

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
School of Business and Management
Tietotekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

Arttu Tolvanen

**INTERAKTIIVINEN DATAN VISUALISOINTI POWER BI -
TYÖKALULLA**

Työn tarkastaja: TkT Ari Happonen

Työn ohjaaja: TkT Ari Happonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
School of Business and Management
Tietotekniikan koulutusohjelma

Arttu Tolvanen

Interaktiivinen datan visualisointi Power BI -työkalulla

Kandidaatintyö

2018

25 sivua, 4 kuvaa, 1 taulukko

Työn tarkastajat: TkT Ari Happonen

Hakusanat: interaktiivinen datan visualisointi, Power BI, kandidaatintyö

Keywords: interactive data visualization, Power BI, bachelor's thesis

Datan visualisointi on arvokas apuväline päätöksentekijöille ja analyytikoille. Microsoft Power BI on helppokäyttöinen työkalu, joka tuottaa monenlaisia interaktiivisia visualisointeja. Tämän työn tavoitteena on määritellä, mitkä tekijät vaikuttavat datan visualisointien luettavuuteen, kuinka interaktiivisuus ehostaa datan visualisointia, ja kuinka voidaan taata interaktiivisten visualisointien käytettävyys. Työssä käydään läpi datan visualisoinnin teoriaa kirjallisuuskatsauksen avulla. Teoriaosuuden tuloksia hyödynnetään työn empiriaosuudessa, jossa tuotettiin Karjalan Betoni Oy:lle datan visualisointi tuotannon päätöksenteon tueksi. Empiriaosuus sisältää pohdintaa siitä, kuinka hyvin teorian soveltaminen käytäntöön onnistui.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
School of Business and Management
Degree Program in Computer Science

Arttu Tolvanen

Interactive data visualization using Power BI

Bachelor's Thesis

25 pages, 4 figures, 1 table

Examiners : D.Sc. Ari Happonen

Keywords: interactive data visualization, Power BI, bachelor's thesis

Data visualization is a valuable tool for decision makers and analysts. Microsoft Power BI is easy to use, and it can produce various interactive visualizations. The goal of this work is to determine which factors affect the readability of the visualizations, how interactivity enhances the visualization of data, and how to ensure the usability of interactive data visualizations. This thesis explores the theory of data visualization through a literature review. The results from this review are applied in the empirical section of the thesis, wherein a data visualization tool to assist in the decision making of the production department of Karjalan Betoni Oy was developed. The empirical section of this thesis consists of discussion on how successful the application of theory to practice was.

ALKUSANAT

Tahtoisin kiittää työni ohjaajaa, Ari Haposta, tavoitettavuudesta, hyvistä neuvoista, ja ennen kaikkea joustavuudesta ja näennäisen pohjattomasta kärsivällisyydestä.

Kiitokset myös Karjalan Betoni Oy:n Jani Terävälle, joka järjesti minulle aina aikaa, jotta saimme työn empiriaosuuden kunnialla suoritettua, ja oli kaikin puolin loistava yhteistyökumppani.

Lopulta myös kiitokset vanhemmilleni, jotka ovat tukeneet minua opiskeluvuosiini ajan.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
1.1	TAUSTA	3
1.2	TAVOITTEET JA RAJAUKSET	3
1.3	TYÖN RAKENNE	4
2	DATAN VISUALISOINTI	5
2.1	MÄÄRITELMÄ	5
2.2	ONNISTUNEEN VISUALISOINNIN KRITTEERIT	5
2.3	VISUALISOINTIEN LUETTAVUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	6
2.3.1	<i>Kaaviotyyppi</i>	6
2.3.2	<i>Asteikko</i>	6
2.3.3	<i>Otsikointi ja aputekstit</i>	7
2.3.4	<i>Asettelu</i>	8
2.3.5	<i>Koko</i>	9
2.3.6	<i>Värit</i>	9
3	INTERAKTIIVINEN DATAN VISUALISOINTI	10
3.1	MICROSOFT POWER BI	10
3.1.1	<i>Tuoteperheen jäsenet</i>	10
3.1.2	<i>Power BI Desktop</i>	11
3.2	INTERAKTIIVINEN DATAN VISUALISOINTI.....	12
3.2.1	<i>Suodattaminen</i>	12
3.2.2	<i>Porautuminen</i>	13
3.2.3	<i>Siirtyminen</i>	13
3.2.4	<i>Q & A</i>	14
3.3	INTERAKTIIVISTEN VISUALISOINTIEN KÄYTETTÄVYYSARVIOINTI	14
4	VISUALISOINNIN TOTEUTUS POWER BI -TYÖKALULLA	15
4.1	TAUSTA	15
4.2	DATAN VISUALISOINNIN TEORIAN HYÖDYNTÄMINEN	15
4.3	INTERAKTIIVISUUDEN HYÖDYNTÄMINEN JA KÄYTETTÄVYYSARVIOINTI	17
5	YHTEENVETO	19
	LÄHTEET	20

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

BI	Business Intelligence
CSV	Comma-separated Values
DAX	Data Analysis Expressions
JSON	JavaScript Object Notation
SQL	Structured Query Language

1 JOHDANTO

Tässä luvussa esitellään työn taustat, asetetut tavoitteet ja rajaukset, sekä työn rakenne.

1.1 Tausta

Datan visualisointi on erinomainen työkalu analyytikoille ja päätöksentekijöille; graafisesti esitettynä datasta voidaan tehdä hyvin intuitiivisella tavalla hyödyllisiä havaintoja, ja sen avulla voidaan esittää samasta datasta erilaisia näkökulmia tarpeen mukaan [1]. Dataa on nykypäivänä erittäin hyvin saatavilla erilaisten pilvipalveluiden ansiosta, joka mahdollistaa entistä interaktiivisempien ja monipuolisempien visualisointien toteutuksen. Aloittamisen kynnys on matala: on olemassa useita hyviä ja ilmaisia vaihtoehtoja visualisoinnin toteutukselle, kuten tässä työssä käsiteltävä Microsoft Power BI -työkalu [2].

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin kirjallisuuskatsauksen avulla, ja soveltaa sen yhteydessä tehtyjä havaintoja käytännön osuudessa:

1. Mitkä seikat vaikuttavat datan visualisointien luettavuuteen?
2. Kuinka datan visualisointia voidaan ehostaa interaktiivisuuden avulla?
3. Kuinka taataan interaktiivisten visualisointien käytettävyys?

Käytännön osuus toteutetaan yhteistyössä Karjalan Betoni Oy:n kanssa hyödyntäen Microsoft Power BI -työkalua. Käytännön osuuden tavoitteena on toteuttaa toimiva visualisointi yrityksen valmistusprosesseista kerätystä datasta, joka tukee tuotannon päätöksentekoa. Toteutustapojen vertailu ja valinta on rajattu työstä pois ja työssä keskitytään vain Power BI -työkaluun, koska se vastaa yrityksen tarpeisiin, on kasvavassa markkina-asemassa, sitä kehitetään aktiivisesti, ja työn toteuttajalla on aikaisempaa kokemusta työkalun käytöstä. Työssä käsitellään ensisijaisesti vain 1- ja 2-ulotteisen datan visualisointeja, koska Power BI -työkalu ei tällä hetkellä tarjoa kovin monipuolisia välineitä moniulotteisen datan visualisointiin.

1.3 Työn rakenne

Varsinainen työ koostuu johdannon lisäksi neljästä eri luvusta. Toisessa luvussa käsitellään datan visualisoinnin staattisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat kaavioiden luettavuuteen. Kolmas luku esittelee interaktiivisen datan visualisoinnin luomat mahdollisuudet Microsoft Power BI -työkalun ominaisuuksien ja rajoitteiden mukaisesti. Neljäs luku kattaa työn käytännön osuuden, ja kuinka hyvin teoriaosuudessa tehtyjä havaintoja kyettiin hyödyntämään työn toteutuksessa. Viides ja viimeinen luku on yhteenveto työssä tehdyistä johtopäätöksistä ja havainnoista.

2 DATAN VISUALISOINTI

Tässä luvussa selvitetään kirjallisuuskatsauksen avulla vastaus työn ensimmäiseen tutkimuskysymykseen: mitkä seikat vaikuttavat datan visualisointien luettavuuteen?

2.1 Määritelmä

Datan visualisointi tarkoittaa datan esittämistä graafisesti visualisaation, kuten esimerkiksi pylväskaavion, ympyrädiagrammin, viivakaavion, tai karttadiagrammin muodossa [3]. Sen tarkoituksena on tehdä vaikeaselkoisesta datasta helppolukuisempaa. Visualisoinnin avulla voidaan tunnistaa tietojoukosta muunmuassa trendejä, poikkeamia, ryhmiintymiä, ja muuttujien välisiä suhteita. [4]

Datan visualisointi on laajemman kokonaisuuden, informaation visualisoinnin, osa-alue. Informaation visualisointiin sisältyy abstraktimman tiedon, kuten esimerkiksi prosessien, visualisointi. [3] Datan visualisointi -termillä tarkoitetaan pelkän datan graafisen esittämisen lisäksi datan rakenteen ja sen takana piilevän tiedon esittämistä mahdollisimman ymmärrettävässä muodossa [4].

Visualisoitava data voidaan karkeasti jakaa kahteen tyyppiin: diskreetti ja jatkuva. Diskreetti data koostuu erillisistä arvoista, kuten esimerkiksi kategorioista tai kappalemääristä. Jatkuva data sen sijaan koostuu arvoista jatkuvalla välillä, kuten esimerkiksi aikajaksosta. Datan tyyppin lisäksi toinen keskeinen käsite on sen ulotteisuus. Datan ulotteisuus tarkoittaa siihen liittyvien muuttujien määrää. Kun visualisoitavia muuttujia on yli 3, puhutaan moniulotteisesta datasta. [5]

2.2 Onnistuneen visualisoinnin kriteerit

Datan visualisoinnin tavoitteena on auttaa datan tulkitsemisessa, analysoinnissa, ja esittämisessä. Tämän tavoitteen saavuttamista voidaan mitata Aigner et al. [1] mukaan kriteereillä, jotka ovat ilmaisevuus, tehokkuus, ja tarkoituksenmukaisuus.

Ilmaisevuudella tarkoitetaan sitä, että visualisaatiossa näytetään yksinomaan vain se tieto, mitä data sisältää; ei enempää tai vähempää. Tehokkuudella pyritään mittaamaan sitä, kuinka hyvin visualisaatio vastaa ihmisen näkökykyyn, eli kuinka intuitiivisesti tunnistettava ja

tulkittava visualisaatio on, ja miten se sopii kontekstiinsa. Tarkoituksenmukaisuudella tarkoitetaan visualisaation kustannus-hyöty suhdetta, jota tyypillisesti mitataan esimerkiksi visualisaation esittämiseen vaaditulla laskenta-ajalla tai sillä, kuinka paljon tilaa visualisaatio vaatii esitystään varten. [1]

Visualisaatioprosessin keskeiset tekijät ovat visualisoitava data ja tehtävä, jota varten visualisaatio toteutetaan. Nämä tekijät saadaan selville esittämällä seuraavat kysymykset: ”Mitä halutaan esittää?” ja ”Miksi se täytyy esittää?”. Onnistuneesta visualisaatiosta voidaan puhua vain, jos pystytään vastaamaan näihin kahteen kysymykseen. [1]

2.3 Visualisointien luettavuuteen vaikuttavat tekijät

Kirjallisuudessa mainitaan seuraavat pääseikat, jotka vaikuttavat datan visualisointien luettavuuteen: kaaviotyyppi, asteikko, otsikointi ja aputekstit, asettelu, koko, ja värit. [6] [7] [8] Tässä kappaleessa esitellään parhaita käytäntöjä näiden seikkojen suunnittelua varten, jotta visualisointi tyydyttäisi edellisessä kappaleessa esitellyt onnistuneen visualisoinnin kriteerit.

2.3.1 Kaaviotyyppi

Diskreetin datan esittämiseen soveltuvat erilaiset kaaviotyypit kuin jatkuvan datan esittämiseen. Esimerkiksi ympyrädiagrammi on usein hyvä työkalu diskreetin datan tulkittamiseen, kun taas histogrammi soveltuu jatkuvan datan analysointiin. Visualisoitavan datan tyyppin lisäksi on otettava huomioon se, että erilaiset visualisaatiot korostavat eri puolia esitettävässä datassa. Vääränlaisen kaaviotyypin valintaa ei voida korjata muilla seikoilla, joten on tärkeää valita sopiva kaaviotyyppi suunnittelun alkuvaiheessa. [6]

2.3.2 Asteikko

Kaavion akselien asteikon määrittäminen riippuu visualisoitavan datan tyyppistä. Diskreetin datan tapauksessa tämä on yksinkertaista, ja määriteltävänä on vain missä järjestyksessä arvot näytetään. Jatkuvan datan tapauksessa tehtävä on haastavampaa. Asteikon ääriarvojen asettaminen tietojoukon minimi- ja maksimiarvoiksi on helppo ratkaisu, mutta tällöin visualisaation akselit saattavat peittää osan datasta. On siis suotavaa asettaa asteikko siten, että akselien ääriarvot ovat hieman tietojoukon ulkopuolella, ellei kyseessä ole muuttuja, jonka arvot ovat aina tietyllä alueella, kuten esimerkiksi prosenttiluku 0 – 100 % välillä.

Asteikolta tulisi myös löytyä jokin järjevä kiinnearvo; tavallisesti tämä on 0, mutta joissain tapauksissa on järjevää käyttää jotain muuta lukua. [6]

Asteikkoa muuttamalla voidaan korostaa tai piilottaa muutoksia datassa. Kasvattamalla asteikon arvojoukkoa voidaan tasoittaa graafia, ja siten mahdollisesti piilottaa yksityiskohtia ja tehdä muutoksista vähemmän huomattavia; arvojoukkoa pienentämällä muutokset päinvastoin korostuvat. Asteikon lisäksi muutosten näennäiseen suuruuteen voidaan myös vaikuttaa muuttamalla kaavion aspektisuhdetta, eli kaavion akselien välistä suhdetta. Muuttamalla kaavion korkeutta samalla säilyttäen kaavion leveyden voidaan korostaa tai piilottaa muutosten suuruutta. Mitä suurempi kaavion pituus on kuin sen leveys, olettaen että asteikko ei muutu, sitä jyrkemmillä muutokset näyttävät. [8]



Kuva 1. Sama kuvaaja eri asteikoilla.

Hyvä käytäntö asteikon määrittelyssä on myös ottaa huomioon muut samassa kontekstissa olevat kaaviot, jotta kaikissa samaa kontekstia käsittelevissä kaavioissa olisi saman kokoluokan asteikot. Tämä helpottaa kaavioiden vertailua toisiinsa. Asteikon määrittelyssä tulee myös ottaa huomioon, että siinä on riittävästi väliarvoja. [6]

2.3.3 Otsikointi ja aputekstit

Visualisaatioiden tulisi olla itsenäisiä: lukijan tulisi pystyä tulkitsemaan kaaviota ilman, että tämän tarvitsee lukea mahdollisia kaavioon liittyviä tekstikappaleita. Kaavioon kuuluvien otsikoiden, selitteiden, ja muiden aputekstien tehtävänä on auttaa tässä. Otsikot voidaan asettaa kaaviolle yleisesti, sen akseleille, ja selitteelle. Otsikointi on tehokas tapa selventää, mitä dataa visualisoidaan. Selitteen käytöllä voidaan ryhmitellä dataa värien ja merkkien

avulla. Selite on lyhyt luettelo kaaviossa esiintyvistä dataryhmistä, ja millä merkillä tai värillä kukin on esitetty. Otsikoiden ja selitteen lisäksi voidaan lisätä tietyille pisteille datassa oma aputekstinsä, josta ilmenee tarpeellista lisätietoa, tai jonka avulla erottaa tärkeimmät pisteet muiden joukosta. [6]

Lisättäessä tekstiä visualisaatioon, tulee valita kirjaisin, joka on mahdollisimman helppolukuinen valitulla koolla ja käyttötarkoituksella. Tekstin kirjaisimen valinnassa voidaan hyödyntää seuraavaa nyrkkisääntöä: tietokoneen näytöltä luettuna pienessä kirjainkoossa kannattaa käyttää pääteviivatonta kirjaisintyyppiä (sans-serif), kun taas tulostettuna päätteelliset kirjaisintyypit (serif) näyttävät paremmilta [8].

Tekstin lisääminen kaavioon tekee siitä helposti liian täyden ja sekavan; mikäli kaavion ymmärtämiseen tarvitaan suuri määrä sitä tukevaa tekstiä, on se usein merkki siitä, että yhdessä kaaviossa yritetään esittää kerralla liikaa dataa. Kun pyritään tekemään kaiken kattavaa selitystä otsikoiden ja selitteiden avulla, niistä tulee helposti liian pitkiä, joka myös tekee visualisaatiosta hyvin ahtaan ja epäselvän. Tässä tapauksessa on helpointa pitää kaavion omat tekstit lyhyinä, ja avata kaavion merkitystä syvemmin erillisessä tekstissä. [6]

2.3.4 Asettelu

Visualisointien tulkitsemiseen vaikuttaa niiden näennäinen ryhmittely. Kaaviot, jotka sijaitsevat lähellä toisiaan hahmotetaan kuuluvan samaan ryhmään. Kaaviot, jotka käyttävät samankaltaisia värejä, mielletään liittyvän samoihin asioihin. Nämä ovat Myattin ja Johnsonin [8] mukaan Gestaltin hahmolakeja, ja ne vaikuttavat siihen, kuinka visualisointien asettelu vaikuttaa käyttäjän tulkintaan visualisoinneista. Toisiaan lähellä olevien elementtien laki on läheisyyden laki. Samoja värejä käyttävien elementtien laki on samankaltaisuuden laki. Visualisointien asettelua suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon myös hyvän jatkon laki, joka käsittelee elementtejä jotka ovat kuin näkymättömän viivan yhdistämiä, ja sulkeutuvuuden laki, jonka mukaan elementit jotka näyttävät olevan yhdessä suljettuna jonkin kokonaisuuden keskellä liittyvät toisiinsa. Gestaltin hahmolakeja hyödyntämällä voidaan suunnitella visualisaation asettelu siten, että se olisi mahdollisimman intuitiivinen. [8] Gestaltin hahmolakien on todettu tutkimuksissa auttavan diagrammien tulkinnassa [9].

2.3.5 Koko

Visualisaation koko vaikuttaa ratkaisevalla tavalla sen luettavuuteen. Koko riippuu esitettävien muuttujien määrästä, visualisaation tärkeydestä suhteessa muihin samalla sivulla sijaitseviin elementteihin, ja käytettyjen otsikoiden ja selitteiden pituudesta. Yksinkertaisesti sanottuna kaavion tulisi olla niin suuri, että lukija näkee selvästi kaiken siinä esitettävän tiedon, mutta ei paljon sitä suurempi. [6] Karsimalla otsikointia, selitteitä, ja tarpeen mukaan muita kaavion osia, saadaan enemmän käytettävissä olevasta tilasta itse kaavion käyttöön, mutta kaavion luettavuus kärsii.

2.3.6 Värit

Väreillä on erittäin suuri rooli kaavioiden luettavuuden ja ymmärrettävyyden kannalta. Väreillä voidaan erottaa datajoukkoja toisistaan, ilmaista onko jokin arvo hyvä vai huono, tai korostaa kaavion eri osia, kuten taustaa tai akseleita. Ensisijaisen tärkeää värien käytössä on varmistaa, että kaikki esitetty tieto pysyy luettavana. Etualan tulisi erottua selkeästi taustasta, värien tulisi sopia yhteen mutta erottua riittävästi toisistaan, ja värit tulisi valita siten, että ne ovat luettavia myös värisokeille. [6] [8]

Joillain väreillä on intuitiivisia merkityksiä, jotka tulee ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon. Tyypillisin esimerkki on liikennevalojen värit: vihreä on hyvä, keltainen varoittava, ja punainen huono. [10] Punainen ja vihreä ovat helppoja ja intuitiivisia värejä verrata keskenään, mutta puna-vihersokeat eivät erota niitä toisistaan. [6] Lämpökartta on tietylainen kaavio, jossa värit ovat keskeisessä roolissa: mitä suurempi mitattava arvo on, sitä enemmän väri muuttuu. Lämpökartan tapauksessa väriakseli kannattaa tyypillisesti määrittää siten, että tummat, viileät sävyt kuvaavat matalaa arvoa ja kirkkaat, lämpimät sävyt korkeita arvoja, esimerkiksi tumman purppurasta kirkkaan oranssiin. [11] [7]

Väripaletin kokonaan itse suunnitteleminen on haastavaa. Onkin suositeltavaa käyttää verkosta löytyviä ilmaisia työkaluja, joilla voi helposti luoda väripaletin sävyineen ja tarkastaa värien kontrastit. Suositeltavia työkaluja ovat muunmuassa Colorable [12], Adobe Color CC [13], ja Colorbrewer [14]. [6]

3 INTERAKTIIVINEN DATAN VISUALISOINTI

Tässä luvussa esitellään Microsoft Power BI -työkalu ja erityisesti sen tarjoamat interaktiiviset datan visualisointimenetelmät. Luvussa pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin 2. ”Kuinka datan visualisointia voidaan ehostaa interaktiivisuuden avulla?” ja 3. ”Kuinka taataan interaktiivisten visualisointien käytettävyys?” Power BI -työkalun ominaisuuksien ja rajoitteiden mukaisesti.

3.1 Microsoft Power BI

Microsoft Power BI on kokonaisuus tuotteita ja palveluita, jotka yhdessä mahdollistavat datan yhdistämisen monesta eri lähteestä, sen visualisoinnin, ja jakamisen oman organisaation sisällä. Tuotteen nimestä löytyvä käsite BI (Business Intelligence) tarkoittaa laajasti määriteltynä joukkoja metodeja ja teknologioita, joilla muunnetaan raaka data merkitykselliseksi ja hyödylliseksi tiedoksi, joka mahdollistaa entistä tehokkaamman strategisen-, taktisen-, ja operatiivisen tason päätöksenteon ja tiedon analysoinnin. [15]

Power BI sai alkunsa osana Office 365 -kokonaisuutta alkuvuodesta 2014. Tällöin tuotteen nimi oli Power BI for Office 365, ja se vaati Office 365 -lisenssin ostamista. Nykyisessä muodossaan Power BI esiintyi ensimmäistä kertaa heinäkuussa 2015, jolloin se erotettiin kokonaan Office 365 -riippuvaisuudesta, vähentäen käyttöönoton kynnystä. Siitä lähtien Power BI on kasvattanut tasaisesti markkinaosuuttaan, ja tänä päivänä se on yksi johtavista BI-ratkaisuista saatavilla. [15]

3.1.1 Tuoteperheen jäsenet

Microsoft Power BI -tuoteperheeseen kuuluu Power BI -palvelu, Power BI Desktop -työpöytäohjelmisto, Power BI Mobile -mobiilisovellukset, ja Power BI Embedded -palvelu. Power BI -palvelu on pilvipalvelu, jossa käyttäjät voivat jakaa oman organisaationsa sisällä luomiaan visualisaatioita. Power BI Desktop on ohjelmisto, jolla varsinainen visualisaatioiden luonti tapahtuu. Power BI Mobile on iOS- ja Android-alustojen sovelluskaupasta saatavilla oleva mobiilisovellus, joka mahdollistaa Power BI -palvelun käytön mobiililaitteella. Power BI Desktop -ohjelmistolla voidaan luoda datan

visualisaatioille mobiiliasettelut, joita Power BI Mobile -sovellukset käyttävät. Mikäli mobiiliasettelua ei erikseen ole luotu, voidaan Power BI Mobilella kuitenkin tarkastella visualisointeja laitteen ollessa vaakatasossa. Power BI Embedded on palvelu, jolla ohjelmistokehittäjät voivat upottaa Power BI Desktopilla luotuja visualisointeja omiin ulkoisiin sovelluksiinsa. [15]

3.1.2 Power BI Desktop

Työn käytännön osuus toteutetaan Power BI Desktop -ohjelmistolla, joten tässä osiossa esitellään lyhyesti sen avainominaisuudet. Power BI Desktop tukee monia eri tietolähteitä, kuten Microsoft SQL Serveriä (Structured Query Language) ja useimpia muita tietokantoja, monia verkkopalveluita, JSON-dattaa (JavaScript Object Notation), Excel-taulukoita, ja CSV-muotoisia (comma-separated values) tekstitiedostoja. Haetusta datasta luodaan automaattisesti tietomalli, jonka perusteella visualisointeja voidaan luoda. Tietomallia voi tarpeen mukaan muokata itse. Toimintaperiaate on yksinkertainen, kun data on luettu malliin sisään: valitse kaaviotyyppi ja siinä esitettävät muuttujat, ja visualisaatio on käyttövalmis. Power BI Desktopista löytyy vakiona tavalliset pylväskaaviot, viivadiagrammit, aluekaaviot, yhdistelmäkaaviot, pistekaaviot, ympyrädiagrammit, taulukot, ja karttadiagrammit. [16] Mikäli perusvalikoimasta ei löydy sopivaa kaaviotyyppiä, lisää on saatavilla kolmansien osapuolien kehittäminä Microsoft AppSourcen [17] kautta, tai halutessaan käyttäjä voi luoda oman mukautetun visualisaationsa JavaScriptillä. [18]

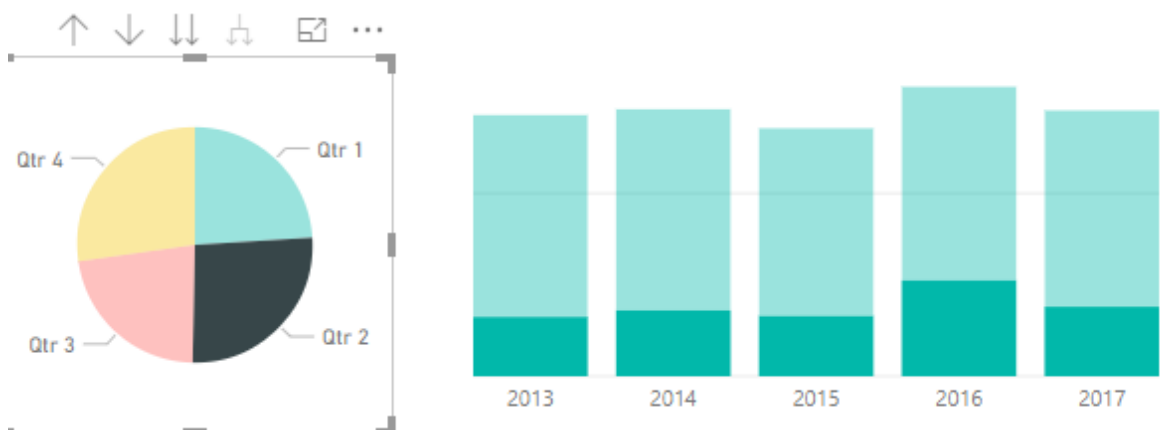
Tietomallia voidaan laajentaa tarpeen mukaan laskennallisesti, mikäli halutaan esittää arvoja joita datassa ei ole valmiiksi. Power BI mahdollistaa tämän DAX-kielen (Data Analysis Expressions) avulla. DAX-kielen käytön aloittaminen on helppoa, jos käyttäjälle on ennestään tuttuja Excelin funktiot, sillä DAX perii monia niistä. DAX mahdollistaa niin yksinkertaisien uusien arvojen, kuten esimerkiksi kahden eri muuttujan yhteenlaskun, kuin myös hyvinkin monimutkaisten aggregaatioiden laskennan, joten se on hyvin tehokas työkalu. [19]

3.2 Interaktiivinen datan visualisointi

Interaktiivinen datan visualisointi eroaa perinteisestä, staattisesta datan visualisoinnista siten, että sen käyttäjät voivat navigoida visualisoitua dataa esimerkiksi suodattamalla tai järjestämällä sitä. Tämä mahdollistaa monipuolisen analyysin ja suurien tietojoukkojen tutkimisen. Staattisessa datan visualisoinnissa visualisaation suunnittelija on valinnut esitettävän datan, eivätkä käyttäjät pysty vaikuttamaan siihen mitenkään. [20] Tässä kappaleessa esitellään Power BI -työkalun tarjoamat interaktiivisen datan visualisoinnin toiminnot, jotka vastaavat toiseen tutkimuskysymykseen: ”Kuinka datan visualisointia voidaan ehostaa interaktiivisuuden avulla?”.

3.2.1 Suodattaminen

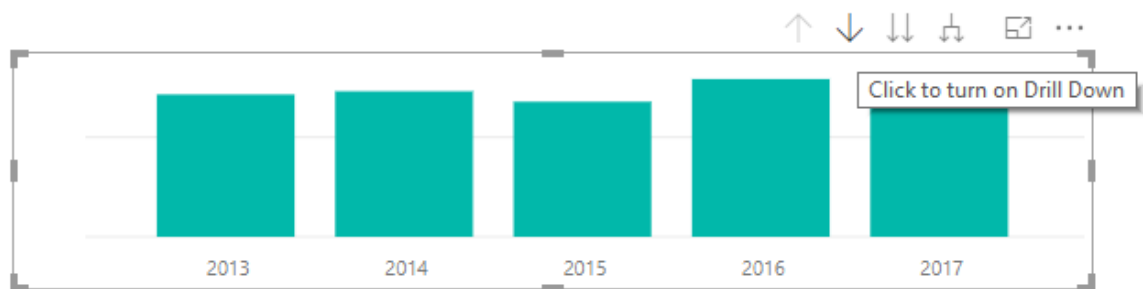
Visualisoidun datan suodattaminen on yksinkertainen, mutta tehokas tapa tutkia dataa interaktiivisesti. Power BI -työkalulla dataa voidaan suodattaa yhden tai useamman muuttujan perusteella, käyttäen joko suodattamiseen tarkoitettuja slicer-elementtejä tai sivun laidasta löytyvää suodatinvalikkoa. Tämän lisäksi visualisointeja voidaan suodattaa toisten visualisointien avulla: tätä kutsutaan ristiinsuodattamiseksi [21]. Ristiinsuodattaminen tapahtuu valitsemalla yhdestä visualisoinnista jokin kategoria, jolloin muut visualisoinnit sivulla päivittyvät näyttämään vain valittua kategoriaa. [22]



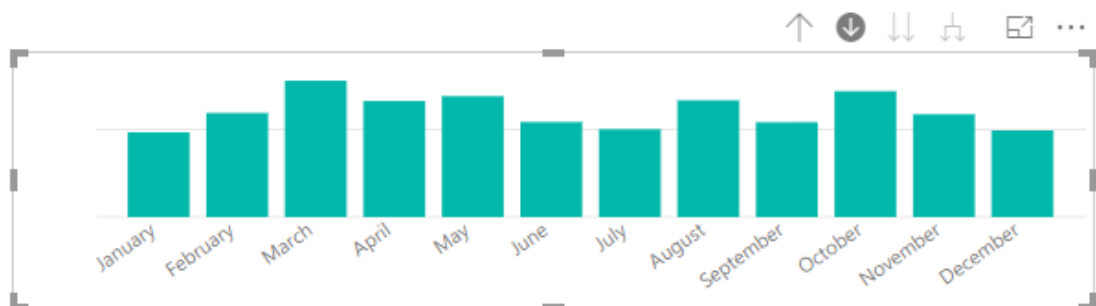
Kuva 2. Ristiinsuodattaminen. Kuvassa korostettuna 2. kvartaalin suorituskyky eri vuosilta

3.2.2 Porautuminen

Porautuminen (eng. drill-down) on yleinen käsite interaktiivisessa datan visualisoinnissa, ja sillä tarkoitetaan yhden visualisaation sisällä siirtymistä datan hierarkiassa alemmalle tasolle. [23] Esimerkiksi jos tarkastellaan pylväskaaviota jonka akselina on aikahierarkia, jonka ylin taso on vuosi ja alempi taso kuukausi, kaavio näyttää oletuksena halutun datan vuosi-akselilla. Kun käyttäjä ottaa porautumisen käyttöön ja valitsee jonkin vuoden, kaavion akseli muuttuu valitun vuoden kuukausitasolle. [24]



Kuva 3. Pylväsdiagrammi ennen porautumista vuoteen 2017



Kuva 4. Pylväsdiagrammi vuoteen 2017 porautumisen jälkeen

3.2.3 Siirtyminen

Toisin kuin visualisaation sisäinen porautuminen (eng. drill-down), siirtyminen (eng. drill-through) tarkoittaa porautumista sivulta toiselle valitun kategorian perusteella. Toiselle sivulle siirtyessä sivu suodatetaan sen kategorian perusteella, jolla siirtyminen suoritettiin. Tämä mahdollistaa yksityiskohtaisten tietojen siirtämisen toiselle sivulle, tarkoittaen sitä, ettei yhdelle sivulle täydy yrittää mahduttaa kaikkea relevanttia tietoa, vapauttaen arvokasta tilaa. [25]

3.2.4 Q & A

Q & A on intuitiivinen ja nopea tapa tutkia ja analysoida dataa esittämällä Power BI:lle kysymyksiä luonnollisella kielellä. Power BI luo automaattisesti visualisaation kysymyksen perusteella, ja valitsee tilanteeseen parhaiten sopivan visualisaation. [26] Sopii erityisesti käyttäjille, jotka eivät vielä hallitse visualisaatioiden luontia Power BI Desktopissa; tietomallit voivat olla aluksi vaikeasti ymmärrettäviä, ja loppukäyttäjät eivät aina tiedä, mistä taulusta mikäkin kenttä pitäisi hakea. [15]

3.3 Interaktiivisten visualisointien käytettävyyssarviointi

Tässä kappaleessa vastataan viimeiseen tutkimuskysymykseen, ”Kuinka taataan interaktiivisten visualisointien käytettävyys?”. Käytettävyydellä tarkoitetaan järjestelmän helppokäyttöisyyttä, hyödyllisyyttä, ja käyttäjän vuorovaikutuksen suunnittelua. Käytettävyyttä voidaan arvioida Nielsenin heuristiikalla (Taulukko 1), joka on todettu hyödylliseksi työkaluksi käytettävyyssongelmien löytämiseen. [27]

Taulukko 1. Nielsenin heuristiikka, mukailten [27]

Nielsenin heuristiikka	Määritelmä
Tilan näkyvyys	Järjestelmä antaa palautetta tapahtumista
Tosielämän vastaavuus	Järjestelmä käyttää tuttuja termejä
Käyttäjän kontrolli ja vapaus	Käyttäjä hallitsee järjestelmää, ei toisinpäin
Yhteneväisyys ja standardit	Asioiden merkitykset eivät muutu
Virheiden tunnistaminen	Vikatilanteista kerrotaan ja ne korjataan
Virheiden estäminen	Suunniteltu estämään virheiden syntyminen
Tunnistaminen, ei muistaminen	Ei tarvetta muistaa tietoa toisesta näkymästä
Tehokas ja joustava käyttö	Kustomoitavuus teho- ja aloitteleville käyttäjille
Esteettinen design	Tarpeettomien elementtien poistaminen näkymästä
Ohjeet ja dokumentaatio	Järjestelmä opastaa käyttäjää tarpeen mukaan

4 VISUALISOINNIN TOTEUTUS POWER BI -TYÖKALULLA

Tässä luvussa käydään läpi työn käytännön osuuden toteutuksessa tehdyt havainnot, ja kuinka hyvin teoriaosuudessa käsiteltyjä periaatteita onnistuttiin soveltamaan visualisaatiossa.

4.1 Tausta

Työn käytännön osuuden taustalla on Karjalan Betoni Oy:n [28] tarve tuottaa visualisointi yrityksen valmistusprosesseista vuodesta 2015 alken kerätylle datalle. Visualisoinnin tarkoituksena on tukea tuotannon päätöksentekoa tarjoamalla työvälineet eri betonireseptien tuottamien koepalojen ominaisuuksien analysointiin.

Visualisaation toteuttamisen välineeksi valittiin Microsoft Power BI, koska se vastasi yrityksen tarpeita, on ilmainen, helppokäyttöinen, kasvavassa markkina-asemassa ja aktiivisessa kehityksessä. Tämän lisäksi valintaan vaikutti työn toteuttajan aikaisempi kokemus työkalulla.

Yhteistyö visualisoinnin toteuttamiseksi aloitettiin syksyllä 2017, ja itsenäisen kehitystyön ja ajoittaisten kehityspalaverien myötä visualisointi valmistui elokuussa 2018, ja se otettiin käyttöön yrityksessä. Koska visualisointi sisältää luottamuksellista tietoa Karjalan Betoni Oy:n valmistusprosesseista, se ei ole julkisesti saatavilla eikä siitä esitetä kuvankaappauksia tässä työssä.

4.2 Datan visualisoinnin teorian hyödyntäminen

Tämän työn tavoitteena oli selvittää teoriaosuudessa, mitkä seikat vaikuttavat datan visualisointien luettavuuteen ja soveltaa esiin tulleita käytäntöjä käytännön osuudessa. Tässä kappaleessa kuvaillaan, kuinka hyvin tässä onnistuttiin.

Työn teoriaosuudessa luvussa 2 esiteltiin kriteerit onnistuneelle datan visualisoinnille: ilmaisevuus, tehokkuus, ja tarkoituksenmukaisuus [1]. Merkittävimmät haasteet esiintyivät tehokkuuskriteerin täyttämässä, ja vähiten ongelmia oli tarkoituksenmukaisuuskriteerin kanssa.

Ilmaisevuuskriteeri vaatii, että visualisaatiossa näytetään vain se tieto mitä data sisältää, eikä tulkitsijaa johdeta harhaan. Tähän kriteeriin liittyy datan visualisointien luettavuuteen vaikuttavista seikoista kaaviotyypin ja asteikko. Kaaviotyypin valitseminen oli pääsääntöisesti varsin suoraviivaista: koska eri koepaloja haluttiin vertailla keskenään, käytettiin työssä hyvin laajasti pylväsdiagrammeja. Mukaan mahtui kuitenkin myös muunmuassa ympyrädiagrammeja, taulukoita, ja pistekaavio. Visualisoitavassa datassa käytettiin akselina enimmäkseen kategorista dataa, joka helpotti asteikon määrittämistä ja ehkäisi siten sen välityksellä tulkinnan hankaloittamista. Kaikissa visualisaatioissa joissa oli akselit käytettiin asteikon minimiarvona 0:aa, joka mahdollistaa kaavioiden vertailun keskenään.

Tehokkuuskriteerin täyttymistä mitataan sillä, kuinka intuitiivisesti visualisaatio on tunnistettavissa ja kuinka tulkittava se on. Datan visualisointien luettavuuteen vaikuttavista seikoista tähän sisällytetään otsikointi ja aputekstit, asettelu, ja värit. Otsikoinnin suhteen toteutuksessa ei ollut ongelmia: jokainen visualisaatio on suhteellisen suoraviivainen, joten pääotsikon asettaminen oli helppoa. Ongelmia kuitenkin esiintyi selitteiden ja aputekstien käytössä. Työssä käytettiin aputekstinä tietopisteiden arvoja, ja kun alunperin pyrittiin visualisoimaan betonin koepalan notkeus ja puristuslujuus samassa yhdistelmädiagrammissa, todettiin, että arvoja oli liian tiheästi yhdessä visualisaatiossa, jonka seurauksena sen luettavuus kärsi. Tämä ongelma ratkaistiin vähentämällä yhdessä visualisaatiossa esitettävien muuttujien määrää: notkeus ja puristuslujuus erotettiin omiksi kaavioikseen.

Värien käytössä oli haasteita muunmuassa vertaillessa eri koepalojen raaka-ainekoostumusta. Reseptissä käytetyt lisäaineet 1 – 4 olivat aina samoilla väreillä, vaikka kyseessä saattoi olla eri lisäaine; tämä saattoi johtaa kaavion tulkitsijaa harhaan. Selitteiden värejä ei aluksi asetettu intuitiivisesti: esimerkiksi koepalan raaka-ainekoostumusta kuvaavassa pylväskaaviossa hiekan, kiven, sementtien, veden, ilman ja lisäaineiden värit eivät vastanneet käyttäjän odotuksia. Ongelma korjattiin muuttamalla hiekan selitteen väri vaaleanruskeaksi, kiven tummanruskeaksi, sementtien harmaan sävyiksi, veden tummansiniseksi, ilman vaaleansiniseksi, ja lisäaineiden värit punaisen sävyiksi.

Asettelyn suhteen visualisaation kehittämisessä ei ollut merkittäviä ongelmia. Interaktiiviset elementit löytyvät pääsääntöisesti joka sivulta samoilta paikoilta, ja toisiinsa liittyvät visualisaatiot ryhmiteltiin onnistuneesti Gestaltin hahmolakien avulla, pääsääntöisesti hyödyntäen samankaltaisuuden-, hyvän jatkon-, ja läheisyyden lakeja.

Tarkoituksenmukaisuudella haetaan mahdollisimman hyvää kustannus-hyöty suhdetta visualisaatioille, joka tarkoittaa sitä, että visualisaatiot päivittyvät nopeasti, ja visualisaatioiden tilankäyttö vastaa niiden luomaa arvoa. Koska Karjalan Betoni Oy:n tietokanta on pienikokoinen, 22 MB (Megabyte), ei visualisaatioiden vasteaika muodostunut missään vaiheessa ongelmaksi. Visualisaatioiden koot saatiin myös aina sovitettua vastaamaan niiden hyötyarvoa: jokaiselle sivulle saatiin mahdutettua kaikki siellä tarvittava tieto, ja jokaisen visualisaation koko oli riittävän suuri, jotta otsikoiden ja selitteiden lukeminen ja kaavion tarkasteleminen oli helppoa.

Onnistuneen visualisaation kriteerien ja visualisaation pääkäyttäjän kanssa pidettyjen kehityspalaverien ansiosta suurin osa ilmenneistä ongelmista saatiin korjattua. Voidaan siis sanoa, että teorian soveltamisessa onnistuttiin tämän työn puitteissa staattisen datan visualisoinnin suhteen

4.3 Interaktiivisuuden hyödyntäminen ja käytettävyysarviointi

Power BI tarjoaa seuraavat työkalut datan visualisoinnin ehostamiseksi interaktiivisuudella: suodattaminen, porautuminen, siirtyminen, ja Q & A. Suodattaminen ja Q & A ehostavat datan visualisointia luomalla uusia mahdollisuuksia tutkia ja analysoida dataa, jotka eivät olisi mahdollisia, jos käytettävissä olisi vain staattinen visualisointi. Porautuminen ja siirtyminen sen sijaan mahdollistavat monipuolisempien ja yksityiskohtaisempien kaavioiden luomisen: kaikkea ei tarvitse yrittää esittää yhdessä kaaviossa, vaan kokonaisuudet voidaan jakaa hierarkisiin tasoihin tai siirtää yksityiskohtaiset tiedot erilliselle sivulle, säästäten huomattavasti tilaa.

Työn käytännön osuudessa hyödynnettiin vain suodattamista ja siirtymistä. Aikajaksojen lisäksi datassa ei juuri ollut mahdollisuuksia hierarkioiden käyttämiselle. Suodattaminen oli käytetyin interaktiivinen ominaisuus toteutetussa visualisaatiossa. Tavallisten

suodatusominaisuuksien kuten reseptinhaun ja päivämäärärajausten lisäksi suodattimilla luotiin eräänlainen reseptin laadinta -sivu, joka mahdollistaa betonin ominaisuuksien arvioimisen valitsemalla raaka-ainemäärät, käytetyt lisäaineet, ja halutun puristuslujuuden, jolloin työkalu näyttää aikaisemmat betonin koepalat, jotka vastasivat asetettuja parametreja.

Luvussa 3 esitellyn Nielsenin heuristiikan (Taulukko 1) avulla voidaan pyrkiä tunnistamaan toteutetun visualisaation käytettävyysongelmia ja niiden vakavuutta. Ongelmia voidaan tunnistaa järjestelmän tilan näkyvyydessä, yhteneväisyydessä ja standardeissa, virheiden tunnistamisessa, ja ohjeissa ja dokumentaatiossa.

Vakavin näistä on ohjeistuksen täysi puuttuminen järjestelmästä. Vaikka visualisoinneissa on käytetty hyvin monipuolisesti otsikoita ja selitteitä, eikä visualisointeja käyttäessä tarvitse muistaa mitään toisilta näkymiltä tai edellisiltä käyttökerroilta, ei ole mitään takeita että käyttäjä osaa navigoida Power BI -raporttia. Tässä tapauksessa ohjeistusta ei ole saatavilla sisäänrakennettuna järjestelmään.

Koska visualisointi on rakennettu Microsoft Power BI -työkalulla, kaikkiin tekijöihin ei voida vaikuttaa, kuten esimerkiksi virheviestien muotoiluun. Power BI -palvelun virheviestit ovat tyypillisesti virhekoodien taakse kätkeyty, ja vian korjaaminen voi olla haastavaa. Lähtökohtaisesti kuitenkin Power BI -palvelu on suunniteltu hyvin estämään virheiden syntyminen, joka lieventää tämän ongelman vakavuutta. Järjestelmän tilan näkyvyyden ongelmat voivat myös aiheuttaa käyttäjille turhaantumista. Power BI -palvelussa on latausanimaatiot, kun visualisaatio lataa tietoa, mutta ne eivät aina toimi.

Muissa Nielsenin heuristiikan osa-alueissa voidaan lähinnä tunnistaa kosmeettisia käytettävyysongelmia, jotka eivät vaadi välittömiä toimenpiteitä. Visualisoinnin toteutuksessa keskityttiin ensisijaisesti visualisointien selkeyteen ja interaktiivisuuteen, ja käytettävyyssuunnittelu jäi yhteneväisyyden, tunnistamisen, ei muistamisen, ja esteettisen designin varaan. Visualisoinnin jatkokehityksessä tulisi korjata vakavimmat käytettävyyssuunnittelussa havaitut ongelmat, kuten dokumentaation puute.

5 YHTEENVETO

Datan visualisointi on hyvin laaja aihe, ja tämä työ toimii vain pintaraapaisuna suureen kokonaisuuteen nähden. Siitä huolimatta, teoriaosuudessa kyettiin määrittelemään vastaukset asetetuille tutkimuskysymyksille, ja työssä esiteltyjen arviointityökalujen ja suunnitteluperiaatteiden avulla voidaan jo rakentaa käytännön toimijalle hyödyllinen, helppokäyttöinen, ja selkeä visualisointi. Karjalan Betoni Oy:lle rakennettu visualisointi oli datan analysoinnin kannalta suuri harppaus yrityksen edellisiin työkaluihin nähden, ja se meni käyttöön työn valmistuttua.

Tässä työssä pienen datamäärän takia interaktiivisen datan visualisoinnin skaalautuvuusongelmat eivät nousseet esille. Vasteajat voivat kasvaa suurilla datamäärillä hyvinkin suuriksi Power BI:llä, varsinkin jos esitetään paljon DAX-kielellä laskettuja mittareita. Kuten käytettävyyssarvioinnin yhteydessä mainittiin, ei Power BI -palvelu toimi aina virhetilanteissa toivotulla tavalla, ja joskus jopa järjestelmän tilan näkyvyys kärsii suorituskykyongelmien esiintyessä. Laajemmassa työssä näiden ongelmien ratkaiseminen olisi mielenkiintoisia tutkittavaa.

Tarve datan visualisoinnille ei näillä näkymin ole vähenemässä tulevaisuudessa, joten Power BI:llä on tällä hetkellä hyvin positiivinen asema tulevaisuutta ajatellen. Microsoftin resurssien ajamana, ja kuukausittaisten päivitysten siivittämänä, Power BI tulee vain vahvistamaan markkina-asemaansa.

LÄHTEET

- [1] W. Aigner, S. Miksch, H. Schumann ja C. Tominski, "Introduction to Visualization," tekijä: *Visualization of Time-Oriented Data*, Springer-Verlag London, 2011, pp. 3-8.
- [2] "Microsoft Power BI," [Online]. Available: <https://powerbi.microsoft.com/en-us/>.
- [3] M. Friendly, "Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization," 24 Elokuu 2009. [Online]. Available: <http://www.math.yorku.ca/SCS/Gallery/milestone/milestone.pdf>. [Haettu 12 Syyskuu 2018].
- [4] G. Michailidis, "Data Visualization Through Their Graph Representations," tekijä: *Handbook of Data Visualization*, 120, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, p. 103.
- [5] G. Dzemyda, O. Kurasova ja J. Zilinskas, "Multidimensional Data and the Concept of Visualization," tekijä: *Multidimensional Data Visualization*, Springer Science+Business Media, 2013, pp. 1-4.
- [6] A. Unwin, "Good Graphics?," tekijä: *Handbook of Data Visualization*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, pp. 58-77.
- [7] W. Aigner, S. Miksch, H. Schumann ja C. Tominski, "Visualization Aspects," tekijä: *Visualization of Time-Oriented Data*, Springer-Verlag London Limited, 2011, pp. 69-101.
- [8] G. J. Myatt ja W. P. Johnson, "Data Visualization," tekijä: *Making Sense of Data II*, John Wiley & Sons, Inc., 2009, pp. 19-66.
- [9] K. Lemon, E. B. Allen, J. C. Carver ja G. L. Bradshaw, "An Empirical Study of the Effects of Gestalt Principles on Diagram Understandability," tekijä: *First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, Madrid, 2007.
- [10] S. Gil ja L. Le Bigot, "Seeing Life through Positive-Tinted Glasses: Color-Meaning Associations," *PLoS One*, osa/vuosik. 9, nro 8, 2014.
- [11] J. D. Pleil, M. A. Stiegel, M. C. Madden ja J. R. Sobus, "Heat map visualization of complex environmental and biomarker measurements," *Chemosphere*, osa/vuosik. 84, nro 5, pp. 716-723, 2011.
- [12] B. Jackson, "Colorable," [Online]. Available: <http://jxnblk.com/colorable/>. [Haettu 15 Syyskuu 2018].
- [13] Adobe Systems Inc., "Adobe Color CC," [Online]. Available: <https://color.adobe.com>. [Haettu 15 Syyskuu 2018].
- [14] C. Brewer ja M. Harrower, "Colorbrewer 2.0," Pennsylvania State University, [Online]. Available: <http://colorbrewer2.org/>. [Haettu 15 Syyskuu 2018].
- [15] T. Lachev, "Introducing Power BI," tekijä: *Applied Microsoft Power BI*, Prologika Press, 2017, pp. 1-31.
- [16] T. Lachev, "Power BI for Business Users," tekijä: *Applied Microsoft Power BI*, Prologika Press, 2017, pp. 32-115.

- [17] Microsoft, "Microsoft AppSource," [Online]. Available: <https://appsource.microsoft.com/en-us/marketplace/apps?product=power-bi-visuals>. [Haettu 18 Syyskuu 2018].
- [18] T. Lachev, "Creating Custom Visuals," tekijä: *Applied Microsoft Power BI*, Prologika Press, 2017, pp. 338-357.
- [19] T. Lachev, "Implementing Calculations," tekijä: *Applied Microsoft Power BI*, Prologika Press, 2017, pp. 205-236.
- [20] D. Janvrin, R. Raschke ja W. Dilla, "Making sense of complex data using interactive data visualization," *Journal of Accounting Education*, osa/vuosik. 32, nro 4, pp. 31-48, 2014.
- [21] Microsoft, "Tietoja Power BI -raporttien suodattimista ja korostamisesta," [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/power-bi-reports-filters-and-highlighting>. [Haettu 18 Syyskuu 2018].
- [22] A. Aspin, "Filtering Data," tekijä: *Pro Power BI Desktop*, Apress, 2016, pp. 401-450.
- [23] P. Godfrey, J. Gryz ja P. Lasek, "Interactive Visualization of Large Data Sets," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, osa/vuosik. 28, nro 8, pp. 2142-2157, 2016.
- [24] T. Lachev, "Data Modeling Fundamentals," tekijä: *Applied Microsoft Power BI*, Prologika Press, 2017, pp. 117-150.
- [25] Microsoft, "Porautumisen käyttäminen Power BI Desktopissa," [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/desktop-drillthrough>. [Haettu 18 Syyskuu 2018].
- [26] Microsoft, "Q&A Power BI -palvelussa ja Power BI Desktopissa," [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/fi-fi/power-bi/power-bi-q-and-a>. [Haettu 18 Syyskuu 2018].
- [27] R. Khajouei, A. Ameri ja Y. Jahani, "Evaluating the agreement of users with usability problems identified by heuristic evaluation," *International Journal of Medical Informatics*, osa/vuosik. 117, pp. 13-18, 2018.
- [28] "Karjalan Betoni Oy:n verkkosivut," [Online]. Available: <https://karjalanbetoni.fi/>.