

Maija Andersson

# **DATAN SUHTEELLISTEN OSUUKSIEN VISUALISOINTI JA HAVAINNOINTI**

Maija Andersson: Datan suhteellisten osuuksien visualisointi ja havainnointi

Pro gradu -tutkielma, 65 sivua

Tampereen yliopisto

Human-Technology Interaction

Kesäkuu 2021

---

Tässä tutkielmassa käsitellään datan suhteellisten osuuksien visualisointia ja havainnointia ja erityisesti visualisointitavan valintaan liittyviä tekijöitä. Aiheesta on tehty useita tutkimuksia erilaisilla menetelmillä ja erilaisia asioita painottaen ja näiden tutkimusten lopputulokset ovat usein olleet ristiriidassa keskenään. Tässä tutkielmassa pyritään kokoamaan tutkimustuloksia erilaisten teemojen – kuten diagrammin ominaisuudet, havainnointitilanne ja kaavion tarkoitus – alle, ja jäsentämään miten erilaiset asiat vaikuttavat havainnointiin ja siten diagrammityypin valintaan.

Kuten sanottua, aiheen ympärillä tehdyn tutkimuksen tulokset ovat olleet monilta osin ristiriitaisia keskenään, eikä niistä ole vedettävissä mitään muuta kaikenkattavaa johtopäätöstä kuin se, että mikäli datasta pitää saada selville tarkkoja arvoja, on taulukko tähän tehtävään paras visualisointitapa. Usein pelkkä tarkkojen arvojen lukeminen ei kuitenkaan riitä, vaan dataa visualisoidaan, jotta siitä voitaisiin helpommin nähdä esimerkiksi trendejä, muutosta edelliseen vuoteen tai osioiden suhteita toisiinsa tai kokonaisuuteen. Riippuen näistä havainnointitarpeista, voidaan valita erilaisia visualisointitapoja, kuten viivadiagrammi trendien havainnointiin, pylväs- tai palkkidiagrammi arvojen vertailu sekä ympyrädiagrammi osion vertaamiseksi kokonaisuuteen.

Havainnoinnin tarkoituksen lisäksi tässä tutkielmassa käydään läpi diagrammin ominaisuuksien vaikutuksia havainnointiin sekä havainnointitilanteen vaikutusta. Diagrammityyppiä valitessa ja visualisointia tehdessä on syytä huomioida vertaillaanko asioita yhden diagrammin sisällä vai useamman diagrammin välillä, sijaitsevatko vertailtavat osiot vierekkäin vai erillään toisistaan, kuinka paljon osioita on ja voiko osioiden määrä vaihtua ajan kuluessa merkittävästi, onko datassa selvä rakenne ja miten esimerkiksi erilaiset asteikkomerkit, apuviivat, asettelu, värien käyttö ja muut ominaisuudet vaikuttavat datan luettavuuteen ja havainnoinnin sujuvuuteen. Toisaalta myös käytettävissä oleva aika, havainnoitavan ongelman monimutkaisuus, lukijan ennakkotieto ja kokemus sekä yksilöiden väliset erot tuovat kaikki oman mausteensa datan visualisointiin ja vaikeuttavat sopivan diagrammityypin valintaa.

Avainsanat ja -sanonnat: Datan visualisointi, tiedon visualisointi, visualisointi, kirjallisuuskatsaus, ympyrädiagrammi, pylväsdiagrammi, viivadiagrammi, taulukko.

## Sisällys

1.	Johdanto.....	1
2.	Suhteellisten osuuksien visualisointimenetelmät .....	2
2.1.	Taulukko.....	2
2.2.	Ympyrädiagrammi.....	3
2.3.	Pylväsdiagrammi .....	6
2.4.	Viivadiagrammi .....	8
2.5.	Pistediagrammi .....	9
2.6.	Muita datan suhteellisten osuuksien visualisointimenetelmiä .....	10
3.	Havainnointiprosessien mallintaminen .....	13
3.1.	Diagrammien ymmärtämisen teoria.....	13
3.2.	GOMS.....	14
3.2.1.	Tavoitteet.....	15
3.2.2.	Toiminnot .....	15
3.2.3.	Menetelmät .....	16
3.2.4.	Valintasäännöt .....	16
3.3.	Yksinkertaiset mentaaliset prosessit .....	17
3.4.	Yhdistetty aritmeettisaistillinen malli (MA-P model) .....	18
3.5.	Summausmalli .....	21
3.6.	Visuaalinen hakumalli (VSM).....	22
4.	Diagrammin ominaisuuksien vaikutus havainnointiin .....	23
4.1.	Havainnointitehtävät.....	23
4.2.	Osuuksien vertailu erikokoisten diagrammien välillä.....	25
4.3.	Vertailtavien osioiden sijainti eri kohdissa diagrammia .....	27
4.4.	Osien lukumäärän vaikutus arvion tekemiseen.....	28
4.5.	Datan rakenne.....	29
4.6.	Muut ominaisuudet.....	31
4.6.1.	Apuviivat ja asteikkomerkit.....	31
4.6.2.	Asettelyn vaikutus .....	33
4.6.3.	Värien käytön vaikutus.....	34
4.6.4.	Kuvioroina .....	36
5.	Havainnointitilanteen vaikutus .....	38
5.1.	Käytettävän ajan vaikutus.....	38
5.2.	Havainnoitavan ongelman monimutkaisuus .....	40
5.3.	Lukijan ennakkotieto .....	42
5.4.	Oppimisen ja aiemman kokemuksen vaikutus.....	46
5.5.	Yksilöiden väliset erot.....	47
6.	Kaavion tarkoitus.....	49
6.1.	Osion vertaaminen kokonaisuuteen .....	49

6.2.	Osien vertaaminen toisiinsa .....	51
6.3.	Tarkan osuuden määrittäminen.....	52
6.4.	Muutoksen havainnointi .....	54
6.5.	Nopea tiedon välittäminen vs. tiedon syvempi omaksuminen .....	57
7.	Yhteenveto .....	58
	Viiteluettelo .....	61

## 1. Johdanto

Datan suhteellisten osuuksien visualisointi on yksi yleisimmistä visualisointitehtävistä. Suosituimmat datan visualisointimenetelmät ovat yli 200 vuotta vanhoja, mutta kiistely niiden paremmuudesta jatkuu tänäkin päivänä. Erityisesti mielipiteitä jakaa suosituksen ympyrädiagrammin käyttäminen; osa kieltäisi ympyrädiagrammin käytön kokonaan, osa taas puolustaa kaavion käyttöä tietyntyyppisissä visualisointitehtävissä. Tässä tutkielmassa esitellään luvussa kaksi yleisimmät datan suhteellisten osuuksien visualisointiin käytettävät menetelmät ja niiden variantit, käydään läpi niiden ominaisuuksia ja historiaa, sekä pohditaan jo alustavasti miten erilaisten diagrammien ominaisuudet vaikuttavat havainnointiin.

Luvussa kolme käydään läpi erilaisia malleja, joita visualisointimenetelmien paremmuutta arvioitaessa on käytetty. Näiden mallien ja menetelmien ymmärtäminen avaa koko aiheen taustaa ja monimutkaisuutta ja luo pohjan sille, miten luotettavina aiheesta tehtyjä tutkimuksia voidaan ylipäättänsä pitää. Erilaisten mittaus- ja arviointimenetelmien laaja kirjo tuo toisaalta oman hankaluutensa tämän yhteenvetotutkielman koostamiseen: kun eri tutkimuksissa diagrammien paremmuutta on arvioitu käyttäen erilaisia menetelmiä, on tutkimustuloksia hankala verrata aukottomasti toisiinsa.

Neljännessä luvussa siirrytään käymään läpi sekä datan että erilaisten diagrammien ominaisuuksia ja vertailemaan niiden vaikutusta havainnointiin. Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään Glevelandin ja McGillin (1984) kuvaamia havainnointitehtäviä, joiden ymmärtäminen auttaa erilaisia diagrammien ominaisuuksia vertailtaessa ja niiden paremmuutta arvioitaessa. Seuraavissa alaluvuissa käydään järjestyksessä läpi osuuksien vertailu erikokoisten diagrammien välillä, vertailtavien osioiden sijainti eri kohdissa diagrammia, osien lukumäärän vaikutusta, datan rakenteellisuutta sekä apuviivojen, asteikkomerkkien, asetelun, värien käytön kuvioroinan merkitystä havainnointia avustavina tai haittaavina tekijöinä.

Viidennessä luvussa käsitellään erilaisia havainnointitilanteita, joita voivat olla käytettävissä oleva aika, ongelman monimutkaisuus, lukijan ennakkotieto, oppimisen tai aiemman kokemuksen vaikutus sekä yksilöiden väliset erot. Kaikella tällä on merkitystä, kun mietitään oikean diagrammityyppin valintaa; esimerkiksi henkilö, joka on hyvin tottunut lukemaan talouslukuja taulukosta, pystyy todennäköisesti hyvin nopeasti löytämään merkitykselliset tiedot toisesta, vaikkakin vähän erilaisesta talouslukuja sisältävästä taulukosta, mutta jos hänen pitääkin tulkita vaikkapa pylväsdiagrammia, jossa visualisoidaan materiaalien kemiallisia koostumuksia, on tulkinta todennäköisesti paljon vaikeampaa. Toisaalta yksinkertaiseen ongelmaan voi olla helppo löytää ratkaisu käyttäen mitä hyvänsä visualisointitapaa, kun taas vaikeaan ongelmaan, joka vaatii datan syvällisempää ymmärtämistä ja esim. jonkin trendin havaitsemista, vastaus voi olla vaikea löytää jos valittu visualisointitapa on väärä.

Lopulta kuudennessa luvussa käsitellään itse kaavion tarkoitusta. Kaavion tai visualisoinnin tarkoitukset voidaan jaotella karkeasti seuraaviin luokkiin: yksittäisen osion vertaaminen kokonaisuuteen, osien vertaaminen toisiinsa, tarkan arvon määrittäminen, muutoksen havainnointi

sekä joko nopea tiedon välittäminen tai tiedon syväallinen ymmärtäminen. Näitä kaikkia tarkoituksia käsitellään omilla alaluvuissaan ja tästä joukosta löytyy ainoa sellainen asia, josta lähes kaikki tutkijat ovat yksimielisiä – nimittäin mikäli kaavion (ainoa) tarkoitus on välittää tarkkoja numeerisia arvoja, on taulukko tähän tehtävään ylivoimaisesti paras vaihtoehto. Useinkaan yksittäisen tarkan luvun selvittäminen datasta ei kuitenkaan ole ainakaan ainoa visualisoinnin tehtävä, vaan yhden diagrammin pitäisi vastata moneen muuhunkin tarpeeseen, minkä vuoksi onkin niin vaikea antaa yksiselitteisiä neuvoja diagrammityyppien valintaan. Tätä pyrin kuitenkin edes jossain määrin tässä tutkielmassa tekemään ja luvun seitsemän yhteenvedosta näitä loppupäätelmiä voi lukea tarkemmin.

## **2. Suhteellisten osuuksien visualisointimenetelmät**

Puhuttaessa datan suhteellisista osuuksista tarkoitetaan prosenttiosuutta, jonka kyseinen osio on jostakin kokonaisuudesta. Esimerkiksi suomen väestö voidaan jakaa osajoukkoihin muun muassa sukupuolen, iän, äidinkielen tai uskonnon mukaan. Näistä tilastokeskuksen tuoreimpien lukujen mukaan esimerkiksi miesten osuus väestöstä on noin 49 prosenttia ja naisten osuus vastaavasti noin 51 prosenttia, suomea äidinkielenään puhuvia on noin 87,6 prosenttia, ruotsia puhuvia noin 5,2 prosenttia, saamenkielisiä noin 0,04 prosenttia ja muita kieliä puhuvia noin 7,1 prosenttia (Tilastokeskus, 2019). Laskettaessa suhteelliset osuudet yhteen, saadaan aina tulokseksi 100 prosenttia. Suhteellisten osuuksien visualisoinnilla puolestaan tarkoitetaan sitä, millaisessa muodossa tieto on esitetty.

Edellisessä kappaleessa tieto on esitetty melko hankalasti hahmotettavassa tekstimuodossa, mutta se voitaisiin tämän lisäksi esittää esimerkiksi taulukon tai erilaisten diagrammien, kuten ympyrädiagrammin tai pylväsdigrammin avulla. Hyvin pienen datajoukon kohdalla tekstimuotoinkin esitystapa voi olla järkevää, mutta datajoukon kasvaessa on tekstiä hankalampaa sisäistää ja esimerkiksi datan erityispiirteiden kuten riippuvuuksien tai trendien havaitseminen tekstin joukosta voi olla haastavaa. Se millä tavalla data päädytään esittämään, riippuu monista asioista, kuten esitettävästä tiedon määrästä, kohdeyleisöstä sekä siitä mitä datasta olisi tarkoitus havaita. Alan asiantuntijat eivät myöskään ole lainkaan yksimielisiä eri visualisointitapojen paremmuudesta, mikä ei ainakaan helpota oikean visualisointitavan valintaa. Tässä luvussa esitellään pääpiirteittäin muutamia yleisimpiä datan suhteellisten osuuksien visualisoinnissa käytettäviä kaaviotyyppejä ja niiden muunnoksia. Eri visualisointimenetelmien valintakriteereihin paneudutaan tarkemmin luvuissa 4, 5 ja 6.

### **2.1. Taulukko**

Taulukko on yksinkertainen datan esitysmuoto, jossa data on järjestetty riveihin ja sarakkeisiin havainnoinnin helpottamiseksi. Yleensä ainakin taulukon sarakkeilla ja usein myös riveillä on lisäksi otsikko, joka helpottaa taulukon lukemista. Esitettäessä datan suhteellisia osuuksia taulukon avulla tulee huomata, että esitysmuodosta riippuen joko taulukon sarakkeen tai rivin solujen yhteenlasketun summan tulisi olla 100 prosenttia. Esimerkiksi taulukossa 1 kunkin rivin solujen yhteenlaskettu

summa on 1 (eli 100 %), ja solujen arvot kuvaavat prosenttiosuutta kokonaisuudesta. Taulukon 1 dataa on käytetty myöhemmissä kappaleissa esitettyjen erilaisten diagrammien pohjana.

Ehrenberg (1977) esittelee taulukon hyvyyden arviointia varten kaksi kriteeriä: hyvän taulukon vahvan kriteerin mukaan datan mallin ja poikkeuksien pitäisi olla itsestään selviä pelkästään taulukkoa vilkaisemalla, kun taas hyvän taulukon heikko kriteeri antaa hieman enemmän liikkumatilaa määritellen, että mallin ja poikkeuksien pitäisi olla itsestään selviä taulukkoa vilkaisemalla sen jälkeen, kun lukija tietää mitä taulukosta etsiä. Näistä Ehrenberg (1977) mainitsee heikon kriteerin olevan tärkeämpi, sillä se pätee kaikissa tilanteissa, joissa datan oletettu malli on tiedossa etukäteen. Kriteeri toimii monimutkaistenkin taulukkojen kanssa ja pätee kokeneisiin lukijoihin. Samoin kriteeri toimii tilanteissa, joissa taulukon sisältö avataan joko kuvatekstissä tai leipätekstissä.

Jotta Ehrenbergin (1977) kriteerit täyttyisivät taulukon kohdalla, pitää sen katselemisen olla visuaalisesti helppoa. Tapoja joilla taulukon katselemista voi helpottaa, on Ehrenbergin (1977) mukaan useita, esimerkiksi taulukon arvojen pyöristäminen kahteen merkitsevään numeroon (lopun nolliä lukuun ottamatta), eli esimerkiksi luku 576,4 pyöristettäisiin luvuksi 580, rivien ja sarakkeiden keskiarvojen ilmoittaminen rivin tai sarakkeen lopussa, datan järjestäminen niin, että vertailtavat asiat ovat allekkain, taulukon alkioden järjestäminen esimerkiksi suurimmasta pienimpään tai aikajärjestykseen sekä taulukon järkevä otsikointi. Näistä ohjeista erityisesti arvojen pyöristämisen ja järjestämisen allekkain suurimmasta pienimpään on tarkoitus helpottaa arvojen vertailua, koska tällöin merkittävät numerot ovat mahdollisimman lähekkäin ja arvojen erotuksen laskeminen käy luonnollisemmin, kun ylempänä oleva arvo on alempaa suurempi.

**Taulukko 1** Esimerkki yksinkertaisesta taulukosta, jossa jokaisen solun arvo on prosenttiosuus ja laskettaessa rivien luvut yhteen, saadaan jokaisen rivin summaksi 1,00 (eli 100 %). Taulukon luvut ovat täysin keksittyjä.

	A	B	C	D	E
t1	0,05	0,10	0,20	0,25	0,40
t2	0,07	0,11	0,18	0,25	0,39
t3	0,10	0,12	0,15	0,28	0,35
t4	0,12	0,13	0,13	0,29	0,33
t5	0,14	0,14	0,11	0,27	0,34
t6	0,16	0,15	0,09	0,25	0,35

## 2.2. Ympyrädiagrammi

Ympyrädiagrammin (myös piirakkadiagrammi tai ympyräkaavio) kehitti William Playfair, joka esitteli kaavion vuonna 1801 ilmestyneessä teoksessaan *The Statistical Breviary*. Ympyrädiagrammin tarkkaa syntytarinaa ei tunneta, mutta todennäköisesti Playfairin inspiraationa ovat toimineet saksalaisen filosofin G. W. Leibnizin ja sveitsiläisen matemaatikon Leonhard Eulerin teoksissaan käyttämät kuviot, joissa esiintyy sisäkkäisiä ja toisiaan leikkaavia ympyröitä (Spence, 2005). Playfair

oli kuitenkin tietävästi ensimmäinen henkilö, joka jakoi ympyrän sektoreihin, joiden osuus ympyrästä oli suhteessa esitettävien osien todellisiin suhteisiin.

Nykyään ympyrädiagrammi ja sen variaatio rinkelädiagrammi ovat pylväsdiagrammin ohella yleisimmin käytettyjä kaavioita, kun halutaan kuvata kokonaisuuden jakautumista osioihin. Ympyrädiagrammeja käytetään yhtä lailla esimerkiksi yritysmaailmassa kuvaamassa budjetin tai liiketoiminnan jakautumista osa-alueisiin kuin mediassa viestittämässä vaikkapa erilaisten mielipidemittausten tuloksia. Ympyrädiagrammin suosio johtuu todennäköisesti suurelta osin sen miellyttävästä ulkonäöstä verrattuna moniin muihin kaavioihin, sillä ihmisten on havaittu pitävän enemmän pyöreistä kuin kulmikkaista muodoista (Bar & Neta, 2006). Ympyrädiagrammin laaja käyttö aiheuttaa kuitenkin myös runsaasti arvostelua; Tuften (1983) mukaan ainoa ympyrädiagrammia huonompi asia on monta ympyrädiagrammia ja Few'n (2007) mielestä piirakat kelpaavat vain jälkiruuksi.

Ympyrädiagrammilla kuvataan aina kokonaisuuden jakautumista osiin, jolloin osien yhteenlaskettu summa on siis 100 %. Yleisenä sääntönä pidetään, että ympyrädiagrammissa ei saisi olla enempää kuin kuusi sektoria ja sektorit tulisi järjestää suuruusjärjestykseen alkaen kello kolmesta ja edeten vastapäivään (Karjalainen & Karjalainen, 2009, s. 27; Kuusela, 2000, ss. 145-149), joskin myös kello kahdestatoista myötäpäivään etenevää järjestystä käytetään paljon. Usein ympyrädiagrammi vaikuttaakin hankalasti hahmotettavalta sen vuoksi, että yleisiä sääntöjä ei ole noudatettu; osia on liian monta ja/tai ne on järjestetty huonosti.

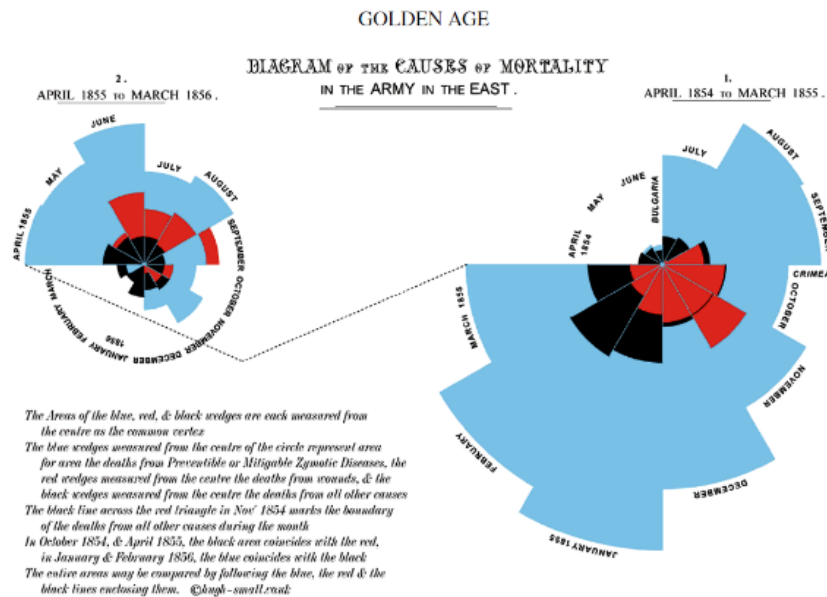
Ympyrädiagrammin variaatioita ovat muun muassa rinkelädiagrammi, kerroksittainen ympyrädiagrammi, räjäytetty ympyrädiagrammi (eng. exploded pie chart), polaaridiagrammi (eng. polar area diagram) ja spie-diagrammi (eng. spie chart). Rinkelädiagrammissa ympyrädiagrammin keskusta on poistettu ja keskiosaan jäävää tilaa hyödynnetään usein lisäämällä sinne kaavioon liittyvä kuva tai selite. Kerroksittaisissa ympyrädiagrammissa on ikään kuin kaksi ympyrädiagrammia (tai rinkelädiagrammia) sisäkkäin. Kuvion tarkoituksena on helpottaa ympyrädiagrammien vertailtavuutta. Kerroksittaisen ympyrädiagrammin käyttö on kuitenkin melko harvinaista. Räjäytetyllä ympyrädiagrammilla puolestaan tarkoitetaan kuviota, jossa joko kaikki ympyrän sektorit on irrotettu toisistaan tai yksi sektori on irrotettu muusta kokonaisuudesta. Yhden sektorin irrottamista saatetaan käyttää korostuskeinona, kun katsojan huomio halutaan kiinnittää nimenomaan tiettyyn sektoriin.



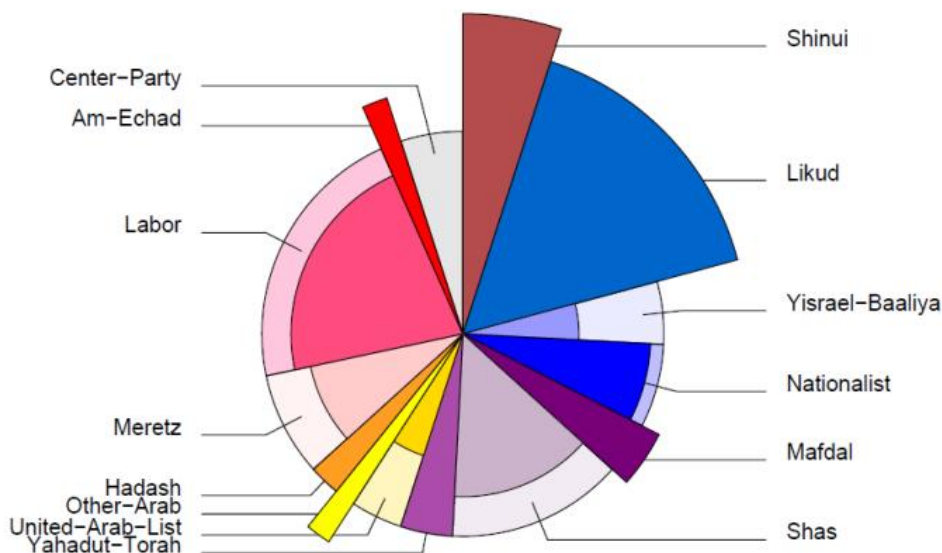
**Kuva 1** Taulukon 1 datan pohjalta muodostetut ympyrädiagrammi, räjäytetty ympyrädiagrammi, rinkelädiagrammi ja kerroksittainen rinkelädiagrammi.



Polaaridiagrammi puolestaan on Florence Nightingalen (1858) kehittämä muunnos ympyrädiagrammista. Polaaridiagrammissa kaikki sektorit ovat yhtä leveitä mutta niiden pituus vaihtelee datan määrän mukaan (kuva 2). Spie-diagrammi on Feitelsonin (2003) kehittämä diagrammi, jonka tarkoituksena on kerroksittaisen ympyrädiagrammin tapaan helpottaa muutoksen havainnointia eri tilojen välillä. Spie-diagrammissa on pohjana tavallinen ympyrädiagrammi, jonka sektoreita venytetään ulos tai sisäänpäin sen mukaan onko sektorin osuus kokonaisuudesta kasvanut vai pienentynyt (kuva 3). Sekä polaaridiagrammia että Spie-diagrammia voisi pitää siis ympyrädiagrammin ja pylväsdiagrammin yhdistelminä.



Kuva 2 Nightingalen (1858) polaaridiagrammin päivitetty versio (Friendly, 2008).



Kuva 3 Spie-diagrammi (Feitelson, 2003).

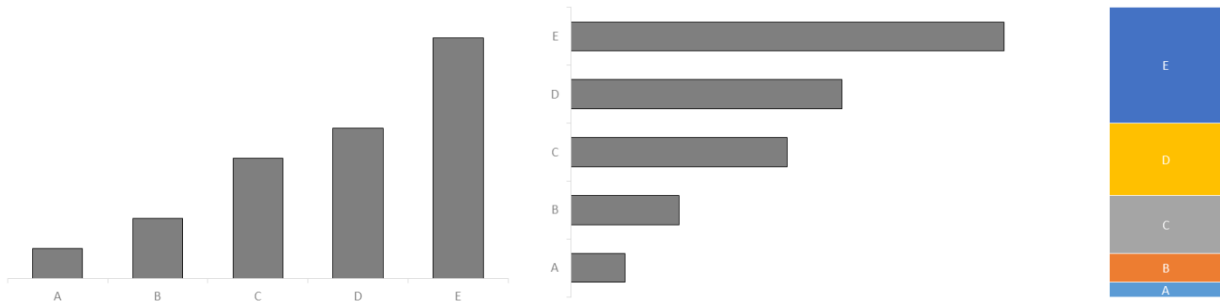
Ympyrädiagrammin kanssa ei normaalisti käytetä mitään asteikkoa. Segmenttien koko saatetaan merkitä joko suhteellisena osuutena tai absoluuttisena määränä, tai se voidaan jättää kokonaan merkitsemättä. Merkintä voidaan tehdä joko segmentin sisälle tai ympyrän ulkopuolelle kunkin segmentin kohdalle. Segmentin koon lisäksi merkitään vielä kullekin segmentille selite. Selite voi sijaita arvon tapaan joko segmentin sisä- tai ulkopuolelle tai sitten voidaan käyttää erillistä nimiölaatikkoa diagrammin vieressä. Yleisesti erillisen nimiölaatikon käyttöä suositellaan välttämään ja pyritään ennemmin merkitsemään selite mahdollisimman lähelle siihen liittyvää segmenttiä, koska tämä lisää kuvion tehokkuutta, kun lukijan ei tarvitse muistaa kunkin selitteen väri- tai kirjainkoodia ja samalla turha silmien liike itse kuvion ja sen selitteen välillä vähenee.

### 2.3. Pylväsdiagrammi

Pylväsdiagrammin kehittäjänä pidetään ympyrädiagramminkin kehittänyttä William Playfairia, joka vuonna 1786 julkaistussa teoksessaan *Commercial and Political Atlas* käytti pylväsdiagrammia kuvaamaan Skotlannin vuoden 1781 kauppakumppanien vienti- ja tuontituotteiden määrää. Playfairin inspiraationa kaaviolle toimi Joseph Priestlyn 1765 julkaisemat aikajanakaaviot, joissa hän kuvasi tunnettujen henkilöiden eliniän pituutta (Beniger & Robyn, 1978). Playfairin kaavio oli kuitenkin ensimmäinen sellainen kuvio, jossa data ei ollut sidoksissa mihinkään paikkaan tai aikaan, vaan pylväiden keskinäiset suhteet olivat riittäviä niiden keskinäiseen vertailuun (Beniger & Robyn, 1978). Pylväsdiagrammi on sittemmin kasvattanut suosiotaan ja onkin nykyään yksi eniten käytetyistä, jos ei jopa käytetyin, datan visualisointitavoista.

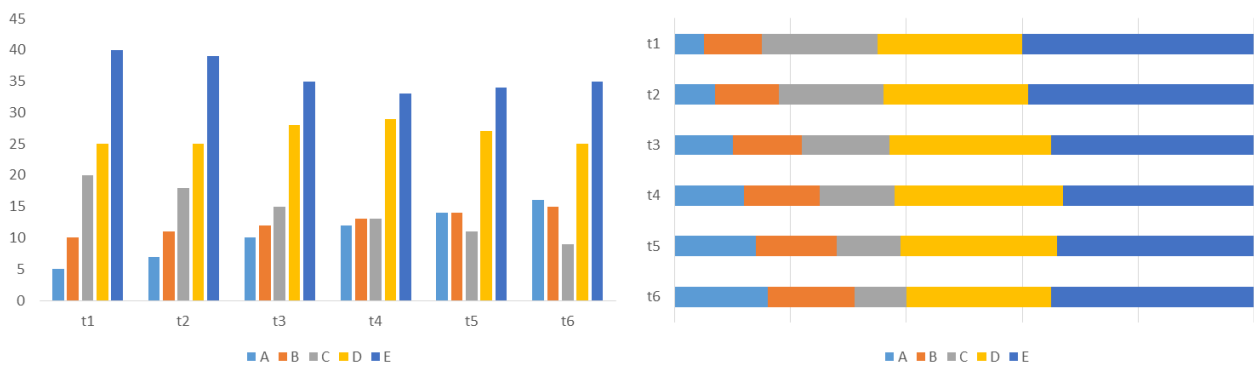
Pylväsdiagrammilla voidaan kuvata sekä kokonaisuuden jakaantumista osioihin, että osioiden määrien muutosta. Pylväsdiagrammi soveltuu siis käytettäväksi samoissa tilanteissa kuin ympyrädiagrammi mutta toisin kuin ympyrädiagrammilla on pylväsdiagrammin avulla helppo kuvata myös osien suhteiden muutosta esimerkiksi eri ajanhetkinä. Ympyrädiagrammista poiketen voi pylväsdiagrammissa joko kaikkien pylväiden yhteenlaskettu osuus olla 100 % kokonaisuudesta, tai yksittäinen pylväs voi edustaa 100 %:a mitatusta asiasta jonain tiettyinä hetkenä. Toisin kuin ympyrädiagrammiin ei pylväsdiagrammiin kohdistu kovinkaan paljoa kritiikkiä, vaan pylväsdiagrammia pidetään yleisesti melko soveliaana tapana hyvinkin monenlaisen datan esittämiseen.

Pylväsdiagrammin variaatioita (kuva 4) ovat palkkidiagrammi ja ositettu pylväsdiagrammi. Siinä missä pylväsdiagrammissa pylväät ovat pystyssä, on ne palkkidiagrammissa käännetty vaakatasoon. Ositetussa pylväsdiagrammissa puolestaan pylväät on ikään kuin pinottu yhteen ja niistä muodostuva kokonaisuus edustaa (ympyrädiagrammin tapaan) aina 100 %:a kokonaisuudesta ja kokonaisuuden osiot tiettyä prosenttiosuutta kokonaisuudesta. Pylväsdiagrammeja voidaan myös ryhmitellä (kuva 5); tätä käytetään erityisesti silloin, kun halutaan kuvata muutosta eri ajanhetkien välillä. Yksi pylväsrykelmä voi tällöin olla datan jakauman kuvaus tammikuussa, seuraava rykelmä helmikuussa, kolmas maaliskuussa ja niin edelleen.



**Kuva 4** Taulukon 1 ensimmäisen rivin data esitettynä pylväsdiagrammilla, palkkidiagrammilla ja ositetulla pylväsdiagrammilla.

Pylväsdiagrammien kanssa käytetään usein asteikkoa ja toisinaan sen lisäksi myös asteikkoviivoja helpottamassa pylväiden koon arviointia. Asteikko merkitään yleensä pylväsdiagrammin vasempaan reunaan ja palkkidiagrammin alareunaan. Toisinaan diagrammilla saatetaan kuvata kahta eri asiaa (esimerkiksi lämpötilaa ja sadekertymää) ja tällöin diagrammin kummassakin laidassa voi olla oma asteikko. Asteikkoa tehdessä on hyvä huomata, että asteikon tulee aina alkaa nolasta ja olla tasavälinen, jotta diagrammin esittämä tieto ei ole vääristynyttä. Esimerkiksi mainonnassa näkee kuitenkin usein pylväsdiagrammeja, joihin on kuvattu vain pylväiden huiput, jolloin niiden väliset erot saadaan usein vaikuttamaan suuremmilta kuin mitä ne todellisuudessa ovat. Mikäli pylväät muodostavat 100 %:a jostakin kokonaisuudesta, ei asteikon ja asteikkoviivojen käyttäminen kuitenkaan ole välttämätöntä, vaan kuviosta pitäisi olla suoraan havaittavissa osioiden väliset erot ja osuus kokonaisuudesta. Joskus pylväsdiagrammiin saatetaan merkitä myös pylvään tarkka korkeus pylvään yläpuolelle, mutta tätä ei pidetä kovin suositeltavana. Yleisesti ajatellaan, että diagrammin pitäisi selittää itse itsensä ja tarkkojen arvojen kommunikoimiseen suositellaan käytettäväksi taulukkoa diagrammien sijasta.



**Kuva 5** Taulukon 1 koko data esitettynä ryhmitellyllä pylväsdiagrammilla ja ositetulla palkkidiagrammilla. Ryhmiteltyyn pylväsdiagrammiin on merkitty asteikko vasempaan reunaan ja ositettuun palkkidiagrammiin asteikkoviivat 20 %:n välein.

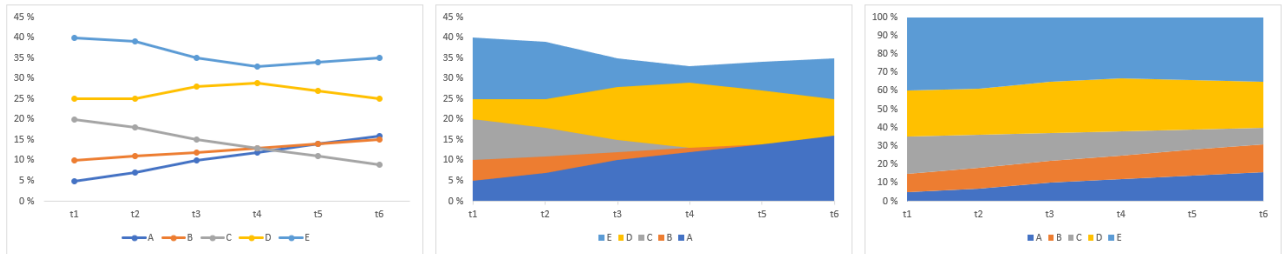
Pylväsdiagrammeissa pylväiden selitteet voidaan sijoittaa piirakkadiagrammin tapaan joko pylvään välittömään läheisyyteen (usein alapuolelle, mutta toisinaan myös pylvään yläpuolelle, tai palkkidiagrammissa pylvään vasemmalle tai oikealle puolelle, ositetun pylväsdiagrammin kohdalla

joskus, jos tilaa riittää, myös osion sisään) tai sitten erilliseen nimiölaatikkoon joko diagrammin alapuolelle tai oikealle puolelle. Pylväsdiagrammin kohdalla pätee sama sääntö kuin ympyrädiagramminkin kohdalla, eli mitä lähempänä selitettävää osiota selite on, sitä parempi. Joskus diagrammi voi tosin mennä kovin sekavan ja tukkoisen näköiseksi, jos pylväitä on paljon eikä selitteille tahdo riittää tilaa, jolloin voi olla parempi turvautua erilliseen nimiölaatikkoon.

## 2.4. Viivadiagrammi

Viivadiagrammin kehittäjästä ei ole samanlaista yksimielisyyttä kuin piirakka- ja pylväsdiagrammien kehittäjästä. Friendlyn ja Denisin (2001) historian katsauksesta käy ilmi, että ensimmäiset tunnetut viivadiagrammit ovat 1700-luvulta, jolloin Francis Hauksbee (vuonna 1712), Nicolaus Samuel Cruquius (1724), Johann Heinrich Lambert (1765) ja William Playfair (1786) käyttivät niitä tutkimuksissaan visualisoimaan muun muassa veden höyrystymistä ja taloutta. Viivadiagrammissa mittaustulokset on yhdistetty toisiinsa viivalla, jolloin saadaan jatkuva kuvaus, josta mittaustulosten väliset erot käyvät helposti ilmi. Viivadiagrammin vahvuus onkin selkeästi muutoksen kuvaamisessa eri ajanhetkien välillä.

Viivadiagrammin variaatioita ovat muun muassa porrasdiagrammi, sädediagrammi (eli tutkadiagrammi tai polaaridiagrammi), aluediagrammi, summaviivadiagrammi ja erotustyyppinen viivadiagrammi (eli nauhaviivadiagrammi). Porrasdiagrammissa havaintopisteet on kuvattu vaakaviivoilla, jotka on päistään yhdistetty toisiinsa pystysuorilla viivoilla, muodostaen porraskuvion. Sädediagrammi poikkeaa muista viivadiagrammin muunnoksista siinä, että se piirretään polaarikoordinaatistoon, jossa ympyrän keskustasta lähtee säteitä kohti ympyrän kehää ja asteikkoviivat muodostavat pienempiä kehiä ympyrän sisälle. Sädediagrammia ei pidä, muodostaen huolimatta, missään nimessä sekoittaa ympyrädiagrammin kanssa, sillä sädediagrammilla kuvataan nimenomaan (yhden tai useamman muuttujan) muutosta eri ajankohtien välillä, eikä yksittäisen hetken tilannetta segmenttien avulla, kuten ympyrädiagrammissa. Sädediagrammia voidaan käyttää esimerkiksi silloin kun kuvataan sulkeutuvia ilmiöitä, kuten päivän tai vuoden kuluessa tapahtuvia muutoksia. Aluediagrammissa viivadiagrammin viivan alapuolinen osio on täytetty värillä tai rasteroitu, ja tästä syystä on huomattava, että asteikon on aluediagrammin kohdalla alettava aina nolosta. Aluediagrammilla voidaan kuvata yksittäisen viivan alapuolista osiota tai joskus useiden viivojen alapuolisia osioita, jolloin on kuitenkin haasteena, että osa alueista jää helposti piiloon toisten taakse (kuva 6, keskimäinen diagrammi), ja diagrammia piirrettäessä onkin kiinnitettävä erityistä huomiota siihen missä järjestyksessä osat esitetään. Summaviivakaaviosta on kyse silloin, kun ylempänä olevat osat on summattu alempana olevien päälle ja väliin jäävät osiot on väritetty. Suhteellisten osioiden visualisoinnissa ylin viiva on tällöin aina 100 %:n kohdalla. Erotustyyppisellä viivadiagrammilla esitetään tyypillisesti kahden eri arvon välistä eroa, esimerkiksi syntyvyyden ja kuolleisuuden tai tulojen ja menojen välistä eroa. Siinä näiden kahden viivan väliin jäävä alue väritetään ja voidaan käyttää eri värejä sen mukaan, kumpi viivoista on yläpuolella (esimerkiksi vihreää jos tulot ovat suuremmat kuin menot ja punaista jos toisin päin).



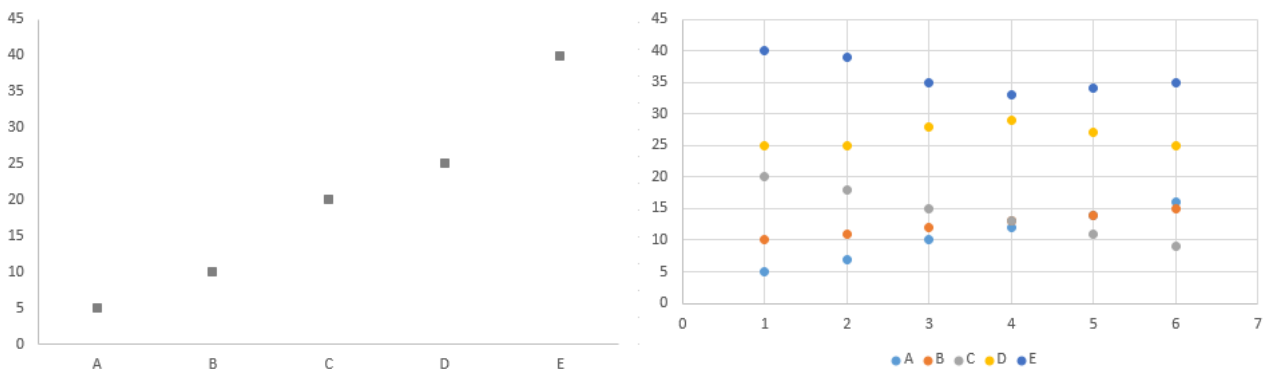
**Kuva 6** Taulukon 1 koko data esitettyä viivadiagrammilla (vasemmalla), aluediagrammilla (keskellä) ja summaviivadiagrammilla (oikealla).

Viiva- ja aluediagrammien kohdalla käytetään pylväsdigrammin tapaan usein asteikkoja ja toisinaan myös asteikkoviivoja. Viivan selite voidaan merkitä viivan oikeaan pätyyn tai erilliseen nimiökenttään, alue- ja summaviivadiagrammissa selite voidaan merkitä myös alueen sisälle, mikäli siinä on tilaa.

## 2.5. Pistediagrammi

Ensimmäiset abstraktit, matemaattiset koordinaatit esiteltiin 1630-luvulla Descartesin Fermat'n toimesta, joskin karttoihin perustuvia koordinaatioita oli ollut olemassa jo antiikin ajoista lähtien (Friendly & Denis, 2005).

Pistediagrammi (kuva 7) on varmaankin yksinkertaisin datan visualisointimenetelmä: siinä yksinkertaisesti xy-koordinaatistoon piirretään piste (tai ruksi, neliö tai muu kuvio) x ja y-arvojen leikkauspisteeseen. Akselit voivat olla jatkuvia (esim. hinta tai aika), tai epäjatkuvia (esim. sukupuoli, luokka). Kuuselan (2000) mukaan pistediagrammin teho perustuu siihen, että ihmissilmä on tarkka havaitsemaan pisteparven muodon, säännönmukaisuudet, tihentymät ja poikkeamat pistediagrammissa. Esimerkiksi pisteparven muodosta voidaan päätellä mahdollisten riippuvuuksien olemassaolo: mitä pitkulaisempi pisteparven muoto on, sitä voimakkaampi riippuvuus datassa on, hajanaisesta parvesta puolestaan voidaan päätellä, että riippuvuutta ei ole.



**Kuva 7** Taulukon 1 ensimmäisestä rivistä (vasemmalla) ja koko datasta (oikealla) muodostetut pistediagrammit.

Muiden esitelyjen diagrammien tapaan myös pistediagrammista on olemassa muunnelmia, joista yksi esimerkki on kupladiagrammi, jossa pisteiden sijaan alkioita kuvataan eri kokoisilla ympyröillä, joissa ympyrän koko on suhteessa esimerkiksi esiintymien määrään. Kupladiagrammissa

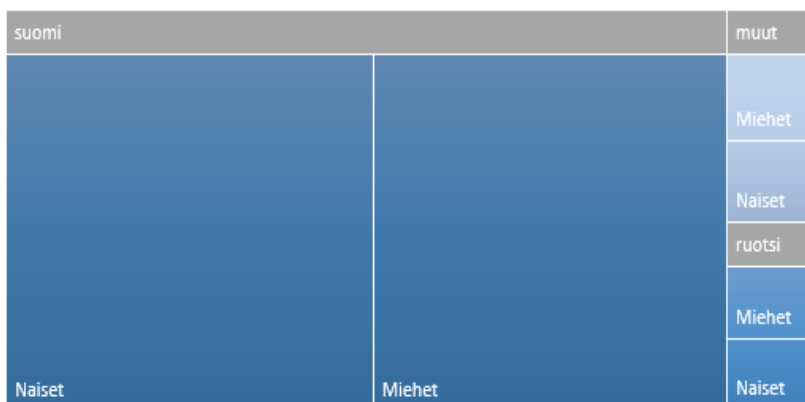
saadaan näin visualisoitua kahden muuttujan suhteiden sijaan kolmea eri muuttujaa. Kuplien tilalla voidaan periaatteessa käyttää myös vaikkapa ympyrädiagrammeja, jolloin saadaan mukaan vielä lisää uusia ulottuvuuksia. Tällöin on kuitenkin varottava, että diagrammista ei tule liian sekavaa ja vaikeaselkoista. Usein jokin toinen visualisointimenetelmä tai useamman erillisen diagrammin käyttö onkin järkevämpää.

## 2.6. Muita datan suhteellisten osuuksien visualisointimenetelmiä

Edellä mainitut diagrammit ovat selvästi yleisimpiä datan suhteellisten osuuksien visualisointitapoja. Näiden lisäksi on tietysti paljon erilaisia, vähemmän käytettyjä visualisointimenetelmiä, joista esimerkkeinä mainittakoon puukartat, infografiikka ja Sankey-diagrammi, joiden olemassaolo ja käyttötavat on hyvä tiedostaa, vaikka niitä ei laajemmin tässä tutkielmassa käsitelläkään, sillä modernit visualisointityökalut ovat tuoneet nämäkin visualisointimenetelmät yhä useampien käytettäväksi, ja niitä näkee enenevässä määrin erilaisissa raporteissa.

Puukartta on huomattavasti modernimpi visualisointimenetelmä kuin aiemmin esiteltyt diagrammit. Alkuperäisen puukartan kehitti Ben Shneiderman vuonna 1990 huomattavasti paremman visualisoinnin tietokoneensa kovalevyn rakenteesta, kuin mihin perinteiset puurakenteet pystyivät (Ahomaa, 2001). Puukartta onkin useimmille tuttu nimenomaan tietokoneen kovalevyn käytön visualisoinnista. Puukartan avulla voidaan esittää hierarkkista tietoa vierekkäin ja sisäkkäin aseteltujen suorakulmioiden avulla. Puukartassa koko kartan pinta-ala vastaa 100 prosenttia, tämän jälkeen suurin alue on jaettu pienempiin suorakulmioihin, joiden koko on suhteessa niiden suhteelliseen osuuteen kokonaisuudesta. Näin edetään puurakenteessa alaspäin, kunnes viimeinenkin taso on kuvattuna pienellä suorakulmiolla. Kuvassa 8 on visualisoitu puurakenteen avulla Suomen väestön puhumien kielten jakaumaa (johon kyseinen visualisointimenetelmä ei kuitenkaan ole ideaali). Suomen kielen osuus on selvästi suurin ja saamen kielen osuus puolestaan niin pieni, että se ei edes näy visualisoinnissa. Jokaisessa osiossa sekä miesten että naisten osuus on suunnilleen yhtä suuri.

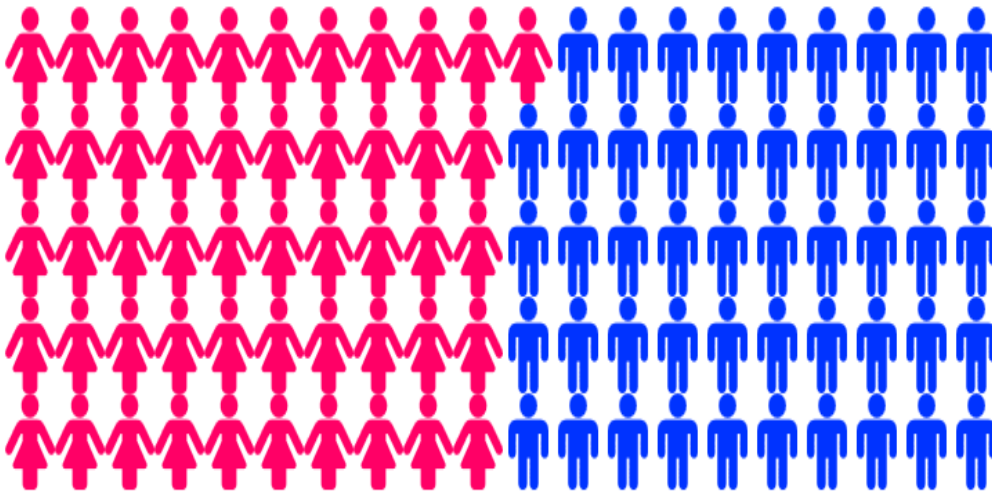
Väestön puhumat kielet



**Kuva 8** Puukartta Suomessa puhuttujen kielten jakaumasta.

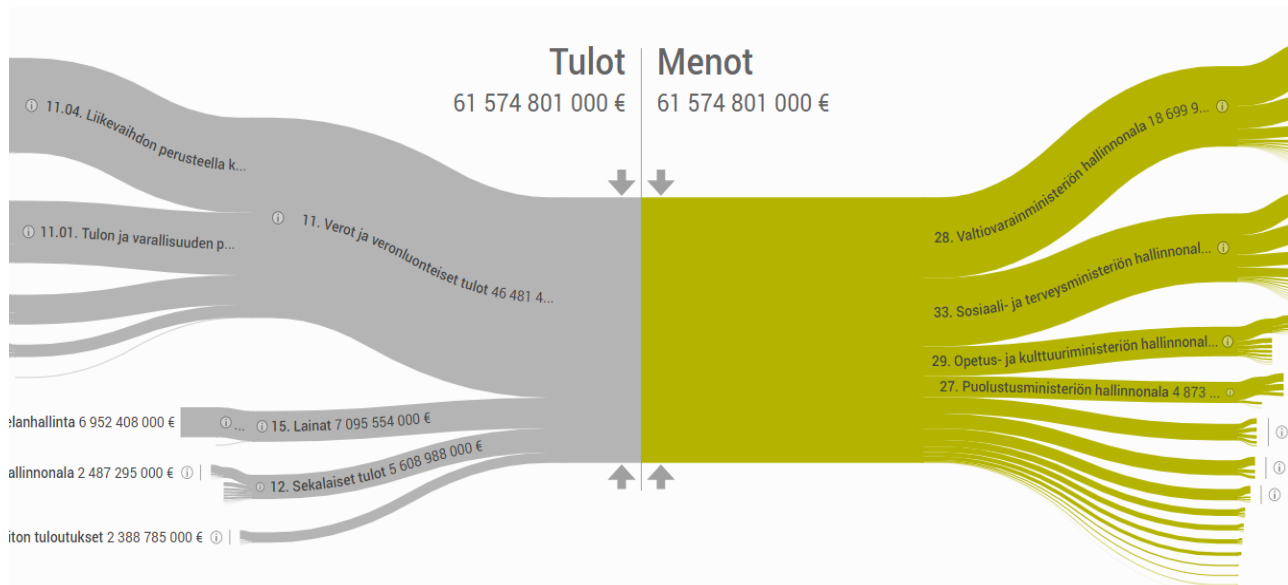
Infografiikka puolestaan on kuvallinen esitys datasta, jolla ei ole mitään erityistä määrämuotoa. Infografiikassa visualisoitavat asiat on usein kuvattu jotenkin itse asiaan liittyvällä tavalla, esimerkiksi voidaan kuvata suomen väestö piirtämällä 100 pientä piirroshahmoa, joista 49 on väritetty siniseksi ja 51 punaiseksi, kuvaten väestön sukupuolijakaumaa (kuva 9). Infografiikkaa käytetään erityisen paljon mainonnassa ja markkinoinnissa sen huomiota herättävän ulkonäön vuoksi ja siinä voidaan yhdistellä vapaasti tekstiä ja erilaisia visualisointimenetelmiä yhdeksi kokonaisuudeksi.

### Väestön sukupuolijakauma

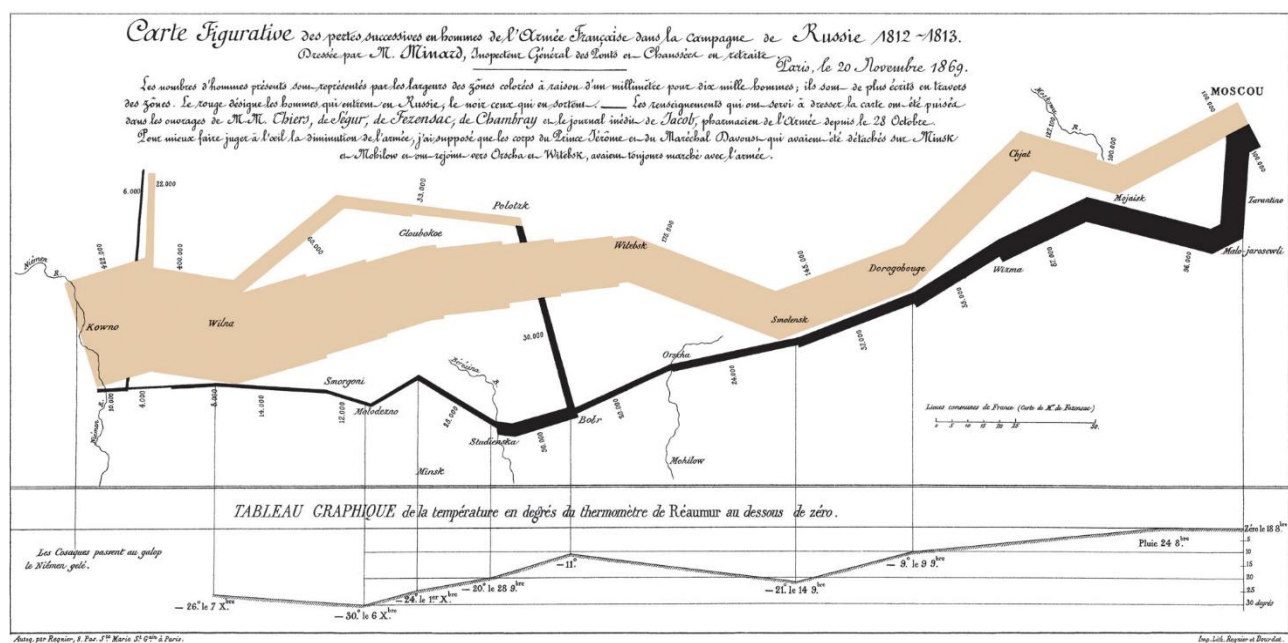


**Kuva 9** Infografiikka suomalaisten sukupuolijakaumasta.

Sankey-diagrammilla kuvataan virtausta eri osa-alueiden välillä. Sitä käytetään yleisesti esimerkiksi visualisoimaan energian kulumista erilaisissa prosesseissa tai kuvaamaan valtion tulojen koostumista ja edelleen jakautumista menoihin (kuva 10). Sankey-diagrammissa kunkin nuolen tai viivan paksuus on suhteessa sen osuuteen kokonaisuudesta ja nuolien suunta kuvaa virtausta osioiden välillä. Diagrammi on nimetty irlantilaisen kapteeni Matthew Henry Phineas Riall Sankeyn mukaan, joka käytti eri vahvuisista nuolista koostuvaa virtauskuvaa vuonna 1898 kuvaamaan höyrykoneen energiatehokkuutta. Ehkä tunnetuin Sankeyn-diagrammi on kuitenkin vuonna 1869 Charles Minardin piirtämä kartta Napoleonin sotaretkestä Venäjälle vuonna 1812 (kuva 11). Kyseistä kuvaa on muun muassa Edward Tufte (1983) kutsunut mahdollisesti kaikkien aikojen parhaaksi tilastolliseksi kuvioksi. Kuvio yhdistää Sankey-tyylisen diagrammin karttapohjan päälle kuvaten Napoleonin armeijan etenemisen kohti Moskovaa ja näyttäen samalla armeijan koon pienenemisen sotaretken edetessä ja lopulta perääntymisvaiheen Moskovasta takaisin kohti Ranskaa.



**Kuva 10** Osa valtion tulojen ja menojen jakautumista kuvaavasta Sankey-diagrammista (<http://valtionbudjetti.fi/>).



**Kuva 11** Minardin kuuluisa kuvio Napoleonin armeijan etenemisestä Moskovaan ja perääntymisestä takaisin kohti Ranskaa ([https://en.wikipedia.org/wiki/Sankey\\_diagram](https://en.wikipedia.org/wiki/Sankey_diagram)).



### 3. Havainnointiprosessien mallintaminen

Kun erilaisten diagrammien paremmuutta on tutkittu, on samalla kehitelty erilaisia malleja, joilla pyritään kuvaamaan sitä, mitä ihmisten mielessä tapahtuu diagrammeja lukiessa. Erilaisia malleja on lukematon määrä, joista tässä kappaleessa käydään läpi muutamia esimerkkejä, jotka liittyvät tässä tutkielmassa läpi käytäviin tutkimuksiin. Tässä luvussa esitellyt mallit ovat osittain hyvinkin erilaisia ja toisaalta monessa niistä toistuu samoja elementtejä. Mitään yhtä, kaiken kattavaa kuvausta siitä mitä lukijan pään sisällä tapahtuu ei varmasti ole edes mahdollista tehdä, mutta ymmärtämällä tässä luvussa kuvattuja malleja ja prosesseja on mahdollista paremmin ymmärtää sitä, minkä vuoksi erilaiset diagrammit soveltuvat erilaisiin tilanteisiin. Gillan (2009) huomauttaa, että ymmärtämällä havainnoinnin taustalla olevia prosesseja voitaisiin jatkossa kehitellä uusia, entistä parempia diagrammeja.

#### 3.1. Diagrammien ymmärtämisen teoria

Pinker (1990) luonnehti diagrammeja seuraavasti: "Jokainen diagrammi yrittää kommunikoida lukijalle joukon arvoja erilaisilla matemaattisilla asteikoilla sellaisten kohteiden avulla, joiden visuaaliset ulottuvuudet (esimerkiksi pituus, paikka, kirkkaus, muoto) vastaavat niille kuuluvaa asteikkoa ja joiden arvot kussakin ulottuvuudessa korreloivat vastaavan asteikon kanssa." Bertinin (1983) mukaan tästä diagrammin määritelmästä voidaan johtaa kolme asiaa, jotka diagrammin lukijan on tehtävä:

- 1) Ulkoinen tunnistus (eng. *external identification*): lukijan on tunnistettava konsepti tai tosielämän vastine, josta diagrammi välittää tietoa
- 2) Sisäinen tunnistus (eng. *internal identification*): lukijan on tunnistettava diagrammin kuvaaman sisällön vaihtelun oleelliset ulottuvuudet ja määritettävä mikä visuaalinen ulottuvuus vastaa mitäkin käsitteellistä muuttujaa tai asteikkoa
- 3) Vastaavuuksien havainnointi (eng. *perception of correspondence*): lukijan on käytettävä kunkin visuaalisen ulottuvuuden tasoja johtopäätöksien tekemiseen jokaisesta käsitteellisestä asteikosta.

Pinker (1990) puolestaan määrittelee teoriassaan neljä prosessia, joiden avulla graafista informaatiota kuvataan. Nämä prosessit ovat täsmäytysprosessi (eng. *the MATCH process*), viestin kokoaminen (eng. *message assembly*), kuulustelu (eng. *interrogation*) ja päättelyprosessi (eng. *inferential processes*). Pinkerin (1990) mukaan täsmäytysprosessissa vertaillaan visuaalista kuvausta muistissa oleviin malleihin (eng. *schema*) ja valitaan parhaiten sopiva malli. Mallilla tarkoitetaan yleistä kognitiivista rakennetta, joka on opittu aiheesta aiemman kokemuksen yhteydessä ja tallennettu pitkäkestoiseen muistiin ja joka ohjaa havainnoijaa järjestämään uuden informaation monimutkaiseksi tiedon esitykseksi (Simkin & Hastie, 1987). Täsmäytysprosessin avulla siis tunnistetaan diagrammin tyyppi (esimerkiksi ympyrä- tai pylväsdiagrammi).

Viestin kokoamisella Pinker (1990) puolestaan tarkoittaa prosessia, jossa visuaalinen informaatio muunnetaan käsitteelliseksi informaatioksi. Tässä vaiheessa edellisen kohdan mallin

ilmentymästä etsitään viestimerkkejä (eng. *message flag*) (esimerkiksi korkeus, arvo, trendi, erotus) joiden sisältö liitetään käsitteelliseen viestiin. Käytännössä tässä vaiheessa siis havaitaan kaavion osioiden suuruusjärjestys ja arvioidaan osioiden arvot. Koska käytännössä kaikkea informaatiota ei pystytä viestin kokoamisvaiheessa liittämään käsitteelliseen viestiin, voidaan kuulusteluprosessi (eng. *interrogation*) ottaa käyttöön niissä tilanteissa, joissa lukija tarvitsee lisätietoa kuviosta. Pinkerin (1990) mukaan kuulusteluvaiheessa mallista etsitään kysymystä vastaava viestimerkki ja aktivoidaan se. Mikäli viestimerkki sisältää jo valmiiksi arvon se voidaan suoraan lisätä käsitteelliseen viestiin. Jos viestimerkki sisältää pelkän parametrin, pitää mallia tutkia tarkemmin ja etsiä parametrille arvo. Mikäli parametrin arvoa ei pysty lukemaan suoraan kaaviosta, pitää haluttu tieto etsiä kuviosta muita arvoja apuna käyttäen. Esimerkiksi pylväsdiaagrammissa kahden pylvään erotusta ei useinkaan pysty suoraan lukemaan, vaan sitä varten pitää ensin arvioida kummankin pylvään pituus ja niiden perusteella pituuksien erotus. Kun haluttu tieto on löydetty, se voidaan jälleen liittää käsitteelliseen viestiin. Viimeisenä Pinker (1990) mainitsee päättelyprosessit (eng. *inferential processes*), joilla hän viittaa muun muassa ihmisten kykyyn päätellä, mikä tieto kaaviossa on huomionarvoista kulloisessakin tilanteessa ja miten tietoa voitaisiin käyttää jatkossa.

### 3.2. GOMS

GOMS on Cardin, Moranin ja Newellin (1983) kehittämä, laajalti käytössä oleva mallijoukko, jonka avulla voidaan kuvata käyttäjän toimia jonkin tehtävän suorittamisen aikana. Nimi GOMS on akronyymi englannin kielen sanoista Goals, Operators, Methods ja Selection rules (Lohse, 1997a), jotka voisivat olla vapaasti suomennettuna tavoitteet, toiminnot, menetelmät ja valintasäännöt. GOMS on suunnattu selvästi enemmän käyttäjän prosessien kuvaamiseen jonkin tietokoneohjelman käyttämisen yhteydessä, mutta sitä on mahdollista soveltaa myös passiivisempien, mielen sisäisten prosessien kuvaamiseen ja arvioimiseen. Kuvaamalla käyttäjän prosessi jonkin tietyn visualisointimenetelmän kohdalla ja antamalla toiminnoille aika-arviot, on mahdollista arvioida ja vertailla eri visualisointimenetelmien tehokkuutta ilman osallistujia vaativia testejä.

John ja Kieras (1996) jakavat GOMS-mallin neljään erilaiseen variaatioon, jotka ovat painallustason malli (eng. *keystroke-level model, KLM*), CMN-GOMS (CMN tulee kehittäjien Card, Moran ja Newell nimistä), luonnollisen kielen notaatioon pohjautuva NGOMSL (eng. *Natural GOMS Language notation*) sekä CPM-GOMS (akronyymi CPM tulee englannin kielen sanoista Cognitive, Perceptual ja Motor processor). John ja Kieras (1996) kuvailevat GOMS:n variaatioiden välisiä eroja karkealla tasolla seuraavasti:

- 1) Toisin kuin muut variaatiot, KLM:ää ei ole kirjoitettu ohjelmamuodossa.
- 2) NGOMSL on ainoa variaatio, joka arvioi opetteluun kuluvan ajan
- 3) Käytetyn ajan ennustaminen eroaa KLM:n, CMN-GOMS:in ja NGOMSL:n välillä niin, että KLM:ssä on vain yksi karkea arvio kaikille mentaalisesti tapahtuville toiminnoille, NGOMSL:ssä jokaiseen askeleeseen sisältyy jonkin verran kognitiivista suoritusaikaa, kun taas CMN-GOMS:ssa kognitiiviselle suoritukselle ei ole laskettu ollenkaan aikaa. Kaikki

kolme kuitenkin varaavat suunnilleen saman määrän aikaa kognitiivisille ja mentaalisisille prosesseille, aika vain varataan eri kohdissa mallia.

- 4) CPM-GOMS olettaa käyttäjän olevan todella kokenut, ja suorittavan kaikki toiminnot mahdollisimman nopeasti, eikä tämän vuoksi laske juuri ollenkaan aikaa kognitiivisten ja mentaalisten tehtävien suorittamiselle.

Näitten erojen takia eri variaatiot ovat hyödyllisiä erilaisten tehtävien kohdalla. Esim. CPM-GOMS on paras tilanteissa, joissa käyttäjät toistavat hyvin samanlaista tilannetta kerrasta toiseen ja tuntevat ohjelman pääpiirteittäin läpikotaisin. Tässä tutkielmassa ei käydä tarkemmin läpi GOMS:n variaatioiden eroja tarkemmalla tasolla, vaan seuraavissa kappaleissa keskitytään puhtaasti GOMS:n yleisiin piirteisiin.

### 3.2.1. Tavoitteet

GOMSissa tavoitteella tarkoitetaan kuvausta siitä, mitä käyttäjä yrittää toimillansa saavuttaa. Lohsen (1997a) mukaan analyysoijan tehtävänä on etukäteen yrittää määritellä esittää ne tavoitteet, joita tyypillisellä käyttäjällä on. Lohse (1997a) jatkaa kertomalla, että tyypillisesti tavoitteet pilkotaan pienemmiksi osatavoitteiksi, joilla on usein hierarkkinen järjestys. Tällöin suuremman tavoitteen saavuttaminen vaatii ensin hierarkiassa alempana olevien osatavoitteiden saavuttamista. Hierarkia ei Johnin ja Kieras (1996) mukaan kuitenkaan ole välttämätöntä, vaan jotkin GOMS:n variaatiot sallivat useiden yhtäaikaisten tavoitteiden olemassaolon.

Datan visualisoinnin näkökulmasta tavoitetta asetettaessa tulisi määritellä minkälaisiin kysymyksiin tyypillinen havainnoija yrittää datasta löytää vastauksia. Onko tavoitteena saada tietoa tarkoista luvuista, verrata osien suhdetta kokonaisuuteen, verrata osia toisiinsa vai kenties havaita trendejä. Mikäli tavoitteena olisi vaikkapa selvittää kummalla kahdesta asiasta A tai B on suurempi osuus tietyssä ajanhetkenä, voisi tämän jakaa edelleen osatavoitteisiin, joita voisi olla esim. *“selvitä asian A osuus tietyssä ajanhetkenä”*, *“selvitä asian B osuus tietyssä ajanhetkenä”* ja *“vertaile osuuksia keskenään”*.

### 3.2.2. Toiminnot

John ja Kieras (1996) kuvaavat toimintoja toimiksi, joita käyttäjä suorittaa tavoitteen saavuttamiseksi. Johnin ja Kieras (1996) mukaan toiminnot voivat olla aistillisia, kognitiivisia tai motorisia tai niiden yhdistelmiä, ja ne voivat muuttaa käyttäjän mielensisäistä tilaa tai fyysisesti muuttaa ulkoista nähtävissä olevaa tilannetta. Datan visualisoinnin kohdalla kyse on käytännössä aina mielensisäisen tilan muutoksista, sillä normaalisti käyttäjällä ei ole mahdollisuutta muuttaa visualisointia omilla toimillansa. John ja Kieras (1996) huomauttavat, että toimintojen tärkeimpien parametrien, kuten suoritusajan, oletetaan olevan riippumattomia käyttäjän edellisistä toimista. Tämän vuoksi on mahdollista arvioida toimintojen ajankäyttöä, toiminnosta riippuen joko vakiolla, todennäköisyysjakaumaan perustuvalla arviolla tai jonkin parametrin funktiona. Tämän vuoksi GOMS:n antaman aika-arvion tarkkuus riippuu arvioidun toimintoketjun tarkkuudesta sekä yksittäisen toiminnon aika-arvion tarkkuudesta.

Jos jatketaan edellisen kohdan esimerkillä, niin tavoitteeseen ”*kummalla kahdesta asiasta A tai B on suurempi osuus tietyssä ajanhetkenä*” johtavia toimintoja pylväsdiagrammissa voisi olla esimerkiksi ”*etsi nimiöstä A:ta kuvaavan pylvään väri*”, ”*silmäile diagrammin x-akselia, kunnes löydät halutun ajanhetken*” tai ”*etsi pylvään B huippu*”. Kun jokaiselle tällä tavalla kuvatulle toiminnolle annettaisiin aika-arvio, niin tämän perusteella olisi mahdollista arvioida kokonaisen tavoitteen suorittamiseen vaadittu aika. Jos vastaavat arviot tehtäisiin kullekin erilaiselle diagrammitypille, niin tämän perusteella voitaisiin saada arvio siitä, mikä diagrammi suoriutuisi kustakin tavoitteesta parhaiten. Tämän perusteella vastaavasti olisi mahdollista päättää mitä diagrammia kussakin tilanteessa olisi järkevä käyttää.

### 3.2.3. Menetelmät

Menetelmillä tarkoitetaan Johnin ja Kieras (1996) mukaan toimintojen ja osatavoitteiden sekvenssejä, joiden myötä tavoite saavutetaan. Lohse (1997a) huomauttaa, että suuri osa GOMS:n avulla tehtävän analyysin työmäärästä koostuu siitä, että analyysoija kuvaa tavoitteen suorittamiseksi tehtävät vaiheet yksityiskohtaisesti. Menetelmän kuvaaminen on näin ollen mahdollisesti tärkein vaihe GOMS:ia.

Aiemman esimerkin mukainen menetelmä tavoitteen ”*kummalla kahdesta asiasta A tai B on suurempi osuus tietyssä ajanhetkenä*” saavuttamiseksi pylväsdiagrammin avulla voisi olla seuraavanlainen:

- 1) Etsi nimiöstä A:ta kuvaavan pylvään väri
- 2) Paina A:ta kuvaavan pylvään väri mieleen
- 3) Etsi nimiöstä B:ta kuvaavan pylvään väri
- 4) Paina B:ta kuvaavan pylvään väri mieleen
- 5) Silmäile diagrammin x-akselia, kunnes löydät halutun ajanhetken
- 6) Hae työmuistista pylvään A väri
- 7) Etsi oikeasta kohdasta x-akselia vastaavan värinen pylväs
- 8) Etsi pylvään A huippu
- 9) Hae työmuistista pylvään B väri
- 10) Etsi oikeasta kohdasta x-akselia vastaavan värinen pylväs
- 11) Etsi pylvään B huippu
- 12) Vertaa pylvaiden A ja B korkeuksia
- 13) Päätele kumpi pylväistä on korkeampi

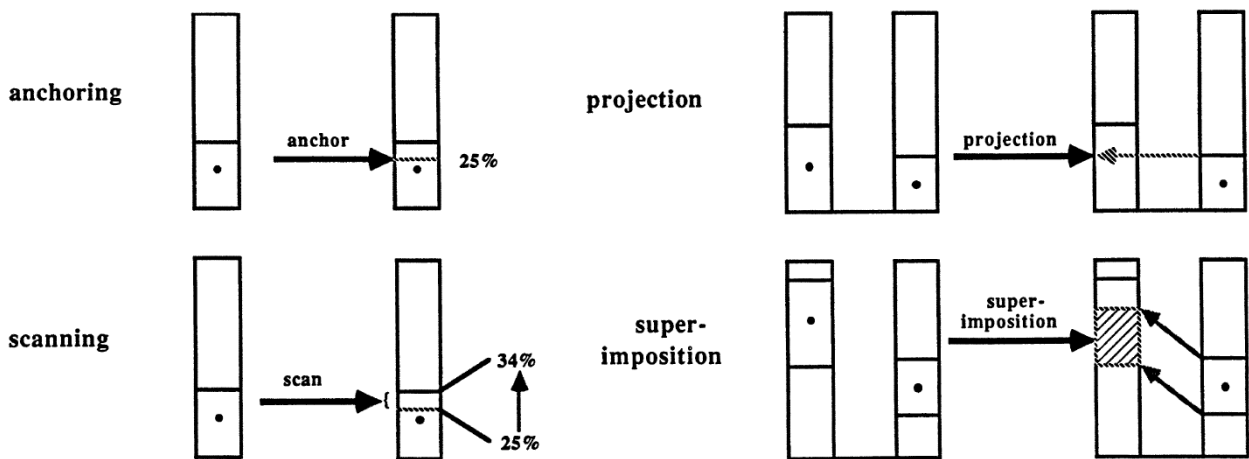
### 3.2.4. Valintasäännöt

Valintasääntöjä tarvitaan, mikäli tavoitteen saavuttaminen on mahdollista tehdä käyttäen useampaa kuin yhtä menetelmää. Valintasääntöjen avulla määritellään yksiselitteisesti, mitä menetelmää tulee käyttää kussakin tilanteessa. Johnin ja Kieras (1996) mukaan säännöt perustuvat käsillä olevan tehtävän erityisiin ominaisuuksiin, ja sääntöjen määrittelyssä auttaa määrittelijän kokemus tehtävän ominaisuuksista. Lohse (1997a) puolestaan mainitsee, että mikäli tavoitteen saavuttaminen on

mahdollista käyttäen useampaa menetelmää, niin tavoitteesta pitäisi eriyttää joukko spesifejä tavoitteita, joiden kunkin saavuttaminen on mahdollista vain yhtä menetelmää käyttäen. Tämän jälkeen Lohse (1997a) neuvoo analyysoijaa määrittelemään toisensa poissulkevia ehtoja, joiden perusteella on mahdollista yksiselitteisesti määrittellä mitä menetelmää kussakin tilanteessa tulisi käyttää.

### 3.3. Yksinkertaiset mentaaliset prosessit

Simkin ja Hastie (1987) kuvaavat puolestaan viisi prosessia, joita käytetään arvioitaessa ositetun pylväsdiagrammin osion tai ympyrädiagrammin sektorin kokoa. Nämä yksinkertaiset mentaaliset prosessit (eng. *elementary mental processes*) ovat ankkurointi (eng. *anchoring*), silmäily (eng. *scanning*), projektiio (eng. *projection*), päällekkäin asettaminen (eng. *superimposition*) ja havaitseminen (eng. *detection*). Havaitsemista lukuun ottamatta prosessit on kuvattu kuvassa 12. Ankkuroinnilla Simkin ja Hastie (1987) tarkoittavat diagrammin (esim. pylvään tai ympyrän) jakamista standardikokoisiin osiin, jotka toimivat perustana diagrammin osioiden koon arvioimiselle. Esimerkiksi ympyrädiagrammin kohdalla luonnolliset ankkuripisteet ovat 25 %, 50 %, 75 % ja 0 / 100 %, koska ympyrä on totuttu jakamaan neljänneksiin ja suora kulma ja oikokulma on helppo havaita ympyrästä. Pylväsdiagrammin kohdalla vastaavia yhtä luonnollisia ankkuripisteitä ei ole, mutta siitäkin on mahdollista arvioida ainakin 50 %:n kohta kohtuullisella tarkkuudella.



**Kuva 12** Ankkurointi, silmäily, projektiio ja heijastus kuvattuna Simkinin ja Hastien (1987) tutkimuksessa.

Silmäilyllä Simkin ja Hastie (1987) puolestaan viittaavat katseen pyyhkäisemiseen arvioitavan alueen ylitse. Simkin ja Hastie (1987) epäilevät, että arvio alueen koosta perustuu silmäilyn keston, ja aika toimii siis ikään kuin mittanauhana arviota tehtäessä. Tutkimuksissa (Gillan & Callahan, 2000; Simkin & Hastie, 1987) on havaittu, että arvion tarkkuus laskee silmäilyyn tarvittun matkan pidetessä. Arviointi on siis tarkempaa ankkuripisteiden läheisyydessä ja muuttuu epätarkemmaksi mitä kauemmas ankkuripisteestä liikutaan.

Projektiota Simkin ja Hastie (1987) kuvaavat prosessiksi, jossa lähetetään säde yhdestä diagrammin kohdasta toiseen. Tätä tapahtuu esimerkiksi, kun halutaan verrata kahden pylvään (osan)

pituuksia toisiinsa tai pylvään pituutta asteikkoon. Projektio tapahtuu yleensä pysty- tai vaakasuoraan ja on myös tarkinta näissä tapauksissa.

Simkinin ja Hastien (1987) kuvaamalla päällekkäin asettamisella tarkoitetaan prosessia, jossa diagrammin elementtejä siirretään uuteen paikkaan yleensä niin, että elementit asettuvat prosessin nimen mukaisesti päällekkäin. Esimerkiksi jos halutaan verrata kahta ympyrädiagrammin sektoria toisiinsa, voidaan jompaakumpaa sektoria siirtää mielessä niin, että sektorit asettuvat (osittain) päällekkäin. Vastaavasti mikäli ositetun pylväsdiagrammin osiot ovat eri korkeuksilla, voidaan ne asettaa mentaalisesti päällekkäin arvioinnin helpottamiseksi. Simkin ja Hastie (1987) huomauttavat, että päällekkäin asettamista käytetään yleensä vain, jos yksinkertaisempaa ja tarkempaa prosessia ei voida tilanteeseen soveltaa.

Viimeisenä prosessina Simkin ja Hastie (1987) listaavat havaitsemisen, jolla tarkoitetaan operaatioita, joilla havaitaan erot kahden diagrammin osioiden koossa. Prosessi on hyvin yksinkertainen, sillä siinä määritetään ainoastaan se, kumpi kahdesta kohteesta on suurempi ja kumpi pienempi. Tämä yksinkertainen analyysi mahdollistaa nopean vasteajan.

Kuvatut prosessit ovat nimensä mukaisesti hyvin yksinkertaisia ja helposti ymmärrettäviä kokonaisuuksia. Yhdistelemällä prosesseja on mahdollista selviytyä monimutkaisemmista vertailutilanteista, joita ei pelkästään yhden prosessin avulla pysty suorittamaan. Esimerkiksi yhdistämällä projektion, ankkuroinnin ja silmäilyn tai päällekkäin asettamisen, ankkuroinnin ja silmäilyn on mahdollista vertailla diagrammien osioiden kokoeroja jo hyvin monenlaisissa tilanteissa. Tässä kuvatut prosessit ovat meille automaattisia, eikä kaaviota lukeva henkilö joudu erikseen ajattelemaan mitä prosessia on käyttämässä. Prosessien kuvaaminen auttaa kuitenkin ymmärtämään sitä miksi erilaiset kaaviot toimivat eri tavalla eri tilanteissa, ja miksi vertailu, joka yhden kaavion avulla on yksinkertaista, muuttuu monimutkaiseksi toisen kaavion kohdalla.

### 3.4. Yhdistetty aritmeettisaistillinen malli (MA-P model)

Yhdistetty aritmeettis-aiistillinen malli (eng. *Mixed Arithmetic-Perceptual (MA-P) model*) on Gillanin ja Lewisin (1994) kehittämä malli, joka kuvaa diagrammin lukijan ajatusprosessia diagrammin tulkinnan aikana. Gillan ja Lewis (1994) selvittivät tutkimuksensa aluksi yleisimpiä diagrammien avulla suoritettuja toimenpiteitä ja analysoivat diagrammin lukijoiden toimintaa havainnoimalla heidän toimiaan ja pyytämällä heitä selostamaan prosessiaan ääneen sitä mukaa kun he suorittivat tehtäviä. Haastattelujen perusteella Gillan ja Lewis (1994) selvittivät, että yleisimpiä diagrammin käyttötarkoituksia ovat: arvojen vertailu toisiinsa, trendien havaitseminen, keskiarvon määrittäminen, arvojen erotuksen määrittäminen, yksittäisen arvon selvittäminen, arvojen summan selvittäminen ja kahden arvon suhteen määrittäminen. Näiden diagrammin käyttötarkoitusten ja tekemiensä havaintojen perusteella Gillan ja Lewis (1994) muotoilivat viisi diagrammin lukijoiden käyttämää yleistä prosessia, jotka ovat:

- 1) Indikaattorin etsintä
- 2) Indikaattorin arvon määrittäminen

- 3) Aritmeettisten operaatioiden suorittaminen määritetyille indikaattorin arvoille
- 4) Spatiaalisten suhteiden vertailu
- 5) Vastaaminen

Indikaattorin etsinnällä tarkoitetaan yksinkertaisesti sitä, että lukija etsii diagrammista jotakin yksittäistä elementtiä kuvaavan merkin. Indikaattori voi olla diagrammista riippuen esimerkiksi piste, pylvään yläpää tai viiva, joka kuvaa kyseisen osion arvoa. Käytännössä lukija siis etsii ensin vaikkapa pylvään A ja sen jälkeen pylvään yläpään, joka merkkää diagrammissa pylvään pituutta (tai korkeutta). Kun indikaattori on löydetty, voidaan sen arvo määrittää. Arvon määrittäminen voi tapahtua esimerkiksi siirtämällä katse y-akselille samalle korkeudelle kuin millä indikaattori on, ja lukemalla akselilta arvo. Mikäli asteikkoa ei ole käytössä tai siitä ei voi suoraan lukea indikaattorin arvoa, joudutaan arvo määrittelemään muilla tavoin. Esimerkiksi ositetun pylväsdiagrammin kohdalla arvo voidaan määrittää lukemalla osion ylä- ja alapuolisten indikaattorien arvot, ja vähentämällä pienempi suuremmasta. Asteikon puuttuessa arvon määrittämiseen voidaan käyttää suhteiden arviointia.

Mikäli diagrammin havainnointitehtävä edellyttää sitä, seuraavaksi indikaattorien arvoille voidaan suorittaa aritmeettisiä operaatioita, kuten yhteen-, vähennys- tai jakolaskua. Operaatiot suoritetaan normaalisti päässälaskuna. Käytännössä aritmeettisten operaatioiden avulla voidaan siis määrittää esim. haluttujen osioiden summa, erotus, keskiarvo tai suhde. Spatiaalisten suhteiden vertailua taas tarvitaan silloin, kun diagrammista pitää määrittää yksinkertaisesti suurin tai pienin osio, tai järjestää osat suuruusjärjestykseen. Tässä vaiheessa siis verrataan kahta indikaattoria, päätellään, kumpi niistä on suurempi, ja asetetaan ne lopuksi suuruusjärjestykseen. Viimeisessä vaiheessa diagrammista on saatu jokin tulos, joka toivon mukaan vastaa esitettyyn kysymykseen.

Gillanin ja Lewisin (1994) MA-P malli huomioi, että kaikkien havainnointitehtävien yhteydessä ei käytetä kaikkia edellä kuvattuja menetelmiä, eikä niitä aina välttämättä käytetä myöskään samassa järjestyksessä. Esimerkiksi osion arvon määrittämiseen käytetään eri menetelmiä kuin suurimman osion valitsemiseen tai keskiarvon laskentaan. Prosesseissa on myös eroja lukijoiden välillä, ja diagrammia paljon käyttänyt henkilö saattaa joissain tilanteissa pystyä oikaisemaan jonkin vaiheen ohi, koska pystyy soveltamaan muita menetelmiä havainnointitehtävään.

Gillan ja Lewis (1994) esittävät paperissaan kaksi erilaista versiota MA-P mallista, joiden avulla olisi mahdollista arvioida ja selittää lukijoiden vastausaikoja erilaisissa havainnointitilanteissa. Yksinkertaisemmassa muodossa vasteaika =  $a + b * (\text{prosessin operaatioiden lukumäärä})$  ja monimutkaisemmassa muodossa vasteaika =  $a + b_1 * (\text{aritmeettisten operaatioiden lukumäärä}) + b_2 * (\text{ei-aritmeettisten operaatioiden lukumäärä})$ . Gillan ja Lewis (1994) testasivat MA-P mallien toimivuutta kahdessa eri koasetelmassa, ja totesivat että yksinkertaisemman mallin avulla oli mahdollista selittää keskimäärin 77 % vasteaikojen vaihtelusta ja monimutkaisemman mallin avulla keskimäärin 82 % vasteaikojen vaihtelusta. Gillan (2009) huomauttaa, että malli ei ole täydellinen tai valmis ja alkuperäisen tutkimuksen jälkeen monista asioista on saatu lisätietoa.

Hollands ja Spence (1998) päättelivät omassa tutkimuksessaan, että Gillanin ja Lewisin (1994) kuvailema, pylväs tai pistediagrammeihin sopivia operaatioita voidaan soveltaa ja laajentaa sopimaan ympyrädiagrammin tulkitsemisessa. Tämän päätelmän perusteella Hollands ja Spence (1998) listaavat seuraavat, kiinteiksi yleisoperaatioiksi kutsumansa operaatiot:

- 1) Osion paikallistaminen (eng. locating the part / search)
- 2) Osion koon mieleenpainaminen (eng. encoding the magnitude of the part)
- 3) Kokonaisuuden koon mieleenpainaminen (eng. encoding the magnitude of the whole)
- 4) Osion ja kokonaisuuden kokojen vertailu (eng. comparing magnitudes / ratio estimation)
- 5) Vastauksen suunnittelu (eng. response planning)
- 6) Vastaaminen (eng. response execution)

Hollandsin ja Spencen (1998) tutkimuksen ensimmäisen koeasetelman mittaustulokset osuvat Gillanin ja Lewisin (1994) MA-P mallin määrittelemiin raja-arvoihin ja tukevat mallin oikeellisuutta. Hollandsin ja Spencen (1998) toisessa koeasetelmassa painotettiin vastausten oikeellisuutta ja tämän seurauksena arviointiin käytetty aika piteni. Hollands ja Spence (1998) päättelivät käytetyn ajan pitenemisen johtuvan siitä, että joitakin yleisoperaatioita toistettiin arvioinnin aikana. Tämä selittäisi sen, miksi mittaustulokset kasvoivat eikä aiheuttaisi ristiriitaa MA-P mallin kanssa.

**Taulukko 2** MA-P mallin mukaiset diagrammin lukemisen osaprosessit (Gillan, 2009)

<b>Aritmeettiset prosessit</b>	<b>Kuvaus</b>
Lisäys	Arvojen yhteenlasku päässä laskuna
Vähennys	Arvojen erotuksen laskeminen päässä laskuna
Jako	Arvojen jakaminen päässä laskuna
<b>Visuaaliset prosessit</b>	
Visuaalinen etsintä	Diagrammin osion arvon indikaattorin etsintä
Spatiaalinen vertailu: korkeus	Tunnista korkein indikaattori
Spatiaalinen vertailu: pituus	Tunnista pisin indikaattori
Arvon määrittäminen	Etsi indikaattoria vastaava arvo y-akselilta
Spatiaalisen eron määrittäminen	Määritä indikaattorien välinen korkeus- tai pituusero
<b>Mielen sisäiset prosessit</b>	
Kuvan siirto	Siirrä indikaattorin mentaalista kuvaa x- ja/tai y-akselilla
Kuvan kierto	Kierrä indikaattorin mentaalista kuvaa osion pään tai keskikohdan suhteen
Ankkurin valinta	Tunnista ympyrädiagrammin ankkuripisteet 25 %, 50 % ja 75 %
Kuvan vertailu	Vertaa mentaalisesti siirretyn tai kierretyn indikaattorin kuvan korkeutta tai pituutta fyysiseen indikaattoriin
Kuvan eron määrittäminen	Määritä kahden mentaalisen kuvan indikaattorien tai mentaalisen ja fyysisen kuvan indikaattorien korkeuksien tai pituuksien ero



Gillan (2009) kertoo, että myöhempien tutkimusten aikana on tunnistettu kolmenlaisia osaprosesseja, joita käytetään diagrammin tulkitsemisen yhteydessä: aritmeettis-kognitiiviset ja visuaalis-spatiaaliset prosessit sekä kognitiivis-spatiaaliset prosessit, jotka havaittiin ympyrä- ja tähtidiagrammien yhteydessä. Gillan (2009) esittää taulukon 2 mukaisen jaottelun erilaisille osaprosesseille. Diagrammin ja havainnointitehtävän tyypistä riippuen diagrammin tulkitsemiseen voidaan käyttää erilaisia yhdistelmiä taulukossa mainituista prosesseista. Gillanin (2009) mukaan yksilöiden käyttämissä prosesseissa voi olla jonkin verran eroavaisuuksia kokemuksen ja taipumusten mukaan. Yksilöllisten erojen vaikutuksia diagrammin tulkitsemisessä käsitellään tarkemmin luvussa 5.6.

### 3.5. Summausmalli

Hollands ja Spence (1998) esittelevät tutkimuksessaan summausmallin (eng. *summation model*), jonka avulla he pyrkivät selittämään sitä, miten lukija arvioi tavallisen pylväsdiagrammin pylväiden osuutta kokonaisuudesta, jos käytettävissä ei ole prosenttiosuutta ilmoittavaa asteikkoa. Summausmallin mukaan lukijan pitää mielessään ensin laskea pylväiden korkeudet (tai pinta-alat) yhteen ja tämän jälkeen verrata yksittäistä pylvästä tällä tavalla luotua kokonaisuuteen. Vastaavaa operaatiota ei ole tarpeen käyttää esimerkiksi ympyrädiagrammin tai ositetun pylväsdiagrammin kanssa, koska niissä kokonaisuus on valmiiksi näkyvissä.

Summausmallin mukaan summausoperaatio saa syötteekseen kaksi pylvästä ja tuottaa tulokseksi näiden pylväiden yhteenlasketun korkeuden. Summausoperaatiota toistetaan niin kauan kuin pylväitä on jäljellä, eli yhteensä  $n-1$  kertaa, jos  $n$  = pylväiden lukumäärä. Tämän perusteella pylväsdiagrammin yhden pylvään osuuden arvioimiseen menee sitä kauemmin aikaa mitä enemmän pylväitä diagrammissa on. Yhden pylvään osuuden arviointiin käytettävä aika voidaan esittää formaalisti kaavalla:

$$T = \tau_s N + \tau_0 + e,$$

missä  $\tau_s$  on yhteen summausoperaatioon menevä aika,  $\tau_0$  on kiinteisiin operaatioihin menevä aika,  $e$  on satunnaisvirhe ja  $N$  on summausoperaatioiden lukumäärä, eli yksi vähemmän kuin pylväiden lukumäärä diagrammissa (Hollands & Spence, 1998). Tällöin  $T$  kasvaa lineaarisesti summausoperaatioiden lukumäärän kasvaessa. Ympyrädiagrammin ja ositetun pylväsdiagrammin kohdalla  $N = 0$  riippumatta diagrammin osioiden lukumäärästä, koska summausoperaatioita ei vaadita kokonaisuuden määrittelemiseksi eikä osioiden lukumäärällä siis pitäisi olla juurikaan vaikutusta arviointiin käytettävään aikaan.

Hollands ja Spence (1998) testasivat summausmallin paikkansapitävyyttä kolmessa eri koeasetelmassa ja havaitsivat, että mikäli lukijoiden käytössä olevaa aikaa ei rajoitettu hyvin lyhyeksi, he vaikuttivat toimivan pylväsdiagrammin kohdalla summausmallin kuvaamalla tavalla. Tutkimuksen perusteella Hollands ja Spence (1998) raportoivat, että mallin oletuksen mukaisesti pylväiden lukumäärän kasvaessa käytetty aika kasvoi lineaarisesti ja yhteen summausoperaatioon käytettävä aika vaikuttaisi olevan  $n \cdot 1,7$  sekuntia. Muiden diagrammien kohdalla vastaavaa kasvua

käytetyssä ajassa ei havaittu, mikä tukee oletusta, että summausoperaatioita tarvitaan ainoastaan pylväsdiagrammin kanssa.

### 3.6. Visuaalinen hakumalli (VSM)

Meyerin (2000) kehittämä visuaalinen hakumalli (*eng. the Visual Search Model, VSM*) on suunniteltu ennustamaan erilaisten taulukkojen ja diagrammien suorituskykyä erilaisten hakutehtävien kohdalla. Malli on suunniteltu yleiseksi menetelmäksi, joka on käyttökelpoinen tietynlaisten tehtävien ja diagrammien sijaan suurella joukolla erilaisia tehtäviä ja visualisointitapoja. Meyerin (2000) malli perustuu seuraaviin oletuksiin:

- 1) Havainnoitavaan kohteeseen tehtävät peräkkäiset haut vaativat tietyn määrän operaatioita jokaista havainnoitavaa kohdetta kohti. Esimerkiksi jos pitää selvittää viivadiagrammista tietynlaisen asian kuvaamiseen käytetyn viivan tyyli tai väri, on havainnoijan luettava nimiökentän arvoja, kunnes oikea arvo osuu kohdalle. Jokaisen luetun arvon kohdalla on tehtävä seuraavat asiat:
  - a) Lue listalta arvo
  - b) Vertaa sitä mielessäsi etsittyyn arvoon
  - c) Mikäli luettu arvo on sama kuin etsitty arvo paina merkintätapa mieleen. Muussa tapauksessa siirry listan seuraavaan arvoon.

Silmukan läpikäyntien määrä riippuu kaaviossa olevien kohteiden tai sarjojen määrästä. Iteraatioiden keskiarvo  $n$ :llä kohteella on  $\frac{(n+1)}{2}$ , kun kohteen todennäköisyys esiintyä missä tahansa kohdassa listaa on yhtä suuri.

- 2) Kohteen etsiminen järjestämättömältä listalta (kuten diagrammin nimiö) vaatii peräkkäisilläkin kerroilla kaikkien kohteiden läpikäymisen, kunnes haluttu kohde on löytynyt. Sen sijaan järjestetyillä listoilla (kuten x-akseli) kohteen etsimisen oletetaan peräkkäisillä kerroilla jatkuvan siitä, mihin edellisellä kerralla jäätiin.
- 3) Kaikki operaatiot ovat paikallisia, toisin sanottuna niissä käsitellään vain tietyssä kohdassa kaaviota olevan pisteen tai viivan ominaisuuksia. Tämä ei tarkoita, etteikö globaaleja prosesseja olisi olemassa, vaan että niiden määrittäminen on vaikeaa eikä VSM sen vuoksi käytä niitä.
- 4) Kun havainnoija käyttää kuvitteellista viivaa tai projektiota diagrammin arvojen arvioimiseen, niin viivan pituus vaikuttaa viivan piirtämiseen käytettyyn aikaan. X-akselin suuntaisen kuvitteellisen viivan kohdalla jokainen x-akselin arvon ylitys vaatii yhden ylimääräisen operaation.

Kun diagrammin ominaisuudet ovat tiedossa, on näiden oletusten perusteella mahdollista laskea arvio kunkin tehtävän suorittamiseen vaadittavasta ajasta.

Meyerin (2000) omissa koeasetelmissa malli ennusti kahden arvon vertailuun käytettyä aikaa hyvin, yksittäisten arvojen lukemiseen ja maksimiarvon havaitsemiseen käytettyä aikaa keskinkertaisesti ja trendien havaitsemiseen käytettyä aikaa huonosti. Tämän perusteella Meyer

(2000) päätelee, että VSM ennustaa hyvin kvantitatiivisia eroja, jotka johtuvat vertailtavien datapisteiden sijaintien erosta havainnoitavassa diagrammissa. Sen sijaan VSM ei Meyerin (2000) mukaan ota huomioon diagrammien integroitua ominaisuuksia, jotka ovat tärkeitä niille tehtäville, joissa käsitellään esitettävän datan rakennetta. Meyer (2000) myös huomauttaa, että malli ei ota kunnolla huomioon vastausten antamiseen käytettyä aikaa, joka on vakio eri tehtävätyyppien ja diagrammityyppien välillä. Kun arvioon lisättiin vakioarvo, mallin ennustustarkkuus parani Meyerin (2000) tutkimuksessa.

Meyerin (2000) tutkimuksessa malli ennusti parhaiten taulukkojen ja heikommin viiva- ja pylväsdiagrammien kohdalla suoritettuja tehtäviä. Tämä johtuu Meyerin (2000) mukaan siitä, että informaation lukeminen taulukoista koostuu peräkkäisistä prosesseista, joita VSM kuvaa hyvin, kun taas diagrammien lukemisen ennustamiseen malli ei sovellu yhtä hyvin.

Mallin kuvaavuus pysyi Meyerin (2000) tutkimuksessa samana läpi tutkimuksen, eli mallin ennustavuus ei heikentynyt tai parantunut osallistujien kokemuksen kasvaessa. Tämä viittaa Meyerin (2000) mukaan siihen, että henkilöt eivät muuttaneet diagrammien lukuprosessejaan kokemuksen karttuessa, vaan pitäytyivät samoissa prosesseissa kuin aiemminkin.

#### **4. Diagrammin ominaisuuksien vaikutus havainnointiin**

Tässä luvussa käydään aluksi läpi diagrammien tarkasteluun liittyviä erilaisia havainnointitehtäviä ja sen jälkeen käsitellään erilaisten diagrammin ominaisuuksien vaikutusta havainnointiin ja yritetään samalla järjestää eri diagrammityyppisiä paremmuusjärjestykseen havainnointitehtävien ja diagrammin ominaisuuksien avulla. Tehtävä ei kuitenkaan ole yksinkertainen, sillä erilaiset ominaisuudet suosivat erilaisten diagrammien käyttöä.

Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään erilaisia havainnointitehtäviä, joita lukijat hyödyntävät erilaisia diagrammeja tulkitessaan. Toisessa alaluvussa arvioidaan, miten osien vertailu onnistuu diagrammien välillä, jos diagrammit ovat erikokoisia ja kolmannessa alaluvussa puolestaan tarkastellaan vertailtavien osioiden sijainnin vaikutusta siihen, miten helppo niitä on diagrammin sisällä vertailla toisiinsa. Neljännessä alaluvussa selvitetään miten diagrammissa esitettävien osioiden lukumäärä vaikuttaa diagrammin tulkintaan ja viidennessä alaluvussa tarkastellaan datan rakenteen vaikutusta tulkintaan. Viimeisenä kuudennessa alaluvussa käsitellään muita diagrammien ominaisuuksia, kuten asteikkoja, apuviivoja, asettelua, värejä ja kuvioroinaa ja niiden vaikutuksia diagrammin tulkitsemiseen.

##### **4.1. Havainnointitehtävät**

Clevelandin ja McGillin (1984) mukaan tarkastelemme diagrammeja ja arvioimme eri osien järjestystä kymmenen yksinkertaisen havainnointitehtävän avulla (eng. *elementary perceptual task*). Nämä havainnointitehtävät voidaan järjestää paremmuusjärjestykseen sen mukaan, miten tarkasti niiden avulla on mahdollista järjestää diagrammin elementtejä suuruusjärjestykseen. Clevelandin ja McGillin (1984) mukaan järjestys on seuraava:

- 1) Paikka yhteisellä asteikolla
- 2) Paikka identtisillä asteikoilla, jotka eivät ole linjassa keskenään
- 3) Pituus, jyrkkyys ja kulman suuruus
- 4) Pinta-ala
- 5) Tilavuus ja kaarevuus
- 6) Sävyerot ja värikylläisyys

Järjestys perustuu osittain aiempiin tutkimuksiin, joissa esimerkiksi pituuden on todettu olevan tarkempi mittari kuin pinta-alan, joka puolestaan on tarkempi kuin tilavuus (Baird, 1970; Stevens, 1975), ja osittain Clevelandin ja McGillin (1984) omiin havaintoihin. Eri linjaisten asteikkojen paremmuutta pituuden arvioimiseen nähden Cleveland ja McGill (1984) perustelevat sillä, että asteikolla olevat ylimääräiset visuaaliset vihjeet helpottavat arvioimista pelkkään pituuteen verrattuna. Kohtien 3, 5 ja 6 osalta Cleveland ja McGill (1984) mainitsevat, että erottelua ei ollut mahdollista tehdä puutteellisen tiedon vuoksi. Hollands ja Spence (2001) muokkasivat myöhemmin Clevelandin ja McGillin (1984) järjestystä uuden tutkimustiedon valossa niin, että 3-kohdan havainnointitehtävät järjestettiin myös paremmuusjärjestykseen. Päivitetty järjestys on seuraavanlainen:

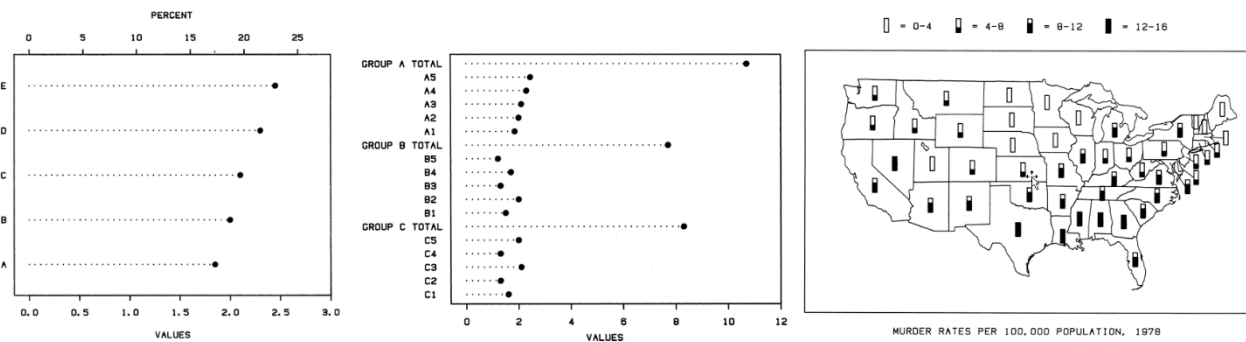
- 1) Paikka yhteisellä asteikolla
- 2) Paikka identtisillä asteikoilla, jotka eivät ole linjassa keskenään
- 3) Pituus
- 4) Jyrkkyys
- 5) Kulman suuruus
- 6) Pinta-ala
- 7) Tilavuus (ja kaarevuus)
- 8) Sävyerot ja värikylläisyys

Ensimmäiseen luokkaan kuuluvia diagrammityyppisiä ovat esimerkiksi pistediagrammi, viivadiagrammi ja pylväsdiagrammi, joskin jälkimmäisen havainnointiin voi käyttää myös pituuden ja pinta-alan arviointia. Toiseen luokkaan kuuluvat ensimmäisen luokan kaaviot silloin, kun vertaillaan kahta tai useampaa kaaviota keskenään, mutta kaaviot on aseteltu niin, että ne eivät ole linjassa toisiinsa nähden. Pituuden arviointia käytetään pylväsdiagrammiin silloin kun kaavioon ei ole merkitty asteikkoa ja ositettuun pylväsdiagrammiin aina. Ympyrädiagrammin sektoreiden suuruuden arvioinnissa käytetään normaalisti kulman suuruutta, mutta joissakin erikoistapauksissa voidaan käyttää myös sektorin reunan jyrkkyyttä. Tällainen erikoistapaus voi olla esimerkiksi kahden vierekkäisen ympyrädiagrammin samassa paikassa sijaitsevien sektorien vertailu; jos esimerkiksi toinen sektorin reunoista on molemmissa diagrammeissa pysty akselin suuntainen, voidaan arvioida toisen reunan jyrkkyyttä kahden sektorin välillä ja päätellä sen näiden reunojen jyrkkyyden tai loivuuden perusteella kumpi osioista on suurempi (kuva 14).

Pinta-alan arviointia voidaan käyttää esimerkiksi arvioitaessa erikokoisten ympyröiden suuruutta, joskin on mahdollista, että tällöinkin vertaillaan ensisijaisesti ympyröiden halkaisijoita (eli

pituutta) eikä pinta-alaa (Cleveland & McGill, 1984). Tilavuuden arviointia voidaan käyttää kolmiulotteisten kappaleiden yhteydessä, jos muita arviointikeinoja ei ole käytössä. Kaarevuuden arviointi voi tulla tarpeeseen vertailtaessa kahden käyrän muutoksia erityisesti niiden huippujen ja pohjien kohdalla. Käyrien vertailusta Cleveland ja McGill (1984) mainitsevat erityiseksi ongelmaksi sen, että vertailtaessa kahta käyrää katsojalla on tapana verrata niiden välistä lyhintä välimatkaa, joka on esimerkiksi hyvin jyrkästi nousevissa kohdissa lähes horisontaalinen, sen sijaan että pitäisi verrata vertikaalista välimatkaa. Viimeisenä sävyjen tai värikylläisyyden eroja voidaan vertailla esimerkiksi kartalle rajattujen alueiden kohdalla, joissa voidaan tiheästi asuttu alue värittää tummemmalla värillä tai tiheämmällä kuviolla kuin harvemmin asuttu alue.

Koska havainnointitehtävät ja siten myös eri diagrammityyppit on mahdollista järjestää paremmuusjärjestykseen, esittävät Cleveland ja McGill (1984), että diagrammi tulisi aina muodostaa sellaiseksi, että sitä tulkitessa voidaan hyödyntää järjestyksessä mahdollisimman korkealla olevia toimintoja. Tämän perusteella Cleveland ja McGill (1984) ehdottavat ympyrädiagrammin sijaan käytettäväksi pistediagrammia, ositetun pylväsdiagrammin sijaan pistediagrammeja tai ryhmiteltyjä pistediagrammeja (kuva 13 keskellä) ja tilastollisissa kartoissa käytettävän väri- tai sävyerojen sijaan kehystetty nelikulmio -diagrammeja (eng. *framed rectangle chart*) (kuva 13 oikealla). Myöhemmin tutkijat (Gillan & Callahan, 2000; Hollands & Spence, 1992) ovat huomauttaneet, että Clevelandin ja McGillin lista ei päde kaikissa tilanteissa, vaan parhaan diagrammin valintaan vaikuttaa myös se millaisesta havainnointitehtävästä on kyse. Erilaisien havainnointitilanteiden ja -tehtävien merkitystä käsitellään tarkemmin luvuissa 5 ja 6.



**Kuva 13** Pistediagrammi, ryhmitelty pistediagrammi ja kehystetty nelikulmio -diagrammi (Cleveland & McGill, 1984).

#### 4.2. Osuuksien vertailu erikokoisten diagrammien välillä

Toisinaan diagrammin koolla halutaan viestittää kuvattavan asian kokonaismäärää, kuten esimerkiksi valtion asukaslukua tai yrityksen budjettia, jolloin suurempi diagrammi tarkoittaa suurempaa asukaslukua tai budjettia. Yleensä tällöin koko diagrammin koon muutos on myös verrannollinen todelliseen muutokseen, eli esimerkiksi 40 %:n kasvu yrityksen budjetissa tarkoittaisi myös 40 %:n kasvua diagrammin koossa. Yleisimmin tällaisissa vertailuissa tuntuisi olevan käytössä ympyrädiagrammi, mutta myös pylväsdiagrammi tai ositettu pylväsdiagrammi ovat mahdollisia. Tällaisissa diagrammeissa on käytännössä kolme eri vertailtavaa asiaa:

- Kokonaisuuksien vertaaminen keskenään
- Osion vertaaminen kokonaisuuteen
- Osioiden vertaaminen eri kaavioiden välillä

Nämä vertailutehtävät ovat keskenään jonkin verran erilaisia. Koska osion koon vertaaminen kokonaisuuteen ei oikeastaan riipu kaavion koosta, käsitellään sitä vasta myöhemmin kohdassa 6.1.

Hollands ja Spence (2001) tutkivat miten ihmiset vertailivat osioiden suhdetta, jos osiot sijaitsivat kahdessa eri diagrammissa ja miten diagrammien kokoero vaikuttaa haavinointiin. Tutkimuksessa vertailtavat diagrammit olivat ositettu pylväsdiagrammi ja ympyrädiagrammi. Samankokoisten diagrammien kohdalla havainnointiin voidaan käyttää Clevelandin ja McGillin (1984) kuvaamia yksinkertaisia havainnointitehtäviä, mutta kahden erikokoisen pylväsdiagrammin osioita ei pysty vertaamaan millään kyseisen mallin esittämällä tavalla (tai vertailutulos ei ainakaan välttämättä olisi oikea). Tämän vuoksi Hollands ja Spence (2001) esittelevätkin oman inkrementaalisen arviointimallinsa (eng. *incremental estimation model*). Inkrementaalinen arviointimalli laajentaa Clevelandin ja McGillin yksinkertaisien havainnointitehtävien kuvausta ottamalla huomioon, että diagrammin ominaisuuksien vertailukeinot muuttuvat, kun vertailtavat diagrammit ovat erikokoisia tai vertailtavat kohteet eri kohdissa diagrammeja. Lisäksi malli huomioi sen, että tietyissä tilanteissa eri havainnointitavat voivat tuottaa ristiriitaista informaatiota: esimerkiksi erikokoisissa ympyrädiagrammeissa sektorin kulman suuruus voi diagrammissa A olla pienempi kuin diagrammissa B, mutta vastaavien sektoreiden pinta-ala voi diagrammissa A olla kuitenkin suurempi kuin diagrammissa B.

Ympyrädiagrammin kohdalla erikokoisissa diagrammeissa olevia sektoreita voi edelleen verrata luotettavasti keskenään vertaamalla sektoreiden kulmien suuruutta. Ositetun pylväsdiagrammin kohdalla mikään tavallinen vertailutapa (sijainti yhteisellä tai identtisellä asteikolla, pituus tai pinta-ala) ei välttämättä enää tuota oikeaa vertailutulosta. Tämän vuoksi Hollands ja Spence (2001) esittävät, että erikokoisten ositetujen palkkidiagrammien kohdalla havainnoija tekee kummankin kaavion kohdalla ensin operaation, jossa arvioidaan osion suhdetta kokonaisuuteen. Tämän jälkeen havainnoija vertaa saatuja arvioita toisiinsa ja pääättelee vertailun perusteella, kumpi osioista on suurempi. Hollands ja Spence (2001) arvioivat että tällainen päänsisäinen arviointi on todennäköisesti epätarkempaa kuin suoraan kuvion perusteella tapahtuva vertailu ja tämän vuoksi erikokoisten ositetujen pylväsdiagrammien osioiden vertailu olisi vaikeampaa kuin erikokoisten ympyrädiagrammien osioiden vertailu. Oletus saa samassa tutkimuksessa myös tukea: erikokoisten ositetujen pylväsdiagrammien osioiden vertailu on huomattavasti hitaampaa ja virhealttiimpaa kuin vastaavien samankokoisten pylväsdiagrammien tai toisaalta erikokoisten ympyrädiagrammien osioiden vertailu.

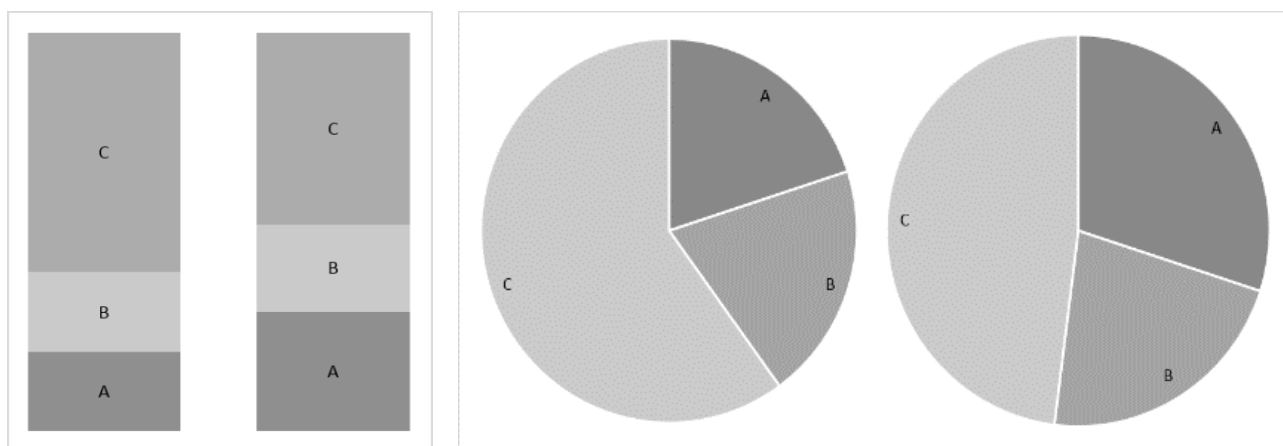
Erikokoisten diagrammien vertailussa pitää kuitenkin ottaa diagrammien osioiden lisäksi huomioon kokonaisuuksien keskinäinen vertailu. Hollands ja Spence (2001) eivät mainitse tutkimuksessaan mitään kokonaisuuksien välisestä vertailusta, mutta Croxton ja Stein (1932) vertailivat omassa tutkimuksessaan erikokoisten pylväiden, neliöiden, ympyröiden ja kuutioiden

välisen suhteiden arvioimista. Tutkimuksesta käy ilmi, että eripituisten mutta tasalevyisten pylväiden vertailu, eli käytännössä pituuksien vertailu, on paljon tarkempaa kuin erikokoisten ympyröiden tai neliöiden pinta-alojen vertailu, jotka puolestaan ovat tarkempia kuin erikokoisten kuutioiden tilavuuksien vertailu. Erikokoisten ympyröiden tai neliöiden välisessä vertailussa ei löytynyt merkittäviä eroja kummankaan muodon eduksi.

Tutkimusten perusteella ympyrädiagrammi soveltuu siis ositettua pylväsdiagrammia paremmin erikokoisten diagrammien väliseen osuuksien vertailuun, kun taas (tasalevyiset) pylväsdiagrammit sopivat erikokoisia ympyrädiagrammeja paremmin kokonaisuusien välisen erojen vertailuun. Koska ei ole tietävästi tehty tutkimusta, jossa nämä molemmat ominaisuudet olisi otettu huomioon, on vaikea antaa yksiselitteistä vastausta siitä kumpaa diagrammityyppiä tulisi ensisijaisesti suosia erikokoisten diagrammien vertailussa. Ratkaisevaa valinnan tekemisessä on varmaankin se, halutaanko katsojan huomio kiinnittää ensisijaisesti kokonaisuuden vai osien muutokseen.

### 4.3. Vertailtavien osioiden sijainti eri kohdissa diagrammia

Erikokoisten diagrammien lisäksi Hollands ja Spence (2001) tutkivat myös sitä miten vertailtavien osioiden sijainti diagrammissa vaikuttaa osioiden vertailtavuuteen. Vertailtavien osioiden sijainti ei muutu perinteisessä pylväsdiagrammissa, mutta jos vertaillaan osioita kahden ympyrä- tai ositetun pylväsdiagrammin välillä muuttuvat osioiden sijainnit samalla kun osioiden koot muuttuvat. Eli jos yksi ympyrädiagrammin sektori kasvaa suuremmaksi, muuttuu samalla sitä seuraavien sektoreiden sijainti myötä- tai vastapäivään ympyrän sisällä. Vastaavasti ositetussa pylväsdiagrammissa osion koon muuttuessa muuttuu samalla muiden osioiden sijainti pylväässä ylös- tai alaspäin. Nämä muutokset vaikuttavat siihen mitä yksinkertaisia havainnointitehtäviä osioiden koon arvioimiseen on käytettävissä.



**Kuva 14** Vasemmalla kaksi ositettua pylväsdiagrammia, joiden sektorit A ja C ovat samoissa kohdissa, mutta sektorit B eri kohdissa diagrammeja ja oikealla kaksi ympyrädiagrammia, joissa vastaavasti sektorit A ja C ovat samoissa kohdissa ja sektorit B eri kohdissa diagrammeja.

Jos ympyrädiagrammin sektorit ovat samassa kohdassa ympyrää, voidaan sektoreiden kokoeroa arvioida sektorin reunan jyrkkyyden, sektorin kulman suuruuden tai sektorin pinta-alan avulla. Jos sektorit kuitenkin ovat eri kohdissa ympyrädiagrammia (mikä on yleisempää kuin se että ne olisivat täsmälleen samoissa kohdissa), ei sektorin reunan jyrkkyyttä voida enää käyttää arvioinnissa apuna vaan jäljelle jäävät ainoastaan kulman suuruus ja pinta-ala, jotka ovat Hollandsin ja Spencen (2001) mukaan molemmat epätarkempia havainnointimenetelmiä kuin jyrkkyys. Vastaavasti ositetun pylväsdiagrammin kohdalla osioiden ollessa samassa kohdassa diagrammia (esim. alin ja ylin osio), voidaan niiden vertailuun diagrammien välillä käyttää paikkaa yhteisellä asteikolla, pituutta tai pinta-alaa. Jos ositetun pylväsdiagrammin alin tai ylin osio kuitenkin ovat erikokoiset vertailtavissa diagrammeissa, seuraa tästä, että diagrammin keskellä olevat osiot siirtyvät alas- tai ylöspäin eikä niiden vertailuun voida enää käyttää paikkaa yhteisellä asteikolla (kuva 14). Näin ollen jäljelle jäävät ympyrädiagrammin tavoin epätarkemmat menetelmät, pituus ja pinta-ala. Hollands ja Spence (2001) arvelevat, että sen sijaan että lukija käyttäisi vain yhtä (tarkinta) havainnointimenetelmää osioiden kokojen vertailemiseen, on todennäköisempää, että eri menetelmiä käytetään peräkkäin ja lopullinen arvio tehdään eri menetelmien keskiarvon perusteella.

Hollands ja Spence (2001) arvelivat yksinkertaisten havainnointimenetelmien paremmuusjärjestyksen perusteella, että sekä vasteaika että virhe ovat pienempiä, jos diagrammin osiot ovat samassa kohdassa, kuin jos ne ovat eri kohdassa. Vastaavasti he arvioivat myös, että vasteaika ja virhe ovat pienempiä ositetun pylväsdiagrammin kuin ympyrädiagrammin kohdalla. Lisäksi he arvioivat, että osioiden koon eron kasvaessa sekä vasteaika että virhe pienenevät nopeammin, jos diagrammin osiot ovat eri kohdissa, kuin jos ne ovat samassa kohdassa. Vastaavasti vasteajan ja virheen arvioitiin pienenevän nopeammin ympyrädiagrammin kuin ositetun pylväsdiagrammin kohdalla. Hollandsin ja Spencen (2001) tutkimuksen tuloksista selviää, että edellä mainitut oletukset olivat oikeita ja ositettu pylväsdiagrammi näyttäisi siis olevan parempi menetelmä osioiden kokojen vertailuun, mikäli osiot sijaitsevat eri kohdissa diagrammia, mikä usein on tilanne ainakin osan osioista kohdalla. Tulosten perusteella voidaan myös todeta, että mikäli tarkoituksena on vertailla yhden diagrammin osioita toisiinsa, niin ositettu pylväsdiagrammi on tällöinkin ympyrädiagrammia parempi valinta, koska osiot ovat tällöin aina eri kohdissa keskenään. Tämän lisäksi tulokset tukevat aiemmin esitettyä yksinkertaisten havainnointimenetelmien paremmuusjärjestystä, sillä paremmiksi arvioituilla menetelmillä arvioinnin tarkkuus tosiaan vaikuttaisi olevan parempi.

#### **4.4. Osien lukumäärän vaikutus arvion tekemiseen**

Edellä on keskusteltu erilaisista havainnointitehtävistä ja todettu niiden vaikutus erilaisia diagrammeja vertaillessa. Kuvattujen havainnointitehtävien perusteella ei kuitenkaan ole mahdollista suoraan ennustaa onko diagrammin osioiden lukumäärällä vaikutusta arvioitaessa osuuksien kokoa tai vertailtaessa osioita keskenään. Osuuksien lukumäärän kasvaessa on kuitenkin todennäköistä, että osuuksien kokojen erot pienenevät, minkä on aiemmin havaittu vaikuttavan arviointiaikaan ja



virheiden määrään. Tufte (1983) on toisaalta suositellut taulukoiden käyttöä pienempien ja diagrammeja suurempien joukkojen kohdalla.

Hollands ja Spence (1998) tutkivat summausmallin paikkansapitävyyttä vertailemalla diagrammin osioiden osuuden arvioimiseen käytettyä aikaa neljän erityyppisen diagrammin kohdalla, kun diagrammissa oli 2, 3, 5 tai 8 osaa. Summausmallin periaatteen mukaisesti pylväsdiagrammissa yhden pylvään vertaamiseksi kokonaisuuteen käytetty aika kasvoi lineaarisesti pylväiden lukumäärän kasvaessa. Virheiden kohdalla vähiten virheitä tehtiin, kun diagrammissa oli vain kaksi osiota, mutta muuten virheiden määrä ei muuttunut merkittävästi. Virheiden määrässä ei ollut merkittäviä eroja myöskään diagrammityyppien välillä. Kuitenkin, kun diagrammin osioiden osuuden arviointiin käytettävää aikaa rajoitettiin Hollandsin ja Spencen (1998) toimesta, huomattiin että virheiden määrä kasvoi kaikkien diagrammityyppien kohdalla osien lukumäärän kasvaessa. Muutos oli kuitenkin merkittävää ainoastaan kahden ja kahdeksan osion välillä.

Spence ja Lewandowsky (1991) puolestaan tutkivat kolmen eri diagrammityyppin (ympyrä, ositettu pylväsdiagrammi ja pylväsdiagrammi) avulla diagrammin osioiden lukumäärän vaikutusta siihen, miten tarkasti diagrammeista pystyttiin havainnoimaan sitä, kumpi kahdesta valitusta alueesta on suurempi, jos vertaillaan alueita (A ja B), (A ja B+C) tai (A+B ja C+D) ja diagrammi on jaettu neljään, viiteen tai seitsemään osioon. Spence ja Lewandowsky (1991) havaitsivat, että yksinkertaisimmassa vertailussa (vertailtaessa alueita A ja B) diagrammin osioiden lukumäärällä ei ole merkitystä, mutta monimutkaisemmissa tilanteissa (vertailtaessa aluetta A alueeseen B+C tai aluetta A+B alueeseen C+D) suuremman alueen tunnistaminen onnistui paremmin, jos diagrammissa oli vain neljä osiota, kuin jos diagrammissa oli viisi tai seitsemän osiota. Ero neljän ja seitsemän osion välillä toistui myös kahdessa muussa saman tutkimuksen koeasetelmassa. Diagrammin tyyppillä ei vaikuttanut olevan vaikutusta, vaan ero oli havaittavissa taulukon, ympyrädiagrammin, ositetun pylväsdiagrammin ja tavallisen pylväsdiagrammin kohdalla. Aiemmissä koeasetelmissa havaittu ero neljän ja seitsemän osion välillä kuitenkin katosi Spencen ja Lewandowskyn (1991) neljännessä koeasetelmassa, jossa osioita ei enää merkittykään kirjaimilla, vaan vertailtavat osiot oli värjätty sinisellä ja punaisella. Tämän perusteella Spence ja Lewandowsky (1991) päättelivät, että ero ei johtunut siitä, että vertailu olisi ollut varsinaisesti vaikeampaa silloin, kun diagrammissa on enemmän osioita, vaan ennemminkin siitä, että vertailtavien osioiden paikallistamiseen meni enemmän aikaa, kun osioita oli enemmän. Värejä käytettäessä osiot kuitenkin löytyivät yhtä nopeasti neljän kuin seitsemänkin osion joukosta.

#### **4.5. Datan rakenne**

Toisin kuin keinoitekoisissa koeasetelmissa, oikeassa elämässä datalla on yleensä jonkinlainen rakenne, se on ainakin jossain määrin järjestelmällistä ja sillä on jokin merkitys. Meyer, Shamo ja Gopher (1999) huomauttavat, että tätä datan ominaisuutta ei ole juurikaan huomioitu aiemmissä datan visualisointimenetelmiä selvittäneissä tutkimuksissa, vaikka asialla saattaa olla merkitystä tulosten kannalta. Erityisesti vertailtaessa taulukon ja diagrammien eroja datan rakenteella voi olla paljonkin

merkitystä, sillä rakenne näkyy niissä aivan eri tavoilla. Käytännössä datan rakenne ei juurikaan näy taulukosta, vaan taulukko, jossa on satunnaista dataa, näyttää ulospäin suunnilleen samalta kuin taulukko, jossa on jollakin tavalla jäsentynyttä dataa. Sen sijaan siinä missä satunnainen data näyttää diagrammissa selvästi satunnaiselta, voi järjestäytyneen datan perusteella olla mahdollista suoraan havaita trendejä tai hahmoja datassa. Meyer ym. (1999) huomauttavat, että mikäli datasta havaittavissa oleva hahmo on olennainen havainnointitehtävän kannalta, on diagrammeilla selvä etu taulukkoon nähden, mutta mikäli havaittu hahmo on epäolennainen tai hahmoa ei ole nähtävissä, ei ole syytä olettaa diagrammeilla olevan etua taulukkoon nähden.

Meyer ym. (1999) selvittivät tutkimuksessaan, miten datan rakenteellisuus vaikuttaa erilaisiin havainnointitehtäviin. Havainnointitehtävinä olivat tiedon eristäminen vertailemalla kahta datapistettä (suurempi/pienempi) tai tunnistamalla trendin suunta (nouseva/laskeva) sekä vastaavien ominaisuuksien ennustaminen tunnetun datan avulla. Vertailu tehtiin taulukon viivadiagrammin välillä ja osallistujille näytettiin joko satunnaisesti generoitua dataa tai sinifunktion avulla generoitua, rakenteellista dataa. Rakenteellisen datan osalta osallistujat oli vielä jaettu kolmeen ryhmään: niihin, jotka eivät tieneet, että datassa oli rakenne, niihin, joille kerrottiin yleisesti, että datassa oli rakenne ja niihin, joille kerrottiin tarkasti millainen rakenne (sinifunktio) datassa oli. Samassa tutkimuksessa selvitettiin myös osallistujien ennakkotiedon ja oppimisen vaikutusta datan havainnointiin, näitä tuloksia käsitellään tarkemmin luvuissa 5.4. ja 5.5.

Tiedon eristämässä datapisteiden vertailun osalta Meyer ym. (1999) havaitsivat, että pisteiden vertailu oli huomattavasti nopeampaa taulukon kuin viivadiagrammin avulla. Ero tasaantui hieman testin edetessä, mutta edes viimeisissä vertailuissa viivadiagrammin avulla tehty vertailu ei yltänyt taulukon tasolle. Oikeiden vastausten kohdalla ero taulukon ja viivadiagrammin välillä ei ollut tilastollisesti merkittävä. Trendien havaitsemisen suhteen tilanne oli jokseenkin päinvastainen, sillä Meyer ym. (1999) raportoivat havainnointinopeuden olevan marginaalisesti nopeampi viivadiagrammin eduksi ja tarkkuuden merkittävästi parempi viivadiagrammin kuin taulukon kohdalla. Kummassakaan tapauksessa satunnaisen datan ja järjestetyn datan välillä ei löytynyt tilastollisesti merkittäviä eroja, mikäli osallistujat eivät tieneet datan rakenteesta, mutta tarkka tieto datan rakenteesta paransi vasteaikoja viivadiagrammin kohdalla. Toisaalta trendien tunnistamisen oikeellisuudessa tarkka tieto heikensi tuloksia. Pelkällä rakenteen olemassaololla ei siis tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaisi olevan merkitystä, mutta jos havainnoija tietää mitä dataalta odottaa, vaikuttaisi rakenne nopeuttavan suoritusta viivadiagrammin kohdalla.

Meyerin ym. (1999) tutkimuksen ennustamistehtävät olivat muuten samanlaiset kuin edellä kuvatut tiedon eristämistehtävät, mutta ennustamisessa osallistujille näytettiin neljän diagrammikuvan sarjoja ja neljännen kuvion jälkeen pyydettiin ennustamaan seuraavan kuvion tilanne joko kahden pisteen tai trendin osalta. Pisteiden vertailun osalta taulukon ja viivadiagrammin välillä ei löytynyt merkittävää eroa. Trendien ennustamisessa sen sijaan viivadiagrammin avulla saavutettiin huomattavasti parempia tuloksia kuin taulukon avulla, jonka kohdalla tulokset jäivät arvauksen tasolle. Satunnaisen datan kohdalla tulokset jäivät oletetusti arvauksen tasolle.

kummassakin tehtävässä, mutta rakenteellisen datan kohdalla tulokset olivat rakenteesta tietämättömien ja yleistä tietoa saaneiden kohdalla samaa luokkaa, hieman arvausta parempia, ja tarkkaa tietoa saaneiden kohdalla selvästi arvausta parempia. Lisäksi viivadiagrammi hyötyi selvästi rakenteen olemassaolosta taulukkoon verrattuna. Trendien ennustamisessa siis jo pelkkä rakenteen olemassaolo paransi tuloksia nimenomaan viivadiagrammin kohdalla, mikä tukee sitä oletusta, että rakenteen havaitseminen on helpompaa diagrammista kuin kaaviosta. Toisaalta mikäli rakennetta ei ole, tai rakenne ei vastaa havainnointitehtävää, ei diagrammin käytöstä vaikuttaisi olevan hyötyä taulukkoon nähden.

Oron-Gilad, Meyer ja Gopher (2001) sekä Porat, Oron-Gilad ja Meyer (2009) tutkivat muutoksen havainnoimista rakenteellisesta datasta taulukon tai viivadiagrammin avulla. Molemmissa tutkimuksissa tulokset olivat yhdenmukaisia Meyerin ym. (1999) tulosten kanssa siitä, että mikäli datassa on rakenne, joka on visualisoitavissa, havainnoija on tietoinen rakenteen olemassaolosta ja rakenteen havaitsemisesta on hyötyä havainnointitehtävän kohdalla, niin viivadiagrammi on selvästi taulukkoa parempi tällaisen datan visualisointiin. Poratin ym. (2009) tutkimuksessa kävi ilmi myös, että vaikka sekä taulukossa että viivadiagrammissa esitettyä dataa havainnoisi optimaalisella tavalla, säilyi viivadiagrammi selvästi parempana visualisointimenetelmänä.

Vaikka tässä luvussa käsitellyissä tutkimuksissa ei tutkittukaan erityisesti datan suhteellisia osuuksia, voi tulosten perusteella kuitenkin vetää johtopäätöksiä, jotka pätevät myös suhteellisille osuuksille. Pisteiden vertailua voidaan verrata suhteellisten osuuksien vertaamiseen toisiinsa, eli vaikka tutkimuksessa pisteet eivät esittäneetkään prosenttiosuuksia, voidaan olettaa, että samat tulokset pätevät, jos verrataan taulukossa tai diagrammissa esimerkiksi kumpi osuuksista, 40 % vai 45 % on suurempi. Vastaavasti trendien ja ennustamisen kohdalla voidaan olettaa, että tulokset pätevät myös silloin, jos verrataan suhteellisten osuuksien muutosta ajan kuluessa.

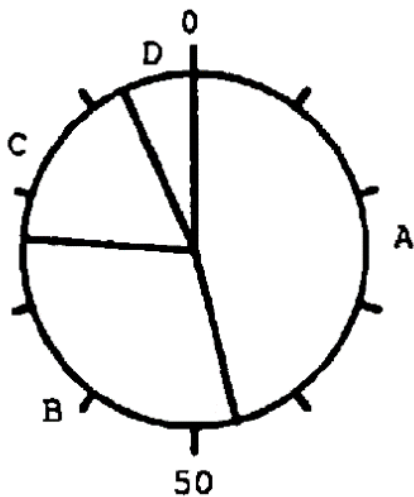
#### **4.6. Muut ominaisuudet**

Datan visualisoinnissa yleisenä nyrkkisääntönä on pidetty, että visualisoinnin tulisi esittää data mahdollisimman selkeässä muodossa ja häiritsevien visuaalisten elementtien käyttöä tulisi välttää. Erityisesti Tufte (1983) puhuu yksinkertaisten visualisointien puolesta ja kehottaa välttämään ”kuvioroinaa” (*eng. chartjunk*), sekä maksimoimaan data-mustesuhteen (*eng. data-ink ratio*). Kaikki tutkijat eivät kuitenkaan ole samaa mieltä ja esim. Hullman ym. (2011) ehdottaa, että diagrammin tulkitsemisen vaikeus voi johtaa parempaan oppimiseen. Tässä kappaleessa käydään läpi joitakin diagrammien yleisiä ominaisuuksia ja keskustellaan niiden hyödyistä ja haitoista eri diagrammityyppien kohdalla.

##### **4.6.1. Apuviivat ja asteikkomerkit**

Viiva- ja pylväsdiagrammeissa on usein tapana käyttää x- ja/tai y-akselin suuntaisia apuviivoja, jotka kulkevat diagrammin poikki asteikkomerkkien kohdalta. Viivojen tarkoituksena on helpottaa lukijan havainnointia, erityisesti kauempana akselista olevien diagrammin osioiden kohdalla. Lohsen

(1997b) mukaan apuviivat edesauttavat arvioinnin nopeutta ja tarkkuutta ja vähentävät tehtävän vaatimaa tiedon prosessointia. Hollands ja Spence (1992) havaitsivat tutkimuksessaan, että apuviivoista ei ollut juurikaan hyötyä (joskaan ei haittaakaan) tehtävissä, joissa muutosta havainnointiin viivadiagrammin tai pylväsdiagrammin avulla. He päättelivät, että muutoksen havainnointi onnistuu näillä diagrammeilla helposti arvioimalla pelkästään (kuvitteellisen tai todellisen) viivan kulmakerrointa riippumatta siitä onko apuviivoja tai asteikko käytettävissä. Tehtävässä, jossa osallistujien tuli arvioida osion kokoa pylväs- tai viivadiagrammista, asteikoista ja apuviivoista sen sijaan näytti olevan selkeästi hyötyä.



**Kuva 15** Ympyrädiagrammi, johon on merkitty asteikko 10 % välein (Hollands & Spence, 1992)

Toisaalta asteikko näytti hieman hidastavan osion koon arvioimista ympyrädiagrammissa. Hollands ja Spence (1992) arvioivat tämän johtuvan siitä, että osion alkaessa muualta kuin nollan kohdalta arvion tekeminen hankaloituu.

Gillanin ja Callahanin (2000) tutkimuksessa osallistujien tuli arvioida ympyrädiagrammin osion kokoa joko asteikollisen tai perinteisen ympyrädiagrammin avulla. Gillan ja Callahan (2000) käyttivät samanlaista merkintätapaa kuin Hollands ja Spence, mutta heidän tutkimuksessaan asteikko oli merkitty ympyrän kehälle joko 25 % tai 20 % välein, jolloin 25 % merkit osuivat luonnollisten ankkuripisteiden kohdalle (0, 90, 180 ja 270 asteen kohdissa) ja 20 % merkit taas eivät nolaa lukuun ottamatta osuneet yhteenkään ankkuripisteeseen. Tutkimuksessa havaittiin, että mikäli arvioitava osio oli diagrammin niin sanotusti ensimmäinen osio (eli osio jonka toinen reuna oli nollan kohdalla), ei arviointiajoissa ollut juurikaan vaihtelua eri diagrammien välillä, mutta jos arvioitava osio oli jokin muu (kumpikaan reuna ei ollut nollan kohdalla), niin arviointiajoissa oli merkittävästi eroa. Jälkimmäisessä tilanteessa tavallinen piirakkadiagrammi oli nopein, diagrammi, jossa merkit olivat ankkuripisteiden kohdalla jonkun verran hitaampi ja 20 % välein merkitty diagrammi selvästi hitain, arvioinnin kestäessä yli kaksi kertaa niin kauan kuin tavallisen diagrammin kohdalla. Tuloksista näkyi kuitenkin myös, että mikäli osion reuna osui joko kuvitteellisten tai merkittyjen

Ympyrädiagrammiin asteikkomerkkejä ei ole ollut tapana merkitä, vaikka sekin on mahdollista. Hollands ja Spence (1992) sekä Gillan ja Callahan (2000) tarkastelivat tutkimuksissaan ympyrädiagrammiin merkityn asteikon vaikutusta havainnointiin osittain ristiriitaisin tuloksin. Hollands ja Spence (1992) vertailivat muutoksen havainnointia sekä osion koon arviointia muun muassa asteikollisten ja perinteisten ympyrädiagrammien välillä. Asteikolliseen ympyrädiagrammiin asteikko oli merkitty 10 % välein ympyrän kehälle ja 0 % sekä 50 % kohdalle oli merkitty prosentiosuus lukuarvona (kuva 15). Tutkimus antoi viitteitä siitä, että osallistujat tekevät enemmän virheitä, kun ympyrädiagrammiin ei ole merkitty asteikkoa, kuin jos asteikko on merkitty.

ankkuripisteiden läheisyyteen tai 20 % välein olevien merkkien läheisyyteen, niin arvioinnin nopeus kasvoi kaikissa tilanteissa. Virheiden osalta merkinnät sen sijaan näyttäisivät parantavan tilannetta, ja virheet vähenivät eniten, kun merkinnät oli tehty 20 % välein. Virheitä tehtiin vähiten, kun osion reuna osui joko kuvitteellisten tai merkittyjen ankkuripisteiden tai 20 % välein olevien merkkien läheisyyteen.

Asteikon ja apuviivojen käyttöä voi suositella käytettäväksi pylväs- ja viivadiagrammien kohdalla. Ympyrädiagrammin kohdalla asteikon piirtämisestä ympyrän kehälle näyttäisi olevan jonkin verran hyötyä tietyn tyyppisissä tehtävissä, mikäli painotus on oikeellisuudessa eikä tulkinnan nopeudessa. Hyöty ei kuitenkaan ole kovinkaan merkittävä eikä asteikon piirtämistä voi näiden tulosten perusteella ainakaan täysin varauksetta suositella.

#### 4.6.2. Asettelen vaikutus

Onko sitten väliä millä tavalla data asetellaan kaavioon? Tuft (1983) esittää, että ihmisen katseelle on luontaisempaa etsiä poikkeavuuksia horisontaalisesti kuin vertikaalisesti ja tämän vuoksi horisontaalisesti asetellut aikajanat ovat helpompia seurata katseella. Sen sijaan Ehrenbergin (1977) mukaan taulukossa numeroiden lukeminen on helpompaa allekkain kuin rinnakkain. Tämän periaatteen nojalla olisi järkevää järjestää taulukon alkiot niin, että yleisimmin vertailtavat arvot olisivat samassa sarakkeessa. Esimerkiksi jos on useammin tarvetta vertailla asioita yhden vuoden sisällä kuin eri vuosien välillä, olisi järkevää asettaa eri vuodet sarakkeisiin ja vertailtavat asiat eri riveille. Ehrenberg (1977) myös suosittelee järjestämään datan riveille ja sarakkeisiin suuruusjärjestyksessä, jolloin trendien ja hahmojen havaitseminen datasta helpottuu. Spence ja Lewandowsky (1991) eivät kuitenkaan omassa tutkimuksessaan havainneet eroa siinä oliko taulukon tai diagrammien data järjestetty suuruusjärjestyksen vai ei. Turhaa tyhjää tilaa tulisi myös välttää, sillä Ehrenbergin (1977) mukaan asioiden vertaileminen helpottuu, kun ne ovat lähempänä toisiaan. Jos siis eri sarakkeissa olevien arvojen vertailu keskenään on tarpeen, ei sarakkeiden väliin tulisi jättää turhaa tilaa, joskin jonkin verran tyhjää pitää tuki olla, jottei taulukko näytä levottomalta.

Hollands ja Spence (1992) vertailivat tutkimuksessaan pylväsdigrammien asettelen vaikutusta muutoksen havainnointiin. Tutkimuksessa he asettelivat eri ajankohtia kuvaavat pylväsdigrammit joko rinnakkain samalle aikajanalle, tai allekkain niin, että jokainen pylväsryhmä oli itsenäinen diagramminsa. Tutkimuksessa havaittiin, että muutoksen havainnointi oli merkittävästi helpompaa ja nopeampaa rinnakkain kuin allekkain järjestetyistä diagrammeista. Hollands ja Spence (1992) oletivat eron johtuvan ainakin osittain siitä, että vierekkäin olevien pylväsdigrammien kohdalla havainnoitsijoiden oli helppoa muodostaa kuviteltu viiva pylväiden välille ja arvioida tämän avulla niiden välistä muutosta. Kun pylväät olivat allekkain, tällaista kuvitteellista viivaa ei ollut mahdollista muodostaa, minkä vuoksi muutoksen havainnointi hankaloitui ja hidastui. Tämä havainto tukee myös Tuften (1983) väittämää horisontaalisten sarjojen paremmuudesta.

Diagrammit sisältävät normaalisti jonkinlaisen selitteen siitä mitä pisteet, palkit, viivat tai lohkot merkitsevät. Selite voidaan sijoittaa joko erilliseen laatikkoon diagrammin viereen tai suoraan

selitettävän elementin viereen. Molempia tapoja käytetään yleisesti, mutta selitteen sijoittamista suoraan elementin viereen pidetään tehokkaampana vaihtoehtona, koska tämä tapa vähentää työmuistin kuormaa ja havainnoitsija voi keskittyä olennaisempiin asioihin kuin muistamaan selitelaatikon sisällön. Lohse (1997b) huomasi tutkimuksessaan, että työmuistin rajan tullessa vastaan osallistajat katselivat useammin selitelaatikon sisältöä muistuttaakseen itselleen mitä kukin diagrammin osio merkitsi. Toisaalta Shah ja Freedman (2011) havaitsivat, että erillisen selitelaatikon käyttäminen suoran selitteen sijaan johti diagrammin sisällön parempaan ymmärtämiseen ja muistamiseen.

Taulukon ja diagrammien kohdalla kannattaa siis käyttää jonkin verran aikaa optimaalisen visualisointitavan miettimiseen, koska hyvin organisoitu data on lukijoille paljon helpompaa hahmottaa kuin huonosti organisoitu. Asettelulla voi myös jonkin verran suoraan ohjata lukijoita havaitsemaan tiettyjä asioita datasta. Kannattaa kuitenkin huomata, että joskus lukijoilla on myös tapana löytää datasta hahmoja, joita ei ole oikeasti olemassa (Meyer et al., 1999).

#### 4.6.3. Värien käytön vaikutus

Työmuisti on tunnetusti yksi suurimmista pullonkauloista graafisen informaation prosessoimisessa. Lohsen (1997b) mukaan vähentämällä työmuistin tarvetta tiedon prosessoinnissa, diagrammien avulla tehtyjen havaintojen nopeuden ja tarkkuuden pitäisi kasvaa. Yksi tapa vähentää työmuistin kuormitusta on käyttää diagrammeissa värejä, sillä Treismanin (1982) mukaan värien tunnistaminen tapahtuu yhtäaikaisesti ja automaattisesti muun tarkkailun yhteydessä. Lohse (1997b) selittää, että työmuistiin mahtuu kerrallaan vain muutama asia eli mieltämisyksikkö, mutta määrää voidaan kasvattaa liittämällä samankaltaisia havaintoja yhteen ryhmiksi, jolloin yksi ryhmä muodostaa yhden mieltämisyksikön ja työmuistin kuorma pienenee. Lohse jatkaa kertomalla, että värikoodaaminen muodostaa asioista havaittavia ryhmiä eli mieltämisyksiköitä ja vapauttaa tämän vuoksi muistia muille asioille. Treismanin (1982) mukaan värien perusteella etsiminen taas on jopa kolme kertaa nopeampaa kuin sellaisten kohteiden peräkkäinen etsiminen, jotka on merkitty käyttäen eri muotoja.

Lohse (1997b) tutki värien käytön vaikutusta viivadiagrammin havainnointiin, verrattuna tilanteeseen, jossa mustavalkoisen diagrammin viivat oli eroteltu toisistaan symboleiden avulla. Tutkimuksessa seurattiin osallistujien silmänliikkeitä ja analysoitiin niiden perusteella, miten paljon aikaa osallistajat käyttivät eri diagrammin osioiden tutkimiseen. Diagrammeja oli kahdenlaisia, yksinkertaisemmissa diagrammeissa visualisoitavia sarjoja oli vain kolme ja monimutkaisemmissa yhdeksän. Yksinkertaisemman diagrammin kohdalla eroja värillisen tai mustavalkoisen diagrammin havainnoijien välillä ei juurikaan syntynyt, mikä viittaisi siihen, että kolmen sarjan kohdalla työmuistin määrä riitti pitämään sarjoja kuvaavat symbolit osallistujien mielessä. Monimutkaisempien diagrammien kohdalla osallistajat sen sijaan käyttivät enemmän aikaa diagrammin selitekentän tutkimiseen, ja vähemmän aikaa itse sisällön tutkimiseen. Työmuistin määrä vaihtelee jonkin verran yksilötasolla ja Lohsen (1997b) tutkimuksessa osallistujien työmuistin määrä arvioitiin tutkimuksen alussa. Monimutkaisemmassa tehtävässä selitekentää tutkivat erityisesti ne

osallistujat, joilla oli huonoksi mitattu työmuisti ja jotka tekivät havaintoja mustavalkoisen diagrammin avulla. Värillistä diagrammia käyttävien tai niiden henkilöiden kohdalla, joilla oli arvioitu olevan hyvä työmuisti, ei selitekentän tutkimisessa tapahtunut vastaavaa. Selitekentän tutkiminen viittaa Lohsen (1997b) mukaan siihen, että henkilöllä on vaikeuksia muistaa kunkin osion symbolia. Kaiken kaikkiaan Lohsen (1997b) tutkimuksessa ne henkilöt, joille mitattiin tutkimuksen alussa suurempi työmuisti, pärjäsivät mustavalkoisen diagrammin kanssa suunnilleen yhtä hyvin kuin värillistä diagrammia havainnoineet käyttäjät. Sen sijaan ne henkilöt, joilla oli keskinkertainen tai heikko työmuisti, pärjäsivät tehtävässä selvästi huonommin, jos he joutuivat käyttämään mustavalkoista diagrammia.

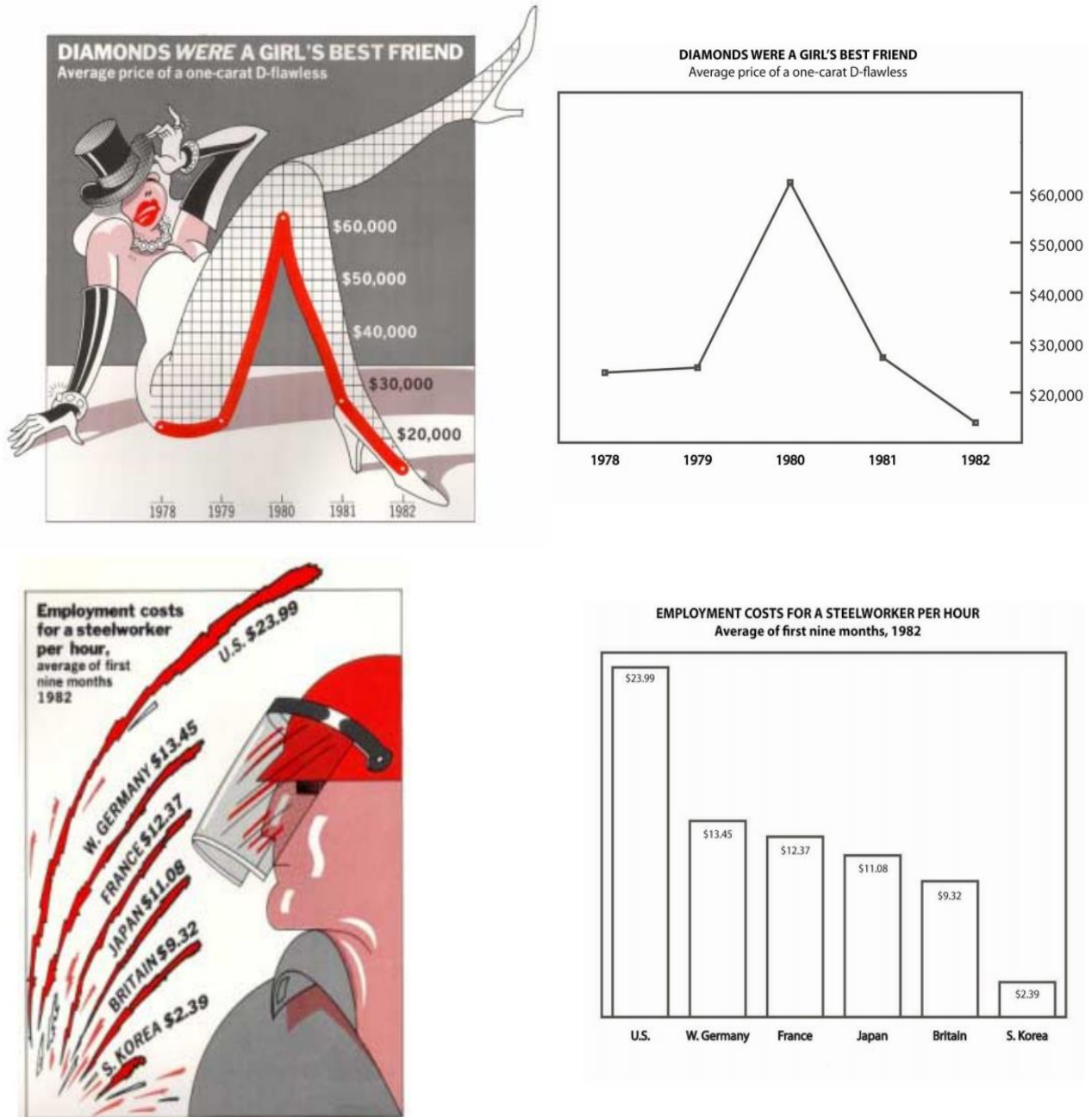
Borkin ym. (2013) tutkivat erilaisten kuvien ja diagrammien ominaisuuksien vaikutusta kuvion muistettavuuteen sen näkemisen jälkeen. Tutkimus toteutettiin näyttämällä osallistujille kuvia ja osallistujien piti painaa painiketta, jos he näkivät saman kuvan toistamiseen kuvasarjassa. Tutkimuksessa kävi ilmi muun muassa, että kuviot, jotka sisälsivät paljon värejä (yli seitsemää väriä) muistettiin paremmin kuin 2–6 väriä sisältäneet kuviot ja edelleen paremmin kuin vain yhtä väriä tai harmaansävyjä sisältäneet kuviot. Kun tuloksissa jätettiin huomiotta kaikki valokuvat, piirrookset ja piktogrammit ja jäljelle jätettiin vain erilaiset diagrammit, oli ero yli seitsemää väriä sisältävien ja yksiväristen kuvioiden välillä edelleen tilastollisesti merkittävä.

Spence ja Lewandowsky (1991) kokeilivat tutkimuksensa yhdessä koeasetelmassa vertailtavien osioiden merkitsemistä väreillä kirjainten sijaan. Osallistujien piti määrittää, oliko diagrammin punaisella vai sinisellä värillä merkityt osiot suurempi osa kokonaisuudesta. Tutkimuksessa havaittiin, että koska värien käyttäminen poisti tässä kyseisessä koeasetelmassa tarpeen etsiä diagrammista osioiden nimiöitä ja nopeutti näin ollen tehtävän suorittamista. Värien käyttäminen näytti myös vähentävän diagrammin osioiden lukumäärän vaikutusta vertailun tekemiseen: oikeiden vastausten lukumäärä pysyi suunnilleen muuttumattomana riippumatta siitä, oliko diagrammissa neljä vai seitsemän osiota, kun aiemmissa, kirjaimilla merkityissä diagrammeissa ero osioiden lukumäärien välillä oli tilastollisesti merkittävä. Tämän perusteella Spence ja Lewandowsky (1991) esittävät, että mikäli diagrammissa halutaan kiinnittää huomio tiettyjen osioiden vertailuun, voi värien käyttäminen osioiden koodaamiseksi olla järkevää varsinkin sellaisten diagrammien kohdalla, jotka sisältävät runsaasti osioita.

Tässä mainittujen tutkimusten perusteella värien käyttö näyttäisi siis pienentävän työmuistin kuormitusta ja näin ollen nopeuttavan diagrammien tulkitsemista sekä lisäksi parantavan diagrammien muistettavuutta jälkikäteen. Värien käytöstä ei näissä tutkimuksissa havaittu olevan mitään haittaa diagrammien tulkitsemisessä, joskin on hyvä ottaa huomioon erilaiset erityisryhmät (kuten esimerkiksi värisokeat) ja käyttää diagrammeissa värejä, jotka eroavat toisistaan myös esimerkiksi värin tummuuden osalta.

#### 4.6.4. Kuvioroina

Kuvioroina (*eng. chartjunk*) on Tuften (1983) lanseeraama termi, jolla tarkoitetaan diagrammin sisältämiä turhia elementtejä (esim. ylimääräiset apuviivat, koristeet ja kehykset), jotka eivät ole tarpeellisia diagrammin sisältämän tiedon tulkitsemiseksi. Tuft on erityisen tunnettu kuvioroinan vastustaja, jonka mielestä hyvässä graafisessa esityksessä on maksimoitu data-mustesuhde (*eng. data-ink ratio*) ja poistettu niin paljon turhaa mustetta kuin mahdollista. Tuften näkemyksellä on paljon kannattajia, mutta viime aikoina myös toisenlaisia mielipiteitä on noussut esiin.

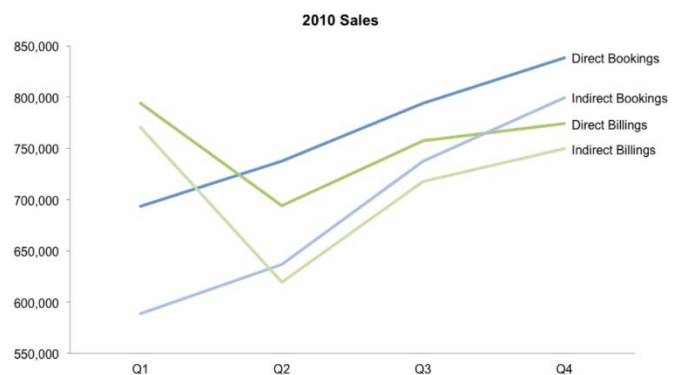
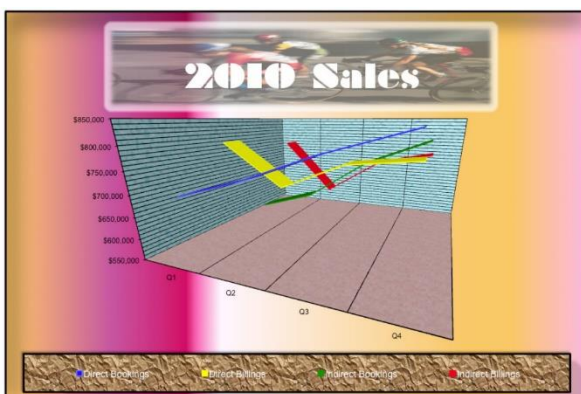


**Kuva 16** Kaksi kuvaparia, joissa vasemmalla Nigel Holmesin (1984) tyyllitettyä diagrammiä ja oikealla pelkistettyä diagrammiä samasta datasta. (Bateman et al., 2010)



Bateman ym. (2010) tutkivat kuvioroinan vaikutusta diagrammin tulkitsemiseen sekä diagrammin sisällön muistettavuuteen koeasetelmalla, jossa henkilöille näytettiin sekaisin sekä graafikko Nigel Holmesin (1984) suunnittelemia kuvioita, että niiden pohjalta tehtyjä hyvin pelkistettyjä diagrammeja (kuva 16). Bateman ym. (2010) havaitsivat, että vastoin yleistä oletusta kuvioroina ei vaikuttanut heikentävän diagrammin tulkittavuutta, vaan kuvioroinaa sisältäviä diagrammeja ja pelkistettäviä diagrammeja tulkittiin suunnilleen yhtä hyvin. Tämän lisäksi Bateman ym. (2010) huomasivat, että havainnoitsijat pystyivät muistamaan koristeellisten diagrammien sisällön huomattavasti yksinkertaisia diagrammeja paremmin, kun diagrammin näkemisestä oli kulunut kahdesta kolmeen viikkoa. Bateman ym. (2010) kysyivät myös osallistujien mielipidettä siitä, kummanlaisia diagrammeja he mieluummin lukisivat, ja vastaajista ylivoimaisesti suurin osa piti enemmän Holmesin koristeellisista diagrammeista. Bateman ym. (2010) huomauttavat kuitenkin, että kuvitetut diagrammit saattavat tahallisesti tai tahattomasti vääristää havainnoijan tulkintaa datasta, ja tämän vuoksi kuvitetut diagrammit eivät välttämättä sovellu kaikkiin tilanteisiin.

Few (2011) kritisoi Batemanin ym. (2010) tutkimuksen lähtökohtia, muun muassa väitettä siitä, että Holmesin diagrammit olisivat edustava otos kuvioroinaa sisältävistä diagrammeista. Few (2011) onkin oikeassa siinä, että Holmesin diagrammit ovat graafisesti lahjakkaan henkilön tekemiä, ja niissä oleva kuvioroina ei ole täysin redundanttia ja grafiikka lisäksi liittyy läheisesti diagrammin aihepiiriin. Few'n (2011) esittämä vaihtoehto äärimmäisestä kuvioroinasta on todennäköisesti lähempänä totuutta siitä, mitä keskiverto diagrammin piirtäjä saisi aikaiseksi käytössä olevilla työkaluillaan (kuva 17). Few (2011) on todennäköisesti myös oikeassa väittäessään, että mikäli Bateman ym. (2010) olisivat käyttäneet tutkimuksessaan tämän kaltaista kuvioroinaa sisältäviä diagrammeja Holmesin kuvioiden sijaan, olisivat tutkimuksen tulokset voineet olla toisenlaisia. Few (2011) moittii myös Batemanin ym. (2010) tutkimuksessa käytettyjä pelkistettyjä diagrammeja huonosti suunnitelluiksi muun muassa asteikkojen puuttumisen ja epämiellyttävän ulkonäön vuoksi. Tälläkin seikalla on voinut toki olla vaikutusta Batemanin ym. (2010) tutkimuksen tuloksiin, mutta todennäköisesti vaikutus on ollut ainakin pienempi kuin kuvioroinan laadun merkityksen.



**Kuva 17** Few'n (2011) esimerkki kuvioroinaa sisältävästä taulukosta (vasemmalla) ja vastaavasta taulukosta ilman kuvioroinaa (oikealla).

Lopuksi Few (2011) esittää kritiikkiä myös Tuften (1983) alkuperäistä kuvioroinan määritelmää kohtaan sanoen, että termi on alun perin turhan löysästi määritelty, ja ettei mitään, mikä tukee diagrammin viestiä merkityksellisellä tavalla, tulisi määritellä roskaksi. Few'n (2011) mielestä graafiset koristeet voivat tukea datan esitystä kolmella eri tavalla:

- 1) Herättämällä lukijan mielenkiinnon,
- 2) Ohjaamalla lukijan huomion tiettyyn diagrammin osioon, joka ansaitsee erityistä huomiota ja
- 3) Tekemällä kuvion viestistä paremmin muistettavan.

Näiden periaatteiden nojalla Holmesin kuviot eivät siis Few'n (2011) mielestä välttämättä edes täytä kuvioroinan määritelmää, vaan ennemminkin tukevat diagrammin sisältöä, vaikka Tuften (1983) alkuperäisen määritelmän mukaan Holmesin kuviot kuitenkin ehdottomasti edustavat kuvioroinaa.

Hullman ym. (2011) ehdottaa, että kuvioroinasta voi olla hyötyä diagrammin sisällön muistamisessa pidempään, koska diagrammin vaikeampi tulkinta johtaa havainnoitsijan aktiiviseen tiedon prosessointiin mikä edelleen johtaa tiedon parempaan omaksumiseen ja muistamiseen. Tätä väitettä tukee esim. Shahin ja Freedmanin (2011) huomio, että diagrammin selitteen sijoittaminen erilliseen laatikkoon sen sijaan että selitteet olisivat suoraan elementtien vieressä, johti diagrammin sisällön parempaan ymmärtämiseen ja muistamiseen. Hullman ym. (2011) huomauttavat, että kuvioroina saattaa esimerkiksi lisätä diagrammin uutuuden tuntua minkä puolestaan on todettu lisäävän aktiivista tiedon prosessointia ja edelleen parantavan tiedon muistettavuutta tavanomaisiin vaihtoehtoihin nähden.

Yhteenvetona voitaneen todeta, että kuvioroina voi pahimmillaan haitata diagrammin tulkintaa ja parhaimmillaan edesauttaa havainnoitsijaa ymmärtämään diagrammin sisällön ja parantaa sen muistettavuutta. Kuvioroinan avulla voi olla mahdollista kiinnittää havainnoitsijan huomio tiettyihin elementteihin ja ohjata näin havainnoitsijan huomiota tärkeisiin osioihin. Kuvioroinaa kannattaa kuitenkin käyttää harkiten ja pidättäytyä mieluummin diagrammin sisältöä tukevassa grafiikassa kuin lisätä turhia tai häiritseviä elementtejä kuten taustavärejä tai kolmas ulottuvuus. Mikäli diagrammin on tarkoitus vain nopeasti välittää tietoa, on kuvioroinaa syytä välttää ja pitää diagrammi mahdollisimman helposti luettavana.

## **5. Havainnointitilanteen vaikutus**

Kaavion ominaisuuksien lisäksi havainnointiin vaikuttavat myös monet ulkoiset tekijät. Tällaisia ulkoisia tekijöitä voiva olla esimerkiksi havainnointiin käytettävissä oleva aika, havainnoitavan ongelman monimutkaisuus, ohjeistus, ennakkotieto ja oppiminen. Tässä osiossa käsitellään näitä ulkoisia tekijöitä ja arvioidaan niiden vaikutusta kaaviotyypin valintaan.

### **5.1. Käytettävän ajan vaikutus**

Monissa diagrammien keskinäistä paremmuutta selvittäneissä tutkimuksissa on kiinnitetty huomiota siihen, miten nopeasti eri diagrammityypeistä on mahdollista löytää vastauksia haettuihin

kysymyksiin. Joissakin tutkimuksissa (Spence & Lewandowsky, 1991) diagrammin katseluun käytettävää aikaa on rajoitettu ja näin testattu minkä tyyppisestä diagrammista oikeat vastaukset löytyivät sallitussa ajassa, toisissa (Hollands & Spence, 2001; Meyer et al., 1999) on ainoastaan mitattu vastauksen löytymiseen tarvittu aika ja joissakin (Hollands & Spence, 1998) kokeiltu molempia vaihtoehtoja. Ajan rajoittaminen testitilanteissa tuntuu jokseenkin keinotekoiselta, sillä niissä arkisissa tilanteissa, joissa diagrammeihin yleensä törmää – lehtien sivuilla, PowerPointesityksissä työpaikalla tai koulussa, uutisissa, tieteellisissä julkaisuissa – havainnoitsijan aikaa ei normaalisti ole juurikaan rajoitettu. Spence ja Lewandowsky (1991) havaitsivat omassa tutkimuksessaan, että erot havainnoinnin tarkkuudessa eri diagrammityyppien välillä katoavat noin kuuden sekunnin kohdalla, mikä tuntuu riittävältä ajalta yksinkertaisten diagrammien tai taulukkojen tutkimiseen useimmissa tilanteissa.

Nopeasti löytyvillä oikeilla vastauksilla on perusteltu jonkin diagrammityyppin paremmuutta, ja lyhyt reagointiaika voikin indikoida, että diagrammia on helppo tulkita. Vastausnopeutta ei kuitenkaan tule pitää yksinomaan merkinä diagrammin hyvydestä. Hullman ym. (2011) jopa väittävät, että diagrammin sisällön syvällisemmäksi ymmärtämiseksi ja paremmaksi muistamiseksi voi olla parempi, jos diagrammi on hankalammin ymmärrettävässä muodossa, jolloin vastausten löytäminen siitä vaatii enemmän aktiivista työtä ja näin myös enemmän aikaa. Mikäli aikaa kuitenkin halutaan käyttää diagrammin paremmuuden mittarina, niin mitä diagrammin tulkitsemiseen tarvittavasta ajasta voidaan päätellä?

Hollandsin ja Spencen (1998) tutkimuksen kahdessa ensimmäisessä koeasetelmassa osallistujat saivat käyttää osion koon arvioimiseen niin paljon aikaa kuin tarvitsivat, ja kolmannessa koeasetelmassa käytössä olevaa aikaa oli rajoitettu joko yhteen tai kolmeen sekuntiin per kuvio. Kahdessa ensimmäisessä koeasetelmassa havaittiin, että käytetty aika kasvoi pylväsdiagrammin, ositetun pylväsdiagrammin ja referenssipylväsdiagrammin kohdalla diagrammin osien lukumäärän kasvaessa. Ympyrädiagrammin kohdalla samanlaista kasvua käytetyssä ajassa ei sen sijaan havaittu. Osion koon arvioiminen pylväsdiagrammista oli myös selvästi hitaampaa kuin muista diagrammeista. Kolmannessa koeasetelmassa, jossa aikaa oli rajoitettu, huomattiin puolestaan, että virheiden määrä oli suurin referenssipylväsdiagrammin kohdalla ja pienin ympyrädiagrammin kohdalla. Tässä koeasetelmassa diagrammin osien lukumäärä ei (rajoitetun ajan vuoksi) vaikuttanut merkittävästi ajan käyttöön, mutta virheiden määrä kasvoi diagrammin osien lukumäärän kasvaessa, joskin tilastollisesti merkittävä ero oli vain kahden ja kahdeksan osan välillä. Hollands ja Spence (1998) eivät itse ottaneet tutkimuksessaan kantaa virheiden määrään eri koeasetelmien välillä, mutta tutkimuspaperissa olevia tuloksia vertaamalla voidaan havaita virheiden määrän kasvaneen jonkin verran verrattaessa kolmatta koeasetelmaa kahteen ensimmäiseen. Ajan rajoittaminen näyttäisi siis lisäävän virheiden määrää ainakin jossain määrin.

Myöhemmässä tutkimuksessaan Hollands ja Spence (2001) vertailivat vastaamiseen käytettyä aikaa ja virheitä ositetujen pylväsdiagrammien ja ympyrädiagrammien kohdalla. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa vertailtavat diagrammit olivat samankokoisia ja jälkimmäisessä eri kokoisia.

Hollands ja Spence (2001) havaitsivat, että vastaamiseen käytetty aika lyheni lineaarisesti sitä mukaa, kun vertailtavien osioiden kokoero kasvoi ja vastausaika oli lyhyempi, jos vertailtavat osiot sijaitsivat samassa kohdassa diagrammia. Erot vastausnopeudessa olivat merkittävämpiä vertailtavien osioiden sijaitessa eri kohdissa diagrammeja kuin samassa kohdassa diagrammia sijaitsevien osioiden kohdalla. Samoin vastausnopeus laski nopeammin erikokoisten kuin samankokoisten diagrammien kohdalla. Vertailtavien diagrammien ollessa samankokoisia, vastausaika oli lyhyempi ositetun pylväsdiagrammin kuin piirakkadiagrammin kohdalla. Samankokoisten diagrammien kohdalla ositettu pylväsdiagrammi tuotti nopeampia vastauksia ja vähemmän virheitä kuin ympyrädiagrammi, mutta diagrammien ollessa keskenään erikokoisia, oli ympyrädiagrammi puolestaan nopeampi ja vähävirheisempi kuin pylväsdiagrammi. Virheiden määrä noudatteli samaa kaavaa kuin vastausaika siten, että eniten virheitä oli tilanteissa, joissa vastaamiseen käytettiin eniten aikaa. Lisäksi Hollands ja Spence (2001) huomasivat, että virheiden määrä pysyi lähes samanlaisena samankokoisten pylväsdiagrammien kohdalla, mutta laski lineaarisesti samankokoisten ympyrädiagrammien kohdalla. Koska virheiden määrän ja vastausaikojen välillä havaittiin käänteinen verrannollisuus, ei vastausnopeus siis vaikuttaisi johtuvan hätiköinnistä tai aiheuttavan vääriä vastauksia, vaan päinvastoin voidaan vastausnopeutta ainakin tämän tutkimuksen perusteella pitää indikaattorina diagrammin tulkinnan helppoudesta.

## 5.2. Havainnoitavan ongelman monimutkaisuus

Diagrammityyppin valintaan voi vaikuttaa myös tarkasteltavan ongelman monimutkaisuus. Spence ja Lewandowsky (1991) vertailivat tutkimuksessaan neljän eri koeasetelman kautta havainnoitavan ongelman monimutkaisuuden vaikutusta siihen, miten hyvin eri diagrammityyppien ja taulukon avulla oli mahdollista määrittää suurempi kahdesta osiosta. Tutkimuksessa osallistujien tuli määrittää suurempi joko kahdesta yksittäisestä osiosta (A ja B), yksittäisestä osiosta ja kahden osion summasta (A ja B+C) tai kahdesta kahden osion summasta (A+B ja C+D). Vertailtavat osiot saattoivat olla vierekkäin tai erillään diagrammissa. Osoiden vertailemiseen käytetty aika oli rajoitettu. Ensimmäisessä koeasetelmassa aikaa oli joko 1,5, 3 tai 6 sekuntia, kolmessa muussa aika oli rajattu kolmeen sekuntiin, koska kuuden sekunnin kohdalla erot eri tehtävien välillä kutistuivat ja toisaalta puolentoista ja kolmen sekunnin välillä ei ollut merkittäviä eroja.

Spencen ja Lewandowskyn (1991) ensimmäisessä koeasetelmassa käytetty ositettu pylväsdiagrammi korvattiin kolmessa muussa koeasetelmassa taulukolla, koska ositetun ja tavallisen pylväsdiagrammin välillä ei havaittu juuri minkäänlaista eroa ensimmäisessä koeasetelmassa. Kolmannessa ja neljännessä koeasetelmassa, joissa jokaisen osallistujan piti arvioida kaikkia kolmea erityyppistä tapausta, havaittiin, että yksinkertaisimmassa tapauksessa, jossa vertailtiin kahta yksittäistä osiota toisiinsa, havainnointi oli tarkinta pylväsdiagrammin avulla ja suunnilleen yhtä tarkkaa ympyrädiagrammin ja taulukon avulla, erojen ollen kuitenkin suhteellisen pieniä. Toisessa tapauksessa, jossa verrattiin yksittäistä osiota kahden muun osion summaan, alkoi muodostua eroa taulukon ja kahden diagrammin välille, pylväsdiagrammin ollen edelleen tarkin. Kolmannessa

tapauksessa, jossa verrattiin kahden osion summaa kahden muun osion summaan, kääntyi ero selkeästi ympyrädiagrammin eduksi sen avulla tehtyjen havaintojen ollen selvästi tarkimpia ennen pylväsdiagrammia, jonka avulla tehdyt havainnot puolestaan olivat selvästi taulukon avulla tehtyjä tarkempia.

Spence ja Lewandowsky (1991) epäilivät ensin, että ympyrädiagrammin paremmuus monimutkaisimmassa vertailussa voisi johtua siitä, että mikäli vertailtavat osiot sattuisivat olemaan vierekkäiset, ne muodostaisivat ikään kuin yhden kokonaisuuden, jolloin monimutkainen tilanne muuttuisi yksinkertaisen kaltaiseksi. Tulosten tarkempi tarkastelu kuitenkin paljasti, että ympyrädiagrammin kohdalla ei löytynyt eroa sellaisten tilanteiden välillä, joissa yhteen laskettavat osiot olivat vierekkäin tai ne olivat erillään toisistaan. Sen sijaan pylväsdiagrammi näytti hyötyvän, mikäli vertailtavan parin osiot olivat vierekkäin.

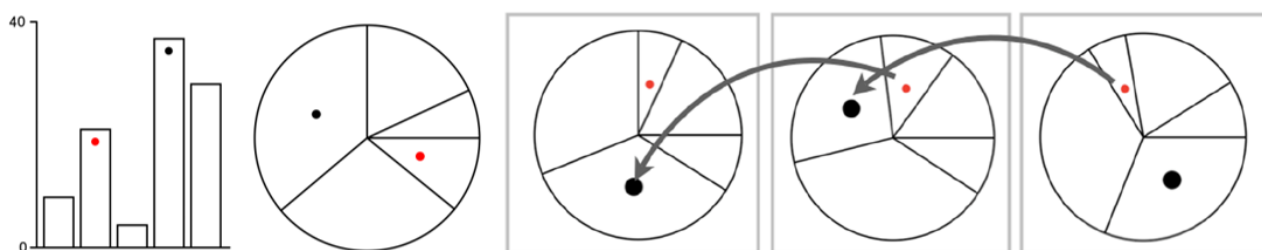
Hollands ja Spence (2001) vertailivat tutkimuksessaan erikokoisten ympyrädiagrammien ja ositettujen pylväsdiagrammien osioiden vertailua keskenään sekä osioiden vertailua ympyrädiagrammien ja ositettujen pylväsdiagrammien välillä, kun vertailtavat osiot sijaitsivat eri kohdissa diagrammeja. Eri kokoisten diagrammien vertaileminen keskenään ei ehkä ole kovin yleistä, joskin mahdollista, jos esimerkiksi tilan puutteen vuoksi joudutaan osaa diagrammeista pienentämään tai jos jonkin diagrammin tärkeyttä halutaan korostaa esittämällä se muita suurempana. Erikohdissa diagrammia sijaitsevien osioiden vertailu puolestaan on melko tavanomaista, esimerkiksi silloin, jos pitää verrata yhdessä diagrammissa olevia osioita toisiinsa.

Ensimmäisessä koeasetelmassa Hollands ja Spence (2001) tutkivat tilannetta, jossa kahden samankokoisen diagrammin osioita verrattiin toisiinsa osioiden sijaitessa joko samassa tai eri kohdassa diagrammia. Vertailtavien osioiden kokoero oli joko 1, 2, 4, tai 8 prosenttia. Osallistujien reaktioaika lyheni lineaarisesti kaikissa neljässä asetelmassa osioiden kokoeron kasvaessa ja reaktioaika oli lyhyempi, kun osiot olivat samassa kohdassa diagrammia. Reaktioajat olivat lyhyempiä pylväsdiagrammien kuin ympyrädiagrammien kohdalla. Reaktioajat lyhenivät nopeammin eri kohdissa olevien osioiden kohdalla molemmissa diagrammityypeissä ja toisaalta reaktioajat paranivat nopeammin molemman tyyppisten ympyrädiagrammien kohdalla kuin pylväsdiagrammien kohdalla. Virheiden osalta tulokset olivat vastaavia reaktioaikoihin nähden.

Toisessa koeasetelmassa Hollands ja Spence (2001) tutkivat osioiden vertaamista toisiinsa, kun osiot sijaitsevat samankokoisissa tai erikokoisissa ositetuissa pylväsdiagrammeissa tai ympyrädiagrammeissa. Toisen osion koko määräytyi siten, että se oli 4, 8, 16 tai 32 prosenttia ensimmäistä suurempi. Ensimmäisen kokeen tavoin reaktioajat laskivat lineaarisesti vertailtavien osioiden kokoeron kasvaessa ja reaktioajat olivat lyhyempiä samankokoisten kuin erikokoisten diagrammien kohdalla. Reaktioajat nopeutuivat enemmän erikokoisten kuin samankokoisten diagrammien kohdalla ja myös enemmän ositettujen pylväsdiagrammien kuin ympyrädiagrammien kohdalla osioiden kokoeron kasvaessa. Samankokoisten diagrammien kohdalla vastaavaa eroa reaktioaikojen nopeutumisessa ei löytynyt diagrammien välillä. Erikokoisten diagrammien kohdalla ympyrädiagrammit tuottivat nopeampia reaktioaikoja kuin ositetut pylväsdiagrammit, mutta

samankokoisten diagrammien kohdalla tilanne oli päinvastainen. Virheiden määrissä trendit olivat vastaavia kuin reaktioaikojen kohdalla, eli virheitä tehtiin enemmän niissä tilanteissa, joissa reaktioajat olivat pidempiä.

Peck, Yuksel, Ottley, Jacob ja Chang (2013) puolestaan muokkasivat Clevelandin ja McGillin (1984) tutkimusasetelmaa, jossa osallistujien piti arvioida pylväs- ja ympyrädiagrammien merkityistä osioista, kuinka monta prosenttia pienempi osio oli suuremmasta. Peck ym. (2013) käyttivät samaa ideaa, eli osallistujien piti arvioida pienemmän osion osuus suuremmasta, mutta vertailtavat osiot eivät olleetkaan samassa diagrammissa, tai edes samaan aikaan näkyvissä, vaan osallistujille näytettiin sarja diagrammeja, joista heidän piti arvioida merkityn (pienemmän) osion osuus joko edellisessä kuviossa olleesta merkitystä osiosta tai kolme kuviota sitten nähdystä merkitystä osiosta (kuva 18).



**Kuva 18** Vasemmalla kaksi esimerkkiä Clevelandin ja McGillin (1984) alkuperäisestä koeasetelmasta, jossa osallistujien piti verrata punaisella merkittyä osiota saman diagrammin mustalla merkittyyn osioon. Oikealla puolestaan on kolme näkymää Peckin ym. (2013) koeasetelmasta, jossa diagrammin punaisella merkittyä osiota piti verrata edellisen (tai kolme kuviota sitten) nähdyn diagrammin mustalla merkittyyn osioon.

Clevelandin ja McGillin (1984) tutkimuksessa osallistujat tekivät pylväsdiagrammin avulla selvästi tarkempia arvioita merkittyjen osioiden kokojen suhteesta, kuin ympyrädiagrammin avulla. Peck ym. (2013) eivät kuitenkaan havainneet vastaavaa omassa tutkimuksessaan, vaan osallistujat näyttivät arvioivan osioiden kokoja suhteessa toisiinsa yhtä hyvin piirakkadiagrammin kuin pylväsdiagramminkin avulla. Peck ym. (2013) eivät myöskään havainneet, että osallistujien kokemuksella siitä kumpi diagrammityyppi oli haasteellisempi tulkita, olisi ollut merkitystä tuloksiin; sekä pylväs- että ympyrädiagrammia haastavampana pitivät pärjäsivät yhtä hyvin kummankin diagrammityyppin arvioinnissa.

Tässä luvussa esitettyjen tulosten valossa näyttää siltä, että ympyrädiagrammin ominaisuudet ovat edullisia monimutkaisempien visualisointitilanteiden hahmottamiseen. Pylväsdiagrammin hyvyys perustuu pitkälti siihen, että pylväiden pituus on helppo määrittää ja niitä on helppo verrata keskenään. Jos tätä ominaisuutta ei kuitenkaan ole mahdollista käyttää havainnointitilanteen monimutkaisuuden vuoksi, menettää pylväsdiagrammi etunsa ympyrädiagrammiin nähden.

### 5.3. Lukijan ennakkotieto

Meyer ym. (1999) vertailevat paperissaan diagrammin lukijan ennakkotiedon vaikutusta diagrammin tulkittamiseen. Vertailu tehtiin taulukon ja viivadiagrammin välillä ja osallistujat oli jaettu neljään

eri ryhmään sen mukaan millaista dataa ja millaisilla tiedoilla he käsittelivät. Data oli generoitu joko satunnaisesti tai sinifunktioiden avulla. Ensimmäinen ryhmä käsitteli satunnaisesti generoitua dataa, toinen ryhmä käsitteli sinifunktiosta generoitua dataa tietämättä sitä, kolmannelle ryhmälle kerrottiin, että data oli generoitu käyttäen jotakin funktiota ja neljännelle ryhmälle kerrottiin, että data oli generoitu käyttäen sinifunktiota. Tämän jälkeen jokainen ryhmä vastasi neljään erityylyiseen kysymysjoukkoon. Kysymykset koskivat pisteiden vertailua ("Onko  $P1 > P2$  kohdassa  $X4$ ?"), trendien havaitsemista ("Onko  $P3$  laskeva?"), sekä tulevaisuuden ennustamista ("Onko  $P1 > P2$  seuraavassa kohdassa  $X4$ ?" tai "Tuleeko  $P1$  nousemaan?"). Kysymyksiä oli jokaisessa kysymysjoukossa 120 ja ne oli jaettu kuuteen 20 kysymyksen osioon.

Pisteiden vertailussa ennakkotiedolla ei ollut vaikutusta taulukon kohdalla, mutta viivadiagrammin kohdalla ne osallistujat, jotka olivat saaneet tarkkaa ennakkotietoa datan rakenteesta, pystyivät vastaamaan huomattavasti muita nopeammin esitettyihin kysymyksiin. Sen sijaan ne henkilöt, jotka olivat saaneet vain tiedon, että käytetyssä datassa oli jokin rakenne, vastasivat huomattavasti muita hitaammin esitettyihin kysymyksiin. Meyer ym. (1999) epäilevät, että henkilöt, jotka saivat vain yleistä informaatiota, yrittivät selvittää, minkälaisen funktion perusteella data oli muodostettu, ja tämän vuoksi käyttivät ylimääräistä aikaa vastaamiseen. Vastausajat eivät kuitenkaan korreloineet oikeiden vastausten kanssa, sillä merkittäviä eroja eri ennakkotietoryhmien välillä ei esiintynyt oikeiden vastausten kohdalla. Meyer ym. (1999) huomauttavat, että tuloksien perusteella näyttää siltä, että osallistujat, joilla ei ollut tarkkaa tietoa datan rakenteesta eivät oppineet käyttämään datan rakennetta hyväkseen, sillä yleistä ennakkotietoa saaneiden ja kokonaan ilman tietoa olleiden osallistujien vastausnopeudet eivät lähestyneet tarkkaa tietoa saaneiden aikoja, kuten voisi olettaa käyvän, mikäli oppimista olisi tapahtunut.

Trendien havaitsemisen kohdalla tilanne oli vastausaikojen suhteen samanlainen kuin edellä: tarkkaa ennakkotietoa saaneet henkilöt vastasivat selvästi nopeimmin ja yleistä ennakkotietoa saaneet vastasivat kaikista hitaimmin esitettyihin kysymyksiin. Oikeiden vastausten kohdalla tilanne oli kuitenkin täysin päinvastainen, sillä tarkkaa tietoa saaneet vastasivat eniten väärin ja yleistä tietoa saaneet selvästi eniten oikein esitettyihin kysymyksiin. Erot tarkan ja yleisen tiedon ryhmien välillä olivat merkittävät nopeuden osalta ja lähentelivät merkittävää oikeiden vastausten osalta. Erot muihin ryhmiin eivät olleet merkittäviä. Meyer ym. (1999) huomauttavat, että tulosten valossa ei kuitenkaan vaikuttaisi siltä, että tarkkaa ennakkotietoa saaneen ryhmän kohdalla olisi kyse nopeudesta tarkkuuden kustannuksella. Ensimmäisessä osiossa ryhmän vastaukset olivat sekä kaikista nopeimpia että tarkimpia ja ero muihin ryhmiin oli merkittävä vasta osiosta 3 eteenpäin. Trendien havaitsemisen kohdalla Meyer ym. (1999) huomasivat merkkejä oppimista, sillä sekä vastausajat että vastausten oikeellisuus paranivat kahden ensimmäisen tehtävän jälkeen ja ero tarkkaa tietoa saaneiden ryhmän ja muiden ryhmien välillä kutistui. Vastausaikojen lyheneminen ei kuitenkaan tarkemmin tarkasteltuna näyttänyt johtuvan datan rakenteen ymmärtämisestä, sillä satunnaista dataa tarkastelleiden ryhmän ja muiden välillä ei löytynyt tilastollisesti merkittävää eroa.

Vertailtaessa tuloksia taulukon ja viivadiagrammin välillä, oli viivadiagrammi marginaalisesti parempi trendien havainnointiin. Ainoastaan satunnaisen datan kohdalla viivadiagrammin avulla saatiin selvästi parempia tuloksia, kaikissa muissa ryhmissä erot taulukon ja viivadiagrammin välillä olivat hyvin pieniä. Meyer ym. (1999) epäilevät, että taulukon ja viivadiagrammin tasaisuus johtui ainakin osittain datan luonteesta; trendi oli mahdollista havaita suoraan vertailemalla sarjan ensimmäistä ja viimeistä arvoa, mikä ei vaadi datan rakenteen ymmärtämistä. Toinen tulokseen mahdollisesti vaikuttanut asia voi olla datajoukon koko, sillä Tuften (1983) mukaan jotkut tutkijat suosittelivat taulukoiden käyttämistä pienempien datajoukkojen kohdalla ja pitivät diagrammeja hyödyllisinä lähinnä vain suurten datamäärien kohdalla.

Kummassakaan koeasetelmassa ei löytynyt eroa satunnaista dataa havainnoineen ryhmän ja rakenteellista dataa ilman tietoa mahdollisesta rakenteesta havainnoineen ryhmän välillä. Tämän perusteella Meyer ym. (1999) päättelevät, että osallistujat eivät selvästikään käyttäneet datan rakennetta hyväkseen, mikäli heille ei erikseen osoitettu rakenteen olemassaoloa.

Ennustamistehtävän kohdalla Meyer ym. (1999) eivät tarkastelleet lainkaan ennustamiseen käytettyä aikaa, vaan ainoastaan oikeiden vastausten määrää. Satunnaisdatan perusteella ennustaminen oli oletetusti hankalaa ja tulos olikin vähän arvausta heikompi (noin 45 prosenttia oikein). Ryhmät, jotka eivät joko olleet saaneet mitään tietoa datan rakenteesta tai olivat saaneet yleistä tietoa, suoriutuivat suunnilleen yhtä hyvin ja jonkin verran arvausta paremmin ennustustehtävästä (noin 60 prosenttia oikein). Ryhmä, joka tiesi, että data oli generoitu sinifunktion perusteella, sen sijaan suoriutui selvästi muita ryhmiä paremmin, ennustaen yli 70 prosenttia tuloksista oikein.

Tarkka tieto datan rakenteesta näyttäisi edesauttavan trendien tulkitsemista sekä taulukon että viivadiagrammin kohdalla. Ennustustehtävässä viivadiagrammi näytti kuitenkin pärjäävän selvästi taulukkoa paremmin kaikkien muiden ryhmien paitsi satunnaista dataa havainnoineen ryhmän kohdalla. Taulukkojen kohdalla ainoastaan satunnaista dataa havainnoineen ja tarkkaa tietoa rakenteesta saaneen ryhmän välillä oli tilastollisesti merkittävä ero ennustamisessa. Viivadiagrammin kohdalla sen sijaan tarkkaa tietoa saaneet pärjäsivät merkittävästi paremmin kuin ei ollenkaan tietoa tai yleistä tietoa saaneet, jotka molemmat puolestaan pärjäsivät merkittävästi satunnaista dataa havainnoineita paremmin. Diagrammi näytti siis hyötyvän datan rakenteesta selvästi taulukkoa enemmän ja erityisesti tarkka tieto datan rakenteesta oli hyödyllistä diagrammia havainnoitaessa.

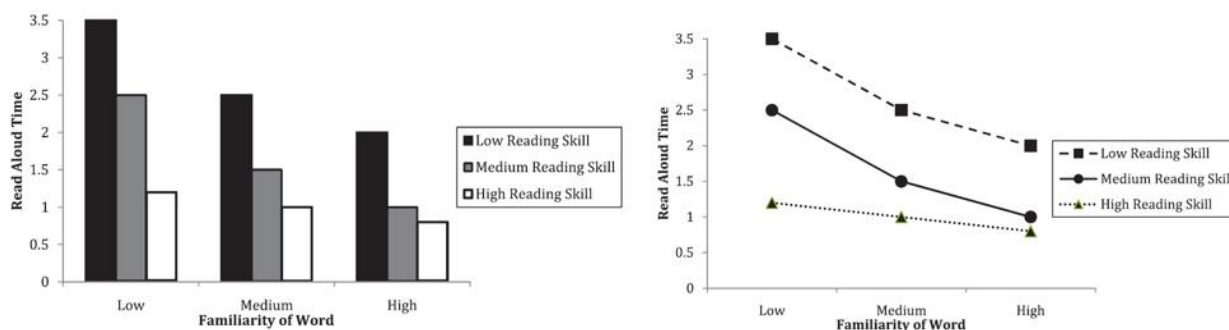
Shah ja Freedman (2011) puolestaan selvittivät sitä, miten havainnoitsijan tietämys aiheesta ja visuaalinen lukutaito vaikuttavat diagrammien tulkitsemiseen viiva ja pylväsdiagrammien välillä. Shah ja Freedman (2011) selvittivät erikseen sekä aiheen tuntemuksen että yleisen diagrammien tuntemuksen vaikutusta havainnoitiin ja jakoivat osallistujat joko taitaviin tai heikkoihin diagrammin lukijoihin ja vastaavasti aihepiiriä hyvin tai huonosti tunteviin osallistujille teetetyn testin ja haastattelun perusteella. Shah ja Freedman (2011) olivat erityisen kiinnostuneita siitä, miten havainnoitsijat kuvailivat diagrammien esittämiä asioita – keskittyikö kuvailu enemmän yhden



luokan sisäiseen vertailuun vai luokkien väliseen vertailuun ja oliko diagrammin tulkinta enemmän pintapuolista kuvailua vain syvällisempää, datan ymmärtämistä vaativaa kuvailua.

Tutkimuksessaan Shah ja Freedman (2011) jakoivat pylväs- ja viivadiagrammien havainnoinnin kahteen osaan: z-y interaktioon ja x-y interaktion havainnointiin. Näistä z-y interaktiossa havainnoija keskittyy kuvailemaan z-akselilla (eli selitelaatikossa) olevien arvojen muutosta suhteessa y-akselin arvoihin (tämä on tyypillisempää pylväsdiagrammin kohdalla), kun x-y interaktiossa havainnoija puolestaan keskittyy kuvailemaan x-akselilla olevien arvojen muutosta suhteessa y-akseliin (tämä taas on tyypillisempää viivadiagrammin kohdalla). Siinä missä yksittäisten pisteiden tai pylväiden vertailussa sekä z-y että x-y interaktion havainnointi on melko suoraviivaista kummastakin diagrammityyppistä, on x-y interaktion havaitseminen keskiarvojen kohdalla paljon yksinkertaisempaa pylväs- kuin viivadiagrammista. Shah ja Freedman (2011) arvelevat tämän johtuvan Gestaltin hahmolakien (Wertheimer, 1938) perusteella siitä, että siinä missä pylväsdiagrammissa on helppo arvioida kolmen eri pylvään keskiarvo jokaisessa x-akselin kohdassa läheisyysperiaatteen perusteella, on se paljon hankalampaa viivadiagrammissa, josta pitää yrittää jättää pisteitä yhdistävät viivat huomiotta ja keskittyä irrallisten pisteiden keskiarvojen arviointiin ja vasta sen jälkeen näiden vertailuun ja trendien havaitsemiseen. Toisaalta z-y-suuntainen keskiarvon arviointi on viivadiagrammissa helppo tehdä juuri pisteitä yhdistävien viivojen avulla, mutta tämä ei ole erityisen vaikeaa myöskään pylväsdiagrammista, koska saman väriset pylväät on helppo erottaa (Gestaltin samankaltaisuusperiaatteen nojalla) ja arvioida niiden keskiarvo.

Kuva 19 esittää yhden esimerkin Shah ja Freedmanin (2011) tutkimuksessa käytetyistä datan visualisoinneista sekä pylväs- että viivadiagrammien avulla. Shah ja Freedman (2011) luokittelivat yksittäisten datapisteiden vertailun (esim. henkilöt joilla on hyvä lukutaito lukevat tuntemattomia sanoja merkittävästi nopeammin kuin henkilöt, joilla on huono lukutaito) pintapuoliseksi tiedon sisäistämiseksi ja toisaalta diagrammien sisällön yhteen vetämisen (esim. henkilöt joilla on hyvä lukutaito lukevat sekä tuntemattomia että tuttuja sanoja lähes yhtä nopeasti ja kaikkia tyypejä selvästi nopeammin kuin henkilöt, joilla on haasteita lukemisen kanssa) syväluotaavaksi ja ymmärtämistä vaativaksi tiedon sisäistämiseksi.



**Kuva 19** Sama data esitettyä sekä pylväs- että viivadiagrammin avulla (Shah & Freedman, 2011)

Shah ja Freedman (2011) huomasivat, että erityisesti aihealueen tuttuus paransi syväluotaavamman analyysin tekemistä diagrammeista, mutta myös yleinen datanlukutaito lisäsi syvällisempien analyysien määrää jonkin verran. Erityisesti Shah ja Freedman (2011) huomasivat, että taitavat diagrammien tulkitsijat tekivät diagrammien sisällöistä syväluotaavia analyyskejä, kun he tunsivat aihealueen ja osasivat odottaa löytävänsä siitä tiettyjä piirteitä ja kun vielä valittu diagrammityyppi (eli pylväsdiaagrammi) tuki tällaisten syvällisempien huomioiden löytämistä.

Yhteenvetona voitaneen sanoa, että lukijoiden ennakkotiedolla on vaikutusta diagrammien tulkitsemiseen erityisesti silloin, kun sekä diagrammin muoto että sisältö ovat tuttuja ja kun niiden esittämä tieto vastaa lukijan odotuksia. Samalla kuitenkin oikein tehty diagrammityyppin valinta edesauttaa myös osaltaan tiedon löytämistä ja erityisesti sen syvempää ymmärtämistä.

#### **5.4. Oppimisen ja aiemman kokemuksen vaikutus**

Oppimisen vaikutusta erilaisien datan visualisointimenetelmien kohdalla on tutkittu jonkin verran. Meyer ym. (1999), Meyer (2000), Oron-Gilad ym. (2001) ja Porat ym. (2009) ovat kaikki tutkineet oppimisen vaikutusta lukijan suoriutumiseen erilaisissa tilanteissa ja erilaisten kaavioiden kohdalla. Oppimisen vaikutuksista voidaan puolestaan vetää johtopäätöksiä siitä, miten tietyn kohdeyleisön mahdollinen aiempi kokemus jonkin tietyn diagrammityyppin tulkitsemisesta tai kyseisestä aiheesta voitaisiin ottaa huomioon datan visualisointitapaa valittaessa.

Meyer ym. (1999) tarkastelivat oppimisen vaikutusta osallistujien vastausaikoihin ja tarkkuuteen erilaisissa kaavion tulkintatehtävissä. Tarkastelu tehtiin taulukon ja viivadiagrammin kohdalla edellisessä osiossa mainittujen kahden ensimmäisen tehtävän (pisteiden vertailu ja trendien havaitseminen) avulla. Molempien tehtävien kohdalla osallistujien suoritukset paranivat erityisesti vasteajan mutta myös tarkkuuden kohdalla testitilanteen edetessä. Pisteiden vertailussa tulosten paraneminen oli merkittävämpää viivadiagrammin kuin taulukon kohdalla, ja tulokset alkoivatkin lähestyä toisiaan testin edetessä. Trendien havaitsemisen kohdalla vastaavasta erosta taulukon ja viivadiagrammin välillä ei ollut mitään mainintaa, joten on oletettava, että siinä tehtävässä niiden välillä ei ollut eroja oppimisnopeudessa.

Meyerin ym. (1999) tutkimuksessa kaikki osallistujat saivat jokaisen vastauksensa jälkeen palautteen siitä, oliko vastaus oikein vai väärin. Palautteella on todennäköisesti ollut suotuista vaikutus oppimisen kannalta, mutta koska palaute oli samanlaista kaikille, eikä mitään verrokkiryhmää käytetty, on mahdotonta sanoa, miten iso merkitys palautteen antamisella oli oppimiseen ja olisiko samanlaisiin tuloksiin päästy siinäkin tapauksessa, että mitään palautetta ei olisi annettu.

Meyer (2000) puolestaan vertaili taulukon, pylväsdiaagrammin ja viivadiagrammin eroja viiden erityyppisen tehtävän avulla. Tehtävät olivat tarkan arvon lukeminen tietystä kohdasta, kahden samaan sarjaan kuuluvan arvon vertailu, kahden eri sarjaan kuuluvan arvon vertailu, trendin havaitseminen sekä sarjan maksimi-arvon tunnistaminen. Meyerin (2000) tutkimuksessa taulukko pärjäsi alkutilanteessa parhaiten kaikissa viidessä tehtävässä. Testitilanteen edetessä ja kaaviotyypin

ja tehtävän tullessa tutuiksi, osallistujien vastaaminen kävi nopeammin ja virheiden määrä laski kaikkien tehtävätyyppien kohdalla. Tarkkojen arvojen lukemisessa sekä molemmissa vertailutehtävissä taulukko piti kärkisijansa koko testitilanteen ajan, joskin suoritukset paranivat kaikilla kolmella kaaviotyypillä testin edetessä. Samoissa tehtävissä pylväsdiagrammi oli koko testitilanteen ajan aavistuksen viivadiagrammia parempi. Trendien havaitsemisen ja maksimiarvon tunnistamisen kohdalla tilanne oli kuitenkin eri, ja testitilanteen edetessä sekä pylväs- että viivadiagrammin kohdalla oppiminen vaikutti tuloksiin enemmän kuin taulukon kohdalla, ja alussa ollut ero näiden kaaviotyypien välillä katosi puolen välin paikkeilla. Virheiden määrä noudatteli vastausnopeuden käyrää Meyerin (2000) kaikissa testitilanteissa.

Oron-Gilad ym. (2001) ja Porat ym. (2009) selvittivät oppimisen vaikutusta muutoksen havainnointiin erilaisissa testiasetelmissa taulukon ja viivadiagrammin kohdalla. Erityisesti Portain ym. (2009) tutkimuksessa havaittiin, että kaikissa tutkimuksen testitapauksissa osallistujien suoritus parani testin edetessä. Testitilanteissa käytetty data oli Meyerin (1999) tapaan generoitu sinifunktion avulla. Oppimisen vaikutusta testattiin jakamalla osallistujat neljään ryhmään, joista kukin ryhmä havaanoi ensimmäisessä osassa erilaista tilannetta ja jälkimmäisessä osassa ryhmät jaettiin uudelleen niin, että osa jatkoi saman tilanteen havainnointia ja loppujen kohdalla havainnointitehtävä vaihtui. Havainnointitehtävien valinnalla saatiin aikaan tilanne, jossa joillakin osallistujilla vaihtui havainnointitehtävä, mutta havainnoitava asia pysyi samantyyllisenä kuin aiemmassa osiossa, osalla sekä havainnointitehtävä että optimaalinen havainnointitapa vaihtuivat ja osalla (kontrolliryhmä) havainnointitehtävä pysyi samana kuin ensimmäisessä vaiheessa.

Porat ym. (2009) havaitsivat myös, että oppimisella voi tietyissä tilanteissa olla myös negatiivinen vaikutus; mikäli henkilö oppi yhden testitilanteen aikana jonkin tavan havainnoida kaavion muutoksia, eikä tämä tapa ollutkaan optimaalinen seuraavan testitilanteen kohdalla, oli aiemmin omaksutulla havainnointitavalla tällöin negatiivinen vaikutus uuden tilanteen havainnointiin. Oppimisen ja kokemuksen vaikutus näyttäisi olevan optimaalinen silloin, kun havainnoitava tilanne vastaa mahdollisimman hyvin tilannetta, jossa oppiminen on aiemmin tapahtunut ja vastaavasti mikäli havainnoitava asia tai havainnointitilanne on merkittävästi erilainen kuin mihin henkilö on tottunut, voi aiemmalla kokemuksella olla aluksi negatiivinen vaikutus suoriutumiseen. Porat ym. (2009) huomauttavat, että visualisoinnin suunnittelijalla on mahdollisuus lisätä tai korostaa joitakin kaavion attribuutteja tai arvoja ja tällä tavoin ohjata havainnoijaa käyttämään tilanteeseen nähden optimaalista havainnointitapaa. Samoin opettamalla havainnoijille miten tiettyä kaaviotyyppeä luetaan ja mikä on kussakin tilanteessa optimaalisin havainnointitapa, on havainnoijan suoritusta mahdollista parantaa huomattavasti.

## 5.5. Yksilöiden väliset erot

Hollands ja Spence (1998) havaitsivat tutkimuksessaan, että kahteen ensimmäiseen koeasetelmaan osallistuneiden henkilöiden välillä oli suuriakin eroja siinä, miten paljon enemmän aikaa henkilöt käyttivät diagrammin tutkimiseen diagrammin osien lukumäärän kasvaessa. Toisten osallistujien

kohdalla osien lukumäärällä ei näyttänyt olevan juurikaan vaikutusta käytettyyn aikaan, kun taas toisten osallistujien kohdalla käytetty aika kasvoi selvästi. Hollands ja Spence (1998) päättelivät tämän johtuvan siitä, että osa osallistujista ei käyttänyt osien koon arvioimiseen summausmallia pylväsdiagrammien kohdalla, säästäten näin aikaa. Kolmannen koeasetelman kohdalla, jossa käytettävää aikaa oli rajoitettu yhteen tai kolmeen sekuntiin, vastaavia eroja ei löytynyt. Tämä viittaa Hollandsin ja Spencen (1998) mukaan siihen, että kaikki osallistajat käyttivät kolmannessa koeasetelmassa nopeutettua päätöksentekoa, ja käyttivätkin summauksen sijaan esimerkiksi epäsäännöllisen muotoisen alueen koon arviointia ja osion vertaamista tähän kokonaisuuteen. Hollands ja Spence (1998) arvioivat, että ne henkilöt, jotka kahdessa ensimmäisessä koeasetelmassa käyttivät vähemmän aikaa, saattoivat käyttää niissä koeasetelmissa samankaltaista strategiaa kuin kolmannessa koeasetelmassa. Hollands ja Spence (1998) kuitenkin huomauttavat, että yksilöllisiä kertoimia tarkasteltaessa ei odotusten vastaisesti havaittu osallistujien kuuluvan selvästi kahteen ääripäähän, vaan jako oli tasaisempaa. Tämän perusteella Hollands ja Spence (1998) arvioivat että kyse saattaisi kuitenkin olla enemmän yksilöiden välisistä eroista, kuin selvästi kahdesta laadullisesti erilaisesta arviointistrategiasta. Hollandsin ja Spencen (1998) tutkimuksen osallistujajoukon pienuuden vuoksi varmoja johtopäätöksiä on kuitenkin mahdotonta vetää.

Peck ym. (2013) puolestaan havaitsivat tutkimuksessaan yksilöiden välisiä mieltymyseroja pylväsdiagrammin ja ympyrädiagrammin välillä. Peck ym. (2013) mittasivat tutkimukseen osallistujien aivojen otsalohkon kudoksessa olevan veren määrän ja veren hapettumattoman hemoglobiinin määrän fNIRS-tekniikalla (lyhenne englannin kielen sanoista functional near-infrared spectroscopy). FNIRSin avulla mitatun hapettumattoman hemoglobiinin määrästä voidaan päätellä osallistujan kognitiivinen työkuorma, jota Peck ym. (2013) vertasivat osallistujille tehdyn kyselyn tuloksiin sekä pylväs- että ympyrädiagrammien havainnoinnin tuloksiin.

Vastoin alkuperäistä olettamusta Peck ym. (2013) eivät löytäneet merkittäviä eroja hapettumattoman hemoglobiinin määrässä osallistujien havainnoissa pylväs- tai ympyrädiagrammeja. Tämän perusteella kumpikaan diagrammi ei ollut toistaan parempi tai huonompi aivojen kuormituksen suhteen. Sen sijaan Peck ym. (2013) huomasivat dataa tarkemmin tarkasteltuaan, että pylväsdiagrammiin liittyvissä tehtävissä hapettumattoman hemoglobiinin määrä väheni niiden osallistujien aivoissa, jotka olivat arvioineet pylväsdiagrammin ympyrädiagrammia vaativammaksi, kun taas pylväsdiagrammia helpompana pitävillä hapettumattoman hemoglobiinin määrä hieman kasvoi. Vastaavasti ympyrädiagrammiin liittyvissä tehtävissä ympyrädiagrammin tulkitsemisen pylväsdiagrammia haastavammaksi arvioineilla henkilöillä hapettumattoman hemoglobiinin määrä väheni ja ympyrädiagrammia helpompana pitävillä pysyi suunnilleen samana.

Peckin ym. (2013) tutkimuksen tuloksista voidaan päätellä, että henkilöiden kokemus jommankumman diagrammityyppin vaativuudesta korreloi mitattujen tulosten kanssa aivojen tarvitien enemmän hapettunutta hemoglobiinia haastavammaksi koettujen tehtävien kohdalla. Vaikka kognitiivisessa kuormassa näyttäisikin fNIRS mittauksen perusteella olevan eroja vaikeammaksi koettujen tehtävien kohdalla, ei Peckin ym. (2013) tutkimuksessa kuitenkaan havaittu merkittäviä

eroja pylväs- ja ympyrädiagrammin välillä vastausaikojen tai virheiden määrässä. Peck ym. (2013) arvelevat tämän johtuvan siitä, että osallistujien aivot joutuivat työskentelemään ahkerammin vaikeampien tehtävien kohdalla saavuttaen kuitenkin yhtä hyvän lopputuloksen kuin helpommaksi koetun tehtävänkin kohdalla. Näiden tulosten perusteella voidaan kyseenalaistaa suositus käyttää aina pylväsdiagrammia ensisijaisena visualisointitapana ympyrädiagrammiin nähden ja suosimaan sen sijaan diagrammin käyttäjälle mieluisampaa visualisointitapaa, mikäli se on tiedossa ja mahdollista.

## 6. Kaavion tarkoitus

Tärkein kaaviotyypin valintaan vaikuttava tekijä on kaavion käyttötarkoitus. Kaavioiden erilaisten ominaisuuksien vuoksi on tärkeää miettiä mitä kaaviolla tarkalleen halutaan viestittää katsojalle. Onko tärkeintä antaa yleiskuva kokonaisuudesta tai vertailla arvoja keskenään, onko kenties tärkeää kommunikoida kuvatus datan tarkkoja arvoja tai osuuksia vai halutaanko kiinnittää huomio arvoissa tapahtuneeseen muutokseen? On myös hyvä miettiä, millaiselle kohderyhmälle kaavio on suunnattu; onko tarkoituksena kuvata dataa esimerkiksi suurelle yleisölle, osakkeenomistajille vai tutkijakollegoille. Gillan ym. (1998) mainitsevat yleisenä sääntönä, että käytetyn kaaviotyypin tulisi olla lukijalle mahdollisimman tuttu. Näin ollen tulisi ensisijaisesti suosia viiva-, pylväs-, ympyrä- ja pistediagrammeja. Säännöstä voidaan Gillanin ym. (1998) mukaan kuitenkin poiketa mikäli

- data on tavallisesti esitetty jossakin tietyssä formaatissa,
- tiedetään että käytettävä erikoisempi kaaviotyyppi on tuttu lukijoille tai
- kaavio on erityisen sovelias kuvaamaan juuri sitä asiaa jota lukijoiden pitäisi pystyä datasta havainnoimaan.

Tässä kappaleessa käsitellään tarkemmin erilaisia kaavion käyttötarkoituksia ja yritetään löytää sääntöjä, joiden mukaan oikean kaaviotyypin valitseminen onnistuisi.

### 6.1. Osion vertaaminen kokonaisuuteen

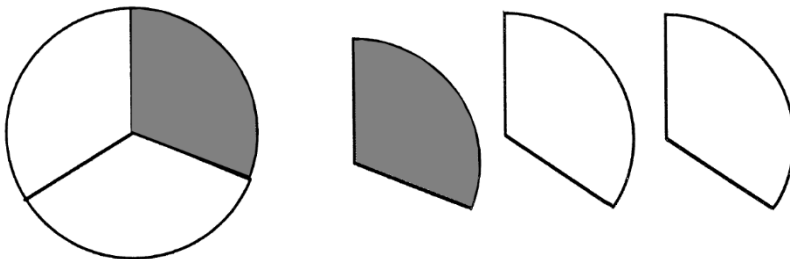
Eells (1926) vertaili tutkimuksessaan, kuinka nopeasti ja tarkasti osallistujat pystyivät arvioimaan osion prosenttiosuuden kokonaisuudesta ympyrädiagrammin ja ositetun pylväsdiagrammin avulla. Tutkimuksessa ilmeni, että ympyrädiagrammin ja ositetun pylväsdiagrammin käyttäminen on suunnilleen yhtä nopeaa ja että ympyrädiagrammin sektoreiden arviointi oli keskimäärin tarkempaa ja virheet pienempiä kuin ositetun pylväsdiagrammin osioiden kohdalla. Ainoastaan tilanteessa, jossa kokonaisuus oli jaettu kolmeen osaan, oli ositettu pylväsdiagrammi tarkempi kuin ympyrädiagrammi. Tutkimus on saanut osakseen paljon arvostelua, mutta sen tuloksia ei kuitenkaan ole yksiselitteisesti kumottu (Spence & Lewandowsky, 1991).

Hollands ja Spence (1998) vertailivat omassa tutkimuksessaan pylväsdiagrammin, ositetun pylväsdiagrammin, referenssiylväsdiagrammin (eng. *reference bar chart*) ja ympyrädiagrammin soveltuvuutta kappaleen osuuden arvioimiseen kokonaisuudesta. Tutkimuksessa pylväsdiagrammin havaittiin olevan selvästi muita diagrammeja hitaampi osuuksien arviointiin erityisesti, kun

osuuksien lukumäärä kasvoi suuremmaksi. Ympyrädiagrammin puolestaan havaittiin olevan kaikista tarkin menetelmä osuuden koon havainnointiin, eli tulos on samansuuntainen kuin Eelsin (1926) tutkimuksessa.

Simkin ja Hastie (1987) tutkivat ositetun pylväsdigrammin ja ympyrädiagrammin avulla Clevelandin ja McGillin (1984) esittämien, tämän tutkielman luvussa 4.1 kuvattujen, havainnointitehtävien paremmuuden paikkansapitävyyttä. Vertailtavina olivat paikka samalla asteikolla (1), pituus (3) ja kulman suuruus (5). Tutkimusasetelmia oli kaksi, joista jälkimmäisessä vertailtiin nimenomaan osion koon suhdetta kokonaisuuteen. Tuloksista selviää, että tällaisessa asetelmassa paikka samalla asteikolla ja kulma olivat suunnilleen yhtä hyviä arviointikeinoja ja parempia kuin pituuden avulla tehty arviointi. Clevelandin ja McGillin (1984) asteikkoa ei siis voida pitää yksiselitteisesti oikeana, vaikka se monissa tilanteissa onkin osoittanut olevansa oikeassa. Simkinin ja Hastien (1987) esittävätkin oman teoriansa prosesseista, joita käytetään koon, osioiden suuruusjärjestyksen tai osuuden arvioimiseen. Nämä Simkinin ja Hastien (1987) esittämät yksinkertaiset mentaaliset prosessit – ankkurointi, silmäily, projektio, päällekkäin asettaminen ja havaitseminen – on kuvattu tarkemmin tämän tutkielman luvussa 3.3.

Simkinin ja Hastien (1987) teorian innoittamina Gillan ja Callahan (2000) kehittivät kokonaan uudenlaisen visualisointitavan: linjatun ympyrädiagrammin (eng. *aligned pie graph*). Linjatun ympyrädiagrammin (kuva 20) ideana on, että kaikki piirakan palaset ovat samassa asennossa (toinen reuna kohti kello 12:sta), jolloin kuvion katselijan ei tarvitse ajatuksissaan kiertää segmenttejä oikeaan asentoon. Gillan ja Callahan (2000) huomasivat tutkimuksessaan, että arviointiin käytetty aika lyheni ja arvioinnin tarkkuus parani, kun sektorin koko oli lähellä 25 %:n tai 50 %:n osuutta koko ympyrästä. Vertailussa tavallisen ympyrädiagrammin ja linjatun ympyrädiagrammin välillä Gillan ja Callahan (2000) havaitsivat, että henkilöiden reagointiajat olivat lyhyempiä linjatun kuin tavallisen ympyrädiagrammin kohdalla. Tavallisen ympyrädiagrammin kohdalla Gillan ja Callahan (2000) huomasivat, että käytetty aika oli lyhyempi, jos arvioitavan segmentin toinen reuna oli ankkuripisteessä (kello 12:n kohdalla), kuin jos kumpikaan reuna ei koskettanut ankkuripistettä. Tarkkuuden osalta Gillan ja Callahan (2000) eivät löytäneet merkittävää eroa tavallisen ja linjatun ympyrädiagrammin väliltä ja kaiken kaikkiaan prosentuaalisen osuuden arvioiminen ympyrädiagrammin segmentin perusteella vaikuttaisi olevan hyvinkin tarkkaa.



**Kuva 20** Vasemmalla normaali ympyrädiagrammi ja oikealla vastaavan kokoisista segmenteistä muodostettu linjattu ympyrädiagrammi (Gillan & Callahan, 2000).

On kuitenkin syytä huomata, että ympyrädiagrammin osioiden linjaamisen yhteydessä menetetään yksi ympyrädiagrammiin ”sisäänrakennettu” ominaisuus, eli kokonaisuuden hahmottuminen yhdellä vilkaisulla. Toki linjatun ympyrädiagrammin sektoreiden perusteella on edelleen kohtuullisen helppo kuvitella kokonainen ympyrä, ja tulosten valossa tämän ominaisuuden poistolla ei vaikuttaisi olevan negatiivisia vaikutuksia. Kuitenkin ratkaisu laittaa miettimään onko tällaisessa menettelyssä kovinkaan paljon järkeä, varsinkaan tilanteessa, jossa diagrammissa on paljon sektoreita.

Tässä luvussa esitettyjen tulosten valossa näyttäisi siltä, että ympyrädiagrammi on ainakin yhtä hyvä, jos ei parempikin visualisointitapa kuin muut, kun tarkoituksena on verrata osiota kokonaisuuteen. Paljon parjatulla diagrammilla voi siis sittenkin olla paikkansa dataa visualisoitaessa, eikä sitä ainakaan kannata automaattisesti ohittaa visualisointitapaa valitessa.

## 6.2. Osien vertaaminen toisiinsa

Cleveland ja McGill (1984) tutkivat kahdessa eri koeasetelmassa, miten hyvin ihmiset pystyvät valitsemaan suuremman kahdesta osiosta tai järjestämään osiot suuruusjärjestykseen ja tämän jälkeen arvioimaan pienemmän osion osuutta suuremmasta. Ensimmäisessä koeasetelmassa vertailtiin pylväsdiagrammin ja ositetun pylväsdiagrammin avulla suoritettua arviointia ja toisessa pylväsdiagrammin ja ympyrädiagrammin avulla suoritettua arviointia toisiinsa. Tutkimuksessaan Cleveland ja McGill (1984) havaitsivat, että pylväsdiagrammi oli tarkempi kuin ositettu pylväsdiagrammi tai ympyrädiagrammi. Tulokset tukevat heidän teoriaansa, jonka mukaan paikka yhteisellä asteikolla on tarkempi havainnointimenetelmä kuin pituus tai kulman suuruus.

Spence ja Lewandowsky (1991) tutkivat ihmisten kykyä valita kahdesta osasta tai kokonaisuudesta suuremman ympyrädiagrammin, ositetun pylväsdiagrammin, pylväsdiagrammin ja taulukon avulla. Vertailuja oli kolme erilaista: A vs. B, A vs. B+C ja A+B vs. C+D. Kahden erilaisen pylväsdiagrammin välillä ei löytynyt merkittäviä eroja missään vertailutilanteessa eikä yksinkertaisessa tilanteessa merkittäviä eroja löytynyt minkään diagrammityyppin välillä. Sen sijaan monimutkaisimmassa A+B vs. C+D tilanteessa ympyrädiagrammi oli selvästi tarkin ja taulukko puolestaan selvästi muita huonompi. Few (2007) epäilee, että Spencen ja Lewandowskyn (1991) tutkimuksen monimutkaisimman asetelman tulos suosii ympyrädiagrammia, koska siinä vierekkäisten sektoreiden summaaminen käy paljon helpommin kuin pylväsdiagrammin kohdalla. Spence ja Lewandowsky (1991) kuitenkin mainitsevat, että vertailua tehtiin satunnaisesti joko vierekkäisten tai ei vierekkäisten osien kesken ja jälkianalyysissä vierekkäisyydestä ei vaikuttanut olevan ympyrädiagrammin kohdalla mitään etua.

Hollands ja Spence (2001) vertailivat niin ikään ihmisten kykyä valita suurempi kahdesta osiosta, kun osiot olivat kahdessa eri ympyrädiagrammissa tai kahdessa eri ositetussa pylväsdiagrammissa. Kummankin diagrammityyppin kohdalla varioitiin vertailtavien osioiden asemaa diagrammissa (osiot alkavat samasta kohdasta tai eri kohdasta), osioiden kokoa ja toisessa koeasetelmassa koko diagrammin koon vaihtelua. Hollandsin ja Spencen (2001) tutkimuksen

tuloksista selviää, että vasteaika lyheni lineaarisesti, kun osioiden koon välinen ero kasvoi ja muutos oli merkittävämpää ympyrädiagrammin kuin ositetun pylväsdiagrammin kohdalla. Lisäksi vasteaika oli lyhyempi, jos vertailtavat osiot olivat samassa kohdassa diagrammeja, kuin jos ne olivat eri kohdissa. Kokonaisuudessaan samankokoisten diagrammien kohdalla ositettua pylväsdiagrammia oli nopeampi tulkita kuin ympyrädiagrammia. Virheiden määrä noudatteli vasteaikaa siten, että pidempiin vasteaikoihin liittyi enemmän virheitä ja lyhyempiin vähemmän. Erikokoisten diagrammien osalta tilanne oli Hollandsin ja Spencen (2001) tutkimuksessa muuten vastaava kuin samankokoisten diagrammien kohdalla (vasteaika lyheni osioiden välisen eron kasvaessa ja virheiden määrä oli suhteessa vasteaikaan), mutta ympyrädiagrammin vasteajat olivat huomattavasti ositettua pylväsdiagrammia nopeampia erityisesti pienien erojen kohdalla. Tässä jälkimmäisessä tilanteessa ympyrädiagrammin paremmuus selittyy todennäköisesti sillä, että sen kohdalla voidaan käyttää suoraan osion kulman vertailua erikokoistenkin diagrammien välillä, kun taas pylväsdiagrammin kohdalla mitään yhteistä tekijää ei ole (ei voida suoraan vertailla pituuksia tai pinta-aloja), vaan lukija joutuu tekemään kummankin diagrammin kohdalla ensin arvion osion koosta ja vasta sen jälkeen vertaamaan näitä arvioita toisiinsa.

Siirtola (2014) vertaili tutkimuksessaan ihmisten kykyä järjestää osioita suuruusjärjestykseen ympyrädiagrammin, rinkilädiagrammin, ositetun pylväsdiagrammin ja taulukon avulla. Tutkimuksessa käytettiin kuvioita, joissa oli 4, 5, 6 tai 7 vertailtavaa osiota. Tuloksista selviää, että järjestyksen määrittäminen oli nopeinta ositetun pylväsdiagrammin avulla ja hitainta taulukon avulla. Rinkilädiagrammi oli aavistuksen ympyrädiagrammia nopeampi, joskaan ero näiden kahden välillä ei ollut tilastollisesti merkittävä. Siirtola (2014) huomauttaa, että neljän osion kohdalla taulukko on itse asiassa nopeampi kuin rinkilä- tai ympyrädiagrammi ja ero nopeudessa kasvaa merkittäväksi vasta seitsemän vertailtavan osion kohdalla. Oikeiden vastausten osalta taulukko, josta tarkat arvot olivat selvästi luettavissa, pärjasi muita tapoja paremmin. Diagrammeista ositettu pylväsdiagrammi vaikuttaa nopeimmalta ja ympyrädiagrammi hitaimmalta, mutta tuloksista selviää, että erot näiden kolmen diagrammin välillä eivät olleet tilastollisesti merkittäviä.

### **6.3. Tarkan osuuden määrittäminen**

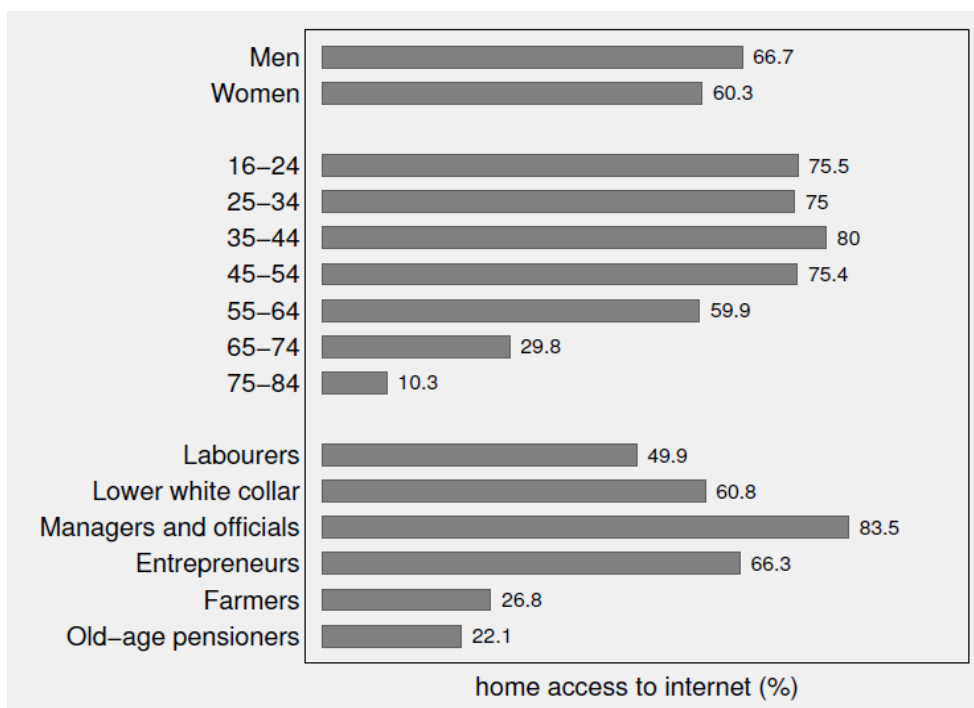
Tarkan osuuden määrittämisen kohdalla oikean kaaviotyypin valitseminen on varmasti tässä esitetyistä tilanteista kaikista yksinkertaisinta. On melko itsestään selvää, että taulukko, jossa kaikki arvot ovat selvästi näkyvissä, on paras tapa selvittää osion täsmällinen osuus. Jos tilaston ainoa tarkoitus on tosiaankin välittää lukijalle tarkat numeeriset arvot, on taulukon valitseminen järkevää. Jos kuitenkin halutaan tarkkojen lukumäärien lisäksi välittää tietoa alkioiden välisistä suhteista, trendeistä tai muusta vastaavasta, voi jokin muu lähestymistapa olla järkevämpi.

Tässäkin tutkielmassa läpikäytyt tutkimukset lähtevät liikkeelle pitkälti siitä lähtökohdasta, että diagrammeihin ei merkitä näkyviin pylväiden, palkkien, pisteiden tai muiden osioiden tarkkoja numeerisia tai prosentuaalisia arvoja. Arkipäiväisessä datan visualisoinnissa on kuitenkin varsin tyypillistä, että esim. pylväsdiagrammissa pylvään tarkka arvo ilmoitetaan pylvään päällä. Tämä

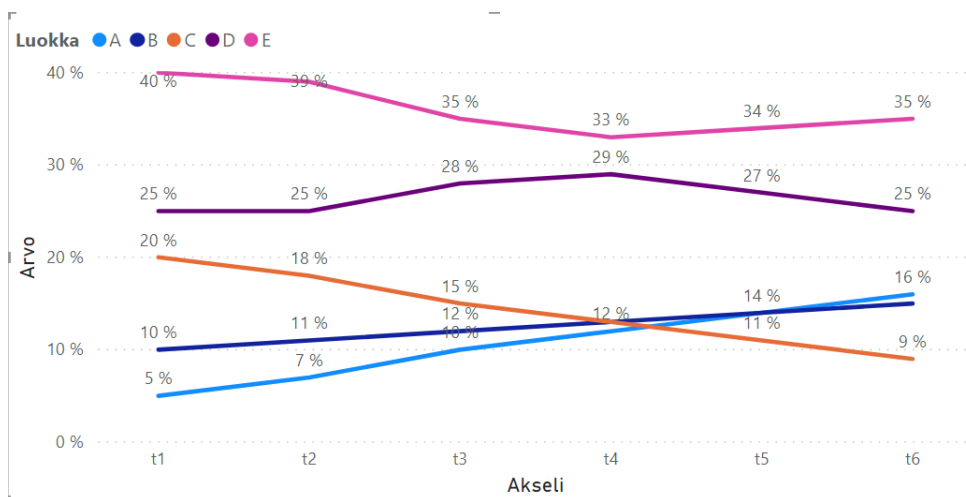


käytäntö toki sotii Tuften (1983) data-mustesuhteen periaatetta vastaan ja myös esimerkiksi Ehrnberg (1977) on lausunut, että numeroita sisältävät diagrammit ovat lähinnä huonosti aseteltuja taulukoita.

On myös hyvä tiedostaa, että harvoin diagrammin tarkoituksena on visualisoida puhtaasti vain yhtä tarkasti määriteltyä asiaa, olkoon se sitten vaikka tarkat numeeriset arvot, vaan samasta diagrammista halutaan usein nähdä tarkkojen arvojen lisäksi muitakin asioita, kuten osuus kokonaisuudesta, trendi tai erotus kahden osion välillä. Tällaisia tilanteita varten numeeristen arvojen lisääminen osaksi diagrammia voi olla järkevää. Tarkat arvot soveltuvat eri tavalla erilaisiin diagrammeihin; esimerkiksi palkkidiagrammeihin ne istuvat usein hyvin palkkien viereen (kuva 21), kun taas viivadiagrammeissa, varsinkin jos viivoja on useita, voi lukuarvojen asetteleminen viivojen läheisyyteen tehdä koko diagrammista sekavan ja hankalasti tulkittavan (kuva 22).



**Kuva 21** Palkkidiagrammi, jossa palkin perään on merkitty sen kuvaama arvo (Cox, 2008)



**Kuva 22** Taulukon 1 datasta generoitu viivadiagrammi, jossa viivojen tarkkoja arvoja on yritetty kuvata viivan yhteyteen

Siinä missä monet tutkijat ovat tyrmänneet ajatuksen tarkkojen arvojen esittämisestä diagrammeissa on se myös innostanut toisia ja esimerkiksi Cox (2008) esittelee uuden tavan yhdistää tarkat arvot pistediagrammiin. Kuvassa 23 näkyy, Kuinka Cox (2008) on korvannut pistediagrammista perinteisen pistemerkin lukuarvolla. Näin yksinkertaisesti taulukosta näkyy hyvin sekä pisteiden suhde toisiinsa ja kokonaisuuteen nähden että samalla myös tarkka lukuarvo. Valitettavasti Cox (2008) ei esittele mitään tutkimustuloksia siitä miten tällainen uuden tyyppinen diagrammi vertautuu suhteessa perinteisempiin diagrammityyppeihin. Muutenkin tuntuu, että koska lukuarvojen merkitsemistä diagrammeihin pidetään yleisesti huonona tapana, ei niistä löydy paljoakaan tutkimusta. Olisikin kiinnostavaa lukea tarkemmin onko tällainen käytännössä kuitenkin hyvin tavanomainen esittämistapa todella niin huono kuin minä tutkijat sitä tuntuvat pitävän, vai onko diagrammien ja numeroiden yhdistäminen kuitenkin aivan soveliasta, kun arkisten diagrammien odotetaan kuitenkin viestivän lukijalleen yhtä aikaa useampia eri asioita.



**Kuva 23** Pistekuvio eri ikäryhmien matkapuhelimen käyttötavoista. Perinteisen ympyrän sijaan merkinä on käytetty prosenttiosuutta kuvaavaa lukua. (Cox, 2008)

#### 6.4. Muutoksen havainnointi

Neljäs tyypillinen kaavion käyttötarkoitus on muutoksen havainnointi datasta. Muutoksen havainnoinnista on tavallisesti kyse, kun esimerkiksi verrataan datan osuuksia kahtena eri ajanhetkenä (esimerkiksi eri vuosina tai kuukausina). Tällöin ollaan yleensä kiinnostuneita siitä, onko jonkin asian osuus kokonaisuudesta kasvanut, laskenut vai pysynyt ennallaan, tai onko kokonaismäärässä tapahtunut muutosta johonkin suuntaan. Joissakin tapauksissa (erityisesti

yritysmaailmassa) on myös tarpeen tehdä ennustuksia olemassa olevan datan pohjalta. Tällöin yleensä havainnoidaan muutosta pitemmällä aikavälillä ja yritetään havaintojen ja muun käytössä olevan tiedon avulla arvioida miten data tulee tulevaisuudessa käyttäytymään. Muutoksen havainnointia eri kaaviotyyppeiden välillä ovat tutkineet esimerkiksi Hollands ja Spence (1992), Meyer ym. (1999), Oron-Gilad ym. (2001) sekä Porat ym. (2009). Tässä osiossa käydään läpi heidän tutkimustuloksiaan ja tehdään lopuksi yhteenveto aiheesta.

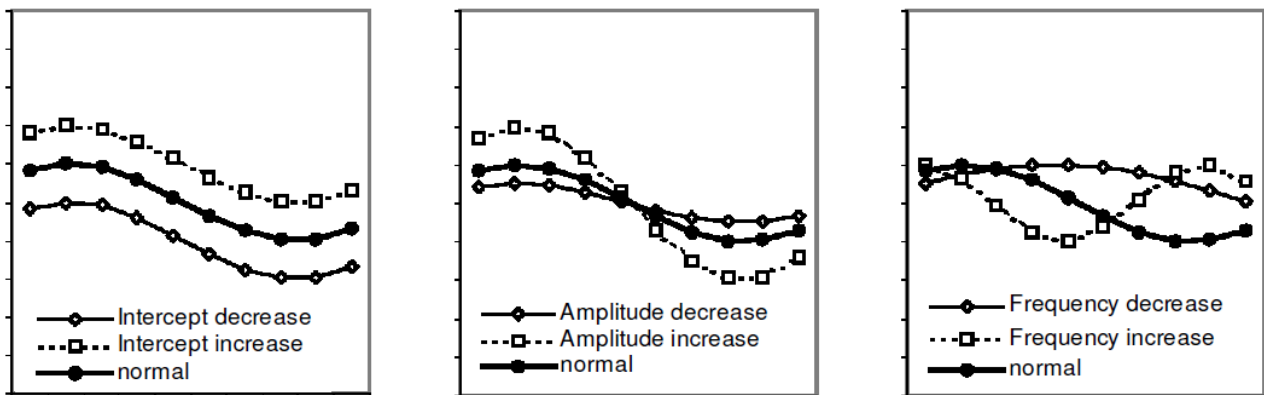
Hollands ja Spence (1992) selvittivät datan suhteellisten osuuksien muutoksen havainnointia viiva-, pylväs-, ositetun pylväsdiagrammin ja ympyrädiagrammin avulla, kun muutoksen määrä oli joko yksi tai kaksi prosenttiyksikköä ylös- tai alaspäin. Pylväs- ja viivadiagrammeissa x-akselilla oli aika ja y-akselilla prosenttiosuus, ympyrädiagrammin kohdalla jokaiselle ajanhetkelle (joita oli neljä kappaletta) oli oma diagramminsa, jotka oli aseteltu vierekkäin. Kussakin diagrammissa kokonaisuus oli jaettu neljään eri osaan, joiden muutosta siis havainnoitiin. Havainnoijien ei tarvinnut tutkimuksessa arvioida muutoksen suuruutta, ainoastaan määrittää tapahtuiko muutosta ja jos tapahtui, oliko muutos nousevaa vai laskevaa. Tutkimuksessa selvisi, että ympyrädiagrammin kohdalla osallistujat tekivät enemmän virheitä kuin pylväs- tai viivadiagrammien kohdalla ja virheitä tapahtui ympyrädiagrammin kohdalla enemmän, kun muutos oli pienempi. Ympyrädiagrammien havainnoiminen oli myös hitaampaa kuin pylväsdiagrammien, joiden havainnoiminen puolestaan oli hitaampaa kuin ositetujen pylväsdiagrammien, viivadiagrammien kohdalla muutoksen havainnoinnin ollessa kaikista nopeinta.

Hollands ja Spence (1992) tutkivat yksittäisen osion muutoksen havainnoimisen lisäksi kahden osion yhteenlasketun osuuden muutoksen havainnointia siten, että yhteenlaskettavat osiot sijaitsivat joko vierekkäin tai erillään toisistaan. Tutkimuksessa pienen muutoksen kohdalla yksittäisen osuuden muutoksen havainnointi tuotti vähemmän virheitä kuin kummankaan yhteenlasketun osion havainnointi ja suuremman muutoksen kohdalla erillään olevien osioiden muutoksen havainnointi tuotti enemmän virheitä kuin yksittäisen tai vierekkäisten osioiden havainnointi.

Meyer ym. (1999) vertailivat tutkimuksessaan datan muutoksen havainnointia taulukon ja viivadiagrammin avulla. Sekä taulukossa että viivadiagrammissa esitettiin kolme sarjaa neljänä eri ajanhetkenä. Viivadiagrammissa aika oli x-akselilla ja taulukossa eri ajanhetket olivat eri sarakkeissa, jolloin yksi sarja oli aina yhdellä rivillä. Kahdessa eri testitilanteessa osallistujien piti joko määrittää taulukon tai viivadiagrammin avulla onko sarja nouseva vai laskeva tai ennustaa sarjan käyttäytymistä seuraavalla (tuntemattomalla) ajanhetkellä. Muutoksen havainnointitehtävässä viivadiagrammi oli taulukkoa marginaalisesti nopeampi ja merkittävästi tarkempi. Ennustamistehtävässä osallistujille näytettiin ensin neljä kaaviota ja pyydettiin tämän jälkeen ennustamaan sarjan kehitystä. Taulukon kohdalla ennustaminen oli arvauksen tasolla ja viivadiagrammin kohdalla jonkin verran parempaa. Viivadiagrammi siis päihitti taulukon sekä havainnointi- että ennustamistehtävän kohdalla.

Oron-Giladin ym. (2001) ja Poratin ym. (2009) tutkimuksissa selvitettiin muutoksen havaitsemista Meyerin ym. (1999) tapaan viivadiagrammin ja taulukon avulla. Muutosta

havainnoitiin sinifunktiosta generoidusta datasta ja muutos oli joko funktion siirtymistä ylöspäin tai alaspäin y-akselin suhteen, funktion amplitudin kasvamista tai (osassa testejä) pienenemistä tai funktion taajuuden kasvamista (kuva 24). Testitilanteissa osallistujille näytettiin tietokoneen näytöltä kaavioita, joihin generoitu data vaikutti liikkuvan eteenpäin kaavion vaihtuessa toiseksi. Normaalitylanteessa data oli generoitu käyttäen samoja funktion arvoja, mutta muutoksen sattuessa arvoja oli muutettu yhdellä aiemmin kuvatuista tavoista. Muutos oli näkyvissä kolmen ruudun verran ja sen jälkeen palattiin aina takaisin ”normaalitylanteeseen”. Havainnoijien piti tunnistaa muutoksen tapahtuminen (missä tahansa kolmesta ruudusta) sekä tämän jälkeen määrittellä minkä sarjan kohdalla muutos tapahtui. Näiden muutosten kohdalla funktion siirtymän ja amplitudin kasvun kohdalla muutos on suhteellisen helppo havaita tarkkailemalla datan ääriarvoja, mutta amplitudin laskun ja taajuuden muutoksen kohdalla muutoksen havainnointiin pitää käyttää monimutkaisempia tapoja, kuten esimerkiksi laskea ääriarvojen väliin jäävien arvojen lukumäärää.



**Kuva 24** Vasemmalta oikealle sinifunktion siirtymä y-akselin suhteen, amplitudin muutos ja taajuuden muutos (Oron-Gilad et al., 2001)

Kaikissa Oron-Giladin ym. (2001) ja Poratin ym. (2009) testitilanteissa ne osallistujat, jotka suorittivat havainnointitehtävät viivadiagrammin avulla, suoriutuivat taulukkoa käyttäneitä paremmin. Viivadiagrammin avulla tunnistettiin enemmän muutoksia, muutokset osattiin yhdistää tarkemmin oikeaan sarjaan ja muutokset tunnistettiin varhaisemmassa vaiheessa; suurin osa jo ensimmäisen muuttuneen näkymän kohdalla, kun taas taulukon kohdalla ei kolmenkaan muuttuneen näkymän jälkeen päästy yhtä hyvään tunnistukseen. Myös värien tunnistusten määrä oli viivadiagrammin kohdalla kaikissa testitilanteissa parempi kuin taulukon kohdalla. Taulukon avulla havaintoja tehneet tunnistivat odotetusti parhaiten funktion siirtymään ja amplitudin nousuun liittyviä muutoksia, joissa ääriarvojen tarkkailusta oli hyötyä. Amplitudin laskua ja taajuuden nousua oli taulukon avulla huomattavasti vaikeampi havaita.

Yhteenvedon voisi sanoa, että viivadiagrammi on selvästi paras työkalu (lähes) kaikenlaisen muutoksen havainnointiin. Diagrammeista seuraavaksi parhaiten suoriutuivat ositettu ja tavallinen pylväsdiagrammi ja huonoiten ympyrädiagrammi. Muiden kuin viivadiagrammin ja taulukon välisistä eroista on näiden tulosten perusteella mahdoton sanoa mitään varmaa, mutta viivadiagrammin ja pylväsdiagrammin samankaltaisuuksien perusteella voisi olettaa

pylväsdiagrammin olevan taulukkoa parempi vaihtoehto ainakin suurimmassa osassa tilanteita. Ympyrädiagrammin käyttöä muutoksen visualisoinnissa kannattaa lähtökohtaisesti välttää, ja suosia enemmän vaikkapa ositettua pylväsdiagrammia.

### 6.5. Nopea tiedon välittäminen vs. tiedon syvempi omaksuminen

Edellä käsiteltyjen asioiden lisäksi on hyvä miettiä, onko kaavion avulla tarkoitus välittää tietoa nopeasti ja tehokkaasti kaavion lukijalle, vai onko tarkoituksena, että kaavio jää lukijan mieleen ja hän muistaa näkemänsä tiedon (ainakin pääpiirteittäin) vielä hyvän aikaa havainnointitilanteen jälkeenkin. Monissa tässäkin tutkielmassa esitellyissä tutkimuksissa diagrammien paremmuutta on määritelty sen mukaan, miten nopeasti ja oikeellisesti siitä on mahdollista havainnoida asioita. Viime aikoina (Borkin et al., 2013; Hullman et al., 2011) on kuitenkin havahduttu huomaamaan, että myös tiedon omaksuminen ja pitkäaikaisempi muistaminen voivat olla tärkeitä elementtejä ja ne pitäisi huomioida diagrammityyppiä ja diagrammin ominaisuuksia valitessa.

Nopea tiedon välittäminen voi olla tarpeen vaikkapa sijoittajien houkuttelemisessa jonkin uuden tuotteen tai idean taakse tai mediassa kun katsojien tai lukijoiden huomio halutaan kiinnittää johonkin uutiseen. Tällöin diagrammi, joka esittää asiat selkeästi ja tehokkaasti voi olla avainasemassa, jotta kuulijan kiinnostus aihetta kohtaan saadaan herätettyä. Toisaalta esimerkiksi valistuskampanjoissa voi olla tärkeämpää, että lukijat saadaan muistamaan kampanjan sanoma vielä kotonakin. Bateman ym. (2010) tutkivat diagrammin esittämän tiedon muistettavuutta ja havaitsivat, että diagrammit, jotka sisälsivät paljon niin sanottua kuvioroinaa, muistettiin pari-kolme viikkoa diagrammin näkemisen jälkeen huomattavasti paremmin kuin perinteiset, yksinkertaiset diagrammit. Hullman ym. (2011) puolestaan esittävät, että diagrammit, joiden tulkitseminen on tavallista vaikeampaa saavat havainnoitsijan prosessoimaan diagrammin tietoa aktiivisemmin ja näin ollen omaksumaan ja muistamaan havaitsemansa tiedon tavallista paremmin. Tämän perusteella voi joskus olla hyödyllistä unohtaa jotkin hyvän diagrammin periaatteet ja muodostaa diagrammi sillä tavalla, että lukija joutuu näkemään hieman vaivaa ymmärtääkseen mitä diagrammi esittää.

Hullman ym. (2011) esittävät tutkimuksessaan oheisen taulukon (taulukko 3), jossa on ohjeita sekä tehokkaan että visuaalisesti haastavan diagrammin tekemiseksi. Mikäli tarkoituksena on siis esittää diagrammin sisältö mahdollisimman tehokkaasti ja helposti ymmärrettävästi tulisi kognitiivinen tehokkuus –sarakkeen mukaisesti minimoida diagrammin käsittelemiseksi vaadittavat kognitiiviset askeleet ja vastaavasti mikäli tarkoituksena on, että diagrammin sisältö muistetaan pidempään ja ymmärretään syvällisemmin, tulisi diagrammin ohjata havainnoitsijaa itsenäiseen ajatteluun. Vastaavasti kognitiivisesti tehokkaassa diagrammissa data-mustesuhde on maksimoitu, eli mahdollisimman suuri osa diagrammin piirtämiseen käytetystä musteesta on merkityksellistä diagrammin sisällön tulkitsemiseksi. Visuaalisesti haastavassa diagrammissa data-mustesuhteen optimoinnin sijasta diagrammia voidaan esimerkiksi koristella tai korostaa tavalla, joka houkuttelee havainnoitsijaa tutkimaan diagrammia tarkemmin ja miettimään sen sisältöä syvällisemmin. Organisoinnin osalta voidaan joko valita tässäkin tutkielmassa paljon pohdittu optimaalinen

diagrammityyppi esitettävälle sisällölle tai sitten tarkoituksellisesti valita tiedon havainnoinnin kannalta vähemmän optimaalinen diagrammi, jotta havainnoija joutuu työstämään diagrammin sisältöä enemmän ymmärtääkseen sitä. Animaation käyttöä Hullman ym. (2011) suosittelevat käytettäväksi aikasarjojen tehokkaaseen visualisointiin tai mikäli visualisoinnista muilla keinoin tulisi liian vaikeasti ymmärrettävää. Muutoin haastavampaan visualisointiin pyrkivää suositellaan käyttämään esim. useita staattisia diagrammeja, joita vertailemalla muutoksen ymmärtäminen on mahdollista. Viimeisenä diagrammin osioiden selitteet tulisi tehokkuuden maksimoimiseksi sijoittaa suoraan selitettävien osioiden viereen, kun taas havainnoijan tiedon prosessoinnin lisäämiseksi suositellaan käytettäväksi erillistä selitelaatikkoa.

**Taulukko 3** Ohjeita tehokkaan tai haastavan visualisoinnin tekemiseen (Hullman et al., 2011)

	<b>Kognitiivinen tehokkuus</b>	<b>Visuaalinen haastavuus</b>
<i>Kognitiiviset operaatiot</i>	Minimoi visualisoinnin käsittelemiseksi vaadittavat kognitiiviset askeleet.	Edesauta havainnoitsijaa ajattelemaan itsenäisesti ja olemaan kognitiivisesti aktiivinen.
<i>Data-mustesuhde</i>	Maksimoi data-mustesuhde.	Suunnittele esityksiä, jotka todennäköisimmin houkuttelevat havainnoitsijan tiedon aktiiviseen prosessointiin.
<i>Organisointi</i>	Valitse esitystapa, joka tuo tärkeän tiedon kaikista selkeimmin esille.	Valitse esitystapa, joka parhaiten stimuloi tärkeän tiedon syvää pohtimista.
<i>Animaatio</i>	Käytä animaatiota tärkeiden prosessien nopeaan ja intuitiiviseen visualisointiin.	Käytä staattisia esityksiä aiheuttamaan jaksottaista visualisoinnin prosessointia. Harkitse animaation käyttämistä tapauksissa, joissa mentaalinen animaatio tuottaa liikaa vaikeuksia.
<i>Selitteet</i>	Aseta selitteet suoraan elementtien viereen erillisen selitelaatikon sijaan.	Käytä erillisiä selitelaatikoita datan syvemmän tutkimisen stimuloimiseksi.

## 7. Yhteenveto

Datan suhteellisten osioiden visualisointi ei ole yhtä suoraviivaista ja selkeää toimintaa, kuin voisi olettaa, vaan visualisointitapaa valitessa on otettava huomioon useita erilaisia asioita. Erilaisia visualisointimenetelmiä on paljon ja niiden variaatioita vielä enemmän eikä tämänkään tutkielman tuloksena valitettavasti ole mitään yksiselitteistä listaa siitä, mitä visualisointimenetelmää tulisi suosia ja mitkä joutaisivat suoraan romukoppaan, vaan erilaisiin tilanteisiin soveltuvat erilaiset diagrammit. Joitakin selkeitä tilanteita ja ohjeita valintaan on kuitenkin onneksi noussut esiin.

Kaikista selkeimmät ohjeet liittyvät tarkan arvon määrittämiseen ja trendien tai muutoksen havainnointiin. Mikäli diagrammin ainoana tarkoituksena on välittää tarkkoja arvoja datasta, on taulukko, jossa luvut ovat selvästi näkyvillä tähän ylivoimaisesti paras vaihtoehto, Jos datasta taas pitää pystyä havaitsemaan trendejä tai muutosta, on viivadiagrammi paras esitysmuoto. Valitettavasti tehtävät eivät aina ole näin yksinkertaisia, vaan usein yhdestä diagrammista haluttaisiin saada selville monia erilaisia asioita tai toisaalta kaikissa tilanteissa vastaavia selkeitä ohjeita ei voida antaa, vaan eri tutkimusten tulokset ovat osittain ristiriitaisia keskenään.

Luvussa 4.1 esiteltyt havainnointitehtävät antavat hyvän rungon diagrammityyppien valintaan, mutta eivät nekään ole aivan yleispäteviä kaikissa tilanteissa. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että pylväsdiagrammi soveltuu moniin visualisointitehtäviin todella hyvin, sillä sen ominaisuudet sopivat hyvin sekä tarkan arvon määrittämiseen että arvojen vertailuun ja muutoksen havainnointiin. Pylväsdiagrammi onkin turvallinen valinta, mikäli visualisoinnilla pitää välittää yhtäaikaisesti montaa eri asiaa. Pylväsdiagrammi on myös hyvin tuttu visualisointimenetelmä, ja sopii siinäkin mielessä käytettäväksi hyvin erilaisiin tilanteisiin.

Siinä missä pylväsdiagrammi on hyvä ja yleispätevä visualisointitapa on ympyrädiagrammi asteikon toisessa päässä. Monissa tutkimuksissa ympyrädiagrammia on haukuttu suorastaan kelvottomaksi, mutta sillekin on paikkansa, mikäli halutaan visualisoida osien suhdetta kokonaisuuteen, eikä se missään tapauksessa vaikuta kelvottomalta myöskään osien vertailussa toisiinsa nähden, vaikka tässä tehtävässä se ei pylväsdiagrammin tasolle aivan pääsekään. Ympyrädiagrammin käyttöä voi tietyissä tilanteissa puoltaa myös se, että se on paljon käytetty ja näin ollen tuttu visualisointitapa monille.

Vaikka diagrammin tarkoitus onkin varmasti tärkein huomioitava asia diagrammityyppiä valitessa, vaikuttaa visualisointityypin valintaan myös havainnointitilanne, käytettävissä oleva aika, ongelman monimutkaisuus, lukijan ennakkotieto, oppiminen ja yksilöiden väliset erot. Nämä kaikki seikat tuovat omat mausteensa ja lisähaasteensa diagrammityyppin valintaan. Esimerkiksi yksilöön liittyvät seikat, kuten ennakkotieto joko aihealueesta tai tottumus johonkin tiettyyn diagrammityyppiin voivat muuttaa yhden visualisointitavan toista paremmaksi, jos se on tutumpi kohdeyleisölle. Tällöin siis tuttuus voi aiheuttaa sen, että esimerkiksi muuten hyvä pylväsdiagrammi saakin väistyä esimerkiksi viivadiagrammin tieltä parhaana visualisointitapana. Tällainen kohdeyleisön tunteminen ei toki ole aivan tavanomaista, mutta esimerkiksi organisaation sisäisessä raportoinnissa voi olla tilanne, jossa visualisointi on totuttu aina tekemään jollakin yhdellä tavalla ja tätä tapaa voi siksi olla hyvä käyttää jatkossakin, vaikka muutoin jokin toinen tapa voisi olla parempi kyseisen asian esittämiseen.

Vastaavasti on hyvä huomioida, onko diagrammin avulla tarkoitus välittää tietoa nopeasti ja tehokkaasti, vai auttaa tiedon syvemmissä omaksumisessa. Ensimmäisessä tilanteessa on syytä valita kaikista optimaalisin visualisointimenetelmä, kun taas jälkimmäisessä tilanteessa voikin olla syytä poiketa hyvistä ohjeista ja valita visualisointitapa, joka on yhdellä tai useammalla tavalla hieman

epäoptimaalinen ja aiheuttaa näin enemmän kognitiivista kuormaa, mikä puolestaan edesauttaa tiedon painumista mieleen ja oppimista.

Visualisointitavan valinnan lisäksi on syytä muistaa, että myös datan ja diagrammin ominaisuudet vaikuttavat diagrammin luettavuuteen ja tiedon välittämiseen. Esimerkiksi vertailtavien osioiden sijaitseminen eri diagrammeissa, jotka mahdollisesti ovat vielä eri kokoisia, vaikuttaa merkittävästi havainnointiin ja diagrammityypin valintaan. Lähtökohtaisesti on tietysti järkevää rakentaa visualisointi niin, että vertailu tapahtuu yhden diagrammin sisällä, mutta joissakin tapauksissa tämä ei ole mahdollista, ja silloin on syytä kiinnittää erityistä huomiota siihen, millaisia diagrammeja käytetään. Mikäli diagrammit ovat erikokoisia, on turvallisinta käyttää ympyrädiagrammeja, kun taas samankokoisten diagrammien kohdalla pylväsdiagrammi on parempi. Vertailtavien osioiden sijaitessa eri kohdissa diagrammeja on (ositettu)pylväsdiagrammi puolestaan ympyrädiagrammia parempi valinta.

Diagrammin osien lukumäärän lisääntyminen lisäsi yleisesti ottaen sekä havainnointiin käytettyä aikaa että huononsi tarkkuutta. Värien käyttäminen puolestaan nopeutti havainnointia erityisesti silloin, kun diagrammissa oli useampia osioita. Datan rakenne vaikutti havainnointitilanteeseen erityisesti silloin, kun se oli tarkasti tiedossa, eli havainnoijat tiesivät mitä odottaa visualisoinnilta.

Muista diagrammien ominaisuuksista, kuten apuviivoista ja asteikkomerkeistä näytti olevan apua erityisesti, kun osion koko osui lähelle tällaista asteikkomerkkiä. Asettelulla on myös merkitystä, sillä lähempänä olevia arvoja on helpompi vertailla toisiinsa kuin kauempana olevia, jolloin taulukossa vertailtavat arvot kannattaa asetella ensisijaisesti allekkain ja suurimmasta pienempään. Toisaalta aikasarjojen kohdalla aikaa on totuttu ajattelemaan lineaarisesti vasemmalta oikealle kulkevana ja samaa tapaa on syytä käyttää myös visualisoidessa. Toisaalta jos selitetekstit laitettiin hieman kauemmas selitettävästä asiasta erilliseen selitelaatikkoon, tämä lisäsi diagrammin havainnointiin tarvittavaa aikaa, mutta auttoi painamaan asioita mieleen paremmin. Vastaava vaikutus näyttäisi olevan myös kuvioroinan kohdalla, eli yksinkertaista diagrammia on kyllä helppo ja nopea tulkita, mutta koristeellinen tai hieman vaikeammin tulkittava diagrammi jäi havainnoitsijoilla paremmin mieleen.

Loppupäätelmänä voidaan siis sanoa, että datan suhteellisten osuuksien visualisointitapaa valitessa kaikki vaikuttaa kaikkeen, ja yhtä yksiselitteisesti oikeaa tapaa valita visualisointityyppiä ei ole olemassa. Yksinkertaisimmillaan voidaan keskittyä diagrammin tarkoitukseen, ja valita siihen parhaiten sopiva tapa, mutta mitä enemmän tietoa sekä havainnoijista, havainnointitilanteesta että datasta ja visualisoinnin tarkoituksesta on, sitä monimutkaisemmaksi visualisointityypin ja sen ominaisuuksien valinta käy. Ja mikäli valinta tuntuu liian vaikealta, voi aina turvautua tuttuun ja moneen tilanteeseen soveltuvaan pylväsdiagrammiin.



## Viiteluettelo

Ahomaa, O. (2001). *Puukartat*

*käyttöliittymätutkimus - seminaari*. Unpublished manuscript. Retrieved May 15, 2016, Retrieved from <https://www.cs.helsinki.fi/u/erkio/klsem01/ahomaa.pdf>

Baird, J. C. (1970). *Psychological analysis of visual space*. Pergamon Press.

Bar, M., & Neta, M. (2006). Humans prefer curved visual objects. *Psychological Science*, *17*(8), 645-648.

doi:PSC11759 [pii]

Bateman, S., Mandryk, R. L., Gutwin, C., Genest, A., McDine, D., & Brooks, C. (2010, April). Useful junk?: The effects of visual embellishment on comprehension and memorability of charts. Paper presented at the *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2573-2582.

Beniger, J. R., & Robyn, D. L. (1978). Quantitative graphics in statistics: A brief history. *The American Statistician*, *32*(1), 1-11.

Bertin, J. (1983). *Semiology of graphics: Diagrams, networks, maps* [Sémiologie graphique. Paris: Mouton, 1966, 432p.] University of Wisconsin press.

Borkin, M., Vo, A., Bylinskii, Z., Isola, P., Sunkavalli, S., Oliva, A., & Pfister, H. (2013). What makes a visualization memorable? *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions On*, *19*(12), 2306-2315.

Card, S. K., Newell, A., & Moran, T. P. (1983). *The psychology of human-computer interaction* L. Erlbaum Associates Inc.

Cleveland, W. S., & McGill, R. (1984). Graphical perception: Theory, experimentation, and application to the development of graphical methods. *Journal of the American Statistical Association*, *79*(387), 531-554.

Cox, N. J. (2008). Speaking stata: Between tables and graphs. *Stata Journal*, *8*(2), 269.

Croton, F. E., & Stein, H. (1932). Graphic comparisons by bars, squares, circles, and cubes. *Journal of the American Statistical Association*, *27*(177), 54-60.

- Eells, W. C. (1926). The relative merits of circles and bars for representing component parts. *Journal of the American Statistical Association*, 21(154), 119-132.
- Ehrenberg, A. S. C. (1977). Rudiments of numeracy. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 140(3), 277-297.
- Feitelson, D. G. (2003). *Comparing partitions with spie charts*. (No. Technical Report 2003-87). School of Computer Science and Engineering, The Hebrew University of Jerusalem.
- Few, S. (2007). Save the pies for dessert. *Visual Business Intelligence Newsletter*, , 1-14.
- Few, S. (2011). The chartjunk debate: A close examination of recent findings. *Visual Business Intelligent Newsletter*,
- Friendly, M. (2008). The golden age of statistical graphics. *Statistical Science*, 502-535.
- Friendly, M., & Denis, D. J. (2001). Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. URL <http://www.datavis.ca/milestones>, 32, 13.
- Friendly, M., & Denis, D. J. (2005). The early origins and development of the scatterplot. *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 41(2), 103-130.
- Gillan, D. J. (2009, October). A componential model of human interaction with graphs: VII. A review of the mixed arithmetic-perceptual model. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society annual meeting* (Vol. 53, No. 12, pp. 829-833). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Gillan, D. J., & Callahan, A. B. (2000). A componential model of human interaction with graphs: VI. cognitive engineering of pie graphs. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 42(4), 566-591.
- Gillan, D. J., & Lewis, R. (1994). A componential model of human interaction with graphs: 1. linear regression modeling. *Human Factors*, 36(3), 419-440.
- Gillan, D. J., Wickens, C. D., Hollands, J. G., & Carswell, C. M. (1998). Guidelines for presenting quantitative data in HFES publications. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(1), 28-41.

- Hollands, J. G., & Spence, I. (1992). Judgments of change and proportion in graphical perception. *Human Factors*, 34(3), 313-334.
- Hollands, J. G., & Spence, I. (1998). Judging proportion with graphs: The summation model. *Applied Cognitive Psychology*, 12(2), 173-190.
- Hollands, J. G., & Spence, I. (2001). The discrimination of graphical elements. *Applied Cognitive Psychology*, 15(4), 413-431.
- Holmes, N. (1984). *Designer's guide to creating charts & diagrams*. Watson-Guptill Publications.
- Hullman, J., Adar, E., & Shah, P. (2011). Benefitting infovis with visual difficulties. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions On*, 17(12), 2213-2222.
- John, B. E., & Kieras, D. E. (1996). The GOMS family of user interface analysis techniques: Comparison and contrast. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 3(4), 320-351.
- Karjalainen, L., & Karjalainen, J. (2009). *Tilastojen graafinen esittäminen* Pii-Kirjat.
- Kuusela, V. (2000). In Hyppönen A. (Ed.), *Tilastografiikan perusteet*. Helsinki: Edita.
- Lohse, G. L. (1997a). Models of graphical perception. *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2, 107-135, 733-742.
- Lohse, G. L. (1997b). The role of working memory on graphical information processing. *Behaviour & Information Technology*, 16(6), 297-308.
- Meyer, J. (2000). Performance with tables and graphs: Effects of training and a visual search model. *Ergonomics*, 43(11), 1840-1865.
- Meyer, J., Shamo, M. K., & Gopher, D. (1999). Information structure and the relative efficacy of tables and graphs. *Human Factors*, 41(4), 570-587.
- Nightingale, F. (1858). *Mortality of the british army, at home, at home and abroad, and during the russian war, as compared with the mortality of the civil population in england*. Harrison and Sons.

- Oron-Gilad, T., Meyer, J., & Gopher, D. (2001). Monitoring dynamic processes with alphanumeric and graphic displays. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 2(4), 368-389.
- Peck, E. M., Yuksel, B. F., Ottley, A., Jacob, R. J. K., & Chang, R. (2013). Using fNIRS brain sensing to evaluate information visualization interfaces. Paper presented at the *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 473-482.
- Pinker, S. (1990). A theory of graph comprehension. *Artificial Intelligence and the Future of Testing*, 73-126.
- Porat, T., Oron-Gilad, T., & Meyer, J. (2009). Task-dependent processing of tables and graphs. *Behaviour & Information Technology*, 28(3), 293-307.
- Shah, P., & Freedman, E. G. (2011). Bar and line graph comprehension: An interaction of top-down and bottom-up processes. *Topics in Cognitive Science*, 3(3), 560-578.
- Siirtola, H. (2014). Bars, pies, doughnuts & Tables—Visualization of proportions. *Proceedings of BCS HCI 2014 - Sand, Sea and Sky - Holiday HCI*, Retrieved from <http://people.uta.fi/~harri.siirtola/Siirtola-HCI2014.pdf>
- Simkin, D., & Hastie, R. (1987). An information-processing analysis of graph perception. *Journal of the American Statistical Association*, 82(398), 454-465.
- Spence, I. (2005). No humble pie: The origins and usage of a statistical chart. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 30(4), 353-368.
- Spence, I., & Lewandowsky, S. (1991). Displaying proportions and percentages. *Applied Cognitive Psychology*, 5(1), 61-77.
- Stevens, S. S. (1975). *Psychophysics* Transaction Publishers.
- Tilastokeskus. (2019). *Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestörakenne [verkköjulkaisu]*. ISSN=1797-5379. (). Helsinki: Tilastokeskus. Retrieved from <http://www.stat.fi/til/vaerak/index.html>
- Treisman, A. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(2), 194-214.

Tufte, E. R. (1983). *The visual display of quantitative information* Graphics press Cheshire, CT.

Wertheimer, M. (1938). Laws of organization in perceptual forms. In Ellis, W. D. (Ed.), *A sourcebook of Gestalt psychology*, (pp. 71–88). Routledge and Kegan Paul LTD.