joka tuo laboratoriokekeen lähemmäksi useita työelämän tilanteita.

Kumpikin variaabeli on jäänyt lähes kartoittamatta vigilanssitutkimuksissa. Suurin osa tutkimuksista on tehty hetkellisellä signaalilla ja vain muutamia pysyvällä (Teikari 1968). Tekijä ei ole onnistunut löytämään tutkimusta, jossa olisi vertailtu hetkellisen ja pysyvän signaalin aiheuttamia eroja suoritusmitoissa, ennenkaikkea reaktioajoissa. Kun hetkellisen signaalin kestoajaa on vaihdeltu 0.2 sekunnista 2 sekuntiin, ovat detektiomäärät nousseet (Adams 1956; Baker 1963b, c; Davenport 1968; Mackworth 1963). Observointireaktioiden tekemisestä aiheutuvan aktivoinnin vaikutuksia ei myöskään ole vertailtu tutkimuksissa. Siksi hypoteesit riippumattomien variaabeleiden aiheuttamista vaikutuksista oli johdettava vigilanssiteorioista. Koetilanteen pituudeksi otettiin 2 tuntia, koska se vastaa tavallisinta työjaksoa teollisuudessa. Näin päädyttiin seuraavaan koeasetelmaan:

observointi- reaktioita tehtiin A	signaali- laatu B	aikajaksot(minuuteissa) C				
		0-30 $c_1$	30-60 $c_2$	60-90 $c_3$	90-120 $c_4$	
ei $A_1$	hetkelli- nen $B_1$					ryhmä 1
	pysyvä $B_2$					ryhmä 2
kyllä $A_2$	hetkelli- nen $B_1$					ryhmä 3
	pysyvä $B_2$					ryhmä 4

Kuvio 10. Koeasetelma

## 5.2. Ongelma-alueet, teorioitten yhteenvedot ja hypoteesit

Ongelma-alue 1. Tapahtuuko kahden tunnin visuaalisessa vigilanssitehtävässä valppauden herpaantumista ja miten se ilmenee eri mittareilla mitattuna? Odotusteorian mukaan valppauden herpaantumista tapahtuu, koska signaalien väliaikajakautumassa on riittävästi variaatiota ja satunnaisesti alkuvaiheessa huomaamatta jääneet signaalit vääristävät seuraavien signaalien tuloajan arviointia. Vireystilateorian mukaan valppauden herpaantumista tapahtuu, koska monotoninen pitkäaikainen tarkkailu aiheuttaa kortikaalisen toiminnan vähenemistä. Observointireaktioteorian mukaan valppauden herpaantumista tapahtuu, koska signaaleja tulee niin harvoin, että niiden palkkioarvo ei riitä säilyttämään tarpeeksi intensiivistä observointikäyttäytymistä. Signaalidetektioiteorian mukaan  $\beta$ -arvot kasvavat ja  $d'$ -arvot vähenevät ajan kuluessa visuaalisessa tehtävässä.

Edellä ennustetun valppauden herpaantumisen tulisi näkyä ajan kuluessa seuraavasti:

- detektiomäärät laskevat,
- väärin detektioiden määrä laskee,
- reaktioajat pitenevät,
- observointireaktioiden määrä laskee,
- $d'$  pienenee,
- $\beta$  kasvaa,
- GSR-konduktanssi pienenee,
- spontaanien GSR-reaktioiden määrä laskee,
- GSR-amplitudit oikeisiin detektioihin pienenevät ja
- observoitu tarkkaavaisuus vähenee.

Hypoteesina oli tämänmukaisesti: Jos vigilanssi-ilmiö on keskushermostollinen tapahtuma, jota kaikki mittarit validisti kuvaavat, pitäisi muutosten näkyä edellä kuvatulla tavalla. Mikäli riippumattomien variaabeleiden variointi aiheuttaa muutoksia vigilanssisuorituksessa, pitäisi mittareiden ilmoittaa se johdonmukaisesti kunkin ryhmän sisällä. Mikäli näin ei tapahdu, mittarit kuvaavat vain jotain vigilanssi-ilmiön osa-aluetta tai jotain irrelevanttia asiaa, ja mittareiden validisuus koko ilmiön kuvaamiseen ei ole riittävä.

Ongelma-alue 2. Miten signaalin laatu ja observointireaktioiden tekeminen vaikuttavat valppauden herpaantumiseen tehtävääjan ku-



luessa? Odotusteorian perusteella pysyvän signaalin ryhmissä koehenkilöt eivät kadota yhtään signaalia, joten heidän subjektiivinen tempo-raalinen odotuskenttensä vastaa paremmin todellista signaalikenttää kuin hetkellisen signaalin ryhmissä. Ajan arviointivirheet aiheuttavat kuitenkin suoritustason laskua myös pysyvän signaalin ryhmissä; se on tosin pienempää kuin hetkellisen signaalin ryhmissä. Fyysinen aktivointi ei vaikuta valppauden herpaantumiseen tai säilymiseen odotusteorian mukaan. Odotusteoriasta johdettiin seuraava hypoteesi: Koehenkilöt ovat keskimäärin valppaampia pysyvän signaalin ryhmissä (2 ja 4) kuin hetkellisen signaalin ryhmissä (1 ja 3). Molemmissa ryhmissä suoritustaso heikkenee, mutta se on suurempaa hetkellisen signaalin ryhmissä. Mittareissa tämä näkyy edellisessä ongelmalueessa kuvatulla tavalla.

Vireystilateorian mukaan signaalin pysyvyydellä tai hetkellisyydellä ei ole vaikutusta valppauden herpaantumiseen ajan kuluessa, koska signaalit ovat toistuvia ärsykeitä. Habituoituminen ja vireystilan lasku heikentävät samansuuntaisesti suoritustasoa, koska uusia ärsykeitä ei esiinny tehtävän kuluessa. Observoiminen pitää vireystilaa yllä kauemmin, ja vireystaso on korkeampi kuin tavallisessa vigilanssitehtävässä. Erityisesti tämän pitäisi näkyä fysiologisissa mittauksissa. Jos aktivointi on ollut riittävää, sen pitäisi näkyä myös suoritustasossa. Vireystilateoriasta johdettiin seuraava hypoteesi: Koehenkilöt ovat keskimäärin valppaampia observointireaktioita tekevissä ryhmissä (3 ja 4) kuin ryhmissä, jotka eivät tee observointireaktioita (1 ja 2). Molemmissa ryhmissä vireystila ja suoritustaso heikkenevät, mutta muutos on suurempaa ryhmissä 1 ja 2.

Observointireaktioteorian perusteella pysyvän signaalin ryhmissä koehenkilöt saavat kaikki mahdolliset vahvistukset. Siksi observointireaktioiden määrä pysyy kokonaisuutena korkeammalla eikä todennäköisesti laske ajan kuluessa, kuten hetkellisen signaalin ryhmissä. Koska henkilöt tekevät enemmän observointireaktioita, sen pitäisi heijastua myös suoritustasossa, jos mittarit kuvaavat samaa ilmiötä. Fyysinen aktivointi ei vaikuta observointireaktioiden tekemiseen. Observointireaktioteoriasta johdettu hypoteesi oli seu-

raava: Koehenkilöt tekevät enemmän observointireaktioita ja suoriutuvat keskimäärin paremmin vigilanssitehtävissä, jossa signaali on pysyvä (ryhmät 2 ja 4) kuin tehtävissä, jossa signaali on hetkellinen. Suoritusaso heikkenee hetkellisen signaalin ryhmissä, mutta ei välttämättä pysyvän signaalin ryhmissä.

Signaalidetektioiteorian mukaan pysyvän signaalin ryhmissä henkilöt saavat varmemman havainnon oikeasta signaalista kuin hetkellisen signaalin ryhmissä. Tämä parantaa todennäköisesti detektioiden tekoa ja ehkä vähentää hieman vääriä detektioita. Kokonaisuutena päätöksentekokriteeri tiukkenee tai observointikäyttäytyminen heikkenee tehtävääjan kuluessa. Fyysinen aktivoiminen saattaa lisätä kohinaa sensorisessa järjestelmässä ja siten heikentää signaalin havaitsemista. Kokeen kuluessa jalkapolkimen aiheuttama kortikaalinen aktivaatio ilmeisesti pienenee. Siksi kokeen alussa suorituksen pitäisi olla parempi ryhmissä, jotka eivät tee observointireaktioita, mutta kokeen loppuosassa suorituksissa ei ole eroa. Diskriminaatioherkkyys vähenee tai väsymistä tapahtuu ilmeisesti kokeen aikana, koska tehtävä on visuaalinen. Myös dynaaminen signaali kuormittanee silmiä. Signaalin pysyvyydellä tai aktivoimisella on tuskin vaikutusta  $d'$ -arvoihin. Signaalidetektioiteoriasta johdettu hypoteesi oli:  $\beta$  kasvaa nopeimmin ryhmässä 3, sitten ryhmässä 1, sitten ryhmässä 4 ja vähiten ryhmässä 2.  $\beta$  kasvaa kuitenkin kaikissa ryhmissä. Detektioita tehdään enemmän ja vääriä detektioita vähemmän ryhmäjärjestyksessä 2, 4, 1 ja 3. Molempien määrät vähenevät kuitenkin tehtävääjan kuluessa. Tunnusluku  $d'$  pienenee ajan kuluessa kaikissa ryhmissä.

Ongelma-alue 3. Miten signaalin laatu vaikuttaa reaktioaikoihin ja miten se muuttaa reaktioaikojen ja toisten suoritusmittojen välistä riippuvuutta? Kun signaali tehdään pysyväksi, vigilanssisuorituksen reaktioajoista saadaan kaikki informaatio kerättyä. Hetkellisen signaalin käyttö karsii juuri tärkeimmän osan pois. Siksi korrelaatiot ovat useissa tutkimuksissa vaihdelleet esim. detektioiden kanssa positiivisesta negatiiviseen. Hypoteesina oli täten: Kun signaali on pysyvä (ryhmät 2 ja 4), reaktioajat pitenevät tehtävän kuluessa. Hetkellisen signaalin ryhmissä reaktioajat eivät muutu tehtävääjan kuluessa. Tämän vuoksi reaktioajat korreloivat negatiivisesti detektio-

määriin pysyvän signaalin ryhmissä, mutta riippuvuus on pientä, kun signaali on hetkellinen.

Ongelma-alue 4. Onko löydettävissä riippuvuuksia vigilanssi- ja persoonallisuusrajoitusten välillä, ja onko mahdollista persoonallisuusrajoituksesta käsin selittää eroja vigilanssitehtävän suorituksessa? Lisäksi haluttiin selvittää, millaisia tuntemuksia vigilanssikokeen suorittaminen herättää koehenkilössä.

Ongelma-alue 5. Miten flicker-fusion-ilmiön avulla lasketut signaalidetektioiteorian tunnusluvut  $d'$  ja  $\beta$  muuttuvat kahden tunnin vigilanssitehtävän suorittamisen johdosta? Vaihtoehtoja on kaksi: a) Palautuminen on vigilanssitehtävän ja flicker-fusion-tehtävän väliaikana niin nopeaa, että muutosta ei tapahdu, tai b)  $d'$  laskee, joka on merkinä siitä, että vigilanssitehtävä on kuormittanut silmiä siten, että diskriminaatioherkkyys on vähentynyt.  $\beta$  nousee tai laskee, joka on merkinä siitä, että vigilanssitehtävä on vaikuttanut päätöksentekokriteerin muuttamiseen myös toisessa tehtävässä.

## 6. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

### 6.1. Koehenkilöt

Koehenkilöinä oli 40 autosotamiestä Kaartin pataljoonan autokomppaniasta. Heidät valittiin 58:sta kahden saapumiserän autosotamiehestä, jotka osallistuivat psykologisiin testeihin. Henkilöt verrannettiin Nesi-inventaariosta (Epi-C) saaduilla N-, S- ja I-skaaloilla neljään ryhmään (N=10) siten, että ryhmien keskiarvot kullakin skaalalla olivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Ryhmät oli tarkoitettu saada näiltä ominaisuuksiltaan tasavertaisiksi (liite 2). Yksisuuntainen varianssianalyysi osoitti verrannan onnistuneen. Tutkimuksen empiirinen osa suoritettiin keväällä 1973.

58.

## 6.2. Koetilanne

### 6.2.1. Koesarjan tapahtumajärjestys

Koehenkilö suoritti vigilanssitehtävän joko aamu- tai iltapäivällä (liite 2). Aamupäivällä koesarjan suoritus aloitettiin noin klo 8.00 ja iltapäivällä noin klo 12.00. Suoritusjärjestys oli seuraava: tutustuminen koehuoneeseen 5 min, syke- ja GSR-elektrodien kiinnitys ja kalibrointi 10-15 min, elektrodermaalisten komponenttien tutkimus ja UCS-todennäköisyystutkimus aktiivisessa ehdollistamistilanteessa (Lyytinen 1974, koe 3) n. 30 min, flicker-fusion-koe n. 20 min, vigilanssikokeen instruktio ja harjoittelu n. 10 min, vigilanssikoe 2 t, flicker-fusion-koe n. 20 min ja kyselylomakkeiden täyttö n. 20 min. Koesarjan toteuttaminen kesti yhden koehenkilön osalta noin 4 tuntia.

### 6.2.2. Laitteisto

Laitteisto rakennettiin yhteistyössä bioelektroniikan laboratorion edustajien (diplomi-insinöörit Bjarland, Iloranta, Järvinen) kanssa. Tarkoituksena oli siirtää mittaustulokset suoraan reikänauhalle ohjauslogiikan avulla. Kolmen vuoden rakennusvaihe ei kuitenkaan riittänyt, vaan tiedot jouduttiin osittain keräämään piirturipaperilta. Lisäksi kokeiden aikana ilmenneiden vikojen vuoksi jouduttiin 4 koehenkilön suoritus keskeyttämään ja heidät korvattiin uusilla koehenkilöillä.

GSR-reagointi mitattiin Hagforsin (1964) periaatteella rakennettua vakiojännitesiltaa käyttäen. Antureina käytettiin Beckmanin 8 mm läpimittaisia hopea- ja hopeakloridielektrodeja, jotka kiinnitettiin koehenkilön 'huonomman' käden keski- ja etusormen ylimpään nivelväliin. Pastana käytettiin NaCl-elektrodipastaa, joka valmistettiin apteekissa Edelbergin (1967) ohjeiden mukaan. Iho puhdistettiin propanolilla ja hiekkapaperilla ennen elektrodien kiinnittämistä.

Detektiot ilmoitettiin painamalla kädessä olevaa nappulaa. Reaktioaika signaalin esiintymisestä reagointiin mitattiin ohjauslogiikkaan rakennetun sisäisen kellon avulla, jossa laskurina oli Daven digitaalinen yleislaskuri (Tyyppi 901 A). Observointireaktiot mitattiin jalkapolkimen painalluksien lukumääränä. Koehenkilöä kuvattiin kahdella TV-kameralla sekä suoraan että peilien välityksellä. Kahdeksan minuutin pituista näytettä tallennettiin kuvanauhurille. Kohinageneraattori antoi 55 dB:n valkoista kohinaa vigilanssikokeen aikana.

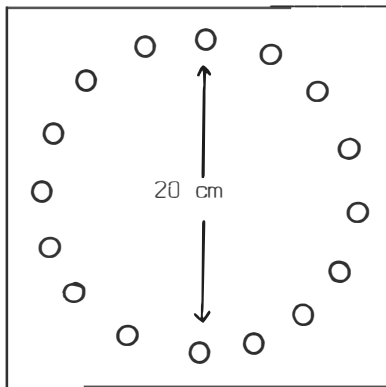
Ohjauslogiikan avulla tulostettiin Hewlett-Packardin Teletype-tietokonepäänteen rivikirjoittimelle ja reikänuhalle seuraavat mittaukset: signaalin esiintymisaika, reaktioaika signaaliin, keskimääräinen sykkeiden väliaika 10 sekunnin aikajaksoissa, väärin detektioiden ajankohta ja detektiot reaktioaikojen perusteella.

8-kanavaiselle Lumiscript-piirturille taltioitiin: GSR-mittaukset, observointireaktioiden määrä erillisinä 'piikkeinä', signaalin esiintymisajankohta 'piikkinä', detektiot 'piikkinä' ja väärät detektiot 'piikkinä'. Reaktioaika voitiin laskea signaali- ja detektiopiikin välisenä aikana. UV-piirturin paperin nopeus oli 1.25 mm/sek. Signaalien aikana paperinopeus oli 10 mm/sek, jotta reaktioaika voitiin arvioida, mikäli tietokonepääntteessä oli häiriöitä. TV-seuranta suoritettiin Sonyn laitteilla ja taltioitiin kuvanauhurille. Flicker-fusion-kokeen järjestelyt selviävät liitteessä 3.

Vigilanssitehtävässä koehenkilöt tarkkailivat valopistettä, joka siirtyi reiästä toiseen tasaisella vauhdilla. Täysi ympyrä vei aikaa 8.4 sekuntia. Valo oli näkyvissä yhdessä reiässä 0.525 sekuntia. Tämä nopeus havaittiin esikokeissa sopivaksi, jotta toisaalta tehtävästä tulisi riittävän vaikea ja toisaalta, ettei koehenkilön silmiä ja havaintokykyä rasitettaisi kohtuuttomasti liian nopealla pyörimisliikkeellä. Kukaan koehenkilöistä ei kertonut pahoinvointioireista. Laitte rakennettiin Teknillisessä korkeakoulussa tätä tutkimusta varten. Esikuvana käytettiin Bergumin ja Lehrin (1962b) tutkimuksissaan käyttämää laitetta (kuvio 11).

Signaaliin reagoitiin painamalla käsinappulaa paremmalla kädellä. Valaisureaktio saatiin aikaan sammuttamalla valopiste. Koehenkilö saattoi tällöin seurata tapahtumaa painamalla jalkapoljinta,

60.



Näyttölaitteen etupaneli näytti seuraavalta:

- reiän (16 kpl) väri valossa oli kirkas punainen,
- sammuneena väri oli himmeän punainen,
- laatikon väri oli harmaa,
- taululevyn valaistusvoimakkuus oli 15 lx,
- valopisteen valovoimakkuus oli 250 lx,
- reiän läpimitta oli 1.5 cm

Kuvio 11. Näyttölaite

joka näytti valopisteen liikettä yhdellä painalluksella kahden sekunnin ajan. Nappulan painaminen valon palaessa ei jatkanut valaisuaikaa, vaan se piti suorittaa vasta valon sammuttua. Tämä takasi sen, että seurataksien koetta säännöllisesti, koehenkilön piti reagoida jatkuvasti, koska varastoon ei saanut valaisuaikaa.

Koehenkilö istui pehmustetulla tuolilla, josta hän ei voinut nousta ylös mittauslaitteiden kiinnitysten vuoksi. Tarkkailtava laite oli yhden metrin päässä henkilöstä kasvojen tasolla. Taustalla oli tumma seinä kahden metrin päässä koehenkilöstä.

### 6.2.3. Signaali

Signaalina oli valopisteen hyppäys yhden reiän yli. Signaali oli siis visuaalinen ja dynaaminen. Tähän kuuluva aika oli sama kuin valopisteen normaali siirtyminen seuraavaan reikään. Koehenkilölle näytettiin ennen koetilannetta kaksikymmentä signaalia, joihin hän sai reagoida. Kaikki koehenkilöt oppivat vaivatta tehtävän harjoituskerroilla.

Signaalit ohjelmoitiin Mackworthin käyttämän ohjelman mukaisesti, jotta tuloksista saataisiin vertailukelpoisia aikaisempiin tutkimuk-

siin. Keskimääräinen signaalien esiintymistiheys oli kerran 2.5 minuutissa ja signaalit vaihtelivat aikavälillä 45 sekuntia - 10 minuuttia (liite 1). Koeaika oli kaksi tuntia. Ohjelma kesti 30 minuuttia ja se toistettiin neljä kertaa. Signaalit oli ohjelmoitu magnetofonille, joka ohjasi koetta.

Observointiyksiköiksi valittiin 4 peräkkäistä valonväläystä joihin kuuluva yhteisaika oli 2.1 sekuntia. Tavallisesti on suositeltu käytettäväksi yksikkönä kahta peräkkäistä ärsyketapahtumaa visuaalisessa vigilanssitilanteessa. On kuitenkin havaittu, että signaalidetektio-teorian tunnuslukujen muutos ilmenee samanlaisena, vaikka observointiyksiköksi valitaan 4 peräkkäistä ärsykeyksikköä, koska signaalien suhde taustaärsyketapahtumiin on vigilanssitehtävissä hyvin pieni. Tällä metodilla d'-arvojen on todettu kauttaaltaan pienenevän. Tässä tutkimuksessa ärsyketiheys oli siis 809/30 min. ja maksimisignaalinäärä 12 puolessa tunnissa. Esitettyjen signaalien ja muiden ärsyketapahtumien suhde oli  $12/797 = 0.015$ . Observointiyksikön määräämistä 2.1 sekunniksi (4 valonväläystä) puolsivat myös detektion katkaisuraja 2.0 sekuntia reaktioajan perusteella ja yhden observointireaktion aiheuttaman valaisun pituus 2.0 sekuntia.

#### 6.2.4. Instruktio

"Aluksi otan sinulta kellon pois. Katsopa tänne. Näet edessäsi valopisteen, joka kulkee ympyrää siirtyen reiästä toiseen säännöllisesti. Joskus saattaa käydä niin, että valo hypähtää yhden reiän yli, siis näin (näytettiin). Sinun tehtäväsi on seurata valopisteen kulkua ja painaa tätä nappulaa, jota pidät kädessäsi, niin nopeasti kuin ennätät, kun huomaat valopisteen hyppäävän yhden reiän yli. Teemme harjoitustehtävän ja katsomme, miten se onnistuu (harjoiteltiin 20 signaalilla).

Voit kuvitella olevasi tehtaan valvontahuoneessa työssä ja tehtäväsi on valvoa yksin erittäin kallista ja tärkeää konetta. Valopisteen hypäys valotaulussa on merkki siitä, että kone ilmoittaa vakavasta toimintahäiriöstä, joka saattaa keskeyttää tehtaan toiminnan. Sinä voit kuitenkin estää sen painamalla nappulaa mahdollisimman nopeasti, jolloin tilanne korjautuu. Tee tehtävää seuraten sitä tarkasti koko ajan, vaikka se välillä saattaakin väsyttää.

Kolmasosa parhaiten suoriutuneista koehenkilöistä palkitaan 20 markalla. Sinun kannattaa yrittää parhaasi loppuun asti. Sinun ei myöskään kannata kertoa kavereillesi, mitä täällä tapahtuu, koska se voi huonontaa mahdollisuuksiasi palkkioon. Tätä kättäsi sinun tulee pitää mahdollisimman liikkumatta tämän pehmustetun levyn päällä (GSR-käsi). Et myöskään saa nousta seisomaan, ennenkuin tulen huoneeseen uudestaan. Koe alkaa, kun poistun huoneesta."

Jos henkilö suoritti observointireaktioita, alkoi instruktio jalkapolkimen esittelyllä. "Aluksi otan sinulta kellon pois. Katsopa tänne. Näet täällä lattialla jalkapolkimen. Kokeile painaa sitä (jalkapoljin asennettiin oikeaan paikkaan ja asentoon kullekin koehenkilölle). Aina, kun painat jalkapoljinta, alkaa valo hyppiä edessäsi olevassa taulussa hetken aikaa ja sammuu sitten. Siksi sinun tulee painella jalkapoljinta yhtämittaa saadaksesi valopisteen pysymään näkyvissäsi koko ajan. Voit vaihtaa jalkaa kokeen aikana, jos painaminen alkaa väsyttää. (Harjoiteltiin jalkapolkimen käyttöä, kunnes valopiste saatiin pysymään näkyvissä ja sen kulkua osattiin seurata). Näet edessäsi valopisteen, joka kulkee ympyrää siirtyen reiästä toiseen säännöllisesti. Joskus saattaa..."

Loppu instruktioista oli sama kuin ryhmillä, jotka eivät tehneet observointireaktioita. Instruktioita ei luettu paperista, vaan se kerrottiin koehenkilölle samalla näyttäen ja harjoitellen. Jokainen koehenkilö sai lisäksi 5 markan osallistumispalkkion.

### 6.3. Muuttujat

#### 6.3.1. Riippumattomat muuttujat

Riippumattomina muuttujina varioitiin kahta tehtävämuuttujaa. Ensimmäinen oli signaalin kesto, joka sai kaksi arvoa. Signaali oli hetkellinen ( $B_1$ ), kun valopiste hypähti vain yhden reiän yli havaitsipa koehenkilö sitä tai ei. Signaali oli pysyvä ( $B_2$ ), kun valopiste kulki hyppien joka toisessa reiässä, kunnes koehenkilö reagoi siihen. Toinen oli observointireaktioiden (valaisureaktio) suorittaminen, jossa oli myös kaksi luokkaa. Henkilö suoritti observointireaktioita ( $A_2$ ) painaen jalkapoljinta, jolloin valopisteen liikettä saattoi seurata yhdellä painalluksella kahden sekunnin ajan. Henkilö ei suorittanut observointireaktioita ( $A_1$ ), jolloin valopiste oli näkyvissä koko ajan.



### 6.3.2. Riippuvat muuttajat

Detektiolla tarkoitettiin signaalin havaitsemista ja reagointia siihen enintään kahden sekunnin reaktioajalla. Rajaan päädyttiin, koska kolmannen ryhmän suorituksissa oli runsaasti vääriä detektioita, jotka olisivat muuten saattaneet sotkeutua oikeisiin. Toisena perusteena oli yhden valaisureaktion kesto, joka oli myös kaksi sekuntia. Samoin tiukahko aikaraja auttoi vertaamaan ryhmiä, joissa oli hetkellinen signaali (1 ja 3), ryhmiin, joissa oli pysyvä signaali (2 ja 4). Näin saatiin myös detektioestimaatti jälkimmäisille ryhmille. Detektion lisäedellytyksenä oli, että valaisureaktioita tehtiin signaalin aikana. Pelkkä reaktio ei riittänyt ryhmissä 3 ja 4 (Teikari 1975).

Vääriä detektioita olivat reaktiot, joita ei tehty kahden sekunnin kuluessa signaalin esittämisestä. Samoin vääriä detektioita olivat kaikki reaktiot, joiden aikana ei tehty valaisureaktioita (Teikari 1975).

Reaktioajalla tarkoitettiin signaalin alkamishetkestä reagointiin kuluvaa aikaa. Reaktioaikaa ei saatu ryhmissä 1 ja 3 niille signaaleille, joita ei havaittu. Pysyvän signaalin ryhmissä reaktioajan yläestimaattina pidettiin 999.90 sekuntia, mikäli reaktioita ei tämän ajan sisässä tehty. Menettely supisti todellista hajontaa, mutta jos näin ei olisi tehty, reaktioajat olisi pitänyt korvata puuttuvilla tiedoilla. Tämä olisi vääristänyt tuloksia vielä enemmän (Teikari 1975).

Observointireaktiolla tarkoitettiin yhtä painallusta jalkapolkimella, joka antoi mahdollisuuden seurata valopisteen liikettä kahden sekunnin ajan. Yksikkönä käytettiin observointireaktioiden määrää minuutissa (Teikari 1975).

Koehenkilöiden tarkkaavaisuutta seurattiin TV-kameroiden avulla. Kunkin henkilön suorituksesta otettiin 8 yhden minuutin otosta (liite 1). Havaintoja saatiin kaksi jokaiselta puolen tunnin jaksolta, toinen alkuosasta, toinen loppuosasta. Havainnot tehtiin ohjelman vastinkohdista kullakin puolen tunnin jaksolla. Pisteistyksen suoritti TV-nauhalta kolme henkilöä toisistaan riippumatta. Pisteistys suoritettiin skaalalla, jossa oli neljä luokkaa:

1) Nukkuu, silmät kiinni tai seuraa tehtävää vähemmän kuin 10 % ajasta (häiriintynyt havainnointi), 2) silmät ajoittain kiinni, seuraa tehtävää 11-70 % ajasta, päättä vaikea pitää pystyssä (hajaantunut havainnointi), 3) silmiä on vaikea pitää auki, räpyttelee silmiään, seuraa tehtävää 71-90 % ajasta (hajaantunut havainnointi) ja 4) täysin valpas tai pientä valppauden herpaantumista vähemmän kuin 10 % ajasta (valpas havainnointi) (Vertaa Jerison ym. 1965).

Mittaluvuksi valittiin, jos pisteistäjät eivät olleet yksimielisiä, se luokka, johon kaksi henkilöä oli sijoittanut observointijakson tai keskimäinen luokka, jos kaikki olivat eri mieltä (Teikari 1975). Yksikkönä käytettiin tuloksäsitelyssä keskiarvoa kahdesta observointijaksosta puolen tunnin aikana (Teikari 1975).

GSR-mittaukset suoritettiin Hagforsin (1964) periaatteiden mukaan rakennetulla laitteistolla. Analysoinnissa olivat mukana seuraavat tunnusluvut: GSR-konduktanssi, josta käytettiin tunnuslukuina alku- ja lopputason lisäksi keskimääräistä tasoa kunkin puolen tunnin aikana (Teikari 1975). GSR-reaktioiden lukumäärä puolessa tunnissa. Kriteeri GSR-reaktiolle saatiin siten, että laskettiin ensimmäisen 30 minuutin ajalta kaikkien reaktioiden keskiarvo koehenkilölle. Keskiarvoa sivuavat tai sen ylittävät reaktiot laskettiin mukaan GSR-reaktioihin. Näin saatiin estimaatti puolen tunnin jaksolle. Detektioista syntyviä reaktioita ei otettu mukaan (Teikari 1975). Keskimääräinen GSR-reaktion amplitudi oikeaan detektioon. Käsitely-yksikkönä käytettiin amplitudien keskiarvoa puolessa tunnissa (Teikari 1975). Pisteistys suoritettiin piirturipaperilta mittaamalla millimetreinä reaktion amplitudit signaalia edeltävästä tasosta. GSR-reaktion oli esiinnyttävä viiden sekunnin kuluessa signaalista, jotta se katsottiin kuuluvaksi detektioon. Millimetrit muunnettiin kunkin henkilön vahvistustason mukaan mikrosiemenseiksi ( $\mu$ s).

Signaalidetektioiteorian tunnusluvut laskettiin kultakin puolen tunnin jaksolta. Mikäli detektioita tai vääriä detektioita oli nollla kappaletta, otettiin estimaatiksi 0.5, kuten Jerison ym. (1965) suosittelivat. Tämän jälkeen laskettiin suhdeluvut ja etsittiin  $d':n$  ja  $\beta:n$  arvot Freemanin (1973) taulukoista (Teikari 1975). Lisäksi arvioitiin  $d':n$  ja  $\beta:n$  muuttumista flicker-fusion-kokeen avulla, joka suoritettiin ennen vigilanssitehtävän alkua ja välittömästi sen

päätyttyä (Teikari 1975). Laitteiston oli rakentanut dipl.ins. Harri Laine (1972), joka oli tehnyt tutkimuksia laitteistollaan. Hän osallistui tämän koevaiheen suunnitteluun ja avusti toteuttamisessa.

Koehenkilöiden persoonallisuusmittaukset ja subjektiivisten tuntemusten mittaaminen tapahtui kahdessa jaksossa. Noin kaksi viikkoa ennen vigilanssikokeiden alkua suoritettiin 58:lle autosotamiehelle joukko psykologisia testejä, joiden perusteella (Nesi) ensinnäkin valittiin ja verrannettiin koehenkilöt vigilanssikokeeseen ja toisaalta pyrittiin kartoittamaan taustamuuttujia, joiden avulla vigilanssi-ilmiötä voitaisiin selittää tarkemmin. Tässä yhteydessä suoritettiin seuraavat testit: Bourdon-Wiersman pisteiden yliviivauskoe Strelaun kyselylomake psykofyysisistä reaktiomalleista ja Hidden figures-testi. Autokompaniasta saatiin jokaisen koehenkilön armeijan peruskokeen tulokset. Vigilanssikokeen jälkeen kukin koehenkilö teki kaksi tehtävää: Antoi aika-arvion kokeen kestosta aika-ulottuvuudella ja täytti japanilaisten kehittämän fyysisiä ja psyykkisiä tuntemuksia käsittelevän kyselylomakkeen.

Bourdon-Wiersman pisteiden yliviivauskoetta on käytetty Suomessa lähinnä Työterveyslaitoksessa eri testipattereiden yhteydessä mittaamaan havaintonopeutta ja -tarkkuutta. Varsinaisia tutkimusraportteja ei sen käytöstä ole tehty, vaan kokemukset perustuvat sommituntumaan. Tällöin sen on havaittu antavan tietoa lähinnä persoonallisesta työtemposta.

Tässä tutkimuksessa testin suoritus aika oli 20 minuuttia ja henkilöt vetivät poikkiviivan papereihinsa joka viides minuutti. Näin voitiin seurata koehenkilöiden suoritusta neljässä viiden minuutin jaksossa. Tehtävästä laskettiin seuraavat tunnusluvut: yliviivattujen rivien lukumäärä/5 minuuttia, virheiden lukumäärä/5 minuuttia ja suhdeluku: virheet/rivien lukumäärä. Koska 5 minuutin jaksojen välillä ei ollut selviä muutoksia, tässä tutkimuksessa käytettiin vain kullekin muuttujalle laskettuja summa-arvoja 20 minuutin ajalta sekä erotuspistemääriä, jotka saatiin vähentämällä viimeisen jakson tulos ensimmäisestä jaksosta (liite 4). Puolitusreliabiliteeteiksi saatiin: B-W virheet  $r_{tt} = 0.90$ , B-W rivit  $r_{tt} = 0.77$ , B-W suhde  $r_{tt} = 0.88$ .

Strelaun (1972) kehittämää kyselylomaketta ihmisen hermostosyste-

min reaktionmalleista päätettiin kokeilla tutkimuksessa. Lomake sisältää 134 kysymystä, jotka jakautuvat kolmelle Pavlovilta lainatulle ulottuvuudelle: 1) eksitaatio (strength of excitation = kuinka nopeasti oppii harjoittellessaan, kuinka nopeasti palautuu kuormituksen jälkeen, kuinka kauan pystyy keskittymään, kuinka sietää kipua jne.), 2) inhibitio (strength of inhibition = pystyykö keskeyttämään työnsä heti, jos tarvitsee, pystyykö kontrolloimaan tunteensa, pystyykö mukautumaan toisen hitaampaan työtahtiin, jos tarvitsee jne.) ja 3) mobilitaetti (mobility of nervous processes = kuinka helposti voi vaihtaa tehtävää toiseen, kuinka pian sopeutuu uuteen ympäristöön ja uusiin olosuhteisiin, kuinka helposti pystyy vaihtamaan tunnetilaansa, pitääkö työtä, jossa joutuu keskustelemaan useiden henkilöiden kanssa jne.).

Strelaun (1972) tutkimuksissa puolitusreliabiliteetit dimensioille ovat vaihdelleet 0.72:sta 0.93:een. Validiteettia on tarkasteltu korrelaatioina havainnointikortteihin (75 elämäntilannetta), joihin tiedot on kerätty käytännön elämässä. Tulokset ovat olleet tyydyttäviä, joskin inhibitio-skaala on näyttänyt epävakaalta (taulukko 2). Tässä tutkimuksessa laskettiin puolitusreliabiliteetit dimensioille ja tulokset olivat seuraavat: eksitaatio  $r_{tt} = 0.80$ , inhibitio  $r_{tt} = 0.46$  ja mobilitaetti  $r_{tt} = 0.83$  (liite 4).

Taulukko 2. Strelaun lomakkeen ulottuvuuksien korrelaatiot elämäntilannehavaintoihin (Strelau 1972)

	eksitaatio	inhibitio	mobilitaetti
ryhmä 1 (N = 14)	.75	.84	.66
ryhmä 2 (N = 27)	.49	.17	.53

Yhtenä testinä suoritettiin Witkinin kehittämä kätettyjen kuvioiden testi (Witkin 1960; Witkin ym.1954). Suoritus aika ryhmätestinä oli 8 minuuttia. Puolitusreliabiliteetiksi saatiin  $r_{tt} = 0.87$ , joka vastaa aikaisemmissa tutkimuksissa saatuja arvoja (liite 4).

Armeijalta saatiin käyttöön henkilöiden peruskokeiden pistemäärät. Testistöön sisältyy kolme tehtävää: P<sub>1</sub> -pistemäärä saadaan sanapari-testistä ja se mittaa lähinnä verbaalista lahjakkuutta (V). P<sub>2</sub> -pistemäärä saadaan Ravenin matriisityyppisestä kuviotehtävästä ja se mittaa lähinnä yleisälykkyyttä (G). P<sub>3</sub> -pistemäärä saadaan lukusarjatehtävästä ja se mittaa lähinnä numeerista päättelykykyä (N+R). P -arvo saadaan edellisten asteikkojen yhdistelmänä, ja sitä käytetään yleisälykkyyden mittana. Asteikkojen puolitusreliabiliteetit ovat armeijan selvitysten mukaan vaihdelleet 0.80 ja 0.90 välillä ja uusintatestausreliabiliteetit ovat keskimäärin olleet 0.70. Koehenkilöiden tulokset olivat saatavissa vain Stanine-asteikolle muunnettuna, ja ne vaihtelivat siis 0:n ja 9:n välillä (liite 4).

Välittömästi vigilanssikokeen jälkeen koehenkilöt antoivat arvionsa kokeen kestoajasta merkitsemällä rastin aika-ulottuvuuden vastaavaan kohtaan. Tämän jälkeen täytettiin japanilaisten kehittämä 30 kysymystä käsittävä kysymyslomake (liite 4). Mittari sisälsi kolme faktorimallia saatua ulottuvuutta: A) Heikentynyt aktivaatio, joka ilmenee tylsyytenä ja uneliaisuutena jne., B) heikentynyt motivaatio, joka ilmenee haluttomuutena työhön, vaikeutena keskittyä jne. ja C) projisoitunut fyysinen väsymys, joka käsittää rajoittuneita fyysisiä oireita, kuten päänsärky, hartioiden jäykkyys jne. Lomake on validoitu 9000 työtöksen avulla 18:sta eri työpaikasta (Kyoto symposium 1969; Yoshitake 1971). Skaalojen puolitusreliabiliteeteiksi saatiin: A:lle  $r_{tt} = 0.69$ , B:lle  $r_{tt} = 0.86$  ja C:lle  $r_{tt} = 0.40$ .

### 6.3.3. Kontrolloidut muuttujat

Signaalin ominaisuudet. Hetkellisen signaalin ryhmissä 1 ja 3 vakioitiin: Signaalin kesto (yksi ylihyppäys = 0.525 sekuntia), signaalifrekvenssi, joka oli 12 kappaletta/30 minuuttia, signaalien ja ärsykkeiden suhde, joka oli 0.015 ja signaalien väliaikajakautuma, koska Mackworthin puolen tunnin ohjelma toistettiin neljä kertaa. Pysyvän sig-

naalin ryhmissä koehenkilön havaitsemisnopeus muutti tilanteen jokaiselle koehenkilölle erilaiseksi. Sen sijaan ärsyketiheys oli kaikille sama, koska valon kulkunopeutta ei muutettu. Spatiaalisesti signaali esiintyi yhden tarkkailulevyn alueella, mutta vaihteli satunnaisesti eri reikien kohdalla.

Muista tehtävämuuttujista vakioitiin: Tehtävän kesto (2 tuntia), lepotaukoja ei ollut, tietoja tuloksista ei annettu kokeen aikana, palkkioita ja rangaistuksia ei annettu kokeen aikana ja harjoittelu, sillä jokainen koehenkilö reagoi 20:een signaaliin ennen kokeen alkua. Lisäksi jokainen koehenkilö oli suorittanut Lyytisen (1974) oppimiskokeen, joka kesti 25 minuuttia, samalla laitteistolla ja samalla signaalilla.

Ympäristömuuttujien vakiointiin käytettiin vaihtelevia keinoja. Koehuoneen lämpötila pyrittiin kokeen alkaessa säätämään 20-23<sup>o</sup> C välille. Tämä ei täysin onnistunut (liite 2). Koehenkilöiden lähettäjälle oli ilmoitettu, etteivät koehenkilöt saa olla vartiossa tai ajossa edellisenä yönä. Ilman suhteellinen kosteus pyrittiin säätämään kokeen alkaessa 44-48 % välille ilmankostuttimen avulla. Tämä ei täysin onnistunut (liite 2). Äänieristys huoneeseen saatiin tuottamalla valkoista kohinaa kohinageneraattorilla. Kohinan voimakkuus oli 55 dB:ia. Näin pyrittiin peittämään mahdolliset satunnaiset äänet, joita tuli käytävästä tai ulkoa. Valkoisen melun ei ole todettu vaikuttavan vigilanssisuoritukseen 50, 75 ja 90 dB:n voimakkuustasoilla (Blackwell & Belt 1971). Kellot otettiin pois kokeen ajaksi, jotta ns. loppuspurttia ei tapahtuisi. Myöskään kokeen kestoaikaa ei kerrottu koehenkilöille. (Alluisi & Hall 1963; Bergum & Lehr 1963b; Catalano 1973; Deese 1955).

Koehenkilömuuttujia kontrolloitiin myös usealla tavalla. Ikäjakautuma supistui koehenkilöiden laadun vuoksi 19 ja 24 vuoden välille. Kaikki koehenkilöt olivat miehiä. Koehenkilöt pyrittiin valitsemaan ryhmiin siten, että ryhmien keskiarvot neuroottisuus-, impulsiivisuus- ja sosiaalisuusulottuvuuksilla olivat mahdollisimman lähellä toisiinsa. Henkilötason verranta ei ollut mahdollista, koska etukäteen ei tiedetty, kuka koehenkilöistä kulloinkin oli tulossa, eikä kaikkia haluttuja henkilöitä voitu saada komennusten vuoksi. Impulsiivisuus- ja sosiaalisuusulottuvuuksien on havaittu kuvaavan Eysenckin ekstro-

versioulottuvuutta, mutta vain tarkemmin (Mäkinen 1968). Skaalojen puolitusreliabiliteeteiksi saatiin N:lle  $r_{tt} = 0.88$ , S:lle  $r_{tt} = 0.80$ , I:lle  $r_{tt} = 0.62$  ja L:lle  $r_{tt} = 0.53$ . Koehenkilöiden motivaatio tehtävän suorittamiseksi yritettiin vakioida lupaamalla kolmasosalle parhaiten suoriutuvista ylimääräinen 20 markan palkkio. Laboratoriokokeen motivaatiota on kuitenkin näillä keinoilla vaikea saada vastaamaan motivaatiota työelämässä, koska tilanne on hetkellinen (Blackwell & Halcomb 1970).

#### 6.4. Aineiston käsittely

##### 6.4.1. Reliaabelius

Mittareiden reliaabeliutta arvioitiin empiirisesti puolituskertoimien avulla, jotka laskettiin parittomien ja parillisten puolituntisten välille. Numeroarvoiksi saatiin detektioille 0.89, väärille detektioille 0.54, reaktioajoille 0.64, observointireaktioille 0.96, GSR-konduktanssille 0.88, GSR-reaktioiden määrälle 0.96, GSR-amplitudeille 0.98, tarkkaavaisuudelle 0.84,  $d$ :lle 0.87 ja  $\beta$ :lle 0.95. Arvoja voidaan pitää melko hyvinä. TV-observointien arvostelijareliabiliteeteiksi tarkkaavaisuutta pisteistettäessä saatiin kolmen henkilön välille seuraavat arvot: 1 ja 2,  $r = 0.89$ , 1 ja 3,  $r = 0.83$ , 2 ja 3,  $r = 0.86$ . Arvoja voidaan pitää TV-kuvan pienuuden huomioiden hyvinä. Flicker-fusionkokeessa puolitusreliabiliteetit olivat ennen vigilanssikokeetta  $d'$ :lle 0.91 ja  $\beta$ :lle 0.61 ja vigilanssikokeen jälkeen  $d'$ :lle 0.72 ja  $\beta$ :lle 0.68.

##### 6.4.2. Validius

Työn eräitä keskeisiä ongelmia oli vigilanssimittausten käsitteellinen validiteetti. Kun mitataan teoreettista käsitettä vigilanssi, voi-

daan kysyä, mikä tai mitkä vigilanssin operationaaliset mitat ovat teorian kannalta järkeviä. Tilanne muuttuu mutkikkaammaksi, kun selittäviä teorioitakin on useita, ja ne ovat osittain ristiriitaisia. Mitään empiirisiä validiteettikertoimia ei voitu laskea, vaan validiusongelmaa oli käsiteltävä kahdelta taholta: Ensiksikin, missä määrin mittarit mitaavat samaa ilmiötä (vigilanssi?) ja miten suuri osa mittareiden spesifistä varianssista kuvaa vigilanssi-ilmiötä ja toiseksi, miten loogisesti eri teorat saavat tukea eri mittareiden tuloksista (Valkonen 1971, 67-74).

Seuraavassa tarkastellaan validisuusongelmaa mittareiden interkorrelaatiomatriisien pohjalta. Koska laskuperustana oli kunkin henkilön keskiarvo koko vigilanssitehtävässä, korrelaatiot eivät kuvaa suures-tikaan mittaustuloksissa tapahtunutta muutosta tehtävän aikana, vaan pääasiassa suorituksen yleistasoa (taulukko 3, liite 15).

Detektiot näyttivät korreloivan merkitsevästi ( $p < .01$ ) tarkkaavaisuuden,  $d'$ :n ja observointireaktioiden kanssa. Eri ryhmien sisällä korrelaatio tarkkaavaisuuteen näytti olevan johdonmukaisesti positiivinen (0.50 - 0.90) samoin kuin observointireaktioihin (0.61 ja 0.65) ja  $d'$ :uun (0.82 - 0.93) (vrt. Holland 1958; Jerison & Wing 1963, 37). Ristiriitaiset tutkimustulokset detektioiden ja reaktioaikojen välillä näyttivät saavan odotetun selvityksen, kun tarkasteltiin signaalin laatua. Pysyvän signaalin ryhmissä 2 ja 4 oli suuret negatiiviset korrelaatiot (-0.77 ja -0.54). Hetkellisen signaalin ryhmissä 1 ja 3 korrelaatiot vaihtuivat positiivisiksi (0.83 ja 0.19) (vrt. Loeb & Binford 1964).

Kaikkien henkilöiden väärät detektiot korreloivat merkitsevästi ( $p < .01$ )  $d'$ -ja  $\beta$ -tunnuslukujen sekä GSR-reaktioiden määrän ( $p < .05$ ) kanssa. Tulos oli johdonmukainen  $\beta$ :n osalta eri ryhmissä. Riippuvuus oli kuitenkin lähinnä teknistä, koska vääriä detektioita käytettiin  $d'$ :n ja  $\beta$ :n laskemiseen. Väärillä detektioilla näytti olevan hyvin vähän yhteistä varianssia toisten mittareiden kanssa. Eniten negatiivista riippuvuutta oli GSR-amplitudeihin ja tämä tuli ryhmässä 2 merkitseväksikin ( $p < .05$ ) (vrt. Chinn & Alluisi 1964; Deese 1955; Eason ym. 1965; Jenkins 1958; McGrath 1963b, 223).



Taulukko 3. Vigilanssimittareiden korrelaatiot keskimääräisellä suoritustasolla koko koehenkilöjoukossa

Mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Detektiot									
2. Väärät detektiot - 10									
3. Reaktioaika - 22 09									
4. Tarkkaavaisuus 46 <sup>XX</sup> 10 - 29									
5. GSR-konduktanssi 05 28 05 29									
6. GSR-reaktiot 03 31 <sup>X</sup> - 14 47 <sup>XX</sup> 56 <sup>XX</sup>									
7. GSR-amplitudit 12 - 15 - 05 24 62 <sup>XX</sup> 28									
8. d' 81 <sup>XX</sup> - 47 <sup>XX</sup> - 44 <sup>XX</sup> 37 <sup>XX</sup> - 12 - 04 17									
9. $\beta$ 05 - 65 <sup>XX</sup> - 23 - 15 - 15 - 19 18 36 <sup>X</sup>									
10. Observointireaktiot 64 <sup>XX</sup> - 04 - 30 58 <sup>XX</sup> 05 37 13 71 <sup>XX</sup> 37									

Variaabeleilla 1-9 oli  $N = 40$ , variaabelilla 10 oli  $N = 20$ .  
 Jos DF oli 38, niin  $r = 40$ ,  $p < 01^{XX}$  ja  $r = 31$ ,  $p < 05^X$ .  
 Jos DF oli 18, niin  $r = 56$ ,  $p < 01^{XX}$  ja  $r = 44$ ,  $p < 05^X$ .

Reaktioajat korreloivat negatiivisesti sekä tarkkaavaisuuden että  $d'$ :n ( $p < .01$ ) ja GSR-reaktioiden ( $p < .05$ ) kanssa koko koehenkilöjoukossa. Eri ryhmissä johdonmukaisuus, joskaan ei merkitsevyys, säilyi GSR-reaktioiden kanssa. Sen sijaan tarkkaavaisuus,  $d'$  ja detektiot korreloivat negatiivisesti ja merkitsevästi reaktioaikoihin, kun signaali oli pysyvä. Korrelaatiot vaihtuivat positiivisiksi tai muuttuivat lähes 0-korrelaatioiksi, kun signaali oli hetkellinen (vrt. Loeb & Binford 1964).

Tarkkaavaisuudella näytti olevan melko paljon yhteistä varianssia muiden mittareiden kanssa. Korrelaatiot olivat merkitseviä ( $p < .01$ ) detektioihin, GSR-reaktioihin ja observointireaktioihin sekä  $d'$ :uun ( $p < .05$ ) koko henkilöjoukossa. Eri ryhmissä korrelaatioiden merkitse-

vyys pieneni tai hävisi, mutta johdonmukaisuus säilyi. Reaktioaikoihin saatiin sen sijaan merkitsevät ( $p < .05$ ) negatiiviset korrelaatiot pysyvän signaalin ryhmissä ja lähes 0-korrelaatiot hetkellisen signaalin ryhmissä.

GSR-mittausten tunnusluvuilla näytti olevan keskenään positiiviset korrelaatiot, kuten odottaa saattoikin. Koko koehenkilöstössä GSR-konduktanssi korreloi merkitsevästi ( $p < .01$ ) sekä GSR-reaktioiden määrään että oikeiden detektioiden GSR-amplitudeihin. Eri ryhmissä tilanne näytti säilyvän johdonmukaisena, vain ryhmässä 1 GSR-reaktioiden määrä ja GSR-amplitudit korreloivat keskenään merkitsevästi ( $p < .01$ ). Ainoastaan GSR-reaktioiden määrä korreloi merkitsevästi muiden variaabeleiden kanssa koko koehenkilöstössä. Positiivinen riippuvuus oli johdonmukaisin tarkkaavaisuuden kanssa ja se oli merkitsevä ( $p < .01$ ) koko koehenkilöjoukossa. Signaalin pysyvyys näytti tuottavan positiivista riippuvuutta detektioihin.

GSR-konduktanssilla ei näyttänyt olevan johdonmukaisia yhteyksiä muihin variaabeleihin koko koehenkilöstössä, mutta eniten positiivista korrelaatiota oli kuitenkin tarkkaavaisuuteen ja vääriin detektioihin. Ei edes motorinen aktiivisuus näyttänyt johdonmukaisesti vaikuttavan konduktanssiarvoihin. Ryhmässä 1 GSR-konduktanssi korreloi yllättäen negatiivisesti sekä detektioiden ( $p < .05$ ) että  $d':n$  ( $p < .01$ ) kanssa. Muissa ryhmissä riippuvuus vaihtui positiiviseksi. GSR-amplitudi oikeisiin detektioihin korreloi johdonmukaisesti eri ryhmissä tarkkaavaisuuden kanssa ja positiivinen riippuvuus oli merkitsevä vain ryhmässä 3 ( $p < .05$ ) (vrt. Carr 1969; Dardano 1962; Malmo 1959; Milosevic 1975; Thackray ym. 1973).

Tunnusluku  $d'$  korreloi koko ryhmän tasolla positiivisesti detektioiden, tarkkaavaisuuden ja observointireaktioiden ( $p < .01$ ) sekä  $\beta:n$  ( $p < .05$ ) ja reaktioaikojen ( $p < .05$ ) kanssa ja negatiivisesti ( $p < .01$ ) väärin detektioiden kanssa. Eri ryhmissä johdonmukaisuus säilyi detektioiden, tarkkaavaisuuden ja observointireaktioiden kanssa. Sen sijaan reaktioaikojen kanssa korrelaatio oli negatiivinen vain pysyvän signaalin ryhmissä (2 ja 4), mutta riippuvuuden suunta vaihtui hetkellisen signaalin ryhmissä (1 ja 3). Väärin detektioiden kanssa riippuvuus oli negatiivinen hetkellisen signaalin ryhmissä ja hävi-

si lähes kokonaan pysyvän signaalin ryhmissä.  $\beta$  :n kanssa korrelaatio hetkellisen signaalin ryhmissä oli lähellä nollaa, mutta pysyvän signaalin ryhmissä se oli positiivinen (ryhmä 4,  $r = 0.41$ ) ja negatiivinen (ryhmä 2,  $r = -0.81$ ) (vrt. Carr 1969; Milosevic 1975).

Tunnusluku  $\beta$  korreloi negatiivisesti ( $p < .01$ ) väärin detektioiden ja positiivisesti ( $p < .05$ )  $d'$ :n kanssa koko koehenkilöstössä. Johdonmukaisuus näytti säilyvän myös eri ryhmissä väärin detektioiden suhteen, mutta ei  $d'$ :n kanssa. Lievä positiivinen riippuvuus näytti valittsevan GSR-amplitudien kanssa (0.12 - 0.34) joka ryhmässä, samoin negatiivinen riippuvuus detektioiden kanssa lukuunottamatta ryhmää 4.  $\beta$ :n ja  $d'$ :n korrelaatiot detektioiden ja väärin detektioiden kanssa olivat kuitenkin lähinnä teknisiä (vrt. Milosevic 1975). Observointireaktiot korreloivat positiivisesti ( $p < .01$ ) detektioiden, tarkkaavaisuuden ja  $d'$ :n kanssa ryhmissä 2 ja 4. Johdonmukaisuus säilyi molemmilla ryhmissä.

Jotta olisi saatu tarkempi kuva variaabeleiden keskinäisistä yhteyksistä, suoritettiin Nunnallyn (1964) esittämä klusterianalyysi. metodi perustuu kunkin variaabelin korkeimpaan korrelaatioon ja on melko karkea (liite 16). Tulokset koko joukon osalta osoittivat, että observointireaktiot ja reaktioaika (negatiivisena) koostuivat detektioiden ja  $d'$ :n ympärille. Lisäksi tarkkaavaisuus kytkeytyi observointireaktioiden kautta 1. klusteriin. Lisäksi saatiin kaksi klusteria, jotka koostuivat GSR-indekseistä (3. klusteri) ja vääristä detektioista sekä  $\beta$ :sta (2. klusteri). Ensimmäistä voitiin pitää vigilanssiklusterina, muut kaksi olivat lähinnä teknisiä. Eri ryhmissä klusterit näyttivät pysyvän lähes samanlaisina pieniä siirtymiä lukuunottamatta. Reaktioajan riippuvuus vaihtoi merkkiä signaalin laadun myötä, ja GSR-mittaukset kytkeytyivät vuorotellen vigilanssiklusteriin. Ryhmässä 3 kaikki variaabelit kytkeytyivät yhdeksi klusteriksi.

Yhteenvedona voidaan todeta, että detektioilla,  $d'$ :lla, tarkkaavaisuudella, observointireaktioilla sekä reaktioajoilla (tosin suunta vaihtui signaalin mukaan) näytti olevan eniten yhteistä varianssia. Vaikka detektioilla ja  $d'$ :lla näytti olevan keskeinen osa klusterissa, tämä selittyi lähinnä teknisenä riippuvuutena. Tarkkaavaisuudella ja  $d'$ :lla oli eniten merkitseviä korrelaatioita toisiin variaabeleihin.

Näyttäisi siltä, että observoiminen antaisi melko hyvän keskimääräisen kuvan koehenkilön selviytymisestä vigilanssitehtävässä. Tämä saattaisi riittää esim. kartoitettaessa karkeasti niitä henkilöitä, jotka soveltuvat monotoniseen tarkkailutehtävään.

#### 6.4.3. Tilastolliset menetelmät

Laskentayksikkönä käytettiin summaa puolen tunnin jaksolla variaabeleilla detektiot, väärät detektiot ja GSR-reaktiot. Reaktioaikojen, tarkkaisuuden, observointireaktioiden (kpl/min) ja GSR-amplitudien laskentayksikkö oli henkilön mittausten keskiarvo puolen tunnin aikana. GSR-konduktanssin lukuarvo saatiin arvioimalla keskimääräinen perustaso jaksolla.  $\beta$ - ja  $d'$ -arvot laskettiin erikseen jokaiselle puolen tunnin jaksolle.

Tulosanalyyseissä käytettiin 2- ja 3-suuntaisia varianssianalyysejä, joissa yhdellä variaabelilla oli toistetut mittaukset (Winer 1962, 302-312, 337-344). Varianssianalyysin edellytyksistä tarkasteltiin homogeenisuusvaatimusta Hartleyn  $F_{\max}$ -testillä sekä  $SS_{\text{subj. w. groups}}$  että  $SS_C \times \text{subj. w. groups}$  osalta (Kirk 1968, 61-62). Kovarianssien homogeenisuutta ei testattu, koska tietokoneohjelma ei valmistunut ajoissa. Koska kuitenkin hajonnat kasvoivat lähes joka variaabelilla aikajaksojen myötä, oli aihetta epäillä, että kovarianssien homogeenisuusehto ei täyttynyt. Siksi merkitseviä tuloksia tarkasteltiin myös konservatiivisella F-testillä kaikissa niissä F-suhteissa, joihin sisältyivät aikajaksot (Kirk 1968, 287-288). Jos taas  $F_{\max}$ -testi antoi merkitsevän tuloksen, hajoitettiin kyseinen virhetermi osakomponentteihin ja pyrittiin arvioimaan epähomogeenisuuden aiheuttajaa (Kirk 1968, 288-289).

Jos ensimmäisen virhetermin  $SS_{\text{subj. w. groups}}$  osalta virhevariانسien homogeenisuusehto ei täyttynyt, se oli osoitus siitä, että ryhmien  $A_1 B_1$ ,  $A_1 B_2$ ,  $A_2 B_1$  ja  $A_2 B_2$  varianssit erosivat toisistaan niin paljon, että yhteisen virhetermin käyttö F-suhteen määrittämiseksi an-

toi harhaista tietoa. Jos jälkimmäisen virhetermin  $SS_C \times \text{subj. w. groups}$  osalta homogeenisuusehto ei täyttnyt, se oli osoitus siitä, että koehenkilöiden ja käsittelytasojen  $A_1 B_1$  ja  $A_1 B_2$ ,  $A_2 B_1$  ja  $A_2 B_2$  yhdysvaikutusten 'poolattua' yhteistä virhetermiä ei olisi saanut käyttää. Epähomogeenisuus syntyi esim. siten, että koehenkilöt suorittivat tehtävän eri strategioilla, jotka poikkesivat toisistaan. Tilanne oli erittäin tyypillinen vigilanssikokeissa aikaisempien tutkimusten valossa. Yhteinen virhetermi antoi tällöin harhaista tietoa merkitsevyydestä (Kirk 1968, 287-288).

Kovarianssien mahdollisten epähomogeenisuuksien aiheuttamat pulmat toistomittauksissa olisi voitu välttää käsittelemällä tulokset multivariaattivarianssianalyysillä, mutta ohjelmaa ei saatu käyttöön yrityksistä huolimatta. Toisaalta tavallinen varianssianalyysi ei ole kovin tarkka edellytystensä suhteen. Siksi päädyttiin tähän menetelmään, joka kuitenkin antoi parhaan mahdollisen kuvausmenetelmän tähän tutkimusasetelmaan. Transformaatioina kokeiltiin eri logaritmi- ja neliöjuurivaihtoehtoja, mutta koska menetelmät eivät tehonneet kaikkiin variaabeleihin, niiden käytöstä luovuttiin. Myöskään nonparametrisia menetelmiä ei katsottu aiheelliseksi käyttää, koska silloin olisi jouduttu siirtymään järjestysasteikon tasolle. Tällöin olisi hävinnyt vigilanssitutkimusten ehkä olennaisin tulos: varianssien kasvaminen ajan kuluessa. Keskiarvojen parivertailut suoritettiin Tukeyn HSD-testillä, jos F-suhde tuli merkitseväksi vähintään 5 %:n riskitasolla (Kirk 1968, 88-89).

Flicker-fusion-kokeen analyysit suoritettiin t-testillä, joka perustui riippuviin otoksiin, koska kyseessä olivat toistomittaukset. Mitattavien muuttujien keskinäisiä riippuvuuksia suoritusten keskiarvojen suhteen tarkasteltiin korrelaatioiden avulla. Vigilanssimitareissa tapahtuvia muutoksia verrattiin toisiinsa prosentuaalisten oma- ja yhdysvaikutuskuvaajien avulla. Trendianalyysin ei katsottu antavan käyttökelpoisempaa tietoa, mutta laskentaoperaatioihin kuluva aika olisi kasvanut suuresti.

## 7. TULOKSET

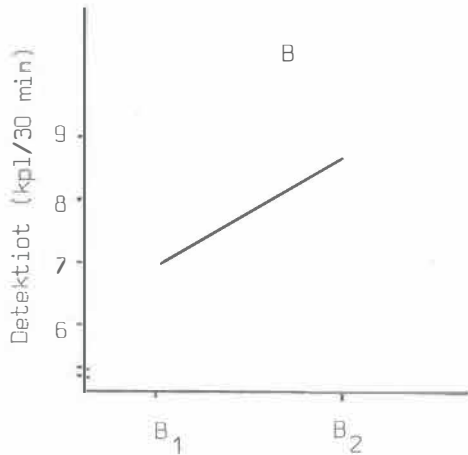
### 7.1. Detektiot

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 5) sekä piirrettiin ryhmien keskiarvokuvaajat aikajaksoittain (Teikari 1975).  $F_{\max}$ -testi osoitti, että virhevarianssien homogeenisuus täytti varianssianalyysin ehdot (liite 5; Teikari 1975). Tosin jälkimmäinen virhetermi oli lähellä 5 %:n riskirajaa. Epähomogeenisuutta ei suuremmalti tarvitse ottaa huomioon tulosten tulkinnassa.

Varianssianalyysissä saatiin merkitsevät F-suhteet signaalin laadun (B) omavaikutukselle ( $p < .05$ ) sekä aikajaksojen (C) omavaikutukselle ( $p < .01$ ; liite 5; kuvio 12). Konservatiivinen F-testi antoi saman tuloksen aikajaksojen (C) omavaikutukselle. Aikajaksojen omavaikutuksesta laskettiin Tukeyn testi (Kirk 1968, 88-90). Tällöin havaittiin, että suoritus heikkeni merkitsevästi ( $p < .01$ ) verrattaessa ensimmäistä aikajaksoa kaikkiin muihin aikajaksoihin. Lisäksi yhtä merkitsevä ero saatiin toisen ja neljännen aikajakson välille (Teikari 1975). Hajonnat näyttivät olevan pienimpiä ryhmässä 2, mutta kasvoivat kaikissa ryhmässä aikajaksojen myötä (liite 5).

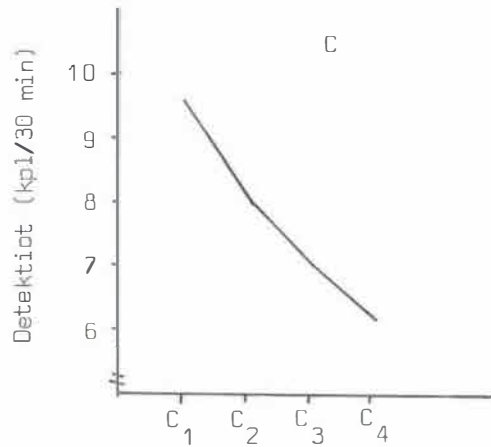
### 7.2. Väärät detektiot

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 6) sekä piirrettiin ryhmien keskiarvokuvaajat aikajaksoittain (Teikari 1975).  $F_{\max}$ -testi osoitti, että varianssien homogeenisuusehto ei täyttynyt kummankaan virhetermin osalta ( $p < .01$ ; liite 6). Virhetermit ositet-



B<sub>1</sub> = hetkellinen signaali

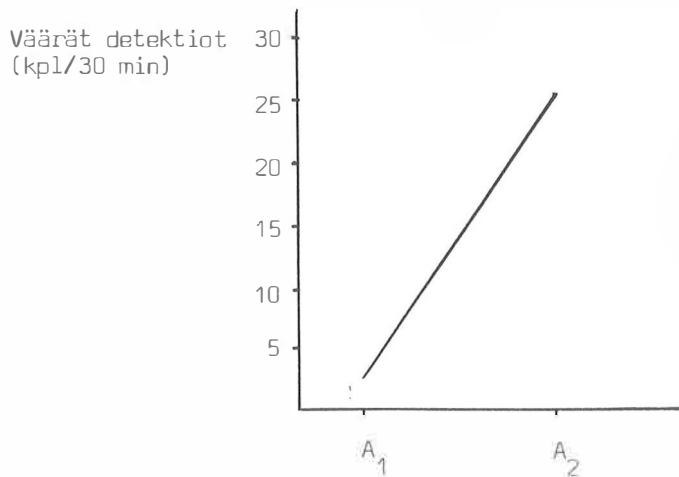
B<sub>2</sub> = pysyvä signaali



C<sub>1</sub> = 0-30 min, C<sub>2</sub> = 31-60 min

C<sub>3</sub> = 61-90 min, C<sub>4</sub> = 91-120 min

Kuvio 12. Signaalin laadun (B) ja aikajaksojen (C) omavaikutukset detektioihin



A<sub>1</sub> = observointireaktioita ei tehty,

A<sub>2</sub> = observointireaktioita tehtiin

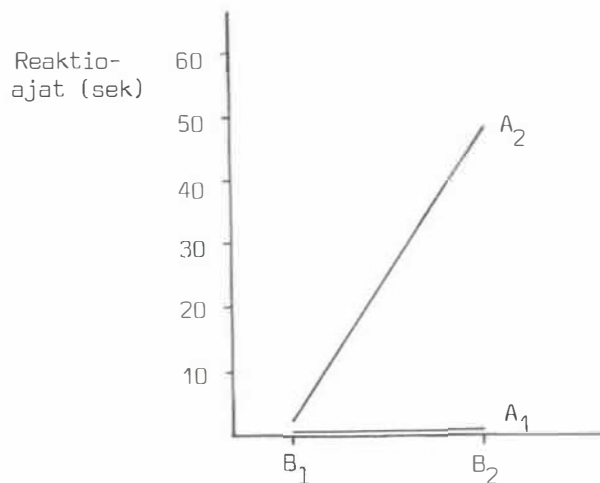
Kuvio 13. Observointireaktioiden tekemisen (A) omavaikutus väärin detektioihin

tiin (Teikari 1975). Molempien virhetermien epähomogeenisuus näytti aiheutuvan lähinnä ryhmän 2 pienestä varianssista sekä ryhmien 3 ja 4 suurista variansseista. Epähomogeenisuudet olivat niin suuria, että tuloksia on syytä tarkastella erittäin varovaisesti.

Kolmisuuntaisessa varianssianalyysissä (liite 6; kuvio 13) saatiin merkitsevä F-suhde ainoastaan A:n omavaikutukselle ( $p < .01$ ). Observointireaktioiden tekeminen näytti tuottavan paljon vääriä detektioita. Hajonnat näyttivät kasvavan ryhmissä 3 ja 4 ajan kuluessa, joskaan eivät lineaarisesti (liite 6).

### 7.3. Reaktioajat

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 7) sekä piirrettiin ryhmien keskiarvokuvaajat aikajaksoittain (Teikari 1975).  $F_{\max}$ -testi osoitti, että virhevariانسsien homogeenisuusehto ei täyttnyt kummankaan virhetermin osalta ( $p < .01$ ; liite 7). Virhetermit ositettiin (Teikari 1975). Virhevariانسsien epähomogeenisuus aiheutui pysyvän signaalin ryhmien 2 ja 4 suurista variansseista. Tuloksia on syytä tarkastella erittäin varovaisesti, koska epähomogeenisuudet olivat erittäin suuret.



A<sub>1</sub> = observointireaktioita ei tehty      B<sub>1</sub> = signaali oli hetkellinen  
 A<sub>2</sub> = observointireaktioita tehtiin      B<sub>2</sub> = signaali oli pysyvä

Kuvio 14. Observointireaktioiden tekemisen (A) ja signaalin laadun (B) yhdysvaikutus reaktioaikoihin



Kolmisuuntaisessa varianssianalyysissä saatiin merkitseviksi A:n ja B:n omavaikutukset sekä näiden variaabeleiden yhdysvaikutus ( $p < .10$ ; liite 7; kuvio 14). Tuloksia voitiin tulkita vain suuntaa-antavina. Näyttikin siltä, että hetkellisen signaalin ryhmissä ( $A_1$ ) reaktioajat pysyivät lähes yhtä pitkinä, jos signaali havaittiin. Kun signaali oli pysyvä ( $A_2$ ), reaktioajat pysyttelivät keskiarvoltaan kohtuullisina ryhmässä 2 ( $A_2 B_1$ ), mutta kasvoivat ryhmässä 4 ( $A_2 B_2$ ) erittäin pitkiksi. Vaikka ilmiö keskiarvojen perusteella näytti erittäin selvältä, se ei kuitenkaan tapahtunut johdonmukaisesti kaikkien koehenkilöiden kohdalla. Keskiarvojen suuruus ryhmässä 4 johtui muutamien koehenkilöiden erittäin pitkistä reaktioajoista ja tämä näkyi samalla myös voimakkaana hajontojen kasvuna (liite 7).

Hajonnat ja keskiarvot näyttivät joka ryhmässä pysyvän melko samansuuruisina ensimmäisellä ja toisella aikajaksolla. Kahden viimeisen jakson aikana hajonnat kasvoivat jokaisessa ryhmässä ja erityisen suurta kasvu oli ryhmissä 2 ja 4. Näissä pysyvän signaalin ryhmissä kasvoivat myös keskiarvot (liite 7).

Suurien yksilöerojen vuoksi tuloksia haluttiin analysoida myös maksimi- ja minimireaktioaikojen perusteella. Tunnusluvut saatiin ottamalla mukaan jokaisen koehenkilön lyhin ja pisin reaktioaika ja katsomalla, mihin aikajaksoon se sijoittui. Mikäli henkilöllä oli saman pituisia reaktioaikoja usealla aikajaksolla, nämä kaikki laskettiin mukaan frekvensseihin.

Taulukko 4. Koehenkilöiden minimireaktioaikojen sijoittuminen aikajaksoille

Ryhmät	Aikajaksot			
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
1	8	3	2	2
2	6	2	5	0
3	4	2	4	2
4	7	1	3	0
Yhteensä	25	8	14	4 kpl

Taulukko 5. Koehenkilöiden maksimireaktioaikojen sijoittuminen aikajaksoille

Ryhmät	Aikajaksot			
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
1	4	3	4	0
2	1	2	4	3
3	3	4	3	3
4	1	0	5	5
Yhteensä	9	9	16	11 kpl

Koehenkilöt saavuttivat eniten minimireaktioaikoja ensimmäisellä jaksolla, kuten oletettiin. Lisäksi kolmas jakso näytti olevan suoritus- tasoltaan parempi kuin toinen oletetusta trendistä poiketen (taulukko 4). Hetkellisen signaalin ryhmissä 1 ja 3 eivät koehenkilöt voineet saada kahta sekuntia pitempiä maksimireaktioaikoja, joten oli ymmärrettävää, että ne jakaantuivat melko tasaisesti eri aikajaksojen kesken. Sen sijaan pysyvän signaalin ryhmissä 2 ja 4 koehenkilöiden pisimmät reaktioajat keskittyivät selvästi kahdelle viimeiselle aikajaksolle (taulukko 5).

Lopuksi haluttiin selvittää ylipitkien reaktioaikojen jakautuminen eri aikajaksoille pysyvän signaalin ryhmissä 2 ja 4. Yli viiden sekunnin reaktioaikojen frekvenssit kasvoivat aikajaksoittain seuraavasti:

Ryhmä 2	7	5	17	16
Ryhmä 4	14	18	27	42

Yli kymmenen sekunnin reaktioaikojen frekvenssit jakoutuivat aikajaksoittain seuraavasti:

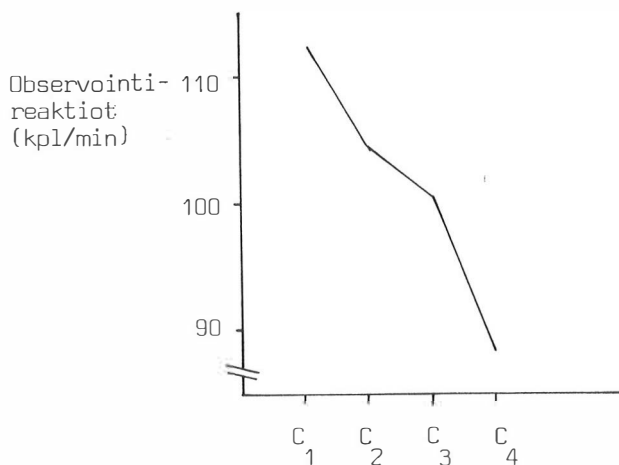
Ryhmä 2	0	2	9	8
Ryhmä 4	10	10	21	34

Nämä tarkennetut reaktioaikojen analyysit tukivat selvästi reaktioaiko-

jen keskiarvojen perusteella tehtyjä johtopäätöksiä, että suoritustaso heikkeni tehtäväajan kuluessa, vaikkei sitä tilastollisesti voitukaan saada esiin reaktioaikojen keskiarvoerojen testauksella hajontojen suuren kasvun vuoksi, joka jo sinänsä oli yksi osoitus suoritustason heikkenemisestä.

#### 7.4. Observointireaktiot

Observointireaktioita suorittivat ainoastaan ryhmät 3 ja 4. Näille laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 8) ja piirrettiin keskiarvokuvaajat (Teikari 1975). Varianssianalyysin ehdot täyttyivät virhevarianssin homogeenisuuden osalta (liite 8). Kaksisuuntainen varianssianalyysi osoitti aikajaksojen omavaikutuksen (C) merkitseväksi ( $p < .01$ ). Konservatiivinen F-testi antoi merkitsevyyden vain 10 % tasolla (DF= 1, 18). Tukeyn testi (Kirk 1968, 88-90) osoitti, että observointireaktioiden määrä näytti vähenevän ajan myötä, mutta tämä tuli merkitseväksi ainoastaan ensimmäisen ja viimeisen aikajakson välillä ( $p < .01$ ; kuvio 15). Observointireaktioiden hajonnat näyttivät kasvavan ajan myötä (liite 8).

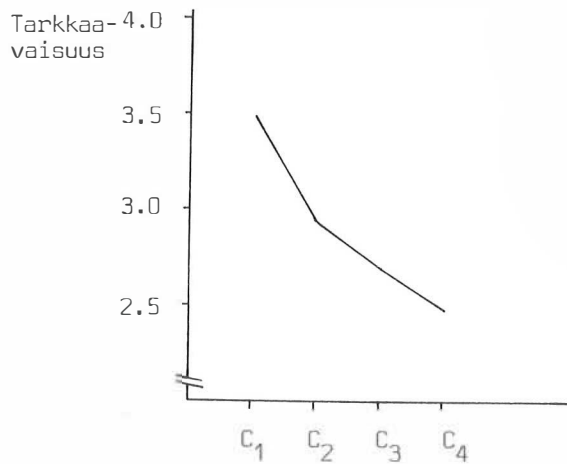


C<sub>1</sub> = 0-30 min, C<sub>2</sub> = 31-60 min, C<sub>3</sub> = 61-90 min, C<sub>4</sub> = 91-120 min

Kuvio 15. Aikajaksojen (C) omavaikutus observointireaktioiden määrään

## 7.5. Tarkkaavaisuus

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 9) sekä piirrettiin keskiarvokuvaajat aikajaksoittain (Teikari 1975). Varianssianalyysin homogeenisuusehdot täyttyivät virhevariانسsien osalta (liite 9). Aikajaksojen (C) omavaikutus osoittautui merkitseväksi ( $p < .01$ ) kolmisuuntaisessa varianssianalyysissä (liite 9). Myös konservatiivinen F-testi antoi saman tuloksen. Tukeyn testi (Kirk 1968, 88-90) osoitti, että observoitu tarkkaavaisuus heikkeni verrattaessa ensimmäistä jaksoa toiseen, kolmanteen ja neljänteen jaksoon merkitsevästi ( $p < .01$ ). Heikkeneminen oli samoin merkitsevää toisen ja neljännen aikajakson välillä (kuvio 16; Teikari 1975). Hajonnat näyttivät hieman kasvavan ajan myötä, joskaan eivät lineaarisesti (liite 9).



C<sub>1</sub> = 0-30 min, C<sub>2</sub> = 31-60 min, C<sub>3</sub> = 61-90 min, C<sub>4</sub> = 91-120 min

Kuvio 16. Aikajaksojen (C) omavaikutus tarkkaavaisuuteen

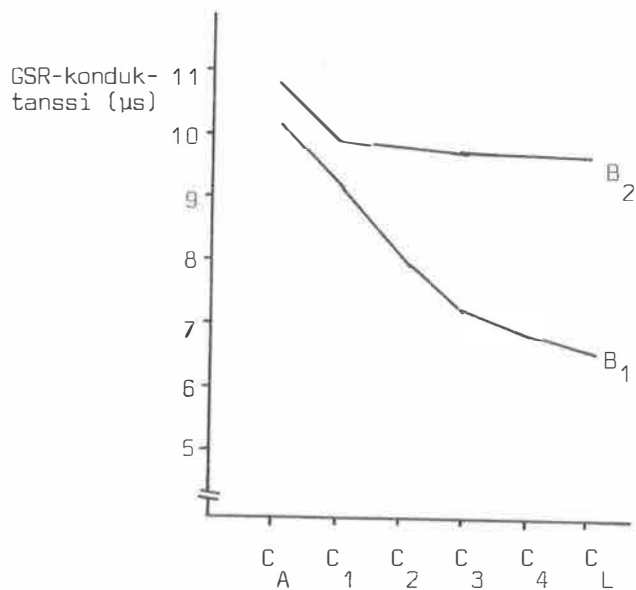
## 7.6. GSR-konduktanssi

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 10) sekä piirrettiin keskiarvokuvaajat aikajaksoittain (Teikari 1975).  $F_{\max}$ -testi osoitti, että virhevarianssien homogeenisuusehto ei täyttynyt ensimmäisen virhetermin osalta ( $p < .05$ ; liite 10). Virhetermit ositettiin (Teikari 1975). Virhevarianssin epähomogeenisuus näytti aiheutuvan ryhmän 1 pienestä varianssista. Tuloksia tämän virhetermin osalta on syytä tarkastella hieman varovaisesti.

Kolmisuuntaisessa varianssianalyyssissä (liite 10) tulivat merkitseviksi A:n omavaikutus ( $p < .05$ ), C:n omavaikutus ( $p < .01$ ) ja B  $\times$  C yhdysvaikutus ( $p < .01$ ). Konservatiivisen F-testin mukaan C:n omavaikutus oli merkitsevä samalla riskitasolla, mutta yhdysvaikutus vain 5 % riskitasolla. Kun yhdysvaikutusta testattiin tarkemmin, konduktanssin lasku havaittiin merkitseväksi ( $p < .01$ ) hetkellisen ( $B_1 \times C$ ) signaalin aikana (kuvio 17). Pysyvän ( $B_2 \times C$ ) signaalin aikana ei merkitsevää muutosta tapahtunut (Kirk 1968, 290-291; Teikari 1975).  $B_1 \times C$  yhdysvaikutus testattiin Tukeyn HSD-testillä (Kirk 1968, 88-90). GSR-konduktanssin lasku näytti olevan merkitsevä verrattaessa alkutasoa  $C_A$  aikajaksoihin  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  ja lopputasoon  $C_L$  sekä verrattaessa ensimmäistä aikajaksoa  $C_1$  jaksoihin  $C_3$  ja  $C_4$  sekä lopputasoon  $C_L$  1 %:n riskitasolla. Hetkellistä ( $B_1$ ) ja pysyvää ( $B_2$ ) signaaliryhmää verrattaessa eri ajankohtina saatiin merkitsevä ero vain lopputasojen ( $C_L$ ) välillä ( $p < .10$ ; Teikari 1975).

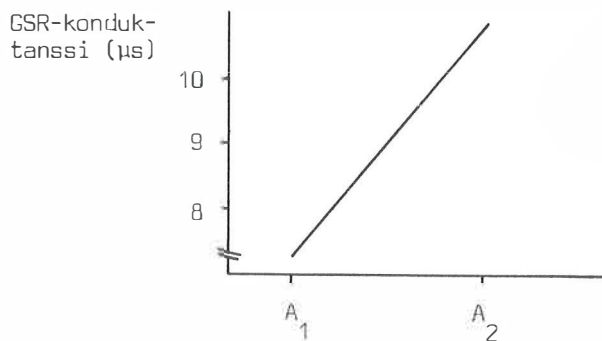
Observointireaktioita tekevissä ryhmissä ( $A_2$ ) näytti GSR-konduktanssi olevan korkeampi kuin ryhmissä ( $A_1$ ), jotka eivät tehneet observointireaktioita ( $p < .05$ ; liite 10; kuvio 18). Hajonnoissa ei tapahtunut kovinkaan johdonmukaisia muutoksia. Kuitenkin ryhmissä 1, 3 ja 4 hajonnat pienenivät ja ryhmässä 2 suurenivat ajan kuluessa (liite 10).

84.



B<sub>1</sub> = hetkellinen signaali, B<sub>2</sub> = pysyvä signaali  
C<sub>A</sub> = alkutaso, C<sub>1</sub> = 0-30 min, C<sub>2</sub> = 31-60 min, C<sub>3</sub> = 61-90 min,  
C<sub>4</sub> = 91-120 min, C<sub>L</sub> = lopputaso

Kuvio 17. Signaalin laadun (B) ja aikajaksojen (C) yhdysvaikutus GSR-konduktanssiin



A<sub>1</sub> = observointireaktioita ei tehty, A<sub>2</sub> = observointireaktioita tehtiin

Kuvio 18. Observointireaktioiden tekemisen (A) omavaikutus GSR-konduktanssiin

### 7.7. GSR-reaktioiden määrä

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 11) sekä piirrettiin keskiarvokuvaajat aikajaksoittain (Teikari 1975).

$F_{\max}$ -testi osoitti, että virhevarianssit täyttivät homogeenisuusehdon. Jälkimmäinen virhetermi oli tosin aivan 5 %:n riskirajan tuntumassa, joten pientä varovaisuutta on syytä noudattaa tulkinnessa (liite 11; Teikari 1975).

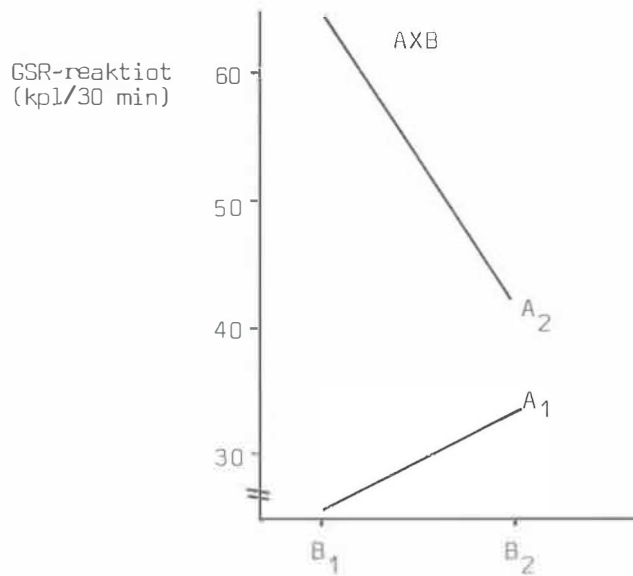
Kolmisuuntaisessa varianssianalyysissä (liite 11) saatiin merkitseviksi A:n omavaikutus ( $p < .01$ ) ja  $A \times B$ :n yhdysvaikutus ( $p < .10$ ). Kun observointireaktioita tehtiin, tämä aiheutti enemmän spontaaneja GSR-reaktioita kuin tilanne, jossa niitä ei tehty. Yhdysvaikutusta oli syytä tulkita vain suuntaa-antavana (kuvio 19). Tällöin näytti siltä, että kun observointireaktioita ei tehty ( $A_1$ ), GSR-reaktioita syntyi huomattavan vähän hetkellisen signaalin ( $B_1$ ) aikana ja hieman enemmän pysyvän signaalin ( $B_2$ ) aikana. Kun observointireaktioita tehtiin ( $A_2$ ), signaalin laadun vaikutus oli päinvastainen, mutta GSR-reaktioita syntyi huomattavasti enemmän, erityisesti hetkellisen signaalin ( $B_1$ ) aikana. Hajonnat näyttivät suurenevan ryhmissä 3 ja 4, mutta pienenevän ryhmissä 1 ja 2 ajan myötä, joskaan eivät lineaarisesti (liite 11).

### 7.8. GSR-amplitudit

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 12) ja piirrettiin keskiarvokuvaajat aikajaksoittain (Teikari 1975).  $F_{\max}$ -testi osoitti, että virhevarianssien homogeenisuusehto ei täyttynyt kummankaan virhetermin osalta ( $p < .01$ ; liite 12). Tällöin virhevarianssit ositettiin (Teikari 1975). Ensimmäisen virhetermin epähomogeenisuus näytti aiheutuvan ryhmän 2 suuresta ja ryhmän 1 pienestä varianssista. Toisen virhetermin epähomogeenisuuden näytti aiheuttavan ryhmän 1 poikkeavuus. Tuloksia on siis syytä tarkastella varovaisesti.

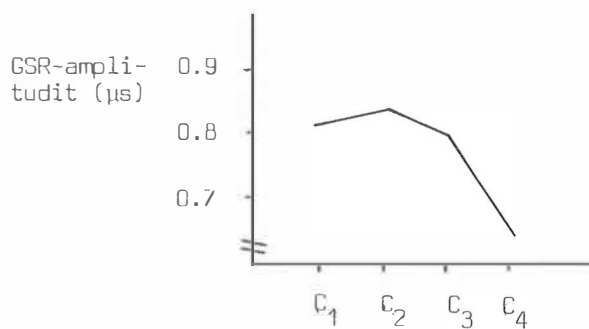
Kolmisuuntaisessa varianssianalyysissä osoittautui vain aikajaksojen

86.



A<sub>1</sub> = observointireaktioita ei tehty, A<sub>2</sub> = observointireaktioita tehtiin  
B<sub>1</sub> = signaali oli hetkellinen, B<sub>2</sub> = signaali oli pysyvä

Kuvio 19. Observointireaktioiden tekemisen (A) ja signaalin laadun (B) yhdysvaikutus GSR-reaktioiden määrään



C<sub>1</sub> = 0-30 min, C<sub>2</sub> = 31-60 min, C<sub>3</sub> = 61-90 min, C<sub>4</sub> = 91-120 min.

Kuvio 20. Aikajaksojen (C) omavaikutus GSR-amplitudeihin



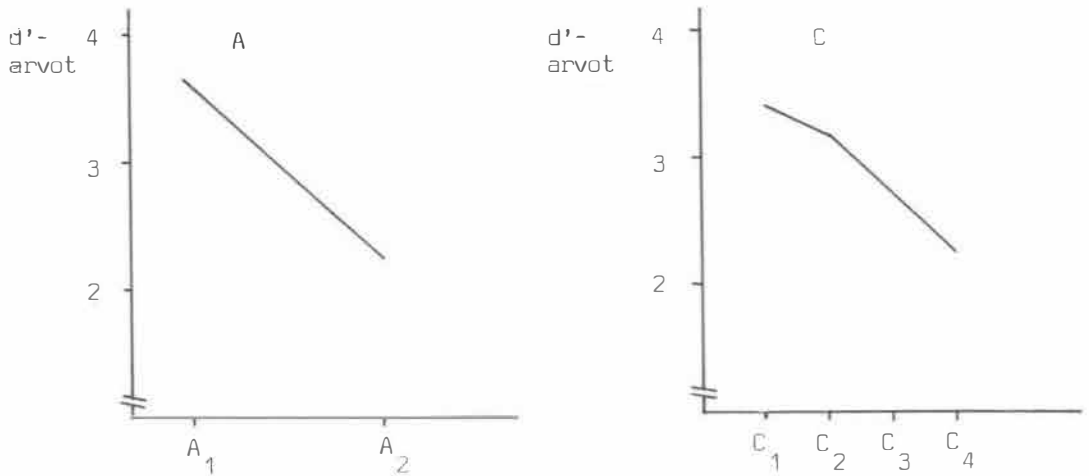
omavaikutus merkitseväksi ( $p < .05$ ). Konservatiivisella F-testillä testattuna merkitsevyys väheni ( $p < .10$ ). C:n omavaikutuksesta tehtiin kuitenkin Tukeyn HSD-testi, joka osoitti, että amplitudien pieneneminen oli merkitsevää ( $p < .05$ ) toisen ja neljännen aikajakson välillä (kuvio 20; Teikari 1975). GSR-amplitudien hajonnat eivät näyttäneet muuttuvan kovinkaan johdonmukaisesti ajan kuluessa (liite 12).

### 7.9. Tunnusluku $d'$

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 13) sekä piirrettiin keskiarvokuvaajat ryhmittäin (Teikari 1975).  $F_{\max}$ -testi osoitti (liite 13), että jälkimmäinen virhetermi ei täyttänyt homogeenisuusehtoa ( $p < .01$ ). Virhetermit ositettiin (Teikari 1975). Epähomogeenisuus näytti aiheutuvan ryhmän 4 poikkeavuudesta. Vaikka epähomogeenisuus ei ollutkaan kovin suurta, tuloksia on syytä tarkastella varovaisesti jälkimmäisen virhetermin osalta.

Kolmisuuntaisessa varianssianalyysissä saatiin A:n ja C:n omavaikutukset ( $p < .01$ ) merkitseviksi (liite 13; kuvio 21). Konservatiivinen F-testi antoi saman merkitsevyyden C:n omavaikutukselle. Observointireaktioiden tekeminen näytti tuottavan pienempiä  $d'$ -arvoja verrattuna tilanteeseen, jossa niitä ei tehty. Aikajaksojen omavaikutusta tutkittiin tarkemmin Tukeyn HSD-testillä (Teikari 1975).  $d'$ -arvojen pieneneminen näytti olevan merkitsevää ( $p < .01$ ) kaikkien keskiarvoparien välillä lukuunottamatta ensimmäistä ja toista aikajaksoa. Hajonnat näyttivät kasvavan pysyvän signaalin ryhmissä (2 ja 4) ja pienenevän hetkellisen signaalin ryhmissä (1 ja 3). Muutos ei kuitenkaan tapahtunut lineaarisesti (liite 13).

88.



A<sub>1</sub> = observointireaktioita ei tehty

A<sub>2</sub> = observointireaktioita tehtiin

C<sub>1</sub> = 0-30 min, C<sub>2</sub> = 31-60 min,

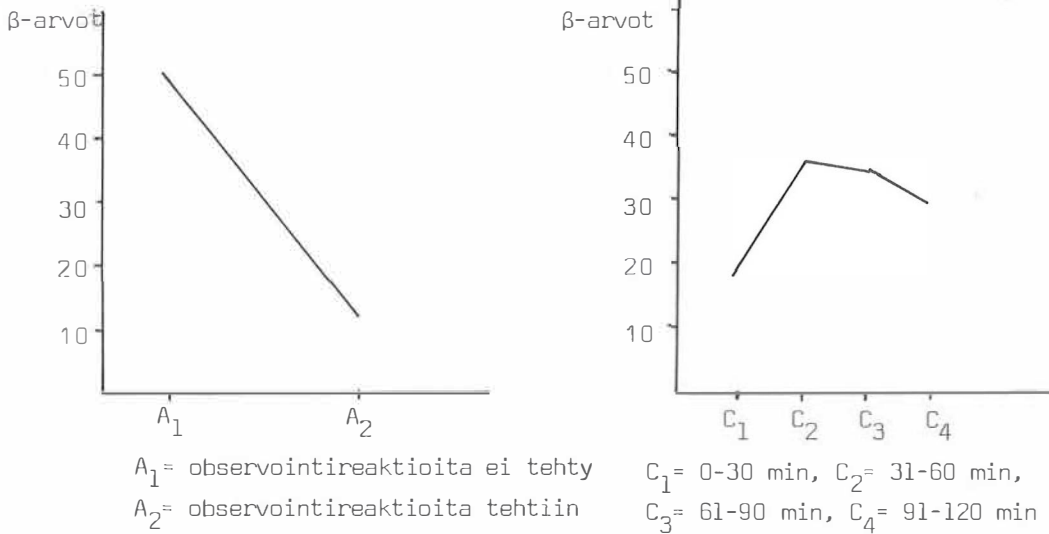
C<sub>3</sub> = 61-90 min, C<sub>4</sub> = 91-120 min

Kuvio 21. Observointireaktioiden tekemisen (A) ja aikajaksojen (C) oma-vaikutukset d'-arvoihin

#### 7.10. Tunnusluku $\beta$

Jokaiselle ryhmälle laskettiin keskiarvot ja hajonnat (liite 14) sekä piirrettiin keskiarvokuvaajat ryhmittäin (Teikari 1975).  $F_{\max}$ -testi osoitti, että kumpikaan virhetermi ei täyttänyt homogeenisuusehtoa ( $p < .01$ ). Virhetermit ositettiin (Teikari 1975). Epähomogeenisuus näytti aiheutuvan lähinnä ryhmän 3 pienestä varianssista ja jälkimmäisen virhetermin osalta myös ryhmän 4 poikkeavuudesta. Koska epähomogeenisuudet olivat suuret, kuten väärin detektioiden epähomogeenisuuden perusteella saattoi odottaa, tuloksia on syytä tarkastella erittäin varovaisesti.

Kolmisuuntaisessa varianssianalyysissä saatiin merkitseviksi A:n oma-vaikutus ( $p < .01$ ) ja C:n omavaikutus ( $p < .05$ ; liite 14; kuvio 22). Konservatiivinen F-testi vähensi C:n omavaikutuksen merkitsevyytensä ( $p < .10$ ). Observointireaktioiden tekeminen näytti siis pienentävän  $\beta$ -arvoja verrattuna tilanteeseen, jossa niitä ei tehty. C:n omavaikutuksesta tehtiin Tukeyn HSD-testi (Teikari 1975). Ainoastaan ensimmäisen ja toisen aikajakson välinen keskiarvoero tuli merkitseväksi ( $p < .05$ ). Hajonnat näyttivät noudattavan keskiarvojen mukaista käyräviivaista riippuvuussuhdetta aikajaksojen suhteen (liite 14).



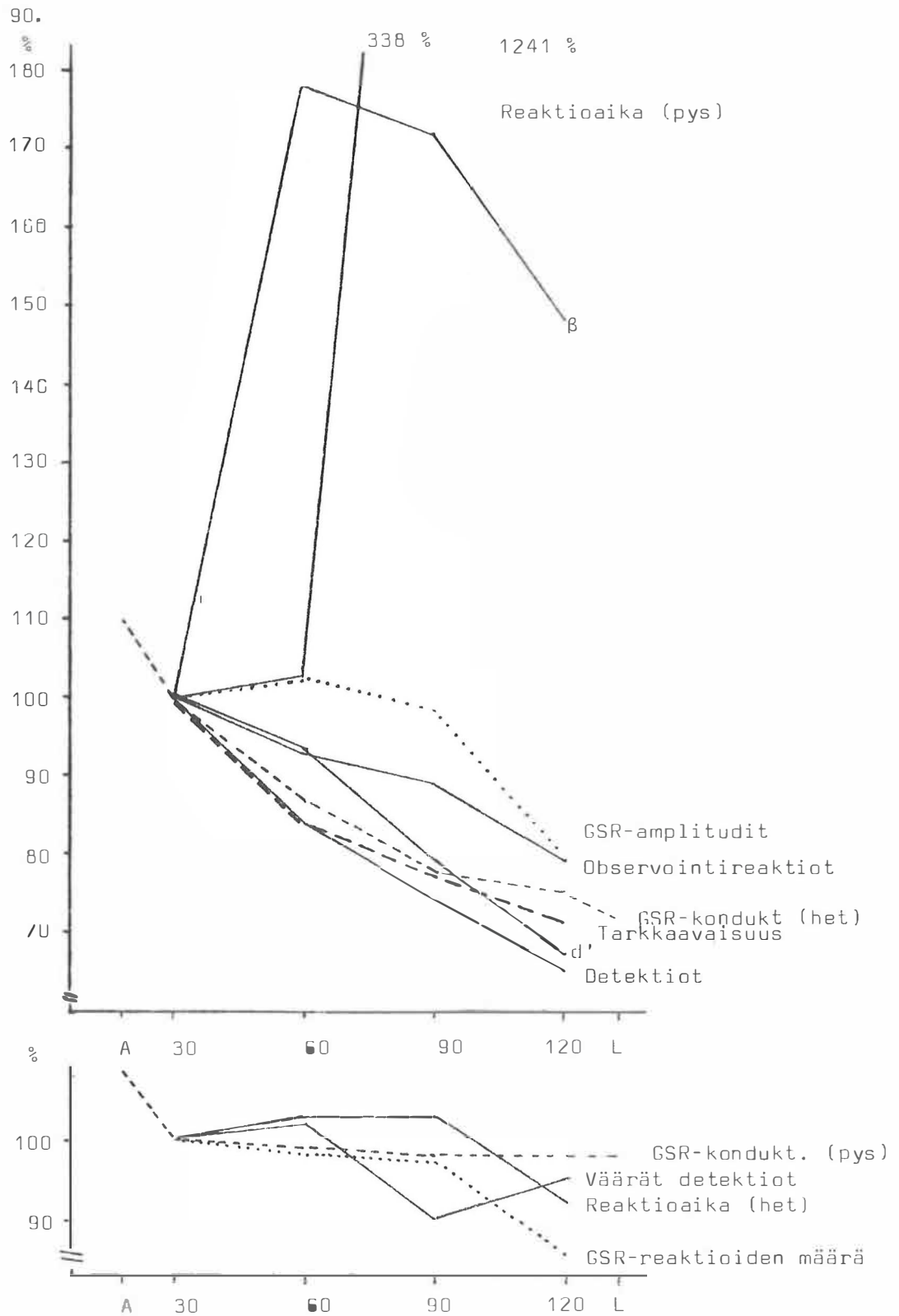
Kuvio 22. Observointireaktioiden tekemisen (A) ja aikajaksojen (C) omavaikutukset  $\beta$ -arvoihin

### 7.11. Mittareiden väliset yhteydet

Validiuden yhteydessä tarkasteltiin mittareiden keskinäisiä riippuvuuksia korrelaatiokertoimien avulla keskimääräisellä suoritustasolla. Koe tehtävän aikana tapahtuvien muutosten johdonmukaisuutta analysoitiin variaabeleiden aikajaksojen (C) omavaikutuskuvaajista tai yhdysvaikutuskuvaajista, mikäli ne tulivat merkitseviksi (GSR-konduktanssi). Reaktioaikoja tarkasteltiin myös B  $\times$  C -yhdysvaikutuskuvaajista, vaikka F-suhde ei ollutkaan merkitsevä, sillä se näytti kuvaajien laadun perusteella ainoalta järkevältä ratkaisulta.

Yhteisen kuvausjärjestelmän valinnassa päädyttiin prosenttilukuihin. Koska mittareilla ei määritetty perustasoa ennen vigilanssikoetta, päädyttiin vigilanssitutkimuksissa tavallisimmin käytettyyn keinoon: perustasoksi otettiin suoritustaso ensimmäisellä puolen tunnin jaksolla ja annettiin sille arvo 100 % (Teichner 1974). Näin tehtiin yhdenmukaisuuden vuoksi myös GSR-konduktanssia käsiteltäessä, vaikka alkutaso olisi ollutkin saatavissa (kuvio 23).

Merkitsevää ( $p < .01$ ) suoritustason laskua samansuuntaisesti näytti tapahtuvan detektioiden, tarkkaavaisuuden,  $d'$ :n sekä GSR-konduktanssin (hetkellinen signaali) osalta. Lähes samansuuntaista oli muutos observointireaktioiden määrässä ( $p < .01$ ; pysyvä signaali, ryhmät 2 ja 4).



Kuvio 23. Mittareiden oma- tai yhdysvaikutuskuvaajat aikajaksojen suhteen %:na

GSR-amplitudeissa heikkeneminen ilmeni vasta viimeisen jakson aikana ( $p < .05$ ).  $\beta$ -arvoissa tapahtui merkitsevää kasvua ensimmäisen ja toisen aikajakson aikana, jonka jälkeen  $\beta$ -arvot pienenevät. Kuvaajan käyräviivaisuus poikkesi toisista mittareista. Reaktioajoissa ei myöskään tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia, mutta prosentuaalisesti keskiarvoerot olivat suuria pysyvän signaalin aikana. Väärissä detektioissa, reaktioajoissa (hetkellinen signaali), GSR-reaktioiden määrässä ja GSR-konduktanssissa (pysyvä signaali) ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

#### 7.12. Fyysiset ja psyykkiset tuntemukset kahden tunnin vigilanssikokeen jälkeen

Japanilaisten kehittämän kyselylomakkeen kolmesta asteikosta sai selvästi eniten kyllä-vastauksia heikentyneet aktivaatio (asteikko A), sillä kaikista vastauksista peräti 58 % oli myönteisiä (taulukko 6). Lisäksi näytti siltä, että koehenkilöt, jotka tekivät observointireaktioita, kuormittuivat selvästi enemmän kuin henkilöt, jotka eivät tehneet observointireaktioita ( $t = -4.49$ ;  $DF = 9$ ;  $p < .01$ ). Hetkellinen signaali näytti vähentävän aktivaatiota merkitsevästi ( $t = 2.76$ ;  $DF = 9$ ;  $p < .05$ ). Yksityisistä tuntemuksista yli 80 % vastasi, että 'tuntuu unettavalta' ja 'silmäni tuntuvat rasittuneilta'. Yli 60 % vastasi myönteisesti seuraaviin toteamuksiin: 'tunnen väsymystä jaloissani', 'minua haukottaa' ja 'tunnen väsymystä koko ruumiissani'. Lisäksi yli puolet väitti, että 'pääni tuntuu raskaalta' ja 'liikkeeni tuntuvat jäykiltä ja kömpelöiltä'. Lähes puolet kertoi, että 'ajatukseni tuntuvat sekavilta' ja 'haluaisin asettua pitkälleni'.

Heikentyneet motivaatio (asteikko B) tuli esiin 40 %:ssa vastauksia. Observointireaktioita tehneet kokivat tunteen voimakkaampana kuin henkilöt, jotka eivät tehneet observointireaktioita ( $t = -2.54$ ;  $DF = 9$ ;  $p < .05$ ). Signaalin hetkellisyys tai pysyvyys ei näyttänyt vaikuttavan motivaation vähenemiseen ( $t = 0.96$ ;  $DF = 9$ ; ns). Yksityisistä tuntemuksista tulivat esiin yli puolella koehenkilöistä seuraavat: 'Ajattelu ei

92.

Taulukko 6. Prosentuaaliset kyllä-vastausten lukumäärät japanilaisten kehittämään lomakkeeseen fyysisistä ja psyykkisistä tuntemuksista vigilanssikokeen jälkeen

---

Asteikko A. Heikentynyt aktivaatio

---

Observointireaktiot			
signaali	ei tehty	tehtiin	$\bar{x}$
hetkellinen	51	72	61.50
pysyvä	48	60	54.00
$\bar{x}$	49.50	66.00	57.75 %

---

Asteikko B. Heikentynyt motivaatio

---

Observointireaktiot			
signaali	ei tehty	tehtiin	$\bar{x}$
hetkellinen	32	51	41.50
pysyvä	33	43	38.00
$\bar{x}$	32.50	47.00	39.75 %

---

Asteikko C. Fyysiset oireet

---

Observointireaktiot			
signaali	ei tehty	tehtiin	$\bar{x}$
hetkellinen	13	36	24.50
pysyvä	20	23	21.50
$\bar{x}$	16.50	29.50	23.00 %

kiinnosta', 'en kykene keskittymään' ja 'olen taipuvainen unohtamaan asioita'. Lähes puolet väitti, että 'olen kärsimätön', 'tunnen itseluottamuksen puutetta' ja 'olen huolissani asioiden sujumisesta'.

Vähiten myöntäviä vastauksia (23 %) sai fyysisiä oireita sisältävä asteikko C. Observointireaktioita tehneet henkilöt tunsivat oireita merkittävästi enemmän kuin henkilöt, jotka eivät tehneet observointireaktioita ( $t = -2.37$ ;  $DF = 9$ ;  $p < .05$ ). Hetkellinen signaali ei näyttänyt kuormittavan henkilöitä enemmän kuin pysyvä signaali ( $t = 0.63$ ;  $DF = 9$ ; ns). Yksityisistä oireista tulivat eniten esiin 'minua janottaa' (43 %), 'ääneni on käheä' (35 %) ja 'hartiani tuntuvat jäykiltä' (30 %).

Kyselylomaketulosten perusteella voitiin väittää jo kahden tunnin vigilanssitilanteen kuormittavan henkilöitä yllättävän paljon, erityisesti observointireaktioita tehneitä koehenkilöitä. Mittausteknisenä puutteena voidaan kuitenkin pitää sitä, että kyselylomaketta ei esitetty henkilöille ennen vigilanssikokeen alkua, jolloin olisi voitu luottavammin selvittää vigilanssikokeen aikana tapahtunut muutos. Yksityiset tuntemukset näyttivät kuitenkin olevan sen tyyppisiä, kuin mitä monotonisen työjakson voisi ennustaa aiheuttavan.

### 7.13. Subjektiiivinen ajankulun arviointi

Subjektiiivisia aika-arvioita käsiteltiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä (Kirk 1968, 172-182).  $F_{\max}$ -testi ei tullut merkitseväksi, joten varianssianalyysi oli luullinen. Signaalin laadun ja observointireaktioiden tekemisen omavaikutukset eivätkä yhdysvaikutukset osoittautuneet merkitseviksi, joten eri tyyppiset vigilanssitilanteet eivät näyttäneet vaikuttavan riittävässä määrin koehenkilöiden ajanarviointiin.

## 7.14. Vigilanssimuuttujien ja taustamuuttujien väliset yhteydet

Kaikista taustamuuttujista sekä vigilanssimuuttujien erotuspistemääristä (ensimmäinen aikajakso - viimeinen aikajakso) laskettiin interkorrelaatiomatriisi koko koehenkilöjoukosta (liite 17). Koska koehenkilöitä kertyi vain 40, päädyttiin faktorianalyysin sijasta Nunnallyn (1964) esittämän klusterianalyysin käyttöön, jotta muuttujien yhteyksistä saataisiin selvempi kuva kuin suuresta korrelaatiomatriisista (liite 18). Vastaava tuloksikäsittely suoritettiin erikseen kullekin ryhmälle (N = 10), mutta korrelaatioiden vaihdellessa hyvin satunnaisesti merkkiä vaihtaen positiivisesta negatiiviseen päätettiin erilliset ryhmätulokset jättää raportoinnin ulkopuolelle.

Klusterirakenne näytti muodostuvan hyvin mittarikeskeisesti (liite 18). Ensimmäinen klusteri keräytyi Bourdon-Wiersma-kokeen summapisteidensä ympärille. Vigilanssimitoista  $\beta$  näytti kytkeytyvän klusteriin pienehköllä negatiivisella korrelaatiolla. Toinen klusteri näytti koostuvan vigilanssikokeen jälkeisten subjektiivisten tuntemusten ympärille. Kolmas klusteri muodostui teknisesti Bourdon-Wiersman-kokeen erotuspistemääräasteikoista. Neljäs voitiin nimetä älykkyysklusteriksi, ja se koostui armeijan peruskokeen dimensioista, joihin GSR-konduktanssi kytkeytyi pienellä negatiivisella korrelaatiolla. Viides klusteri koostui lähinnä observointimekanismia kuvaavista vigilanssimitoista (reaktioaika,  $d'$  ja observointireaktiot). Kuudes klusteri voitiin nimetä reagoivuusklusteriksi, koska se koostui detektioista ja vääristä detektioista. Seitsemäs klusteri näytti sisältävän GSR-asteikot ja observoidun tarkkaavaisuuden. Viimeinen klusteri koostui Strelaun dimensioista.

Korrelaatiotaulukkoa tarkemmin tarkasteltaessa voitiin havaita detektioiden korreloivan merkitsevästi ( $p < .01$ )  $d'$ :n, observointireaktioiden, väärin detektioiden sekä reaktioaikojen kanssa. Kun vertailtiin korrelaatiota arvoihin, jotka laskettiin vastaavien mittareiden arvoista koehenkilön keskimääräisellä suoritustasolla (ks. sivu 71; taulukko 3) tai prosentuaalisiin muutuskäyriin (ks. sivu 90; kuvio 23), voitiin havaita selvä johdonmukaisuus  $d'$ :n ja observointireaktioiden suhteen. Myös reaktioaikojen korrelaatiot vaihtelivat samansuuntaisesti: pysyvän signaalin aikana yhteys oli negatiivinen, hetkellisen signaalin



aikana positiivinen. Korrelaatio väärin detektioihin keskimääräisellä suoritustasolla ei ollut merkitsevä. Tulos olikin tulkittavissa siten, että tekipä henkilö vähän tai paljon vääriä detektioita, muutos ajan suhteen näytti tapahtuvan samaan suuntaan kuin muutos detektiomäärissä. Riippuvuus observoidun tarkkaavaisuuden suhteen näytti muuttuvan päinvastaiseen suuntaan. Keskimääräisellä suoritustasolla näytti detektioiden ja tarkkaavaisuuden yhteys merkitsevältä, mutta se hävisi jonkin verran, kun tarkasteltiin tilannetta yksilömuutosten tasolla.

Väärät detektiot näyttivät saavan samanlaisen riippuvuuden reaktioaikoihin kuin detektiot, kun tarkasteltiin erotuspistemäärien korrelaatioita (liite 17). Merkin vaihtuminen signaalin laadun mukaan osoittautui myös yhdenmukaiseksi. Sen sijaan keskimääräisellä suoritustasolla väärillä detektioilla ei löytynyt yhteyksiä reaktioaikoihin, mutta sen sijaan  $d'$ :uun ja  $\beta$ :aan, joihin korrelaatiot eivät olleet merkitseviä erotuspistemäärien analyysissä. Ilmiö oli selitettävissä laskuteknisesti. Taustamuuttujista löytyi riippuvuus impulsiivisuuden kanssa ( $p < .05$ ), mutta tämä ei tosin säilynyt johdonmukaisena ryhmäkohtaisessa vertailussa.

Tarkkaavaisuus näytti korreloivan merkitsevästi ( $p < .01$ )  $d'$ :n, GSR-reaktioiden, observointireaktioiden sekä reaktioaikojen kanssa. Tulokset olivat samanlaisia kuin keskimääräisellä suoritustasolla paitsi reaktioaikojen ja detektioiden suhteen. Yhteyksiä taustamuuttujiin ei löytynyt.

Reaktioajat korreloivat merkitsevästi ( $p < .01$ ) detektioiden, tarkkaavaisuuden, GSR-reaktioiden määrän,  $d'$ :n ja observointireaktioiden sekä väärin detektioiden ( $p < .05$ ) kanssa erotuspistemääriä vertailtaessa. Keskimääräisellä suoritustasolla vastaava negatiivinen riippuvuus löytyi vain  $d'$ :n kanssa. Näyttikin siltä, että reaktioajat kytkeytyivät yhteen muiden vigilanssimittojen kanssa, kun vertailtiin yksilön suoritustason muutosta kokeen aikana. Sen sijaan keskimääräisten reaktioaikojen käyttö sotki mukaan henkilön keskimääräisen toimintatempoon ja teki reaktioajoista epävalidin mitan. Reaktioajat korreloivat lisäksi seuraavien taustamuuttujien kanssa ( $p < .05$ ): armeijan peruskoe  $P_1$  ( $r = -0.37$ ), armeijan peruskokeen yhdistetty pistemäärä  $P$  ( $r = -0.34$ ), inhibitio ( $r = 0.39$ ) ja Bourdon-Wiersma-kokeen virheiden summapistemäärä ( $r = -0.33$ ). Korrelaatiot hävisivät kuitenkin ryhmittäisessä vertailussa, joten niitä voitiin pitää heikkoina.

GSR-indeksit näyttivät korreloivan merkitsevästi, joskin lievästi keskenään (liite 17) erotuspistemääriä analysoitaessa, kuten keskimääräiselläkin suoritustasolla. Ainoastaan GSR-reaktiot korreloivat merkitsevästi seuraavien vigilanssimittareiden kanssa: tarkkaavaisuus ( $r = 0.54$ ;  $p < .01$ ), reaktioajat ( $r = -0.47$ ;  $p < .01$ ),  $d'$  ( $r = 0.37$ ;  $p < .05$ ) ja observointireaktiot ( $r = 0.49$ ;  $p < .01$ ). GSR-konduktanssi sai lievän korrelaation ( $r = -0.34$ ;  $p < .05$ ) armeijan peruskokeen tehtävään  $P_3$  ja samoin GSR-amplitudi mobiliteettiin ( $r = -0.34$ ;  $p < .05$ ), mutta kumpikaan riippuvuus ei säilynyt johdonmukaisena ryhmittäisessä vertailussa.

Signaalidetektioiteorian mitoista  $d'$  korreloi merkitsevästi ( $p < .01$ ) detektioiden, väärin detektioiden, reaktioaikojen ja observointireaktioiden sekä GSR-reaktioiden ( $p < .05$ ) kanssa. Tulokset noudattelivat keskimääräisellä suoritustasolla saatuja arvoja, paitsi tarkkaavaisuuden ja  $d'$ :n osalta, joiden lievät merkitsevät korrelaatiot hävisivät erotuspistemääriä käytettäessä, ja GSR-reaktioiden osalta, joka erotuspistemääriä käytettäessä sai lievän merkitsevän korrelaation. Erotuspisteillä laskettaessa  $\beta$ -arvot eivät korreloineet muiden vigilanssimittojen kanssa, mutta sen sijaan summapisteyksillä laskettaessa saatiin merkitsevät korrelaatiot väärin detektioihin ja  $d'$ :uun. Nämä tosin selittyivät laskentatekniikasta johtuviksi. Taustamuuttujista  $\beta$  korreloi Bourdon-Wiersma-kokeen virheiden summapisteyksien kanssa ( $r = -0.43$ ;  $p < .01$ ), ja tämä korrelaatio säilyi negatiivisena kaikissa ryhmissäkin, joskaan ei merkitsevästi. Tuloksen voitaisiin päätellä kuvaavan henkilön päätöksentekoa: kuinka paljon virheitä henkilö oli valmis hyväksymään suoritukseensa. Lisäksi  $\beta$  sai lievät korrelaatiot sosiaalisuuden ( $r = -0.38$ ;  $p < .05$ ) ja armeijan peruskokeen yhteispistemäärän  $P$  kanssa ( $r = 0.38$ ;  $p < .05$ ), mutta nämä korrelaatiot menettivät johdonmukaisuutensa ryhmittäisessä vertailussa.

Observointireaktiot korreloivat merkitsevästi ( $p < .01$ ) detektioiden, tarkkaavaisuuden, reaktioaikojen, GSR-reaktioiden sekä  $d'$ :n kanssa. Nämä tulokset poikkesivat keskimääräisellä suoritustasolla lasketuista tuloksista vain reaktioajan ja GSR-reaktioiden suhteen, joiden kanssa riippuvuus ei ollut merkitsevää keskimääräisellä suoritustasolla.

Taustamuuttujien yhteyksiä vigilanssisuoritukseen selvitettiin vielä ääriryhmävertailujen avulla. Tämä tapahtui valitsemalla kustakin

ryhmästä kaksi parhaiten ja kaksi huonoiten selviytynyttä koehenkilöä detektioiden perusteella. Vigilanssitehtävässä hyvin menestynyttä ryhmää (N=8) verrattiin vigilanssikokeessa huonosti menestyneeseen ryhmään (N=8) kaikkien taustamuuttujien suhteen. Anti oli kovin laiha. Vigilanssitehtävässä hyvin menestyneet osoittautuivat vähemmän sosiaalisiksi (Nesi) kuin huonosti menestyneet ( $t = 2.98$ ;  $DF = 7$ ;  $p < .05$ ). Tehtävän monotonisuuden huomioiden tulos tuntui loogiselta ja tuki aikaisemmin saatuja tuloksia (Thackray ym. 1973). Kun tarkasteltiin aikajaksoittain sitä, milloin sosiaaliset henkilöt alkoivat menestyä huominnon, tämä näytti sijoittuvan kolmannelle aikajaksolle (61 - 90 min.) ( $t = -2.51$ ;  $DF = 7$ ;  $p < .05$ ).

Muita merkitseviä eroja ääriryhmävertailussa saatiin Bourdon-Wiersma-kokeessa. Hyvin vigilanssikokeessa menestyneiden suhdelukuarvo (virheet/yliviivattujen rivien lukumäärä) oli pienempi kuin vigilanssikokeessa huonosti menestyneiden ( $t = -2.49$ ;  $df = 7$ ;  $p < .05$ ). Lisäksi hyvien ryhmä teki virheitä Bourdon-Wiersma-kokeessa vähemmän kuin huonojen ryhmä ( $t = -2.28$ ;  $df = 7$ ;  $p < .10$ ). Vigilanssitehtävän aikajaksoja analysoitaessa ei merkitseviä eroja enää löydetty. Tästä voitaneen päätellä, että Bourdon-Wiersma-koetta voisi ajatella vigilanssikokeen korvikkeena, jos on lyhyessä ajassa ryhmäkokeena karkeasti selvitettävä esim. henkilön soveltuvuutta tarkkailu- ja valvontatehtäviin työelämässä.

#### 7.15. Flicker-fusion-koee

Flicker-fusion-kokeista saatuja signaalidetektioiteorian tunnuslukuja verrattiin toisiinsa ryhmittäin. Tällöin havaittiin, että  $d'$ -lukujen keskiarvot olivat pienempiä vigilanssikokeen jälkeisissä mittauksissa ryhmissä 1 ( $p < .05$ ), 2 ( $p < .01$ ) ja 3 ( $p < .01$ ). Ryhmässä 4 tulos oli samansuuntainen, mutta ei tilastollisesti merkitsevä.  $\beta$ -arvojen keskiarvot eivät sen sijaan muuttuneet, kun verrattiin mittauksia ennen ja jälkeen vigilanssikokeen (Teikari 1975).

## 8. DISKUSSIO

### 8.1. Hypoteesien todentuminen

Ensimmäisessä ongelma-alueessa haluttiin selvittää, tapahtuiko tässä kahden tunnin vigilanssitehtävässä valppauden herpaantumista, ja jos sitä esiintyi, miten se ilmeni eri mittareissa. Tulokset osoittivat (kuvio 23; taulukko 7), että valppaus herpaantui ja ilmiö näkyi monissa mittareissa. Koska ajan (C) yhdysvaikutuksista observointireaktioiden tekemisen (A) tai signaalin laadun (B) kanssa osoittautui merkitseväksi vain GSR-konduktanssin B x C yhdysvaikutus, voitiin mittareissa tapahtuvia muutoksia tarkastella pääasiassa aikajaksojen omavaikutuskuvaajien perusteella.

Suoritus-taso heikkeni merkitsevästi ja hyvin samansuuntaisesti dektektioissa, tarkkaavaisuudessa, GSR-konduktanssissa (hetkellinen signaali) ja  $d'$ :ssa. Muutos näkyi jo ensimmäisen ja toisen aikajakson välillä ( $p < .01$ ) ja  $d'$ :ssa ensimmäisen ja kolmannen aikajakson välillä ( $p < .01$ ). Näissä variaabeleissa ei myöskään virhevarianssien homogeenisuusehto asettanut rajoja tulkinnalle  $d'$ -arvoja lukuunottamatta. Observointireaktiot vähenivät vasta verrattaessa viimeistä aikajaksoa ensimmäiseen ( $p < .01$ ). Lisäksi konservatiivinen F-testi antoi merkitsevyyden vain 10 %:n tasolla. Tapahtuva muutos ei siis ollut kovin suuri. GSR-amplitudeissa oli pieneneminen merkitsevä 2. ja 4. jakson välillä ( $p < .05$ ). Konservatiivisen F-testin mukaan merkitsevyys väheni 10 %:n tasolle, ja lisäksi variaabeli ei täyttänyt virhevarianssien homogeenisuusehtoa ( $p < .01$ ). Muutoksen tilastollinen merkitsevyys oli siis hieman kyseenalainen.  $\beta$ -arvot näyttivät nousevan siirryttäessä ensim-

Taulukko 7. Yhteenveto mittareissa tapahtuvista muutoksista tehtäväajan kuluessa (ongelma-alueen 1 ennusteiden toteutuminen)

Mittarit	Homogeenisuus	C:n omavaikutus		C:n yhdysvaikutukset	
	F <sub>max</sub>	F	F <sub>kons.</sub>	F	F <sub>kons.</sub>
Detektiot	ns	< .01	< .01		
Väärät detektiot	<.01	ns			
Reaktioajat	<.01	ns			
Obs. reaktiot	ns	< .01	< .10		
Tarkkaavaisuus	ns	< .01	< .01		
GSR-konduktanssi	ns	< .01	< .01	B x C <.01	<.05
GSR-reaktiot	ns	ns			
GSR-amplitudit	<.01	< .05	< .10		
d'	<.01	< .01	< .01		
$\beta$	<.01	< .05	< .10		

mäisestä jaksosta toiseen ( $p < .05$ ) ja tämän jälkeen laskevan, joskaan eivät merkitsevästi. Konservatiivinen F-testi antoi merkitsevyyden vain 10 %:n riskitasolla. Myös homogeenisuusedellytysten puuttuminen teki tuloksen arveluttavaksi.

Väärät detektiot, reaktioajat, GSR-konduktanssi (pysyvä signaali) ja GSR-reaktiot eivät muuttuneet ajan kuluessa merkitsevästi. Kahdessa ensimmäisessä epähomogeenisuus oli lisäksi erittäin suuri. Reaktioajat piirrettiin kuitenkin (kuvio 23) signaalin laadun mukaan eriteltynä, koska omavaikutuskuvaaja olisi antanut harhaista tietoa tilanteesta. Tällöin voitiin todeta, että hetkellisen signaalin aikana reaktioajat eivät muuttuneet signaaleissa, jotka havaittiin. Tämä osoitti, että koehenkilöt olivat riittävän harjaantuneita kokeen suorittamiseen eikä oppimista kokeen aikana tapahtunut. Pysyvän signaalin aikana reaktioaikojen keskiarvot ja hajonnat kasvoivat hyvin suuresti kahden vii-

meisen aikajakson aikana. Muutamien koehenkilöiden erittäin pitkät reaktioajat aiheuttivat tämän ilmiön. Tämä johtui joko nukahtamisesta tai havainnosta, että signaaliin ehtii reagoida myöhemminkin. Tällöin reaktionopeudesta ei ehkä enää välitetty, vaikka sitä instruktiossa korostettiin. Ylipitkien reaktioaikojen ja maksimireaktioaikojen frekvenssin kasvu ajan kuluessa osoitti kuitenkin suoritustason selvää laskua tehtävän kuluessa, vaikka keskiarvoerot eivät tulleetkaan merkitseviksi.

Hajonnat kasvoivat aikajaksojen myötä detektioissa, tarkkaavaisuudessa ja observointireaktioissa. Reaktioajoissa tämä ilmeni kahden viimeisen jakson aikana. Väärien detektioiden hajonta kasvoi observointireaktioita tekevissä ryhmissä (3 ja 4) samoin GSR-reaktioiden hajonta, sen sijaan  $d'$ -arvojen hajonta kasvoi pysyvän signaalin aikana (ryhmät 2 ja 4).  $\beta$ :n hajonnat muuttuivat keskiarvojen käyräviivaisen kuvaajan mukaisesti. GSR-reaktioiden hajonnat pienenevät ryhmissä, jotka eivät tehneet observointireaktioita (ryhmät 1 ja 2) sekä  $d'$ :n hetkellisen signaalin ryhmissä (1 ja 3). Hajontojen kasvu näytti siis olevan johdonmukaisin mittareissa, jotka heijastivat observointimekanismeissa tapahtuvia muutoksia (detektiot, tarkkaavaisuus, observointireaktiot).

Ongelma-alueen hypoteesi sai tukea detektioiden, tarkkaavaisuuden ja  $d'$ :n osalta selvästi. GSR-konduktanssi tuki hypoteesia hetkellisen signaalin ryhmissä. Hypoteesin suuntaisia olivat osittain observointireaktioiden, reaktioaikojen, GSR-amplitudien ja  $\beta$ :n tulokset. Väärät detektiot, GSR-reaktiot ja GSR-konduktanssi (pysyvän signaalin osalta) eivät tukeneet hypoteesia.

Tulokset olivat pääosiltaan samansuuntaisia kuin vigilanssikokeissa aiemmin saadut detektioiden (Binford & Loeb 1966; Gale ym. 1972b; Guralnick 1972; Hatfield & Soderquist 1970; Moses 1967), tarkkaavaisuuden (Jerison ym. 1965),  $d'$ :n (Green & Swets 1966; Mackworth & Taylor 1963; Mackworth 1969) hetkellisen signaaliryhmien GSR-konduktanssin (Dardano 1962; Eason ym. 1965; Stern 1964), GSR-amplitudien (Ely 1972) ja observointireaktioiden (Holland 1958) osalta. Väärien detektioiden on usein havaittu pysyvän ennallaan tehtävän aikana (Mackworth 1964b, 1965; Wiener 1963), kuten tälläkin kertaa. Samoin reaktioaikojen on havaittu pysyvän muuttumattomina (Buck 1966;

Teikari 1968), joskin useimmiten pitenevän vigilanssikokeen aikana, vaikka signaali onkin ollut hetkellinen (Adams & Boulter 1962; Davenport 1972; Lisper ym. 1972; McCormack ym. 1963). Reaktioaikojen hajontojen, maksimi-reaktioaikojen sekä ylipitkien reaktioaikojen frekvenssin kasvu ajan kuluessa tuki Davies ja Tunen (1970, 14-18) ja Thackray ym:n (1973) havainnot.  $\beta$ -arvojen kasvaminen oli lievää ensimmäisen tunnin aikana ja hypoteesin suuntaista (Colquhoun & Baddeley 1964; Jerison ym. 1965; Levine 1966; Milosevic 1975), mutta  $\beta$ -arvojen laskeminen toisen tunnin kuluessa oli odottamatonta.

Kun yhteenvetona tarkasteltiin prosentuaalisia muutoskuvaajia (kuvio 23) ja muuttujien korrelaatiomatriiseja (taulukko 3; liite 15) ja niistä tehtyjä klusterianalyysyjä (liite 16), voitiin todeta, että tarkkaavaisuus, d' ja detektiot muodostivat mittariryhmän, jolla oli eniten yhteistä varianssia sekä suorituksen yleistason että muutoksen kuvaajina. Hetkellisen signaalin ryhmissä GSR-konduktanssi kuului samaan mittariryhmään, mutta ei pysyvän signaalin aikana. Tämän kokeen perusteella voitiin todeta, että GSR-konduktanssi oli ehkä herkin mittari keskushermoston vigilanssitilan kuvaajana, koska se heijasti signaalin laadun aiheuttamia muutoksia, jotka eivät vielä vähäisyytensä vuoksi näkyneet suoritusmitoissa.

Melko lähellä edellistä mittariryhmää olivat observointireaktiot, GSR-amplitudit, ylipitkät reaktioajat, maksimireaktioajat sekä reaktioaikojen hajonnat. Sen sijaan väärät detektiot keskiarvoina eivät tässäkään tutkimuksessa kuvanneet kovinkaan suuresti samaa ilmiötä kuin toiset mittarit. Erotuspistearvoina väärät detektiot näyttivät kuvaavan yhdessä detektioiden kanssa koehenkilön reagoivuuden määrän muutoksia. Reaktioaikojen keskiarvo ei osoittautunut kovin käyttökelpoiseksi mitaksi suurten hajontojensa vuoksi. Spontaaniin GSR-reaktioiden määrän kuvaajan muoto (kuva 23) oli lähellä GSR-amplitudien kuvaajan muotoa, mutta keskiarvoerot eivät tuleet merkitseviksi ajan funktiona. Sen sijaan erotuspisteillä laskettaessa GSR-reaktioiden muutokset ajan kuluessa korreloivat merkitsevästi useisiin vigilanssimittoihin, jota vuorostaan toiset GSR-indeksit eivät tehneet.

Toisessa ongelma-alueessa haluttiin selvittää, mitä vaikutuksia riippumattomien muuttujien varioinnilla oli vigilanssisuoritukseen. Odotus-

Taulukko 8. Teorioiden ennusteiden toteutuminen ongelma-alue 2:n hypoteesien osalta

Mittarit	Homog.	Tulos	Ennusteen toteutum.				Tulos	Ennusteen toteutum.				Huom.				
	$F_{max}$	Yhdysvaikutukset	Odottust.	Vireyst.	Obs.reakt.	Sign.det.	A:n oma-vaikutus	Odottust.	Vireyst.	Obs.reakt.	Sign.det.		B:n oma-vaikutus	Odottust.	Vireyst.	Obs.reakt.
Detektiot	ns	ns	0	0	0	0	ns	+	0	+	0	$B_1 < B_2, < .05$	+	-	+	+
Väärät detektiot	<.01	ns	0	0	0	0	$A_1 < A_2, < .01$	0	-	0	+	ns	0	+	0	0
Reaktioajat	<.01	$A \times B, < .10$	0	0	0		$A_1 < A_2, < .10$	0	-	0		$B_1 < B_2, < .10$	-	0	-	
Obs. reaktiot	ns	ns	0	0	0		--					ns	0	+	0	
Tarkkaavaisuus	ns	ns	0	0	0		ns	+	0	+		ns	0	+	0	
GSR-konduktanssi	<.05	$B \times C, < .01$	+	0	+		$A_1 < A_2, < .05$	0	+	0		ns	0	+	0	
GSR-reaktiot	ns	$A \times B, < .10$	0	0	0		$A_1 < A_2, < .01$	0	+	0		ns	0	+	0	
GSR-amplitudit	<.01	ns	0	0	0		ns	+	0	+		ns	0	+	0	
$d'$	ns	ns	0	0	0	0	$A_1 > A_2, < .01$	0	-	0	0	ns	0	+	0	+
$\beta$	<.01	ns	0	0	0	0	$A_1 > A_2, < .01$	0	+	0	-	ns	0	+	0	0

+ = Teorian ennuste toteutui

- = Teoria ennusti merkitsevää muutosta, mutta se tapahtui merkitsevänä toiseen suuntaan

0 = Teoria ennusti muutosta, mutta sitä ei tapahtunut tai teoria ei ennustanut muutosta, mutta se tapahtui jompaankumpaan suuntaan

$F_{max} = ns$



ja observointireaktioteorian mukaan ennusteet olivat yhdysvaikutuksista  $B_2C > B_1C$ , omavaikutuksista  $A = ns$  ja  $B_2 > B_1$ . Tuloksista saa parhaan kuvan yhteenvetotaulukosta (taulukko 8). Yhdysvaikutus sai tukea GSR-konduktanssin osalta ja tulokset näyttivät samansuuntaisilta detektioiden ja GSR-amplitudien keskiarvokuvaajia tarkasteltaessa (Teikari 1975). Näytti siis siltä, että pysyvä signaali joko antoi mahdollisuuden vakiinnuttaa odotuskenttä tarkemmaksi kuin hetkellinen signaali ja/tai mahdollisesti useampien palkkioiden saannin ja nosti tätä kautta jonkin verran keskushermoston valmiustilaa. Tämä näkyi merkitsevästi GSR-konduktanssissa, mutta vain suuntana suoritusmitoissa.

Detektiot, tarkkaavaisuus ja GSR-amplitudit tukivat teorioiden ennusteita, että aktivoiminen (A:n omavaikutus) ei vaikuttanut vigilanssisuoritukseen (taulukko 8). Vain detektiot tukivat odotus- ja observointireaktioiden ennustetta signaalin laadun (B) osalta ( $p < .05$ ). Tämäkin tulos saattoi selittyä koejärjestelyjen perusteella, sillä kahden sekunnin aikana henkilöillä oli mahdollisuus reagoida pysyvän signaalin ryhmissä neljään signaaliin, ellei ensimmäisiä havaittu. Kuitenkin keskiarvokuvaajien suunta oli useimmissa mittareissa hypoteesin suuntainen.

Vireystilateorian mukaan ennusteet olivat yhdysvaikutuksista  $A_2 \times C > A_1 \times C$ , omavaikutuksista  $A_2 > A_1$  ja  $B = ns$ . Mikään mittari ei tukenut yhdysvaikutushypoteesia. A:n omavaikutushypoteesia tukivat GSR-konduktanssi, GSR-reaktiot sekä tunnusluku  $\beta$ .  $\beta$ :n homogeenisuusehto ei kuitenkaan täyttynyt. Täysin hypoteesin vastaisia tuloksia antoivat väärät detektiot, reaktioajat ja tunnusluku  $d'$  ( $p < .01$ ). Signaalin laadun (B) omavaikutuksen osalta hypoteesia tukivat kaikki muut mittarit, paitsi detektiot (ehkä tekninen selitys) ja reaktioajat ( $p < .10$ ), joissa tapahtui muutoksia.

Signaalidetektioteoria ennusti  $d'$ -arvojen pienenevän ajan (C) kuluessa muuttujien (A ja B) varioinnista riippumatta. Teoria sai tukea ( $p < .01$ ) signaalin laadun (B) ja aikajaksojen (C) osalta.  $\beta$ :n osalta odotettiin  $A \times B \times C$  yhdysvaikutuksen tulevan merkitseväksi. Näin ei kuitenkaan käynyt. Myöskään kahden variaabelin yhdysvaikutukset eivät tulleet merkitseviksi. A:n omavaikutus ( $p < .01$ ) näytti kuitenkin yhdysvaikutushypoteesin vastaiselta, sillä observointireaktioita tekevät ryhmät saivat matalampia  $\beta$ -arvoja kuin ryhmät, jotka eivät tehneet observointireaktioita. Signaalin laadun (B) omavaikutus oli sen sijaan hypoteesin suun-

tainen, joskaan ei merkitsevä. Aikajaksojen (C) omavaikutusennuste  $\beta$ -arvojen suurenemisesta sai osittaista tukea ( $p < .05$ ) ensimmäisen tunnin aikana.

Detektioiden ja väärin detektioiden ennustetut yhdysvaikutukset eivät myöskään saaneet tukea. Detektioiden osalta pysyvän signaalin tuottama parempi suoritustaso hetkelliseen signaaliin verrattuna ( $p < .05$ ) oli hypoteesin suuntainen. Väärissä detektioissa A:n omavaikutus oli hypoteesin suuntainen. Signaalidetektioiteorian todentamista haittasivat väärin detektioiden ja  $\beta$ -arvojen suuret virhevarianssien epähomogeenisuudet.

Ongelma-alueessa 3 haluttiin tarkastella reaktioaikojen muutoksia signaalin laadun suhteen. Hypoteesi sai tukea hetkellisen signaalin osalta, sillä reaktioajat eivät kasvaneet ajan kuluessa. Pysyvä signaali ei pidentänyt reaktioaikoja tilastollisesti merkitsevästi. Selvin muutos näytti olevan hajontojen suuri kasvu. Osa koehenkilöistä käyttäytyi hypoteesin mukaan ja sai erittäin pitkiä reaktioaikoja. Toisen osajoukon reaktioajat pysyivät lähes muuttumattomina kokeen aikana. Korrelaatiot, jotka laskettiin keskiarvosuoritusten mukaan, tukivat myös osittain hypoteeseja. Sekä hetkellisen että pysyvän signaalin ryhmissä minimireaktioaikojen jakaantuminen (taulukko 4) osoitti kuitenkin, että suoritusnopeus kokeen ensimmäisellä jaksolla oli suurempi kuin muilla jaksoilla. Maksimireaktioajat (taulukko 5) näyttivät kasaantuvan kahdelle viimeiselle aikajaksolle pysyvän signaalin ryhmissä. Samoin ylipitkiä reaktioaikoja saatiin selvästi enemmän kahdella viimeisellä aikajaksolla. Tulosten voitiin katsoa tukevan osittain hypoteesia, että reaktioajoilla mitattuna suoritustaso heikkeni tehtävän kuluessa pysyvän signaalin ryhmissä.

Korrelaatiot, jotka laskettiin sekä keskiarvosuoritus- ja erotuspistemääräarvoilla, tukivat myös osittain hypoteesia (taulukko 9). Pysyvän signaalin ryhmissä korrelaatiot olivat negatiivisia, hetkellisen signaalin ryhmissä positiivisia, mutta vain yksi poikkesi merkitsevästi nollassa. Se, että aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu nollan molemmilla puolilla olevia korrelaatioita (Buck 1966; Thackray ym. 1973 jne.), johtunee etupäässä hetkellisestä signaalista sekä siitä aikarajasta, jonka sisällä reaktio on hyväksytty detektioksi. Lisäksi signaalin vaikeus ja havaittavuus ovat muuttaneet reaktioaikojen riippuvuutta detek-

Taulukko 9. Detektioiden ja reaktioaikojen korrelaatiot ryhmittäin

Ryhmä	Signaalin laatu	Keskimääräinen suoritus		Erotus- pisteet		DF
		r	p	r	p	
1	hetkellinen	.83	< .01	.54	ns	8
2	pysyvä	-.77	< .01	-.22	ns	8
3	hetkellinen	.19	ns	.05	ns	8
4	pysyvä	-.54	ns	-.87	< .01	8
Kaikki koehenkilöt		-.22	ns	-.44	< .01	38

tioihin. Yhteenvetona voidaan todeta, että reaktioaikojen ja detektioiden vertailu hetkellisen signaalin aikana ei anna koko kuvaa reaktioaikojen käyttökelpoisuudesta, koska reaktioaikojen hajonta supistuu kei-notekoisesti.

Ongelma-alueessa 4 haluttiin aluksi selvittää, löytyisikö persoonallisuusmittausten ja vigilanssimittausten välillä yhteyksiä ja voisiko edellisistä ennustaa vigilanssisuorituksen tasoa. Riippuvuuksia löytyi vähän. Nesi-lomakkeen sosiaalisuusulottuvuus ja Bourdon-Wiersma-kokeen kaksi indeksiä saivat eroja ääriryhmävertailussa. Vigilanssikokeessa huonosti selviytyneet osoittautuivat sosiaalisemmiksi kuin vigilanssikokeessa hyvin selviytyneet. Ero tuli merkitseväksi ( $p < .01$ ) tunnin kuluttua vigilanssikokeen alusta lukien. Vigilanssikokeessa hyvin menestyneet tekivät vähemmän virheitä ja heidän suhdelukunsa (virheet/rivien määrä) oli pienempi Bourdon-Wiersma-kokeessa kuin vigilanssikokeessa hyvin menestyneillä.

Kahden tunnin vigilanssikoe näytti kuormittavan yllättävän paljon koehenkilöitä, sillä 58 % vastauksista oli myönteisiä, kun kysyttiin subjektiivisia arvioita heikentyneestä aktivaatiosta. Heikentyneen motivaatioasteikon vastauksista oli 40 % myönteisiä ja vastaavasti 23 % fyysisiä oireita sisältävällä asteikolla. Observointireaktioiden tekeminen näytti merkitsevästi heikentävän aktivaatiota ( $p < .01$ ), motivaatiota ( $p < .05$ ) ja tuottavan fyysisiä oireita ( $p < .05$ ). Sig-

naalin hetkellisyys vähensi merkitsevästi vain aktivaatiota ( $p < .05$ ).

Ongelma-alueessa 5 haluttiin tarkastella, miten kahden tunnin vigilanssitehtävä vaikutti flicker-fusion-kokeesta saataviin signaalidetektioiteorian tunnuslukuihin. Vigilanssikokeen havaittiin pienentävän  $d'$ -arvoja ryhmässä 1 ( $p < .05$ ) ja ryhmissä 2 ja 3 ( $p < .01$ ) sekä vaikuttavan samansuuntaisesti, joskaan ei tilastollisesti merkitsevästi, ryhmässä 4. Voitiin päätellä, että vigilanssikokeen suorittaminen kuormitti näkökanavaa siinä määrin, että diskriminaatioherkkyys pieneni. Myös vigilanssikokeesta lasketut  $d'$ -arvot antoivat saman tuloksen. Sen sijaan  $\beta$ :n arvoissa ei tapahtunut merkitsevää muutosta flicker-fusion-kokeissa. Ilmeisesti vigilanssikoe ei vaikuttanut henkilöiden päätöksentekokriteereihin. Samansuuntaisen tuloksen antoivat vigilanssikokeesta lasketut  $\beta$ -arvot. Riippuvuus ajan suhteen näytti olevan käyräviivainen. Ensimmäisen ja viimeisen aikajakson  $\beta$ -arvot eivät eronneet toisistaan merkitsevästi.

## 8.2. Koetulosten yhteenveto ennustajina käytettyjen teorioiden valossa

Keskeisimmät koetulokset olivat valppauden herpaantuminen ajan kuluessa, joka ilmeni useissa mittareissa sekä riippumattomien muuttujien vähäiset yhdysvaikutukset (taulukot 7 ja 8; kuvio 23). GSR-konduktanssi antoi ainoan merkitsevän yhdysvaikutuksen: hetkellisen signaalin aikana GSR-konduktanssi laski ( $p < .01$ ) ajan kuluessa, mutta pysyvän signaalin aikana laskua ei tapahtunut. Tulos tuki sekä odotus- että observointireaktioteoriaa.

Kun tarkasteltiin A:n omavaikutusta (taulukko 8), havaittiin, että teorit, jotka ennustivat, että aktivoinnilla ei ollut vaikutusta suoritukseen (odotusteoria ja observointireaktioteoria), saivat tukea detektioista, tarkkaavaisuudesta ja GSR-amplitudeista. Vireystilateoria, joka ennusti aktivoinnin vaikuttavan suoritukseen, sai tukea GSR-konduktanssin, GSR-reaktioiden sekä  $\beta$ -arvojen osalta. Vireystilateorian ennusteiden kanssa täysin vastakkaisia koetuloksia antoivat väärät detektiot, reakti-

tioajat ja  $d'$ . Väärät detektiot tukivat signaalidetektioiteorian ennusteita, mutta  $\beta$ -arvot antoivat vastakkaisen tuloksen.

Kun tulosten ristiriitaisuutta alettiin pohtia, oli ensin syytä tarkastella riippumattomien variaabeleiden variointia. Jo vireystilateorian yhteenvedossa oletettiin, että jalkapolkimen käytön aiheuttama aktivointi saattaa olla niin pieni, ettei sen vaikutus näy muissa kuin GSR-mitoissa. Tätä tukivat myös tulokset. Subjektiivisten arvioiden perusteella jalkapolkimen käyttö kuormitti koehenkilöitä melkoisesti.

Toisaalta observointireaktioiden tekeminen ei ainoastaan aktivoinut koehenkilöä, vaan teki ehkä tehtävän vaikeammaksi monien henkilöiden kohdalla. Tämä voitiin päätellä erityisesti väärrien detektioiden lukumäärien ja hajontojen kasvusta. Väärrien detektioiden lisääntyminen taas vaikutti  $d'$ - ja  $\beta$ -arvoihin. Tilanteen vaikeutuminen ei kuitenkaan merkittävästi näkynyt detektioiden määrissä, joten virhelähteen merkitys ei ollut kovin suuri. Tehtävän vaikeutuminen vaikutti ehkä vireystilateorian suuntaan lisääntymisenä, mutta koetuloksia sotkevasti odotusteorian kannalta, koska signaalientemporaalinen odotuskenttä vääristyi. Jos efekti olisi ollut riittävä, tämän olisi pitänyt näkyä  $A \times C$  yhdysvaikutuksina, jotka eivät kuitenkaan tulleet merkittäviksi.

Mikäli taas väärät detektiot koettiin palkkioina, olisi efektin observointireaktioiteorian mukaan pitänyt näkyä esim. detektiomäärien ja tarkkaavaisuuden lisääntymisenä näissä ryhmissä. Näin ei kuitenkaan käynyt. Signaalidetektioiteorian kannalta väärrien detektioiden lisääntyminen oli odotusten mukaista, mutta  $\beta$ -arvojen muutos oli ennusteiden vastainen. Tosin ennustekin  $\beta$ :n osalta perustui olettamukseen, että observointireaktioiden tekeminen lisäisi kohinaa aivoissa, ja tämä vaikeuttaisi päätöksentekoa. Ennuste ei näyttänyt pitävän paikkaansa.

Signaalin laadun (B) omavaikutusta tarkasteltaessa (taulukko 8) voitiin havaita, että vireystilateoria, joka ei olettanut muutosta tapahtuvan, sai tukea lähes kaikilta mittareilta. Ainoastaan reaktioajoissa ja detektioissa ilmeni muutoksia tämän varioinnin perusteella, ja näiden mittareiden välistä yhteyttä haluttiinkin tutkia signaalin laadun muutoksella. Detektioiden suurempi määrä pysyvän signaalin aikana selittyi ehkä koejärjestelyjen avulla. Kun signaaliksi laskettiin reaktio, joka tehtiin kahden sekunnin aikana, oli koehenkilöllä aikaa reagoida

neljään signaaliin (1 signaali = 0.525 sek.). Katkaisurajaa olisi ilmeisesti voinut hieman lyhentää, jolloin tämä vaikutus olisi saatu poistettua. Toisaalta tällöin olisi jouduttu hylkäämään hetkellisen signaalin ryhmissä detektioita koehenkilöiltä, joiden luontainen reaktionopeus ei ollut nopeimpien koehenkilöiden veroinen. Ilmeisesti katkaisuraja oli kuitenkin melko lähellä oikeaa. Reaktioaikojen lievä piteneminen ( $p < .10$ ) selittyi ehkä sillä, että signaalin luonne havaittiin, eikä reaktionopeutta pidetty niin tärkeänä, kuin instruktiossa korostettiin.

Koska signaalin laatu ei näyttänyt aiheuttavan muutoksia muissa variaabeleissa, oli todennäköistä, että signaalin havaitseminen oli nopea tapahtuma, olipa reaktioaika kuinka pitkä hyvänsä. Tästä johtuen tapahtuma oli suunnilleen samanlainen sekä hetkellisen että pysyvän signaalin aikana. Siksi signaalin laadun vaikutus ei näkynyt muissa mittareissa.

Tämän tutkimuksen selvin anti oli seuraava: vigilanssitutkimuksissa on kohtuullisen helppoa saada aikaan suoritustason heikkeneminen ajan kuluessa useilla mittareilla mitattuna yhtäaikaisesti tai erikseen. Tämä voidaan tulkita vigilanssin vähenemiseksi ja kaikki vigilanssiteoriat ovat yksimielisiä tästä ilmiöstä, vaikka selityspusteet vaihtelevat. Kun sen sijaan päätetään varioida joitakin riippumattomia muuttujia, teorioiden ennusteet tulevat ristiriitaisiksi, samoin eri mittareilla saadut tulokset. Tämä selittyy sillä, että mittareiden yhteisen varianssin osuus ei ole kovinkaan suuri, ja toisaalta teoriat ovat selityspusteiltaan kapea-alaisia. Teorioiden käsitteellinen validius on liian suppea vigilanssi-ilmiön kattavaan selittämiseen. Persoonallisuusmittaukset, sosiaalisuusulottuvuutta lukuun ottamatta, eivät anna selitysmahdollisuuksia vigilanssin vähenemiselle.

### 8.3. Vigilanssi-ilmiö ja sen selittäminen

Aluksi on paras palauttaa mieliin informaation kulkuprosessi vigilanssitehtävässä (ks. sivu 51). Observointimekanismissa tapahtuvia muutoksia kuvaa selvimmin observointireaktioteoria. Tämän mukaan signaalin

havaitseminen palkitsee observointireaktioiden tekemistä (Holland 1958). Toisaalta Jerison ja Wing (1963) ovat esittäneet, että observointireaktioita tulisi nimittää valaisureaktioiksi, joita voidaan tehdä tavan vuoksi ilman, että ollaan keskittyneitä tehtävän seuraamiseen (Broadbent 1963, 72-87; Guralnick 1972). Tämän vuoksi observointireaktiot kuvaavat jotain muuta, mahdollisesti vigilanssikäyttäytymiseen liittyvää, ilmiötä kuin detektiot tai reaktioajat.

Tässä tutkimuksessa observointireaktioiden havaittiin kuitenkin vähenevän samansuuntaisesti kuin detektioiden,  $d'$ :n, tarkkaavaisuuden, GSR-konduktanssin hetkellisen signaalin aikana sekä GSR-amplitudien. Tätä vigilanssitehtävää voitiin pitää melko yksinkertaisena, ja tällaisissa tehtävissä tutkimustulokset ovat tukeneet observointireaktioiden käyttöä em. vigilanssimittareiden rinnalla vigilanssikäyttäytymisen kuvaajana (Guralnick 1972). Toisaalta signaalien vahvistavat ominaisuudet eivät saaneet tukea, koska pysyvän signaalin ryhmissä ei tehty merkittävästi enemmän observointireaktioita kuin hetkellisen signaalin ryhmissä. Tulosten suunta oli oikea, ja ehkä signaalien vähyys ei tuottanut riittäviä käsittelyeroja ryhmien välille.

Observointimekanismissa tapahtuvia muutoksia kuvaavat tai selittävät myös motivaatioteoria, odotusteoria, vireystilateoria sekä signaalidetektioiteorian tunnusluku  $d'$ . Lähinnä loogisin tuntuisi olevan Jerisonin ja Pickettin (1963) selitys kahdesta päätöksentekoprosessista: ensin on tehtävä päätös, observoidaanko kohdetta, ja vasta toiseksi päätös, onko aivoihin tullut impulssi signaali vai ei. Tässä tutkimuksessa oli poikkeuksellinen mahdollisuus observoida koehenkilön käyttäytymistä TV-kameran ja 'screenin' avulla. Koska ensin mainitun avulla saatu tarkkaavaisuusindeksi näytti muuttuvan hyvin samansuuntaisesti detektioiden,  $d'$ :n, observointireaktioiden, GSR-amplitudin ja GSR-konduktanssin (hetkellinen signaali) kanssa, voitiin todeta, että observointimekanismissa tapahtuvaa muutosta olisi helpoin tapa arvioida tarkkailemalla koehenkilöä.

Siihen, millä selitetään tarkkailukäyttäytymisen muutokset, ei tässä tutkimuksessa pystytty selvästi vastaamaan, koska riippumattomien muuttujien variointi ei tuottanut johdonmukaisia eroja. Ainoita sel-

västi havaittavia ilmiöitä olivat yksilöiden väliset suuret erot sekä tarkkaavaisuuskäyttäytymisen heikkeneminen ajan kuluessa. Aikaisempiin tutkimuksiin ja teorioihin nojautuen selityksiä olisivat: 1) Sensorinen kanava väsyi, koska signaali oli dynaaminen ja tehtävä oli visuaalinen ( $d'$ ), 2) vireystila heikkeni (GSR-konduktanssi), 3) signaalien detektioiden pieni määrä ei ollut riittävä palkkio observointikäyttäytymisen ylläpitämiseksi (observointireaktiot ja tarkkaavaisuus), 4) odotuskenttä ei vastannut todellisuutta riittävän hyvin (detektiot), 5) tehtiin päätös observoinnin vähentämisestä (yksilöiden erot).

GSR-konduktanssi antoi hiukan vihjeitä tulkintaan, sillä hetkellisen signaalin aikana se laski, pysyvän signaalin aikana se pysyi muuttumattomana. Kun GSR-konduktanssia pidettiin aivojen vireystilan yleisindikaattorina, voitiin väittää, että vaikka vireystila pysyi muuttumattomana pysyvän signaalin aikana, se ei pystynyt estämään tarkkailukäyttäytymisen heikkenemistä. Siksi selitykset 1 ja 5 tuntuisivat saavan eniten tukea. Aistikanavan väsymistä tukivat myös flicker-fusion-kokeen tulokset  $d'$ :n vähenemisestä.

Suodatinteorian tarjoamalle selitykselle yksikanavasysteemin suodatinvaihteluista lyhytaikaisen ja pitkäaikaisen muistin välillä tämä tutkimusongelma ei tarjonnut hyviä testausmahdollisuuksia. Observoidun tarkkaavaisuuden perusteella voitiin kuitenkin havaita observointikäyttäytymisen heikkenemistä ajan kuluessa ja suuntautumista yhä enemmän sisäisiin tai irrelevantteihin ulkoisiin ärsykkeisiin ( $p < .01$ ).

Sensorisen impulssin tulkintavaiheesta voitiin todeta, että GSR-konduktanssin perusteella hetkellinen signaali ei riittänyt pitämään yllä valppaustasoa, mutta pysyvä signaali riitti säilyttämään sen lähes alkumittauksen tasolla. Näin havaittu aivojen vireystilan korkeus ei ollut kuitenkaan riittävä suoritustason säilyttämiseksi. Tulos tuki odotusteoriaa ja observointireaktioteoriaa GSR-konduktanssin osalta. Suoritusmitat taas antoivat tukea vireystilateorialle, jonka mukaan signaalin laatu ei vaikuttanut vireystilaan eikä suoritustasoon.

GSR-amplitudeissa oikeisiin detektioihin ilmeni merkitsevää laskua (habituoituminen signaaleihin) vasta viimeisen jakson aikana, mutta GSR-reaktioiden määrässä merkitsevää laskua (habituoituminen tausta-

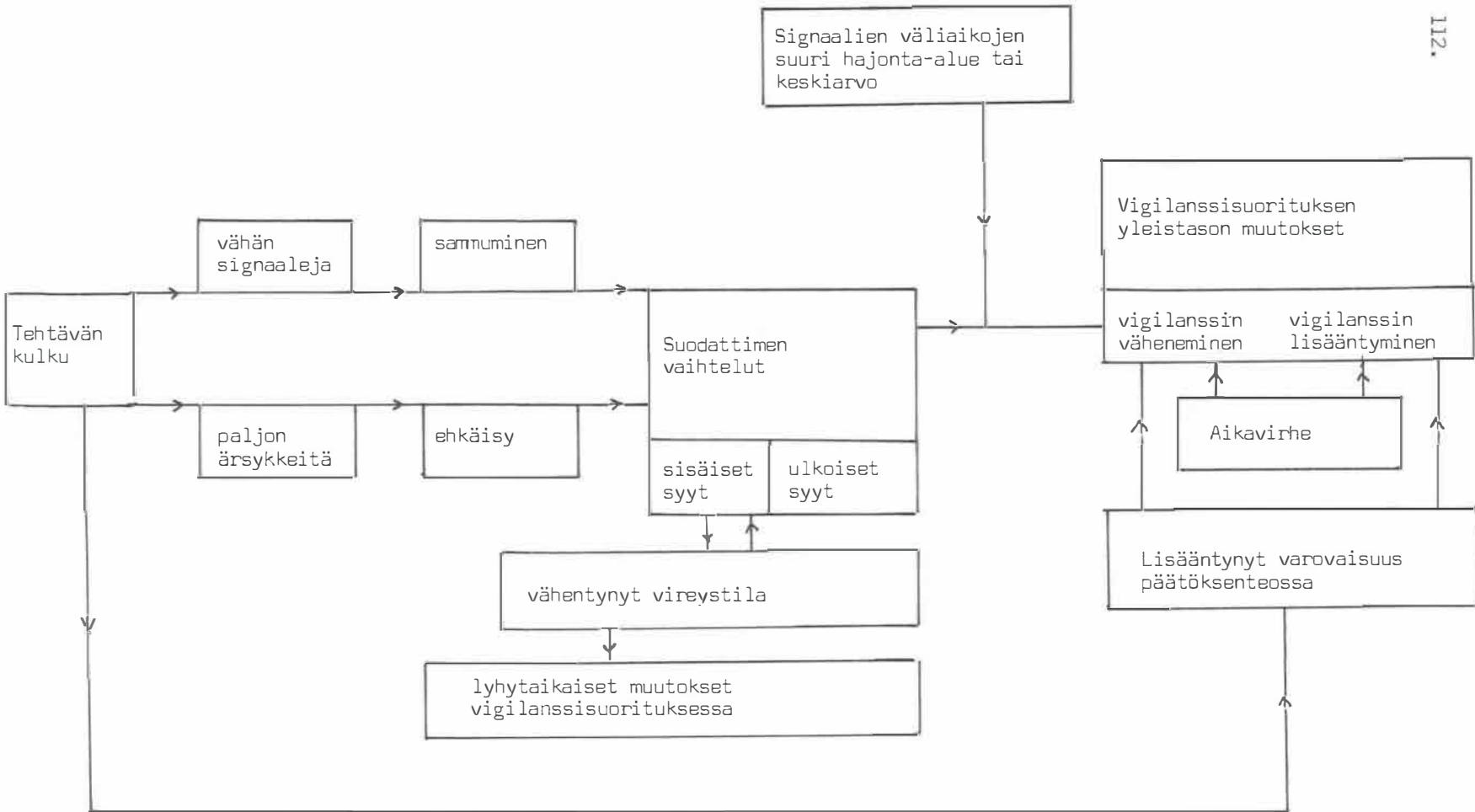


ärsykkeisiin), ei tapahtunut, joskin kuvaaja oli GSR-amplitudien kuvaa-  
jan suuntainen. GSR-reaktioiden väheneminen ajan kuluessa korreloi mer-  
kitsevästi useiden suoritusmittojen kanssa (liite 17). Signaalidetektio-  
teorian tunnusluku  $\beta$  kasvoi merkitsevästi ( $p < .05$ ) ensimmäisen tunnin  
aikana (Guralnick 1972; Milosevic 1975), mutta toisen tunnin aikana  
 $\beta$ -arvot laskivat alkutasoa kohti.  $\beta$ -arvojen nousu oli aikaisempien tut-  
kimusten mukainen, mutta lasku oli odottamaton ilmiö. Flicker-fusion-  
kokeissa  $\beta$ -arvot eivät muuttuneet.

Suoritusasolla reaktioaikojen hajontojen, ylipitkien reaktioaiko-  
jen ja maksimireaktioaikojen kasvu oli selvin muutos, samoin detekti-  
oiden väheneminen ajan kuluessa. Väärät detektiot eivät muuttuneet ajan  
kuluessa. Suuret yksilöiden väliset erot varsinkin reaktioajoissa ja  
väärin detektioiden määrissä osoittivat, että tehtävän suoritusstra-  
tegiat vaihtelivat tässä vigilanssitehtävässä. Siksi keskiarvoon pe-  
rustuvat kuvausjärjestelmät ovat yleensä melko huonoja hypoteesin tes-  
tausmetodeja. Toisaalta yksikään teoria ei ole yrittänyt selittää vigi-  
lanssikäyttäytymistä hajontojen perusteella, vaan tulkinnot perustuvat  
ryhmien keskiarvoeroihin.

Tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että tämän tyyppises-  
sä vigilanssikokeessa observointimekanismissa tapahtuva muutos selit-  
täisi pääosan suorituksessa tapahtuvasta muutoksesta lähinnä kahden  
tekijän avulla: 1) Koehenkilöt observoivat vähemmän ajan kuluessa, ja  
2) aistikanava väsyä ajan kuluessa. Keskushermoston vireystila ja odo-  
tuskentän laatu sekä palkkioiden vähyys ovat epäsuoria selityksiä, jot-  
ka vaikuttavat koehenkilön observointikäyttäytymiseen sitä heikentäen.

Vigilanssitehtävän informaatiokulun tarkemman mallin tarjosi Stroh  
(1971, 66). Kirjan sain käsiini vasta tutkimuksen kokeellisen osan suo-  
rittamisen jälkeen, joten sen selityshedelmällisyyttä tarkastelen vas-  
ta tässä yhteydessä. Teoria tuntui huomattavasti pidemmälle mietityl-  
tä kuin siihenastiset vigilanssiselitykset (kuvio 24). Inhibitio-vi-  
reystila-suodatin-signaalidetektio-teorian (IAF-signal detection theory)  
mukaan päätekijä valppauden herpaantumisessa on yksikanavajärjestelmän  
suodattimen vaihtelu (Broadbentin suodatinteoria) eli muutokset tarkkaa-  
vaisuudessa. Nämä ovat tulosta joko sisäisistä tai ulkoisista tapahtu-



Kuvio 24. IAF (Inhibition-arousal-filter)-signaalidetektio teoria (Stroh 1971,66)

mista. Valppauden herpaantumisen aste riippuu signaalin väliaikojen keskiarvoista ja hajonnoista. Jos nämä ovat suuret, kuten tässä tutkimuksessa, koehenkilön on vaikea arvioida, milloin signaali tulee, eikä hän kykene rajoittamaan suodattimen vaihtoa aikoihin, jolloin signaalin todennäköisyys on pieni (odotusteoriaa sivuava selitys).

Suodattimen vaihtelut ovat tulosta sekä inhibitiosta että sammumisesta (Mackworthin ehkäisyteoria). Tässä tutkimuksessa vahvistusten vähäisyys aiheutti todennäköisesti osittain observointikäyttäytymisen sammumista. Samanaikaisesti suuri ei-signaaliärsykkeiden määrä menettää uutuusarvonsa ja keskushermoston reaktiot niihin habituoituvat. Kun tarkkailureaktiot sekä signaaleihin että muihin tehtävä-ärsykkeisiin inhiboituvat (vrt. GSR-konduktanssi, tarkkaavaisuus), henkilön havainnointi siirtyy irrelevantteihin ulkoisiin tai sisäisiin ärsykkeisiin. Kun muutakaan ulkoista tarkkailtavaa ei juuri ole, tämä johtaa henkilön viireystilan laskuun (GSR-konduktanssi). Tässä vaiheessa ilmenee kahdentyyppistä interaktiota: heikentynyt viireystila johtaa usein sisäisiin suodatinvaihdoksiin (päiväunelmat) ja nämä myötävaikuttavat viireystilan edelleen heikkenemiseen. Tällä tavalla henkilön viireystila vaikuttaa hänen yleiseen suoritustasoonsa.

Viireystilalla on myös ensisijainen vaikutus vigilanssisuorituksen lyhytaikaisiin muutoksiin. Viireystilan laskuun vaikuttavat Stroh'n (1970, 36-37, 88) mukaan myös koehenkilön ikä ja neuroottisuus. Aikavirhe, joka tarkoittaa pyrkimystä yli- tai aliarvioida toista fyysisesti samankaltaisesta peräkkäisestä ärsykkeestä, voi joko parantaa tai heikentää vigilanssisuoritusta riippuen signaalien ja ärsykkeiden suhteellisesta voimakkuudesta ja taajuudesta. Myös varovaisuuden lisääntymisen ( $\beta$ ) on empiirisesti todettu vaikuttavan vigilanssisuoritukseen. Ajan kuluessa ilmenee pyrkimystä määritellä signaali tarkemmin, ja tästä yleensä seuraa reaktioiden väheneminen. Tällöin sekä detektioiden että väärin detektioiden määrät alkavat pienentyä tehtävän edetessä. Kokonaisvaikutus riippuu tehtävän luonteesta ja vigilanssimittareista. Mitat, jotka eivät huomioi vääriä detektioita, tuottavat todennäköisesti havaintoja vigilanssin vähenemisestä.

Stroh'n teoria näytti soveltuvan tämänkin tutkimuksen tulkintaan. Tulokset tukivat sammumisen ja ehkäisyn sekä toisaalta aikavirheen,

vigilanssin vähenemisen, vigilanssisuorituksen yleistason heikkenemisen ja signaalien väliaikojen suuren vaihtelun kautta syntyviä suodattimen vaihteluja, siis observoitu tarkkaavaisuus väheni. Mielenkiinnon kohdistuminen ulkoisiin tapahtumiin tuli varsin selvästi esille, samoin sisäiset päivänunelmat, jotka johtivat lyhyisiin tai pitempiin unijaksoihin muutamien koehenkilöiden kohdalla. Kaikesta seurasi vireystilan heikkeneminen ja melko selvä detektioiden väheneminen. Pysyvän signaalien ryhmissä reaktioaika antoi kuitenkin vihjeitä, että Stroh'n teoria ei pysty huomioimaan yksilöiden välistä suurta hajontaa riittävässä määrin.

Stroh'n teoria on toistaiseksi vain kehikko, johon on kerätty vigilanssi-ilmiöön vaikuttavia tekijöitä ja alustavasti yritetty pohdiskella eri tekijöiden välisiä yhteyksiä. Malli nykyisellään ei sisällä edes kaikkia vigilanssi-alkioita, eikä siinä ole yritetty määritellä tekijöiden määrällistä vaikuttamisosuutta vigilanssin vähenemiseen. Kehikkoon ei ole sijoitettu persoonallisuustekijöitä (esim. ikä, neuroottisuus, psykoottisuus ja ekstraversio-introversio-ulottuvuus), joiden Stroh olettaa vaikuttavan lähinnä vireystilan kautta vigilanssisuoritukseen. Tämän tutkimuksen mukaan ainakin sosiaalisuus (E-I-ulottuvuus) näyttäisi ennustavan jossakin määrin vigilanssisuorituksen tasoa.

Yksilöerojen suuruuteen vigilanssikokeissa Stroh'n malli ei myöskään tarjoa riittäviä selityspereusteita. Nyt tehdyssä tutkimuksessa vakiointiin ikä ja verrantaen kontrolloitiin sosiaalisuus sekä neuroottisuus, mutta yksilöerot olivat edelleen hyvin suuret. Korrelaatiotaulukko ja ääriyhmävertailut eivät myöskään antaneet mukana olleiden variaabeleiden puitteissa vihjeitä selityspereusteiden etsimiselle.

Motivaatiotekijöiden osuus puuttuu Stroh'n mallista täysin. Niiden voisi olettaa vaikuttavan ensisijaisesti suodattimen vaihtelun kautta vigilanssisuoritukseen. On tietysti kokonaan eri asia, millä tavoin motivaation suuruutta voidaan mitata luotettavasti kokeen alkaessa, puhumattakaan kokeen kestäessä.

Stroh (1971) ei ole kirjassaan paljonkaan pohtinut sitä, miten vigilanssiin vaikuttavat tehtävä- ja ympäristömuuttujat liittyvät malliin. Seuraavassa yritän käydä lävitse muutamia keskeisiä tekijöitä. Kun signaaleja esitetään 20 tai vähemmän tunnissa, tapahtuu melkoi-

sella varmuudella sammumista, ja vigilanssisuoritus heikkenee. Vastaava ilmiö esiintyy myös suuremmilla signaalifrekvensseillä varsinkin, jos signaali on lyhytkestoinen tai lähellä kynnsarvoa. Kun taustaärsykkeiden frekvenssiä lisätään, vigilanssisuoritus paranee, mikäli signaali ja taustaärsykkeet ovat erillisiä tapahtumia, ja vigilanssisuoritus huononee, jos signaalit ja taustaärsykkeet tulevat yhtenäisenä tapahtumaketjuna. Tällöin suodattimen vaihdokset vaikeutuvat ja ehkäisy kasaantuu nopeammin. Lepotauot vaikuttavat suorituksen aikana monen kanavan kautta: sammuminen palautuu, ehkäisy häipyä, suodatin voidaan kääntää irrelevantteihin ärsykkeisiin rauhassa ja vireystila ehditään nostaa muulla toiminnalla. Tieto tuloksista parantaa ennen kaikkea päätöksentekokriteerien tarkkuutta. Harjoittelu ennen tehtävää auttaa vakiinnuttamaan päätöksentekokriteerit varmoiksi. Palkkioilla ja rangaistuksilla voidaan ehkäistä sammumista sekä vahvistaa päätöksentekokriteerien adekvaattisuutta. Irrelevantteilla kuulo- ja näköärsykkeillä, jotka tulevat sellaisen kanavan kautta, jolla ei suoriteta tehtävää, voidaan ylläpitää vireystilaa. Kahta kanavaa myöten yhtä aikaa tuleva informaatio helpottaa päätöksentekoa.

Eri tekijöiden voidaan osoittaa vaikuttavan Stroh'n teorian yhteen tai useampaan alkioon. Sen sijaan tekijöiden keskinäisistä yhdysvaikutuksista ei tieto tällä hetkellä ole kiistatonta. Lisäksi tekijöiden määrällisestä vaikuttamisosuudesta ei pystytty tällä hetkellä antamaan tarkkoja numeerisia arvoja, jotta vigilanssiteoriaa voitaisiin ruveta kehittämään matemaattisen mallin avulla ilmaistavaksi. Tämän tutkimuksen koeasetelma ei suonut mahdollisuuksia yrittää ratkaista näitä kysymyksiä.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että vain muutamiin riippuviin ja riippumattomiin variaabeleihin rajoittuvien yksityisten vigilanssitutkimusten aika alkaa olla ohi. Informaation kulku vigilanssisuorituksessa on pystyttävä mittaamaan monessa pisteessä erilaisten mittareiden avulla. Tässä taas tulee pulmaksi mittaustekniikan puutteellisuus: millä määritellään vireystilan lyhytaikaiset muutokset luotettavasti (EEG, GSR ja syke ovat toistaiseksi kovin karkeita ja virheherkkiä), millä määritellään tarkasti aikavirhe, millä suodattimen vaihtelut (TV-observointi on ehkä parhaita). Ehkä tärkein kysymys jää joka tapauksessa ratkaisematta: mikä on kunkin osavaiheen määrällinen osuus

vigilanssisuorituksen herpaantumisessa.

Stroh'n malli on kuitenkin lähtöajatukseltaan paras vigilanssi-ilmiön selittämiseksi tehdyistä yrityksistä. Jatkotutkimukset osoittavat, kuinka paljon mallia pystytään tarkentamaan, ja kuinka yleistettävissä malli on. Ihmeelliseltä tuntuukin tosiasia, että Stroh'n teoriaa ei ole kukaan hänen tutkimusryhmänsä ulkopuolinen henkilö yrittänyt testata ja tarkentaa kuluneen viiden vuoden aikana, vaan tulokset tulkitaan edelleen perinteisten suppeiden vigilanssiteorioiden puitteissa.

#### 8.4. Mittareiden käyttökelpoisuuden arviointia

Mittareiden puolitusreliabiliteetti-arvot olivat tutkimuksessa hyviä lukuunottamatta vääriä detektioita ja reaktioaikoja, jotka nekin saivat täysin tyydyttävät numeeriset arvot huomioiden virhevarianssien suuren epähomogeenisuuden varianssianalyysien yhteydessä. Tätä ilmiötä oli pikemminkin pidettävä tutkimustuloksena, joka osoitti, että yksilön suoritus läpi tehtävän noudatti melko suuressa määrin hänen valitsemaansa toimintatapaa, jolloin suoritus joko heikkeni tai pysyi alkutasollaan. Tämän vuoksi henkilöiden väliset erot koeryhmän sisällä saattoivat olla hyvinkin suuret useiden variaabeleiden vakioinnista huolimatta. Lisäksi aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että samojen henkilöiden suoritus on vaihdellut melkoisesti tehtävää tai vuorokauden aikaa muuteltaessa. Toistomittausreliabiliteetit eivät ole olleet puolitusreliabiliteettien suuruusluokkaa (Buckner 1963, 171-179; McGrath 1963a, 118-123).

Keskeisimpinä tuloksina voitiin pitää detektioiden, tarkkaavaisuuden,  $d'$ :n ja GSR-konduktanssin (hetkellinen signaali) hyvin samansuuntaisia muutoksia tehtäväajan kuluessa. Lisäksi observointireaktioissa ja GSR-amplitudeissa tapahtuvat muutokset olivat lähes edellisen mittariryhmän suuntaisia. Näiden indeksien voitiin katsoa kuvaavan melko validisti vigilanssin herpaantumista tämän tyyppisessä kokeessa.

Tutkimuksessa painottui observointimekanismissa tapahtuva muutos, joka voitiin selittää eri perustein. Keskeisimmäksi tutkimuksen tekijä katsoi, Stroh'n teorian viitekehykseen yhtyen, suodattimen vaihtelet, joita parhaiten voitiin arvioida observoidun tarkkaavaisuuden avulla. Tämä olisi myös erittäin helppo menetelmä työelämässä käytettäväksi. Diskriminaatioherkkyyden väheneminen ( $d'$ ) olisi ilmeisesti parempi tulkita visuaalisen kanavan väsymiseksi (vrt. flicker-fusion-koe), vaikka kirjoittaja katsoikin, että suuri osa  $d'$ :n pienenemisestä selittyi tarkkailukäyttäytymisen muutoksista. Observointireaktioiden väheneminen saattoi johtua joko väsymyksestä tai palkkioiden puutteesta aiheutuvas-ta sammumisesta. Detektioiden väheneminen kuvasi ehkä parhaiten tehtävän suorituksessa tapahtuvaa heikkenemistä. GSR-amplitudien väheneminen oli ehkä osoitus habituoitumisesta oikeisiin signaaleihin, joka ärsykeiden vähäisyyden vuoksi näkyi vasta viimeisen jakson aikana merkitsevä. GSR-konduktanssi kuvasi ehkä keskushermostollisen vireystilan heikkenemistä hetkellisen signaalin aikana ja vireystilan pysymistä ennallaan pysyvän signaalin aikana. Spontaani GSR-reaktioiden määrän pysyminen melko muuttumattomana taas todennäköisesti osoitti, että habituoituminen tai vireystilan lasku ei ollut kovin suurta tämän tehtävän aikana, joskin samansuuntaista kuin suoritustason lasku muissa mittareissa.

Väärät detektiot eivät tämänkään tutkimuksen mukaan vaihdelleet tyypillisten vigilanssimittojen suuntaisesti keskiarvoilla laskettaessa, vaan pysyivät muuttumattomina ajan kuluessa. Sen sijaan muutokset yksilötasolla erotuspistemäärillä laskettaessa näyttivät olevan merkitsevässä yhteydessä detektioissa tapahtuviin muutoksiin.

Keskimääräisen reaktioajan käyttö ei näyttänyt olevan kovinkaan järkevää vigilanssikäyttäytymistä kuvattaessa, koska yksilöiden väliset erot olivat suuret, kun käytettiin pysyvää signaalia. Tuntuisikin järkevältä ehdottaa, että reaktioaikojen käyttöä hetkellisen signaalin yhteydessä olisi syytä pohtia uudelleen, koska saatu informaatio on harhaista, tai tehtävä ja signaali ovat poikkeuksellisen helppoja koehenkilöille. Maksimireaktioajat sekä ylipitkien reaktioaikojen frekvenssit näyttivät kuvaavan konkreettisemmin suoritustasossa tapahtuvaa laskua.

Signaalidetektioiteorian soveltaminen vigilanssimittauksiin osoittau-

tui tässäkin tutkimuksessa erittäin pulmalliseksi. Tulokset sinänsä vastasivat  $d'$ :n vähenemisen osalta aikaisemmin saatuja ja osittain myös  $\beta$ :n suurenemisen osalta. Mutta kun pohdittiin oletuksia, joihin tunnuslukujen laskeminen perustui, oli tilanne toinen. Kun tässä tutkimuksessa käytettiin dynaamista signaalia, oli täysin mielivaltaista ensinnäkin ratkaista, mikä oli observointiyksikkö, jonka perusteella koehenkilö päätöksensä teki. Aikaisempiin tutkimuksiin nojautuen (Broadbent & Gregory 1963; Mackworth 1965) yksiköksi otettiin neljä peräkkäistä varlon asemaa (1, 2, 3, 4 ja 5, 6, 7, 8 jne.). Toisaalta observointiyksikkö olisi voitu laskea monella muullakin tavalla esimerkiksi 1, 2, 3, 4 ja 2, 3, 4, 5 ja 3, 4, 5, 6 jne. (kuvio 11). Näin olisi taustaärsykkeisiin kuuluvien observointijaksojen määrä tullut kolminkertaiseksi. Tämä olisi muuttanut systemaattisesti  $d'$ -arvoja, muttei vaikuttanut suurestikaan tunnuslukujen muutoksen merkitsevyyteen.

Pahempi pulma oli kuitenkin  $d'$ - ja  $\beta$ -arvojen tulkinta. Kun henkilön tarkkailukäyttäytyminen kokeen aikana muuttui, tunnusluvut eivät enää olleetkaan tulkittavissa teorian mukaan diskriminaatiokyvyn vähenemiseksi tai varovaisuuden lisääntymiseksi. Visuaalisissa tehtävissä esitetty tulkinta aistikanavan väsymisestä ei myöskään ollut kattava selitys. Suurin vaikuttava tekijä oli ehkä tarkkailukäyttäytymisen muuttuminen. Jos signaali oli hetkellinen ja henkilö ei seurannut tehtävää, detektioita ja vääriä detektioita ei juuri tehty. Henkilön reagoimattomuus ei-signaaliärsykkeisiin oli täysin korrektia tehtävän tulostuksen kannalta, vaikkei hän suorittanutkaan tehtävää tarkoituksenmukaisella tavalla. Muutama oikea tai väärä detektio riitti antamaan  $d'$ -arvoista järkeväntuntuksia. Mutta tilanteen todellisuus paljastui pysyvän signaalin aikana. Kun signaali jäi päälle, eikä henkilö reagoinut usein, hänen toimintansa tulokset tulkittiin teorian mukaan pääasiassa vääriksi kieltäviksi reaktioiksi, vaikkei hän tehnytään päätöksiä. Tällöin oli hyvin kyseenalaista kuvailla henkilön käyttäytymistä  $d'$ :n ja  $\beta$ :n avulla.

Tässä tutkimuksessa laskettiin kuitenkin signaalidetektioiteorian tunnusluvut. Yhdysvaikutukset eivät tulleet ennusteista huolimatta merkitseviksi. Sen sijaan yksilöiden erilaiset tarkkailutavat aiheuttivat epähomogeenisuuden ryhmien sisällä.  $\beta$ :n tulkinta päätöksenteko-



kriteeriä kuvaavana tunnuslukuna tuntuu edellä kerrotun perusteella hyvin uskalletulta, jopa virheelliseltä. Pikemminkin voisi esittää kysymyksen, mitä muuta tunnusluku  $\beta$  kuvaa kuin tarkkailukäyttötymisen muutoksia.

#### 8.5. Tutkimuksen virhelähteistä ja tulosten yleistettävyydestä

Diskussion aikaisemmissa osissa on jo puututtu useisiin virhelähteisiin tai tulosten tulkintavaikeuksiin. Seuraavassa lyhyt yhteenveto niistä: 1) Varianssianalyysin käyttö tulosten laskennassa oli hieman kyseenalaista, koska virhevariانسsien homogeenisuudet eivät täyttäneet menetelmän edellytyksiä (taulukot 7 ja 8). Kovarianssien homogeenisuuksia ei pystytty edes testaamaan. Konservatiivista F-testiä käytettiin siksi, että saataisiin mahdollisimman tiukat rajat tulosten merkitsevyydelle. 2) Tunnuslukujen  $d'$  ja  $\beta$  laskeminen ja tulkinta olivat hyvin kiistanalaisia. 3) Riippumattomien variaabeleiden operationaalistaminen ei tuottanut ehkä puhtaasti haluttuja vaikutuksia. Signaalin katkaisuraja antoi mahdollisuuden tehdä hieman helpommin detektioita pysyvän signaalin aikana. Observointireaktioiden tekeminen vaikeutti ehkä tehtävää (väärrien detektioiden lisääntyminen), vaikka sen piti ainoastaan aktivoida koehenkilöä. 4) Reaktioaikojen katkaisuraja pysyvän signaalin aikana oli todennäköisesti liian pitkä, sillä lyhyemmälläkin aikarajalla olisi saatu sama ilmiö esiin, eivätkä epähomogeenisuudet olisi tulleet niin suuriksi. 5) Koehenkilöiden tasavertainen motivointi ei ilmeisesti täysin onnistunut instruktioon ja rahapalkkion avulla. 6) Koehuoneen lämpötilan ja ilman kosteuden vakiointi ei täysin onnistunut.

Vigilanssikokeiden tuloksia on hyvin vaikea yleistää. Koehenkilöt valittiin tässä tutkimuksessa autosotamiehistä, koska he pitkillä ajo- matkoilla joutuvat melko monotoniseen työhön, ja on luultavaa, että he edustavat väestönosaa, josta osa päätyy monotonisiin tarkkailu- ja valvontatehtäviin. Opiskelijoiden käyttö näissä tutkimuksissa on hieman

arveluttavaa, koska todennäköisesti suurempi kekseliäisyys aiheuttaa eri tyyppisiä muutoksia tarkkailukäyttäytymiseen. Myös motivointikysymykset saattavat olla erilaisia. Laboratorioissa suoritettujen vigilanssikokeiden yleistettävyyys työelämän tilanteisiin lienee myös melko uskallettua ainakaan kovin suoraviivaisesti. Lisäksi jopa yksilöiden käyttäytymistä työelämässä on melko vaikea ennustaa laboratoriokokeiden perusteella. Luokuisat kokemukset ovat osoittaneet, että työolosuhteita järjestettäessä on ollut kysymys pikemminkin 'räätälintyöstä', joka on ollut tehtävä erikseen kussakin työtehtäväkokonaisuudessa.

#### 8.6. Uusia tutkimusmahdollisuuksia

Pienten vigilanssikokeiden aika on mielestäni ohi. Siksi tässä yhteydessä ei puututa tämän tyyppisiin jatkotutkimusmahdollisuuksiin. Yhtenä tärkeänä lähestymistapana kannattaisi jatkaa Teichnerin (1974) ja Levine ym:n (1973) viitoittamaa linjaa ja koota yhteenvetoja tehdyistä 700:sta pikkututkimuksesta. Nämä olisi hyvä kytkeä informaation kulkuprosessiin tai etsiä uusia selittäviä ulottuvuuksia tulosten tulkitsemiseksi. Psykofysiologisten tutkimusmenetelmien kehittäminen tuntuisi toiselta päälinjalta. Nykyisellä mittausmetodiikalla tuntuu hyvin vaikealta löytää tietoa, joka selittää ratkaisevalla tavalla ongelmakenttää. Teorian kehittämisessä Stroh (1971) on mielestäni luonut ensimmäisen suoraan vigilanssikäyttäytymisen kuvailuun soveltuvan, riittävän yksityiskohtaisen ja laaja-alaisen viitekehysten. Tuntuu järkevältä jatkaa tämän tyyppisellä otteella.

Yhdeksi täysin kartoittamattomaksi alueeksi on jäänyt, miten monotoniset työtehtävät vaikuttavat työntekijän persoonallisuuteen, kykyrakenteeseen ja jokapäiväiseen elämään 5 - 20 vuoden kuluessa. Voisi ennustaa, että niillä on latistava ja köyhdyttävä vaikutus koko elinkentässä. Tällainen pitkittäistutkimus ei kuitenkaan ole näyttänyt kiinnostavan vigilanssitutkijoita, vaikka tämä tutkimusalue mielestäni olisi paljon oleellisempi selvityskohde, kuin kiistely 1 - 2 tunnin laboratoriokokeiden aikana esiintulevista ilmiöistä.

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena oli useiden vigilanssin mittaamismenetelmien keskinäinen vertailu samassa koetilanteessa. Samoin oli tarkoituksena vertailla odotus-, vireystila-, observointireaktio- ja signaalidetektio-teoriasta johdettuja hypoteeseja.

Kahden tunnin kokeessa varioitiin riippumattomina muuttujina signaalin laatua, joka oli joko pysyvä tai hetkellinen ja observointireaktioiden suorittamista, joita koehenkilö teki tai ei tehnyt. Vigilanssia mitattiin seuraavilla mittareilla: detektiot, väärät detektiot, reaktioajat, observointireaktiot, observoitu tarkkaavaisuus, GSR-konduktanssin perustaso, spontaanien GSR-reaktioiden lukumäärä, GSR-reaktioiden amplitudien pituudet detektioihin sekä signaalidetektio-teorian tunnusluvut  $d'$  ja  $\beta$ .

Vigilanssitehtävä oli visuaalinen, jossa henkilöt seurasivat valon siirtymistä pisteestä toiseen ympyrän kehällä. Signaalina oli valon hyppäys yhden pisteen ylitse. Signaalit esitettiin Mackworthin asteikolla, jolloin keskimääräinen signaalien väli oli 2.5 minuuttia. Koehenkilöinä oli 40 autosotamiestä, jotka jaettiin neljään 10 hengen ryhmään Nesi-lomakkeen asteikkojen avulla verrantaen.

Tulokset laskettiin pääasiassa kaksi- ja kolmisuuntaisilla varianssianalyseillä. Detektioiden, tarkkaavaisuuden,  $d'$ :n ja GSR-konduktanssin (hetkellinen signaali) havaittiin heikkenevän ( $p < .01$ ) hyvin samansuuntaisesti tehtäväajan kuluessa. Observointireaktioiden määrässä ja GSR-amplitudeissa ilmeni sama muutostrendi, mutta ei yhtä merkitsevänä ( $p < .05$ ). Väärissä detektioissa, reaktioajoissa, GSR-reaktioiden määrässä ja GSR-konduktanssissa (pysyvä signaali) ei tapahtunut merkitseviä muutoksia ajan kuluessa. Tunnusluku  $\beta$ :n kuvaaja oli käyrävii-vainen.

Vigilanssiteorioista soveltui parhaiten tutkimustulosten kuvailuun Stroh'n IAF-signaalidetektio teoria. Vanhemmat perinteiset vigilanssiteoriat (odotus-, vireystila-, observointireaktio- ja signaalidetektio teoria) kuvasivat vain joitakin osia informaationkulusta vigilanssikokeessa, ja siksi niistä johdetut ennusteet eivät saaneet johdonmukaista tukea koetuloksista. Tässä tutkimuksessa näyttivät observointimekanismissa ja tarkkailukäyttäytymisessä tapahtuvat muutokset selittävän suurimman osan koehenkilöiden suorituksen heikkenemisestä. Yksilöiden väliset erot olivat suuria ryhmien sisällä, ja ne kasvoivat ajan kuluessa useimmissa mitareissa. Selityksiä yksilöeroille ei etsiskelyistä huolimatta löydetty.

Signaalin keston havaittiin muuttavan detektioiden ja reaktioaikojen riippuvuutta siten, että hetkellisen signaalin aikana korrelaatio oli positiivinen, pysyvän signaalin aikana negatiivinen. Flicker-fusion-kokeiden perusteella pääteltiin kahden tunnin vigilanssikokeen kuormittavan visuaalista aistikanavaa ja heikentävän diskriminaatioherkkyyttä. Myös kyselylomakkeella kerätyt subjektiiviset arviot keräivät, että kahden tunnin vigilanssikoe oli melko kuormittava koehenkilöille.

## SUMMARY: On measuring and explanation of vigilance

The purpose of this study was to compare several methods of measuring vigilance in one experimental situation. The purpose was also to compare hypotheses deduced on the grounds of expectancy-, arousal-, observing response- and signal detection theories.

During the test which lasted 2 hours the quality of the signal, which was either transient or nontransient, and the observing responses, which the subjects did or did not do, were varied. The vigilance performance was measured by the following methods: detections, false detections, reaction times, rates of observing responses, observed attention, level of skin-conductance, number of GSR-reactions, length of GSR-amplitudes to detections,  $d'$  and  $\beta$ .

The vigilance test was a visual performance, in which the subjects watched light moving in a circle from hole to hole. The signal was a jump over one hole. Signals were programmed according to Mackworth's scale, which means that the average interval between signals was 2.5 minutes. The subjects were 40 soldiers. They were divided into four groups, according to the results achieved in personal test Nesi (one form of EPI) on scales: neuroticism, impulsiveness and sociability.

The results were analysed mainly by two and three way analysis of variance with repeated measurements. Performance, measured by detections, observed attention,  $d'$  and level of GSR-conductance (transient signal) declined ( $p < .01$ ) in the same way during the vigilance test. The same trend ( $p < .05$ ) was also found in the rates of observing responses and GSR-amplitudes to detections but it was not as significant as the above-mentioned. In false detections, reaction times, rates of GSR-reactions and level of skin-conductance (nontransient signal) no significant change occurred during the vigilance test. The curve of  $\beta$  was inverted U ( $p < .05$ ).

The most successful description of results was achieved by Stroh's IAF-signal detection theory. The older traditional theories of vigilance (expectancy-, arousal-, observing response- and signal detection theory) were not successful in interpreting the results because they described only some aspects of information flow in the vigilance test and that is why the results of this study did not verify logically the prognosis deduced from the traditional theories. In this study changes in observing mechanism seemed to explain most of the weakening in the subjects' performances. Differences between subjects' performances were large within groups and the differences increased on most scales during the test. Interpretations of differences are not found in this study.

Signal duration was found to change the correlation between detections and reaction times, which during a transient signal was positive and during a nontransient signal negative. On the grounds of the flicker-fusion-test it was concluded that our vigilance test, which lasted two hours, strained subjects' visual channel, and decreased their sensitivity in discrimination. In addition, the subjective evaluations about physiological and psychological sensations after the vigilance test showed that the test strained the subjects surprisingly.

## LÄHTEET

- Adams, J.A. (1956) Vigilance in the detection of low intensity stimuli. J. exp. Psychol. 52, 204-208.
- Adams, J.A. & Boulter, L.R. (1962) An evaluation of the activationist hypothesis of human vigilance. J. exp. Psychol. 64, 495-504.
- Alluisi, E.A. (1970) Information and uncertainty: The metrics of communications. Teoksessa K.B. DeGreene (toim.) Systems Psychology. New York: McGraw-Hill.
- Alluisi, E.A. & Hall, T.J. (1963) Declines in auditory vigilance during periods of high multiple-task activity. Percept. mot. Skills, 16, 739-740.
- Andreassi, J.L. (1966) Skinconductance and reaction-time in a continuous auditory monitoring task. Am. J. Psychol. 79, 470-475.
- Antonelli, D.C. & Karas, G.G. (1967) Performance on a vigilance task under conditions of true and false knowledge of results. Percept. mot. Skills, 25, 129-138.
- Bakan, P. (1955) Discrimination decrement as a function of time in a prolonged vigilance. J. exp. Psychol. 50, 387-390.
- Bakan, P. (1963) Time-of-day performance, vigilance and extraversion-introversion. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Bakan, P., Belton, J.A. & Toth, J.C. (1963) Extraversion-introversion and decrement in an auditory vigilance task. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Baker, C.H. (1958) Attention to visual displays during a vigilance task. I. Biasing attention. Brit. J. Psychol. 49, 279-288.

- Baker, C.H. (1959) Attention to visual displays during a vigilance task. II. Maintaining the level of vigilance. Brit.J. Psychol. 50, 30-36.
- Baker, C.H. (1960) Observing behavior in a vigilance task. Science, 132, 674-675.
- Baker, C.H. (1962) Probability of signal detection in a vigilance task. Science, 136, 46-47.
- Baker, C.H. (1963a) Consistency of performance in two visual vigilance tasks. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Baker, C.H. (1963b) Further toward a theory of vigilance. Teoksessa D. N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Baker, C.H. (1963c) Signal duration as a factor in vigilance tasks. Science, 141, 1196-1197.
- Baker, C.H., Sipowicz, R.R. & Ware, J.R. (1961) Effects of practice on visual monitoring. Percept. mot. Skills, 13, 291-294.
- Baker, C.H., Ware, J.R. & Sipowicz, R.R. (1963) Vigilance: A comparison in auditory, visual and combined audiovisual tasks. Canad. J. Psychol. 16, 192-198.
- Benor, D. & Shvartz, E. (1971) Effect of body cooling on vigilance in hot environments. Aerospace Med. 42, 727-730.
- Bergum, B.O. & Klein, I.C. (1961) A survey and analysis of vigilance research. U.S. Army Air Defense Human Research Unit Res. Rep. No 8. Fort Bliss, Texas.
- Bergum, B.O. & Lehr, D.J. (1962a) Vigilance performance as a function of paired monitoring. J. appl. Psychol. 46, 341-343.
- Bergum, B.O. & Lehr, D.J. (1962b) Vigilance performance as a function of interpolated rest. J. appl. Psychol. 46, 425-427.
- Bergum, B.O. & Lehr, D.J. (1963a) Effects of authoritarianism on vigilance performance. J. appl. Psychol. 47, 75-77.
- Bergum, B.O. & Lehr, D.J. (1963b) End spurt in vigilance. J. exp. Psychol. 66, 383-385.
- Bergum, B.O. & Lehr, D.J. (1964) Monetary incentives and vigilance. J. exp. Psychol. 67, 197-198.



- Bergum, B.O. & Lehr, D.J. (1966) A taxonomic analysis of continuous performance. Percept. mot. Skills, 23, 47-54.
- Berlyne, D.M. (1960) Conflict, arousal and curiosity. New York: McGraw-Hill.
- Bevan, W. & Turner, E.D. (1965) Vigilance performance with a qualitative shift in reinforcers. J. exp. Psychol. 70, 83-86.
- Binford, J.R. & Loeb, M. (1963) Monitoring readily detected auditory signals and detection of obscure visual signals. Percept. mot. Skills, 17, 735-746.
- Binford, J.R. & Loeb, M. (1966) Changes within and over repeated sessions in criterion and effective sensitivity in an auditory vigilance task. J. exp. Psychol. 72, 339-345.
- Blackwell, P.J. & Halcomb, C.G. (1970) Vigilance and motivation: A theoretical note. Texas Tech. University, Lubbock.
- Blackwell, P.J. & Belt, J.A. (1971) The effects of differential levels of ambient noise on vigilance performance. Percept. mot. Skills, 32, 734.
- Blake, M.J. (1967) Relationship between circadian rhythm body temperature and introversion-extraversion. Nature, 215, 896-897.
- Boulter, L.R. & Adams, J.A. (1963) Vigilance decrement, the expectancy hypothesis and intersignal interval. Canad. J. Psychol. 17, 201-209.
- Bowen, H.M. (1964) Vigilance as a function of signal frequency and flash rate. Percept. mot. Skills, 18, 333-338.
- Broadbent, D.E. (1953) Classical conditioning and human watchkeeping. Psychol. Rev. 60, 331-339.
- Broadbent, D.E. (1957) A mechanical model for human attention and immediate memory. Psychol. Rev. 64, 205-215.
- Broadbent, D.E. (1958) Perception and communication. London: Pergamon Press.
- Broadbent, D.E. (1963) Some recent research from the applied psychology research unit. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Broadbent, D.E. (1971) Decision and stress. London: Academic Press.
- Broadbent, D.E. & Gregory, M. (1963) Vigilance considered as a statistical decision. Brit. J. Psychol. 54, 309-323.

- Broadbent, D.E. & Gregory, M. (1965) Effects of noise and of signal rate upon vigilance analysed by means of decision theory. Human Factors, 7, 155-162.
- Buck, C. (1966) Reaction time as a measure of perceptual vigilance. Psychol. Bull. 65, 291-304.
- Buckner, D.N. (1963) An individual-difference approach to explaining vigilance performance. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Buckner, D.N. & McGrath, J.J. (1963) (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Buckner, D.N. & McGrath, J.J. (1963) A comparison of performance on single and dual sensory mode vigilance tasks. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Buckner, D.N., Harabedian, A. & McGrath, J.J. (1960) A study of individual differences in vigilance performance. Human Factor Problems in ASW techn. Rep. No. 2. Human Factors Research, Inc. Los Angeles.
- Cahoon, R.L. (1973) Auditory vigilance under hypoxia. J. appl. Psychol. 57, 350-352.
- Carr, G.D. (1969) Introversion-extraversion and vigilance performance. Tufts University, A dissertation.
- Catalano, J.F. (1973) Effect of perceived proximity to end of task upon end-spurt. Percept. mot. Skills, 36, 363-372.
- Childs, J.M. & Halcomb, C.G. (1972) Effects of noise and response complexity upon vigilance performance. Percept. mot. Skills, 35, 735-741.
- Chinn, R. & Alluisi, E.A. (1964) Effects of three kinds of knowledge-of-results information on three measures of vigilance performance. Percept. mot. Skills, 18, 901-912.
- Coates, G.D., Loeb, M. & Alluisi, E.A. (1972) Influence of observing strategies and stimulus variables on watchkeeping performance. Ergonomics, 15, 379-386.
- Colquhoun, W.P. (1959) The effect of a short rest-pause on suspicion efficiency. Ergonomics, 2, 367-372.

- Colquhoun, W.P. (1960) Temperament, inspection efficiency and time of day. Ergonomics, 3, 377-378.
- Colquhoun, W.P. (1961) The effect of "unwanted" signals on performance in a vigilance task. Ergonomics, 4, 41-52.
- Colquhoun, W.P. (1966) Training for vigilance: A comparison of different techniques. Human Factors, 8, 7-12.
- Colquhoun, W.P. & Baddeley, A.P. (1964) Role of pretest expectancy in vigilance decrement. J. exp. Psychol. 68, 156-160.
- Colquhoun, W.P. & Baddeley, A.P. (1967) Influence of signal probability during pretraining on vigilance decrement. J. exp. Psychol. 73, 153-155.
- Colquhoun, W.P. & Goldman, R.F. (1972) Vigilance under induced hyperthermia. Ergonomics, 15, 621-632.
- Colquhoun, W.P. & Edwards, R.S. (1975) Interaction of noise with alcohol on a task of sustained attention. Ergonomics, 18, 81-87.
- Coules, J. & Avery, D.L. (1966) Human performance and basal skin conductance in a vigilance task with and without knowledge of results. Percept. mot. Skills, 23, 1295-1302.
- Dardano, J.F. (1962) Relationships of intermittent noise, intersignal interval and skin conductance to vigilance behaviour. J. appl. Psychol. 46, 106-114.
- Davenport, W.G. (1968) Stimulus variables in vigilance: Signal duration and intensity. Austral. J. Psychol. 20, 129-133.
- Davenport, W.G. (1972) Vigilance and arousal. Effects of different types of background stimulation. J. of Psychol. 82, 339-346.
- Davenport, W.G. (1974) Arousal theory and vigilance: Schedules for background stimulation. J. of gen. Psychol. 91, 51-59.
- Davies, D.R. (1968) Physiological and psychological effects of exposure to high intensity noise. Appl. Acoustics, 1, 215-233.
- Davies, D.R. & Krkovic, A. (1965) Skin-conductance, alpha-activity, and vigilance. Am. J. Psychol. 78, 304-306.
- Davies, D.R. & Tune, G.S. (1970) Human vigilance. London: Staples Press.
- Davies, D.R., Lang, L. & Shackleton, V.J. (1973) The effects of music and task difficulty on performance at a visual vigilance task. Brit. J. Psychol. 64, 383-389.

- Deese, J. (1955) Some problems in the theory of vigilance. Psychol. Rev. 62, 359-368.
- Deutsch, J.A. & Deutsch, D. (1963) Attention: Some theoretical considerations. Psychol. Rev. 70, 80-90.
- Dureman, E.I. & Bodén, C. (1972) Fatigue in simulated car driving. Ergonomics, 15, 299-308.
- Eason, R.G., Beardshall, A. & Jaffee, J. (1965) Performance and physiological indicators of activation in a vigilance situation. Percept. mot. Skills, 20, 3-13.
- Edelberg, R. (1967) Electrical properties of the skin. Teoksessa C.C. Brown (toim.) Methods in psychophysiology. Baltimore: The Williams & Wilkins co.
- Ellis, H.C. & Ahr, A.E. (1960) The role of error density and set in a vigilance task. J. appl. Psychol. 44, 205-209.
- Ely, D.J. (1972) Temporal duration as a dimension in generalization of the orienting response. Percept. mot. Skills, 34, 271-276.
- Eysenck, H.J. (1965) Fact and fiction in psychology. Harmondsworth: Penguin Books.
- Faulkner, T.W. (1962) Variability of performance in a vigilance task. J. appl. Psychol. 46, 325-328.
- Frankmann, J.A. & Adams, J.A. (1962) Theories of vigilance. Psychol. Bull. 59, 257-272.
- Freeman, G.L. (1940) Relationship between performance level and bodily activity level. J. exp. Psychol. 26, 602-608.
- Freeman, P.R. (1973) Table of  $d'$  and  $\beta$ . Cambridge: Cambridge University Press.
- Gale, A., Haslum, M. & Penfold, V. (1971) EEG correlates of cumulative expectancy and subjective estimates of alertness in a vigilance task. Quart. J. exp. Psychol. 23, 245-254.
- Gale, A., Bull, R. & Haslum, M. (1972a) Cumulative expectancy, subjective report of alertness and electrodermal activity. Psychophysiology, 9, 383-392.
- Gale, A., Bull, R., Penfold, V., Coles, M. & Barraclough, R. (1972b) Extraversion, time of day, vigilance performance and physiological arousal: Failure to replicate traditional findings. Psychon. Sci. 29, 1-5.

- Green, D.M. & Swets, J.A. (1966) Signal detection theory and psychophysics. New York: Wiley.
- Groll, E. (1966) Zentralnervöse und periphere Aktivierungsvariable bei Vigilanzleistungen. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, 13, 248-264.
- Gunn, W.J. & Loeb, M. (1967) Correlation of performance in detecting visual and auditory signals. Am. J. Psychol. 80, 236-242.
- Guralnick, M.J. (1972) Observing responses and decision processes in vigilance. J. exp. Psychol. 93, 239-244.
- Guralnick, M.J. (1973) Effects of event rate and signal difficulty on observing responses and detection measures in vigilance. J. exp. Psychol. 99, 261-265.
- Hagfors, C. (1964) Two conductance bridges for galvanic skin response measurement. Report Dept. Psychol. Univ. of Jyväskylä, No 69.
- Halcomb, C.G. & Kirk, R.E. (1965) Organismic variables as predictors of vigilance behaviour. Percept. mot. Skills, 21, 547-552.
- Hardesty, D. & Bewan, W. (1964) Forms of orally presented knowledge of results and serial reaction time. Psychol. Rec. 14, 445-448.
- Hatfield, J.L. & Soderquist, D.R. (1970) Coupling effects and performance in vigilance tasks. Human Factors, 12, 351-359.
- Hebb, D.O. (1955) Drives and C.N.S. Psychol. Rev. 62, 243-254.
- Hickey, A.E. & Blair, W.C. (1958) Man as a monitor. Human Factors, 1, 8-15.
- Holland, J.G. (1958) Human vigilance. Science, 128, 61-67.
- Häkkinen, S. (1974) Informaatio ja sen jäsentyminen. Teoksessa Työterveyslaitos (toim.) Ergonomia. Porvoo: WSOY.
- Jenkins, H.H. (1958) The effect of signal rate on performance in visual monitoring. Am. J. Psychol. 71, 647-661.
- Jerison, H.J. (1963) On the decrement function in human vigilance. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A Symposium. New York: McGraw-Hill.
- Jerison, H.J. (1967) Activation and long term performance. Acta Psychol. 27, 373-389.
- Jerison, H.J. (1970) Vigilance: A paradigm and some physiological speculations. Acta Psychol. 33, 367-380.

- Jerison, H.J. & Wing, J.F. (1963) Human vigilance and operant behaviour. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- Jerison, H.J. & Pickett, R.M. (1963) Vigilance: A review and re-evaluation. Human Factors, 5, 211-238.
- Jerison, H.J. & Pickett, R.M. (1964) Vigilance: The importance of the elicited observing rate. Science, 143, 970-971.
- Jerison, H.J., Pickett, R.M. & Stenson, H.H. (1965) The elicited observing rate and decision processes in vigilance. Human Factors, 7, 107-128.
- Johnson, E.H. & Payne, M.C. (1966) Vigilance: Effects of frequency of knowledge of results. J. appl. Psychol. 50, 33-34.
- Johnston, W.A., Howell, W.C. & Goldstein, J.L. (1966) Human vigilance as a function of signal frequency and stimulus density. J. exp. Psychol. 72, 736-743.
- Kahneman, D. (1973) Attention and effort. New Jersey: Prentice-Hall.
- Kirk, R.K. (1968) Experimental design: Procedures for the behavioral sciences. Belmont: Brooks/Cole.
- Kyoto symposium on methodology of fatigue assessment. (1969) Fatigue scale by industrial fatigue research committee of Japan association of industrial health.
- Laine, H. (1972) Ihmisen näköaistin taajuusominaisuudet ja niiden käyttö väsymyksen mittaamiseen. Otaniemi, Teknillinen korkeakoulu, Työpsykologian laitos, Diplomityö.
- Levine, J. (1966) The effects of values and costs on the detection and identification of signals in auditory vigilance. Human Factors, 8, 525-537.
- Levine, J.H., Romashko, T. & Fleishman, E.A. (1973) Evaluation of an ability classification system for integrating and generalizing human performance research findings: An application to vigilance tasks. J. appl. Psychol. 58, 149-157.
- Lisper, H-O., Kjellberg, A. & Melin, L. (1972) Effects of signal intensity on increase of reaction time on an auditory monitoring task. Percept. mot. Skills, 34, 439-444.
- Loeb, M. & Binford, J.R. (1964) Vigilance for auditory intensity changes

- as a function of preliminary feedback and confidence level. Human Factors, 7, 445-458.
- London, H., Schubert, D.S. & Washburn, D. (1972) Increase of autonomic arousal by boredom. J. abnorm. Psychol. 80, 29-36.
- Lyytinen, H. (1974) Psykofysiologisten viriytymistoimintojen modifioitumisesta. Jyväskylän yliopisto, Psykologian laitos, Lisensiaattityö.
- Mackworth, J.F. (1963) The effect of intermittent signal probability upon vigilance. Canad. J. Psychol. 17, 82-89.
- Mackworth, J.F. (1964a) Effect of true and false knowledge of results on the detectability of signals in a vigilance task. Canad. J. Psychol. 18, 106-117.
- Mackworth, J.F. (1964b) Performance decrement in vigilance threshold and high-speed perceptual motor tasks. Canad. J. Psychol. 18, 209-223.
- Mackworth, J.F. (1965) Decision interval and signal detectability in a vigilance task. Canad. J. Psychol. 19, 111-117.
- Mackworth, J.F. (1969) Vigilance and habituation. Harmondsworth: Penguin Books.
- Mackworth, J.F. & Taylor, M.M. (1963) The d' measure of signal detectability in vigilance-like situations. Canad. J. Psychol. 17, 302-325.
- Mackworth, N.H. (1950) Researches on the measurement of human performance. Med. Res. Council Spec. Rep. No 268. London: H.M.S.O.
- Malmö, R.B. (1959) Activation: A neuropsychological dimension. Psychol. Rev. 66, 367-386.
- McCormack, P.D. (1958) Performance in a vigilance task as a function of interstimulus interval and interpolated rest. Canad. J. Psychol. 12, 242-246.
- McCormack, P.D. & Prysiazniuk, A. W. (1961) Reaction-time and regularity of interstimulus interval. Percept. mot. Skills, 13, 15-18.
- McCormack, P.D., Binding, F.R. & McElheran, W.G. (1963) Effects on reaction-time of partial knowledge of results of performance. Percept. mot. Skills, 17, 279-281.
- McGrath, J.J. (1963a) Cross-validation of some correlates of vigilance

- performance. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- McGrath, J.J. (1963b) Some problems of definition and criteria in the study of vigilance performance. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- McGrath, J.J. (1963c) Irrelevant stimulation and vigilance performance. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- McGrath, J.J. (1965) Performance sharing in an audio-visual vigilance task. Human Factors, 7, 141-153.
- McGrath, J.J. & Harabedian, A. (1963) Signal detection as a function of intersignal interval deviation. Teoksessa D.N. Buckner & J.J. McGrath (toim.) Vigilance: A symposium. New York: McGraw-Hill.
- McGrath, J.J. & O'Hanlon, J. (1967) Temporal orientation and vigilance performance. Acta Psychol. 27, 410-419.
- Milner, P.M. (1973) Physiological psychology. London: Holt, Rinehart and Winston.
- Milosevic, S. (1975) Changes in detection measures and skin resistance during an auditory vigilance task. Ergonomics, 18, 1-8.
- Mirabella, A. & Goldstein, D.A. (1967) The effects of ambient noise upon signal detection. Human Factors, 9, 277-284.
- Moray, N. (1969) Listening and attention. Harmondsworth: Penguin Books.
- Moses, J.L. (1967) Field dependence and the prediction at vigilance performance. Vago, Baylor University, A dissertation.
- Mäkinen, R. (1968) Sosiaalisen ja impulsiivisen ekstraversioon mittaaminen EPI-lomakkeella - Uusi kyselylomake EPI-C (NESI). Report Dept. Psychol. Univ. of Jyväskylä, No 78.
- Nakashima, D.B. & Halcomb, C.G. (1972a) Vigilance performance as a function of type latency of response to the signal event. Lubbock, Texas Tech. Univ., Center of Biotechnology & Human Performance.
- Nakashima, D.B. & Halcomb, C.G. (1972b) The effects of reinforcement and responding to both signal and non-signal events on vigilance performance. Lubbock, Texas Tech. Univ., Center of Biotechnology & Human Performance.
- Nunnally, J. (1964) Educational measurement and evaluation. New York: McGraw-Hill.



- O'Hanlon, J., Schmidt, E.A. & Baker, C.H. (1965) Sonar doppler discrimination and the effect of a visual alertness indicator upon detection of auditory sonar signals in a sonar watch. Human Factors, 7, 129-139.
- Olmedo, E.L., Kirk, R.E. & Suarez, E.M. (1973) Effects of environmental variation on arousal during vigilance performance. Percept. mot. Skills, 36, 1251-1257.
- van Olst, E.H., Orlebeke, J.F. & Fokkema, J.D. (1967) Skin conductance as a measure of tonic and phasic arousal. Acta Psychol. 27, 262.
- Pastore, R.E. & Scheirer, C.J. (1974) Signal detection theory: Considerations for general application. Psychol. Bull. 81, 945-958.
- Pepler, R.D. (1960) Warmth, glare and background of quiet speech: A comparison of their effects on performance. Ergonomics, 3, 68-70.
- Poulton, E.C. (1960) The optimal perceptual load in a paced auditory inspection task. Brit. J. Psychol. 51, 127-139.
- Poulton, E.C. (1970) Environment and human efficiency. Springfield: Charles C. Thomas.
- Poulton, E.C. (1973) The effect of fatigue upon inspection work. Appl. Ergonomics, 4, 73-78.
- Roby, T.B. & Roazen, N. (1963) Signal and channel load in vigilance tasks. Percept. mot. Skills, 16, 641-647.
- Ross, S., Dardano, J.F. & Hackman, R.C. (1959) Conductance levels during vigilance task performance. J. appl. Psychol. 43, 65-69.
- Sanders, A.F. & Hoogenboom, N. (1970) On the effects of continuous active work on performance. Teoksessa A.F. Sanders (toim.) Attention and performance III. Amsterdam: North-Holland publishing company.
- Schlosberg, H. (1954) Three dimensions of emotion. Psychol. Rev. 61, 81-88.
- Sherwood, J.J. (1965) A relation between arousal and performance. Am. J. Psychol. 78, 461-465.
- Sipowicz, R.R., Ware, J.R. & Baker, R.A. (1962) The effects of reward and knowledge of results on performance on simple vigilance task. J. exp. Psychol. 64, 58-61.

- Smith, R.L., Lucaccini, L.F. & Epstein, M.H. (1967) The effects of monetary rewards and punishments on vigilance performance. J. appl. Psychol. 51, 411-416.
- Stern, R.M. (1964) Electrophysiological effects of the interaction between task demands and sensory input. Canad. J. Psychol. 18, 311-320.
- Stern, R.M. (1966) Performance and physiological arousal during two vigilance tasks varying in signal presentation rate. Percept. mot. Skills, 23, 691-700.
- Strelau, J. (1972) A diagnosis of temperament by nonexperimental techniques. Polish Psychol. Bull. 3, 97-105.
- Stroh, C.M. (1971) Vigilance: The problem of sustained attention. Oxford: Pergamon Press.
- Survillo, W.W. & Quilter, R.E. (1964) Vigilance, age and response-time. Am. J. Psychol. 77, 614-620.
- Survillo, W.W. & Quilter, R.E. (1965) The relation to frequency of spontaneous skin potential responses to vigilance and to age. Psychophysiology, 1, 272-276.
- Swets, J.A. (1961) Is there a sensory threshold? Science, 134, 168-177.
- Taub, H.A. & Osborne, F.H. (1968) Effects of signal and stimulus rates on vigilance performance. J. appl. Psychol. 52, 133-138.
- Taylor, M.M. (1967) Detectability theory and interpretation of vigilance data. Teoksessa A.F. Sanders (toim.) Attention and performance I. Amsterdam: North Holland.
- Teichner, W.H. (1974) The detection of a simple visual signal as a function of time of watch. Human Factors, 16, 339-353.
- Teikari, V. (1968) Signaalifrekvenssin muutoksen vaikutus vigilanssi-ilmioon. Jyväskylän yliopisto, Psykologian laitos, Pro-gradu tutkielma.
- Teikari, V. (1975) Vigilanssi-ilmion mittaamisesta ja selitysmahdollisuuksista. Jyväskylän yliopisto, Psykologian laitos, Lisensiaattityö.
- Thackray, R.I., Jones, K.N. & Touchstone, R.M. (1973) Self-estimates of distractibility as related to performance decrement on a task requiring sustained attention. Ergonomics, 16, 141-152.

- Tune, G.S. (1966a) Age differences in errors of commission. Brit. J. Psychol. 57, 391-392.
- Tune, G.S. (1966b) Errors of commission as a function of age and temperament in a type of vigilance task. Quart. J. exp. Psychol. 18, 358-361.
- Valkonen, T. (1971) Haastattelu- ja kyselyaineiston analyysi sosiaalitytkimyksessä. Helsinki: Ylioppilastuki ry.
- Ware, J.R. (1961) Effects of intelligence on signal detection in visual and auditory monitoring. Percept. mot. Skills, 13, 99-102.
- Ware, J.R., Baker, R.A. & Sheldon, R.W. (1964) Effects of increasing signal load on detection performance in a vigilance task. Percept. mot. Skills, 18, 105-106.
- Warm, J.S., Hagner, G.L. & Mayer, D. (1971) The partial reinforcement effect in a vigilance task. Percept. mot. Skills, 32, 987-993.
- Warm, J.S., Riechmann, S.W., Graska, A.F. & Seibel, B. (1973) Motivation in vigilance: A test of the goal-setting hypothesis of the effectiveness of knowledge of results. Bull. Psychon. Soc. 1, 291-292.
- Vaughan, H.G. jr & Ritter, W. (1973) Physiological approaches to the analysis of attention and performance. Teoksessa S. Kornblum (toim.) Attention and performance IV. New York: Academic press.
- Weidenfeller, E.W., Baker, R.A. & Ware, J.R. (1962) Effects of knowledge of results on vigilance performance. Percept. mot. Skills, 14, 211-215.
- Weiner, M. & Sherman, R. (1962) The effects of unwanted signals and d-amphetamine sulfate on observe responses. J. appl. Psychol. 46, 135-141.
- Welford, A.T. (1962) Arousal, channel-capacity and decision. Nature, 194, 365-366.
- Welford, A.T. (1968) Fundamentals of skill. London: Methuen.
- Verschoor, A. & von Vieringen, P. (1970) Vigilance performance and skin conductance. Acta Psychol. 33, 394-401.
- Whittenburg, J.A., Ross, S. & Andrews, T.G. (1956) Sustained percept-

- ual efficiency as measured by the Mackworth "clock" test. Percept. mot. Skills, 6, 109-116.
- Wiener, E.L. (1963) Knowledge of results and signal rate in monitoring: A transfer of training approach. J. appl. Psychol. 47, 214-222.
- Wiener, E.L. (1964) Transfer of training in monitoring: Signal amplitude. Percept. mot. Skills, 18, 104.
- Wiener, E.L. (1974) An adaptive vigilance task with knowledge of results. Human Factors, 16, 333-338.
- Wiener, E.L., Pooch, G.K. & Steele, M. (1964) Effect of time-sharing on monitoring performance: Simple mental arithmetic as a loading task. Percept. mot. Skills, 19, 435-440.
- Wilkinson, R.T. (1961) Interaction of lack sleep with knowledge of results, repeated testing and individual differences. J. exp. Psychol. 62, 263-271.
- Wilkinson, R.T. (1963) After effect of sleep deprivation. J. exp. Psychol. 66, 439-442.
- Wilkinson, R.T. (1964) Effects of up to 60 hours' sleep deprivation on different types of work. Ergonomics, 7, 175-186.
- Wilkinson, R.T., Fox, R.H., Goldsmith, R., Hampton, I. & Lewis, H.E. (1964) Psychological and physiological responses to raised body temperature. J. appl. Psychol. 19, 287-291.
- Wilkinson, R.I., Gieseckin, C.C. & El-Beheri, S. (1972) Performance and arousal as a function of incentive, information load, and task novelty. Psychophysiology, 9, 589-599.
- Williges, R.C. (1971) The role of payoffs and signal ratios in criterion changes during a monitoring task. Human Factors, 13, 261-267.
- Winer, B.J. (1962) Statistical principles in experimental design. New York: McGraw-Hill.
- Witkin, H.A. (1950) Individual differences in ease of perception of embedded figures. J.Pers. 19, 1-15.
- Witkin, H.A., Lewis, H.B., Herzman, M., MacHover, K., Meissner, P.B. & Wapner, S. (1954) Personality through perception: An experimental and clinical study. New York: Harper and brothers publishers.

- Vroon, P.A. (1973) Tapping rate as a measure of expectancy in terms of response and attention limitation. J. exp. Psychol. 101, 183-185.
- York, M.C. (1962) Behavioral efficiency in a visual monitoring task as a function of signal rate and observer age. Percept. mot. Skills, 15, 404.
- Yoshitake, B. (1971) Relations between the symptoms and the feeling of fatigue. Ergonomics, 14, 175-186.

## LIITTEET

Liite 1. Signaalien ajankohdat ja väliajat sekä TV-nauhoitusajat

	Signaalin no	Signaalin ajankohta	Signaalien aikaväli	TV-nauhoitusajat
	1.	0.45	0.45	
	2.	1.30	0.45	
	3.	3.00	1.30	
	4.	5.00	2.00	4.30 - 5.30
	5.	7.00	2.00	
I jakso	6.	8.00	1.00	
	7.	13.00	5.00	
	8.	14.00	1.00	
	9.	15.00	1.00	
	10.	17.00	2.00	
	11.	20.00	3.00	19.30 - 20.30
	12.	30.00	10.00	
	13.	30.45	0.45	
	14.	31.30	0.45	
	15.	33.00	1.30	
	16.	35.00	2.00	34.30 - 35.30
	17.	37.00	2.00	
II jakso	18.	38.00	1.00	
	19.	43.00	5.00	
	20.	44.00	1.00	
	21.	45.00	1.00	
	22.	47.00	2.00	
	23.	50.00	3.00	49.30 - 50.30
	24.	60.00	10.00	
	25.	60.45	0.45	
	26.	61.30	0.45	
	27.	63.00	1.30	
	28.	65.00	2.00	64.30 - 65.30
	29.	67.00	2.00	
	30.	68.00	1.00	
III jakso	31.	73.00	5.00	
	32.	74.00	1.00	
	33.	75.00	1.00	
	34.	77.00	2.00	
	35.	80.00	3.00	79.30 - 80.30
	36.	90.00	10.00	
	37.	90.45	0.45	
	38.	91.30	0.45	

jatkuu

142.

Liite 1. (jatkoa)

	Signaalin no	Signaalin ajankohta	Signaalien aikaväli	TV-nauhoitusajat
	39.	93.00	1.30	
	40.	95.00	2.00	94.30 - 95.30
	41.	97.00	2.00	
IV jakso	42.	98.00	1.00	
	43.	98.00	5.00	
	44.	103.00	1.00	
	45.	104.00	1.00	
	46.	105.00	2.00	
	47.	107.00	3.00	
	48.	110.00	10.00	109.30 - 110.30
		120.00		

## Liite 2. Kontrolloidut muuttajat

Koe- henkilö	PVM	Lämpö- tila	Suhteellinen kosteus	Päivän ajan- kohta	N	S	I	L
1	2.3.	21 <sup>0</sup> C	46	A.P.	10	6	2	0
2	5.3.	23	44	I.P.	13	11	12	1
3	6.3.	23	46	A.P.	12	7	12	0
4	7.3.	26	46	A.P.	7	16	7	4
5	8.3.	24	45	A.P.	8	8	10	2
6	9.3.	22	44	A.P.	16	6	9	1
7	13.3.	23	46	I.P.	4	19	7	3
8	14.3.	22	45	A.P.	17	7	8	2
9	15.3.	22	46	I.P.	12	9	10	3
10	16.3.	21	46	A.P.	21	12	11	2
11	19.3.	21	46	I.P.	23	4	9	1
12	20.3.	21	46	A.P.	12	9	9	7
13	20.3.	22	46	I.P.	17	7	12	2
14	21.3.	20	44	A.P.	11	12	8	2
15	22.3.	21	48	A.P.	15	15	8	2
16	22.3.	21	46	I.P.	8	10	7	8
24	30.3.	21	48	A.P.	4	2	4	1
32	9.4.	20	48	A.P.	7	15	5	6
35	10.4.	23	46	I.P.	10	19	8	3
40	13.4.	24	47	A.P.	12	5	6	2
18	26.3.	21	51	A.P.	16	17	16	0
19	27.3.	21	50	A.P.	4	11	7	2
21	28.3.	23	47	I.P.	22	9	9	1
22	29.3.	20	47	A.P.	10	5	8	3
23	29.3.	21	47	I.P.	7	10	11	5
25	2.4.	23	47	A.P.	3	11	9	6
26	2.4.	23	48	I.P.	18	12	8	3
27	3.3.	23	52	A.P.	19	16	6	2
36	11.4.	21	47	A.P.	13	9	7	2
37	11.4.	21	47	I.P.	14	4	7	6
17	23.3.	24	46	A.P.	14	16	10	8
20	28.3.	23	48	A.P.	4	7	7	1
28	3.4.	20	46	I.P.	15	15	8	2
29	4.4.	21	46	A.P.	11	8	3	4
30	5.4.	20	47	A.P.	3	14	3	3
31	5.4.	21	45	I.P.	15	14	14	0
33	9.4.	24	47	I.P.	6	13	10	2
34	10.4.	20	46	A.P.	10	6	1	3
38	14.4.	23	47	A.P.	21	13	14	0
39	12.4.	23	47	I.P.	15	7	11	3

A.P. = aamupäivä                      S = sosiaalisuus pisteet  
I.P. = iltpäivä                         I = impulsiivisuus pisteet  
N = neuroottisuus pisteet         L = valhepisteet



## Liite 3. Flicker-fusion-kokeen järjestelyt

Flicker-fusion-kokeessa koehenkilö tarkkaili kameran linssin läpi suurenettua punaista puolijohdediodin (Hewlett-Packard 5082-440) valoa. Katseletäisyys linssistä oli noin 10 senttiä, pää tuettuna selkänojaan. Diodin valoteho oli n. 400 lx:ia. Tehtävä oli erottaa valon vilkkuminen tasaisesta valosta. Vastaamisessa käytettiin kyllä-ei-menetelmää. Valoärsyke, josta vilkkuminen oli arvioitava, kesti 1.5 sekuntia, jonka jälkeen oli 1 sekunnin vastausaika. Magnetofoninauhalle ohjelmoitu tehtävä sisälsi yhtäjaksoisesti 250 ärsykettä viitenä 50 yksikön jaksone. Koe kesti noin 11 minuuttia. Kussakin jaksossa oli puolet värähteleviä ärsykeitä. Ärsykkeiden järjestys oli salunmaisellu jakson sisällä. Koehenkilön vastaukset merkittiin lomapökeelle (Teikari 1975), jossa oli valmiina käytetty ohjelma, mikä teki kokeen seuraamisen kokeenjohtajalle helpoksi. Ennen kokeen alkua tehtiin neljä 50 ärsykeen harjoitusjaksoa, jotta voitiin määritellä vilkkumistaajuus lähelle erottelukynnystä kullakin koehenkilöllä. Säätöyksikkönä käytettiin dB:ia.

Instruklio oli seuraava: "Elsi ilsellesi mukava asento, jossa pää on hyvin tuettuna tuolin selkänojaan. Näet edessäsi kameran linssin, jonka täyttää punainen valo. Nyt näet sen värähtelevän (näytettiin), nyt se on tasainen eikä värähtele (näytettiin). Seuraavassa tehtävässä sinulle näytetään perättäin valoja, jotka joko värähtelevät tai eivät värähtele. Kun valo sammuu sinulla on 1 sekunti aikaa sanoa kyllä, jos valo mielestäsi värähteli ja ei, jos se ei värähdellyt. Värähtely tehdään tarkoituksellisesti hyvin pieneksi, jolloin sinun on monesti vaikea olla varma vastauksestasi. Sinun on kuitenkin joka valon näyttämisen jälkeen sanottava mielipiteesi. Sekä värähteleviä että ei-värähteleviä valoja on yhtä paljon koejakson aikana, mutta et voi tietää, missä järjestyksessä ne tulevat. Ensiksi harjoitellaan tehtävää, koe alkaa."

## Liite 4. Persoonallisuusmuuttujien primaaripisteet

kh	hidden figures	aika-arvo (min)	Armeijan peruskoe				Strelau			Väsymystuntemusten kysely			Bourdon-Wiersma-koe		
			P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P	eksitaatio	inhibitio	mobilitaetti	J <sub>A</sub>	J <sub>B</sub>	J <sub>C</sub>	virheet	rivien määrä	suhdeluku
1	16	70	7	8	7	7	44	52	52	3	0	0	7	72	.10
2	25	50	6	5	5	5	56	44	58	2	6	1	5	74	.07
3	25	80	7	8	7	7	32	48	49	9	7	3	66	109	.60
4	14	90	3	3	3	3	43	44	61	4	0	2	70	74	.95
5	22	110	4	5	4	4	48	54	57	5	5	1	27	61	.44
6	32	120	6	7	4	6	44	48	45	9	5	1	62	106	.58
7	20	70	5	5	5	5	72	60	78	2	0	0	34	76	.46
8	12	90	4	4	4	4	42	38	56	7	5	3	3	64	.05
9	14	50	5	5	5	5	38	43	36	3	2	0	27	64	.42
10	21	60	8	6	7	7	59	53	65	7	3	2	24	82	.29
11	22	120	8	7	8	8	45	44	58	3	0	0	23	75	.31
12	24	175	4	6	3	4	29	41	31	4	4	1	127	108	1.18
13	28	70	6	6	6	6	35	59	38	4	7	2	17	62	.27
14	20	80	5	4	5	5	49	53	42	6	4	4	68	81	.84
15	24	120	6	8	4	6	46	52	62	5	6	3	33	76	.49
16	27	90	6	8	7	7	44	45	52	5	3	3	42	83	.51
24	32	100	6	7	5	6	42	49	41	8	3	1	45	95	.47
32	23	70	7	7	7	7	47	53	47	1	0	2	103	100	1.03
35	25	155	6	5	6	6	47	64	62	5	4	0	59	81	.70
40	21	60	6	4	7	6	62	54	51	7	2	4	30	78	.38
18	31	80	6	6	7	6	38	39	50	10	10	7	17	87	.20
19	21	120	5	7	4	5	55	67	59	10	5	2	39	75	.52
21	29	90	7	6	7	7	52	48	62	6	5	5	33	77	.43
22	19	50	6	5	5	5	52	54	30	6	4	1	50	68	.74
23	33	130	5	5	6	5	34	40	30	9	3	3	53	103	.51
25	16	60	5	2	5	4	49	65	48	4	1	2	56	59	.95

jatkuu

## Liite 4. (jatkoa)

kh	hidden figures	aika-arvo (min)	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P	eksitaatio	inhibitio	mobilitteetti	J <sub>A</sub>	J <sub>B</sub>	J <sub>C</sub>	virheet	rivien määrä	suhdeluku
26	23	30	4	4	6	5	58	62	66	8	8	4	62	66	.94
27	31	90	7	6	7	7	76	61	63	10	7	6	57	91	.63
36	29	100	6	6	6	6	50	30	76	8	8	4	28	70	.40
37	33	110	5	5	5	5	62	60	51	1	1	2	48	83	.55
17	27	100	6	5	7	6	38	54	68	9	5	2	80	88	.91
20	15	90	6	5	6	6	58	61	45	7	1	2	45	68	.66
28	24	90	8	6	7	7	60	50	60	9	7	6	32	76	.42
29	16	50	6	7	2	5	27	56	41	4	2	1	39	85	.46
30	19	120	7	7	7	7	52	65	67	3	0	2	110	102	1.08
31	25	90	7	4	7	6	28	38	38	8	9	1	5	82	.06
33	28	140	7	6	7	7	47	63	68	5	3	4	28	74	.38
34	31	60	7	6	9	7	51	50	47	3	4	1	11	80	.14
38	24	90	9	8	8	9	46	26	55	6	7	2	97	98	.99
39	16	90	7	6	3	5	66	67	53	6	5	2	49	76	.64

Liite 5. Detektioiden keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

Detektioiden keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Ryhmä		Aikajaksot (C)				AB
		1	2	3	4	
1	$\bar{X}$	10.30	7.50	6.40	5.40	7.40
	s	1.16	2.59	4.38	3.84	2.75
2	$\bar{X}$	10.10	10.20	8.30	8.60	9.30
	s	1.79	1.62	2.79	2.12	1.74
3	$\bar{X}$	8.50	6.50	6.00	4.60	6.33
	s	2.32	2.88	2.83	3.17	2.22
4	$\bar{X}$	9.60	8.20	7.70	6.40	7.98
	s	2.17	3.88	3.33	3.84	2.56
C	$\bar{C}$	9.63	8.13	7.10	6.25	7.75
	s	1.97	3.06	3.40	3.53	2.51

Detektiot: kolmisuuntainen varianssianalyysi						
Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p	
Koehenkilöiden välinen	954.40	39				
A (observointireaktioiden tekem.)	52.90	1	52.90	2.44	ns	
B (signaalin laatu)	119.03	1	119.03	5.48	< 05	
AB	1.22	1	1.22	.06		
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	781.25	36	21.70			
Koehenkilöiden sisäinen	749.50	120				
C (aikajaksot)	253.05	3	84.35	20.02	< 01	
AC	6.35	3	2.12	.50		
BC	24.12	3	8.04	1.91	ns	
ABC	11.03	3	3.68	.87		
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	454.95	108	4.21			

Homogeenisuustesti			
Virhetermi	F <sub>max</sub>	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	2.50	4,9	ns
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	3.26	4,27	ns

Liite 6. Väärien detektioiden keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

Väärien detektioiden keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Ryhmä		Aikajaksot (C)				$\bar{AB}$
		1	2	3	4	
1	$\bar{X}$	4.90	2.20	2.50	4.80	3.60
	s	9.30	2.74	3.66	7.28	3.49
2	$\bar{X}$	1.60	1.20	0.80	0.80	1.10
	s	0.97	1.03	0.79	0.92	0.44
3	$\bar{X}$	28.40	29.50	27.10	29.90	28.73
	s	15.71	20.54	18.75	26.37	16.15
4	$\bar{X}$	21.90	25.30	20.60	18.70	21.50
	s	16.78	22.66	24.59	24.73	20.83
C	$\bar{C}$	14.20	14.55	12.75	13.43	13.73
	s	16.49	19.74	18.87	21.28	17.42

Väärät detektiot: kolmisuuntainen varianssianalyysi

Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p
Koehenkilöiden välinen	47345.69	39			
A (observointireaktioiden tekem.)	20725.26	1	20725.26	29.32	< 01
B (signaalin laatu)	945.76	1	945.76	1.34	
AB	223.26	1	223.26	.32	
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	25451.43	36	706.98		
Koehenkilöiden sisäinen	10075.75	120			
C (aikajaksot)	77.87	3	25.96	.29	
AC	119.77	3	39.92	.44	
BC	146.27	3	48.76	.54	
ABC	33.77	3	11.26	.13	
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	9698.07	108	89.80		

Homogeenisuustesti

Virhetermi	$F_{max}$	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	2199.23	4,9	< 01
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	250.93	4,27	< 01

Liite 7. Reaktioaikojen keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeneisuustesti

Reaktioaikojen keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Ryhmä	Aikajaksot (C)					$\bar{AB}$
	1	2	3	4		
1	$\bar{X}$	0.58	0.59	0.63	0.49	0.57
	s	0.10	0.17	0.31	0.32	0.17
2	$\bar{X}$	1.45	1.61	2.85	3.81	2.43
	s	0.61	0.72	2.20	4.53	1.71
3	$\bar{X}$	0.74	0.77	0.72	0.70	0.73
	s	0.14	0.12	0.29	0.32	0.18
4	$\bar{X}$	9.72	9.93	34.86	134.65	47.29
	s	23.23	25.14	52.48	311.46	85.72
C	$\bar{C}$	3.12	3.23	9.74	34.91	12.76
	s	11.82	12.71	29.21	160.60	45.87

Reaktioajat: kolmisuuntainen varianssianalyysi						
Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p	
Koehenkilöiden välinen		328295.05	39			
A (observointireaktioiden tekem.)	20265.30	1	20265.30	2.76	< .10	
B (signaalin laatu)	23437.21	1	23437.21	3.19	< .10	
AB	19979.56	1	19979.56	2.72	< .10	
Virhetermi (subj. w. groups, error between)		264612.98	36	7350.36		
Koehenkilöiden sisäinen		749984.08	120			
C (aikajaksot)	27340.29	3	9113.43	1.53	ns	
AC	25606.07	3	8535.36	1.43	ns	
BC	27470.59	3	9156.86	1.54	ns	
ABC	25562.31	3	8520.77	1.43	ns	
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)		644004.82	108	5963.01		

Homogeneisuustesti			
Virhetermi	$F_{max}$	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	269903.35	4,9	< 01
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	619108.20	4,27	< 01

Liite 8. Observointireaktioiden keskiarvot, hajonnat ja kaksisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

Observointireaktioiden keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Ryhmä		Aikajaksot (C)				$\bar{B}$
		1	2	3	4	
3	$\bar{X}$	108.40	96.20	94.70	82.00	95.33
	s	47.04	46.76	48.81	47.98	46.76
4	$\bar{X}$	116.10	112.50	106.20	94.30	107.28
	s	50.62	44.89	56.34	55.12	50.60
C	$\bar{C}$	112.25	104.35	100.45	88.15	101.30
	s	47.73	45.39	51.64	50.69	48.78

Observointireaktiot: kaksisuuntainen varianssianalyysi						
Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p	
Koehenkilöiden välinen		156372.80	19			
B (signaalin laatu)		2856.05	1	2856.05	.33	
Virhetermi (subj. w. groups, error between)		153516.75	18	8528.71		
Koehenkilöiden sisäinen		31614.00	60			
C (aikajaksot)		6057.00	3	2019.00	4.30	< .01
BC		186.55	3	62.18	.13	
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)		25370.45	54	469.82		

Homogeenisuustesti			
Virhetermi	$F_{\max}$	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	1.14	2,9	ns
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	.66	2,27	

Liite 9. Tarkkaavaisuuden keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

Tarkkaavaisuuden keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Ryhmä		Aikajaksot (C)				$\bar{AB}$
		1	2	3	4	
1	$\bar{X}$	3.50	3.05	2.80	2.35	2.93
	s	0.47	0.90	0.75	0.75	0.62
2	$\bar{X}$	3.20	2.80	2.35	2.45	2.70
	s	0.48	0.35	0.53	0.50	0.34
3	$\bar{X}$	3.85	3.00	2.90	2.70	3.11
	s	0.24	0.75	0.77	0.63	0.48
4	$\bar{X}$	3.50	2.95	2.80	2.45	2.93
	s	0.62	0.64	0.86	0.76	0.54
C	$\bar{C}$	3.51	2.95	2.71	2.49	2.92
	s	0.51	0.67	0.74	0.66	0.51

Tarkkaavaisuus: kolmisuuntainen varianssianalyysi					
Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p
Koehenkilöiden välinen	40.05	39			
A (observointireaktioiden tekem.)	1.70	1	1.70	1.67	
B (signaalin laatu)	1.70	1	1.70	1.67	
AB	.01	1	.01	.01	
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	36.63	36	1.02		
Koehenkilöiden sisäinen	49.06	120			
C (aikajaksot)	23.28	3	7.76	34.57	< .01
AC	.44	3	.15	.66	
BC	.39	3	.13	.58	
ABC	.70	3	.23	1.05	
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	24.24	108	.22		

Homogeenisuustesti			
Virhetermi	$F_{\max}$	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	3.20	4,9	ns
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	2.31	4,27	ns



Liite 10. GSR-konduktanssien keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

GSR-konduktanssien keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin							
Aikajaksot (C)							
Ryhmä	A-taso	1	2	3	4	L-taso	$\bar{AB}$
1	$\bar{X}$	8.80	7.40	5.50	5.00	4.60	4.40
	s	3.68	3.20	2.68	2.67	2.76	2.63
2	$\bar{X}$	9.20	8.30	8.60	8.20	8.30	8.50
	s	5.22	5.36	5.87	6.48	6.68	7.04
3	$\bar{X}$	11.70	11.20	10.70	9.60	9.30	9.00
	s	5.08	4.76	4.55	4.74	4.47	4.76
4	$\bar{X}$	12.50	11.60	11.10	11.30	11.20	11.00
	s	8.64	7.68	7.55	6.95	6.88	6.90
C	$\bar{C}$	10.55	9.63	8.98	8.53	8.35	8.23
	s	5.93	5.58	5.71	5.76	5.79	5.93

GSR-konduktanssi: kolmisuuntainen varianssianalyysi

Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p
<u>Koehenkilöiden välinen</u>					
	7315.92	39			
A (observointireaktioiden tekem.)	784.82	1	784.82	4.49	< .05
B (signaalin laatu)	212.82	1	212.82	1.22	
AB	28.02	1	28.02	.16	
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	6290.27	36	174.73		
<u>Koehenkilöiden sisäinen</u>					
	673.67	200			
C (aikajaksot)	161.28	5	32.26	13.34	< .01
AC	4.18	5	.84	.35	
BC	57.08	5	11.42	4.72	< .01
ABC	15.98	5	3.20	1.32	
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	435.13	180	2.42		

Homogeenisuustesti

Virhetermi	$F_{\max}$	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	7.07	4,9	< 05
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	2.42	4,27	ns

Liite 11. GSR-reaktioiden keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

GSR-reaktioiden keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Aikajaksot (C)						
Ryhmä		1	2	3	4	$\bar{A}B$
1	$\bar{X}$	31.80	26.50	26.80	17.90	25.75
	s	17.61	18.63	29.43	13.95	17.43
2	$\bar{X}$	33.20	33.10	33.60	33.20	33.28
	s	33.96	21.35	23.29	25.31	25.21
3	$\bar{X}$	64.70	70.20	66.90	56.50	64.58
	s	28.34	37.58	41.71	35.65	32.97
4	$\bar{X}$	44.60	41.20	42.60	41.70	42.53
	s	26.70	26.35	31.36	34.72	27.74
C	$\bar{C}$	43.58	42.75	42.48	37.33	41.53
	s	29.42	30.93	34.49	31.06	29.38

GSR-reaktiot: kolmisuuntainen varianssianalyysi

Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p
<u>Koehenkilöiden välinen</u>					
A (observointireaktioiden tekem.)	23112.05	1	23112.05	8.27	< .01
B (signaalin laatu)	2109.75	1	2109.75	.75	
AB	8746.81	1	8746.81	3.13	< .10
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	100646.48	36	2795.74		
<u>Koehenkilön sisäinen</u>					
C (aikajaksot)	969.82	3	323.27	1.81	ns
AC	75.32	3	25.11	.14	
BC	785.12	3	261.71	1.46	ns
ABC	260.27	3	86.76	.48	
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	19342.23	108	179.09		

Homogeenisuustesti

Virhetermi	$F_{\max}$	DF	p
$SS_{\text{subj. w. groups}}$	3.58	4,9	ns
$SS_{\text{C x subj. w. groups}}$	3.52	4,27	ns

Liite 12. GSR-amplitudien keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

GSR-amplitudien keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Ryhmä	Aikajaksot (C)					
	1	2	3	4	$\bar{AB}$	
1	$\bar{X}$	0.51	0.44	0.37	0.25	0.39
	s	0.33	0.31	0.34	0.29	0.29
2	$\bar{X}$	1.14	1.37	1.32	1.15	1.25
	s	1.35	1.87	1.80	1.52	1.62
3	$\bar{X}$	0.83	0.74	0.60	0.57	0.69
	s	0.72	0.57	0.54	0.79	0.61
4	$\bar{X}$	0.80	0.82	0.90	0.64	0.79
	s	0.66	0.62	1.09	0.62	0.70
C	$\bar{C}$	0.82	0.84	0.80	0.65	0.78
	s	0.85	1.05	1.11	0.94	0.96

GSR-amplitudit: kolmisuuntainen varianssianalyysi						
Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p	
Koehenkilöiden välinen		143.91	39			
A (observointireaktioiden tekem.)	.26	1	.26	.07		
B (signaalin laatu)	9.24	1	9.24	2.58		ns
AB	5.56	1	5.56	1.55		ns
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	128.85	36	3.58			
Koehenkilöiden sisäinen		11.39	120			
C (aikajaksot)	.88	3	.29	3.24		< .05
AC	.08	3	.03	.28		
BC	.53	3	.18	1.93		ns
ABC	.09	3	.03	.32		
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	9.82	108	.09			

Homogeenisuustesti			
Virhetermi	$F_{\max}$	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	30.16	4,9	< 01
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	6.65	4,27	< 01

Liite 13. d'-arvojen keskiarvot, hajonnat ja kolmisuuntainen  
varianssianalyysi sekä homogeneisuustesti

d'-arvojen keskiarvot ja hajonnat ryhmittäin						
Ryhmä	Aikajaksot (C)					
	1	2	3	4	$\bar{AB}$	
1	$\bar{x}$	4.12	3.55	2.13	2.50	3.22
	s	.87	1.08	1.05	.85	1.11
2	$\bar{x}$	4.11	4.36	3.72	3.55	3.94
	s	1.10	1.22	1.38	1.41	1.28
3	$\bar{x}$	2.62	2.07	1.90	1.66	2.06
	s	1.16	.73	.65	.61	.86
4	$\bar{x}$	2.88	2.97	2.41	1.33	2.40
	s	1.59	1.46	2.23	2.01	1.82
C	$\bar{C}$	3.44	3.19	2.71	2.26	2.91
	s	1.37	1.30	1.47	1.44	1.44

d'-arvot: kolmisuuntainen varianssianalyysi

Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p
<b>Koehenkilöiden välinen</b>					
A (observointireaktioiden tekem.)	72.98	1	72.98	16.84	< .01
B (signaalin laatu)	10.95	1	10.95	2.52	ns
AB	1.41	1	1.41	.32	
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	155.98	36	4.33		
<b>Koehenkilöiden sisäinen</b>					
C (aikajaksot)	32.14	3	10.71	13.69	< .01
AC	.62	3	.20	.26	
BC	3.96	3	1.32	1.69	ns
ABC	3.78	3	1.26	1.61	ns
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	84.49	108	.78		

Homogeneisuustesti

Virhetermi	$F_{\max}$	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	5.39	4,9	ns
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	4.74	4,27	< .01

Liite 14.  $\beta$ -arvojen keskiarvot, hajonnat ja kolmi-suuntainen varianssianalyysi sekä homogeenisuustesti

β-arvojen keskiarvot ja hajonnat aikajaksoittain						
Ryhmä		Aikajaksot (C)				AB
		1	2	3	4	
1	$\bar{x}$	33.77	56.63	50.01	37.25	44.42
	s	25.41	44.18	40.35	27.44	34.35
2	$\bar{x}$	29.14	59.80	59.15	67.42	53.88
	s	24.45	51.89	43.05	45.35	41.19
3	$\bar{x}$	4.16	6.72	6.17	5.07	5.53
	s	2.65	7.16	4.41	4.12	4.59
4	$\bar{x}$	13.69	21.37	23.55	9.82	17.11
	s	22.09	40.76	44.71	13.67	30.31
C	$\bar{c}$	20.20	36.13	34.72	29.89	30.23
	s	23.63	44.79	41.16	34.62	36.05

β-arvot: kolmi-suuntainen varianssianalyysi					
Variaatiolähde	SS	DF	MS	F	p
Koehenkilöiden välinen		139517.37	39		
A (observointireaktioiden tekem.)	57235.65	1	57235.65	26.48	< .01
B (signaalin laatu)	4428.18	1	4428.18	2.04	ns
AB	44.63	1	44.63	.02	
Virhetermi (subj. w. groups, error between)	77808.90	36	2161.35		
Koehenkilöiden sisäinen		84987.77	120		
C (aikajaksot)	6233.10	3	2077.70	3.13	< .05
AC	3276.87	3	1092.29	1.64	ns
BC	1233.89	3	411.29	.61	
ABC	2571.24	3	857.08	1.29	ns
Virhetermi (C x subj. w. groups, error within)	71672.65	108	663.63		

Homogeenisuustesti			
Virhetermi	F <sub>max</sub>	DF	p
SS <sub>subj. w. groups</sub>	60.37	4,9	< .01
SS <sub>C x subj. w. groups</sub>	122.96	4,27	< .01

Liite 15. Vigilanssimittareiden korrelaatiot keskimääräisellä suoritusasteella ryhmittäin

Ryhmä 1.		Mittarit								
Mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Detektiot										
2. Väärät detektiot	03									
3. Reaktioajat	83 <sup>XX</sup>	44								
4. Tarkkaavaisuus	50	-27	17							
5. GSR-konduktanssi	-64 <sup>X</sup>	35	-50	-10						
6. GSR-reaktiot	-17	-22	-28	42	21					
7. GSR-amplitudit	-12	-26	-29	50	18	88 <sup>XX</sup>				
8. d'	93 <sup>XX</sup>	-23	75 <sup>X</sup>	46	-80 <sup>XX</sup>	-08	-05			
9. β	-25	-70 <sup>X</sup>	-44	03	-26	34	34	-00		

Ryhmä 2.		Mittarit								
Mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Detektiot										
2. Väärät detektiot	24									
3. Reaktioajat	-77 <sup>XX</sup>	19								
4. Tarkkaavaisuus	66 <sup>X</sup>	-51	-71 <sup>X</sup>							
5. GSR-konduktanssi	-03	-35	-21	25						
6. GSR-reaktiot	20	-07	-26	33	68 <sup>X</sup>					
7. GSR-amplitudit	-12	-76 <sup>X</sup>	-19	47	73 <sup>X</sup>	36				
8. d'	93 <sup>XX</sup>	09	-73 <sup>X</sup>	70 <sup>X</sup>	13	22	15			
9. β	-77 <sup>XX</sup>	-44	41	-30	15	-04	12	-81 <sup>XX</sup>		

N = 10, DF = 8

r = 77, p < .01<sup>XX</sup>

r = 63, p < .05<sup>X</sup>

jatkuu

## Liite 15. (jatkoa)

Ryhmä 3.		Mittarit								
Mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Detektiot										
2. Väärät detektiot	-14									
3. Reaktioajat	19	61								
4. Tarkkaavaisuus	68 <sup>x</sup>	-41	-04							
5. GSR-konduktanssi	18	-09	03	58						
6. GSR-reaktiot	08	-28	-04	55	63 <sup>x</sup>					
7. GSR-amplitudit	35	-39	10	76 <sup>x</sup>	72 <sup>x</sup>	50				
8. d'	89 <sup>xx</sup>	-47	01	80 <sup>xx</sup>	14	26	42			
9. β	-11	-63 <sup>x</sup>	-33	18	28	72 <sup>x</sup>	25	18		
10. Observointireaktiot	61	-13	42	76 <sup>x</sup>	24	31	48	72 <sup>x</sup>	-07	

Ryhmä 4.		Mittarit								
Mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Detektiot										
2. Väärät detektiot	45									
3. Reaktioajat	-54	-04								
4. Tarkkaavaisuus	90 <sup>xx</sup>	13	-63 <sup>x</sup>							
5. GSR-konduktanssi	39	25	-11	40						
6. GSR-reaktiot	66 <sup>x</sup>	28	-36	48	48					
7. GSR-amplitudit	07	-18	-16	20	81 <sup>xx</sup>	25				
8. d'	82 <sup>xx</sup>	-07	-66 <sup>x</sup>	90 <sup>xx</sup>	11	52	-03			
9. β	01	-55	-29	19	19	19	26	41		
10. Observointireaktiot	65 <sup>x</sup>	07	-52	51	-09	61	-17	75 <sup>x</sup>	49	

N = 10, DF = 8

r = 77, p < .01<sup>xx</sup>

r = 63, p < .05<sup>x</sup>

Liite 16. Klusterianalyysit vigilanssimittareiden korrelaatiotaulukoista keskimääräisellä suoritustasolla

Koko koehenkilöstö.

1	$\xleftrightarrow{.81}$	8	$\xleftrightarrow{.71}$	10	$\xleftrightarrow{.58}$	4	
		$\uparrow$					1. Vigilanssiklusteri
		- .44	3				
2	$\xleftrightarrow{-.65}$	9					2.
6	$\xleftrightarrow{.56}$	5	$\xleftrightarrow{.62}$	7			3. GSR-klusteri

<u>Ryhmä 1.</u>	3	$\xleftrightarrow{.83}$	1	$\xleftrightarrow{.93}$	8	$\xleftrightarrow{-.80}$	5	1. Vigilanssiklusteri
			$\uparrow$					
		.50	4					
	6	$\xleftrightarrow{.88}$	7	$\xleftrightarrow{.50}$	4			2. GSR-klusteri
	2	$\xleftrightarrow{-.70}$	9					3.

<u>Ryhmä 2.</u>	3	$\xleftrightarrow{-.77}$	1	$\xleftrightarrow{.93}$	8	$\xleftrightarrow{-.81}$	9	1. Vigilanssiklusteri
	$\uparrow$							
	-.71	4						
	2	$\xleftrightarrow{-.76}$	7	$\xleftrightarrow{.73}$	5	$\xleftrightarrow{.68}$	6	2. GSR-klusteri

<u>Ryhmä 3.</u>	1	$\xleftrightarrow{.89}$	8	$\xleftrightarrow{.80}$	4	$\xleftrightarrow{.76}$	7	$\xleftrightarrow{.72}$	5	
			$\uparrow$							
		.76	9	$\xleftrightarrow{-.63}$	2	$\xleftrightarrow{.61}$	3			1. Vigilanssiklusteri
		.72	$\uparrow$							
			6							

<u>Ryhmä 4.</u>	6	$\xleftrightarrow{.66}$	1	$\xleftrightarrow{.90}$	4	$\xleftrightarrow{.90}$	8	$\xleftrightarrow{-.66}$	3	
							$\uparrow$			
							.75	10		1. Vigilanssiklusteri
	5	$\xleftrightarrow{.81}$	7							2. GSR-klusteri
	2	$\xleftrightarrow{-.55}$	9							3.



Liite 17. Vigilanssimuuttujien erotuspistemäärien ja taustamuuttujien korrelaatiot

Mittarit															
Mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Neuroottisuus															
2. Sosiaalisuus	-19														
3. Impulsiivisuus	37 <sup>x</sup>	27													
4. Valheskaala	-26	07	-28												
5. Hidden figures	18	06	15	-03											
6. Aika-arvio	-12	13	06	15	31 <sup>x</sup>										
7. P <sup>1</sup>	33 <sup>x</sup>	03	19	-44 <sup>xx</sup>	22	-05									
8. P <sup>2</sup>	14	-11	-11	-32 <sup>x</sup>	28	22	57 <sup>xx</sup>								
9. P <sup>3</sup>	20	10	10	-29	38 <sup>x</sup>	-12	66 <sup>xx</sup>	22							
10. P <sup>3</sup>	20	-07	07	-32 <sup>x</sup>	28	-07	73 <sup>xx</sup>	37 <sup>x</sup>	75 <sup>xx</sup>						
11. Eksitaatio	-06	12	-13	-09	-03	-20	13	-15	12	09					
12. Inhibitio	-40 <sup>xx</sup>	07	-32 <sup>x</sup>	25	-18	-03	-09	-13	-16	-13	47 <sup>xx</sup>				
13. Mobiliteetti	07	46 <sup>xx</sup>	-04	-10	00	06	13	05	20	09	52 <sup>xx</sup>	19			
14. J <sup>A</sup>	15	14	38 <sup>x</sup>	-32 <sup>x</sup>	28	11	07	02	09	10	-03	-14	02		
15. J <sup>B</sup>	46 <sup>xx</sup>	18	59 <sup>xx</sup>	-39 <sup>x</sup>	41 <sup>xx</sup>	-03	13	07	11	01	-13	-32 <sup>x</sup>	03	64 <sup>xx</sup>	
16. J <sup>B</sup>	18	27	35 <sup>x</sup>	-20	32 <sup>x</sup>	-05	10	-04	25	09	23	-07	23	55 <sup>xx</sup>	50 <sup>xx</sup>
17. J <sup>C</sup>	32 <sup>x</sup>	22	54 <sup>xx</sup>	-38 <sup>x</sup>	40 <sup>xx</sup>	02	12	03	16	08	-01	-23	09	88 <sup>xx</sup>	88 <sup>xx</sup>
18. B-W virheet (E)	01	-04	06	28	06	38 <sup>x</sup>	-30	12	-35 <sup>x</sup>	-24	-32 <sup>x</sup>	-23	-40 <sup>xx</sup>	01	00
19. " " (Σ)	-19	24	-11	51 <sup>xx</sup>	00	34 <sup>x</sup>	-07	10	-11	05	-07	09	-08	-05	-19
20. " rivot (E)	-02	-08	10	12	25	19	05	31 <sup>x</sup>	04	13	-02	12	-12	-01	06
21. " " (Σ)	-01	14	-02	12	45 <sup>xx</sup>	40 <sup>xx</sup>	27	48 <sup>xx</sup>	14	30	-26	-22	-19	19	02
22. " suhde (E)	04	09	07	39 <sup>x</sup>	02	21	-37 <sup>x</sup>	-04	-35 <sup>x</sup>	-33 <sup>x</sup>	-32 <sup>x</sup>	-19	-23	06	05
23. " " (Σ)	-25	26	-12	55 <sup>xx</sup>	-13	21	-19	-08	-18	-08	04	22	-02	-06	-22
24. Detektiot	-02	19	24	12	-14	-07	-29	-22	-03	-12	-19	-17	08	11	10
25. Väärät detektiot	01	17	37 <sup>x</sup>	01	-03	04	-07	-02	-11	-12	-23	-10	-07	01	13
26. Tarkkaavaisuus	-06	22	14	-09	02	-04	00	-03	-01	10	20	-12	19	03	08
27. Reaktioajat	-29	-13	-23	10	-03	00	-37 <sup>x</sup>	-24	-23	-34 <sup>x</sup>	07	39 <sup>x</sup>	-06	-05	-18
28. GSR-konduktanssi	10	-08	04	-11	-24	-07	-23	-15	-34 <sup>x</sup>	-30	09	07	05	18	08
29. GSR-reaktiot	04	00	09	-14	-07	-02	13	07	-04	05	-02	-30	-05	01	00
30. GSR-amplitudit	03	-21	07	-11	-04	-13	-04	-01	-22	-12	-05	-08	-34 <sup>x</sup>	08	10
31. d'	-07	-06 <sup>x</sup>	17	01	-08	08	03	07	03	13	-11	-21	-08	-03	-02
32. β	26	-38 <sup>x</sup>	01	-29	-07	-21	22	01	21	38 <sup>x</sup>	05	-08	04	13	-04
33. Observointireaktiot	-10	-04	03	27	01	-08	11	-15	15	09	-05	-16	-10	-06	-06

Liite 17. (jatkoa)

		Mittarit																
Mittarit		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
16.																		
17.	76 <sup>xx</sup>																	
18.	-10	-03																
19.	-02	-11	49 <sup>xx</sup>															
20.	08	04	42 <sup>xx</sup>	15														
21.	05	11	41 <sup>xx</sup>	62 <sup>xx</sup>	10													
22.	-14	01	83 <sup>xx</sup>	41 <sup>xx</sup>	25	29												
23.	-01	-13	40 <sup>xx</sup>	94 <sup>xx</sup>	09	36 <sup>x</sup>	37 <sup>x</sup>											
24.	-04	08	18	14	-12	00	-34 <sup>x</sup>	18										
25.	03	07	22	08	08	09	25	08	57 <sup>xx</sup>									
26.	04	06	07	04	-07	-09	13	09	28	06								
27.	04	-09	-20	-33 <sup>x</sup>	-06	-23	-26	-28	-41 <sup>xx</sup>	-38 <sup>x</sup>	-49 <sup>xx</sup>							
28.	-19	06	10	-18	-10	-15	12	-12	14	07	24	04						
29.	-16	-04	05	05	-10	09	09	03	22	-01	54 <sup>xx</sup>	-47 <sup>xx</sup>	34 <sup>x</sup>					
30.	-30	00	-06	-05	-24	01	-07	-04	-02	-06	15	-20	26	47 <sup>xx</sup>				
31.	01	-02	26	29	05	23	24	22	56 <sup>xx</sup>	23	43 <sup>xx</sup>	-62 <sup>xx</sup>	-05	37 <sup>x</sup>	08			
32.	-07	02	-30	-43 <sup>xx</sup>	01	-30	-26	-40 <sup>xx</sup>	-03	-06	12	-07	21	20	27	-14		
33.	-07	-07	04	26	-03	03	09	32	40	30	40	-59 <sup>xx</sup>	-02	49 <sup>x</sup>	25	45 <sup>x</sup>	12	

Variaabelilla 33 oli N = 20, muilla variaabeleilla oli N = 40.

Jos DF oli 38, niin  $r = 40$  ,  $p < .01^{xx}$  ja  $r = 31$  ,  $p < .05^x$ ;

Jos DF oli 18, niin  $r = 56$  ,  $p < .01^{xx}$  ja  $r = 44$  ,  $p < .05^x$

Liite 18. Klusterianalyysi: Vigilanssimuuttujien erotuspistemäärät ja taustamuuttujien primaaripistemäärät

	Hidden fig.	B-W rivit ( $\Sigma$ )	B-W virheet ( $\Sigma$ )	B-W suhde ( $\Sigma$ )	Valhe
1)	5	21	19	23	4
		↑ .40	↑ -.43		
	Aika-arvio	6	32 <sub><math>\beta</math></sub>		Bourdon-Wiersma klusteri (summapistemäärät)
2)	Neur.	J <sub>B</sub>	J	J <sub>A</sub>	
	1	15	17	14	
		↑ .59	↑ .76		
	Impuls.	3	16	J <sub>C</sub>	Subjektiiivisten tuntemusten klusteri
3)	B-W suhde (E)	B-W virheet (E)	B-W rivit (E)		
	22	18	20		Bourdon-Wiersma klusteri (erotuspistemäärät)
4)	GSR-kond.	P <sub>3</sub>	P	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
	28	9	10	7	8
					Älykkyysklusteri
5)	Obs. reakt.	R-aika	d'		
	33	27	31		Observointimekanismi-klusteri
6)	Det.	Väär.det.			
	24	25			Reagoivuusklusteri

jatkuu

Taulukko 18. (jatkoa)

