

Raportointityökalun kehittäminen Sovelia® PLM-järjestelmään

TURUN YLIOPISTO
Tietotekniikan laitos
TkK-tutkielma
Tietotekniikka
Lokakuu 2023
Elias Peltonen

TURUN YLIOPISTO
Tietotekniikan laitos

ELIAS PELTONEN: Raportointityökalun kehittäminen Sovelia® PLM-järjestelmään

TkK-tutkielma, 18 s., 3 liites.
Tietotekniikka
Lokakuu 2023

Tarkempia ohjeita tiivistelmäsivun laadintaan löytyy opiskelijan yleisoppaasta, josta alla lyhyt katkelma.

Bibliografisten tietojen jälkeen kirjoitetaan varsinainen tiivistelmä. Sen on oletettava, että lukijalla on yleiset tiedot aiheesta. Tiivistelmän tulee olla ymmärrettävissä ilman tarvetta perehtyä koko tutkielmaan. Se on kirjoitettava täydellisinä virkkeinä, väliotsakeluettelona. On käytettävä vakiintuneita termejä. Viittauksia ja lainauksia tiivistelmään ei saa sisällyttää, eikä myöskään tietoja tai väitteitä, jotka eivät sisälly itse tutkimukseen. Tiivistelmän on oltava mahdollisimman ytimekäs n. 120–250 sanan pituinen itsenäinen kokonaisuus, joka mahtuu ykkösvälillä kirjoitettuna vaivatta yhdelle tiivistelmäsivulle. Tiivistelmässä tulisi ilmetä mm. tutkielman aihe tutkimuksen kohde, populaatio, alue ja tarkoitus käytetyt tutkimusmenetelmät (mikäli tutkimus on luonteeltaan teoreettinen ja tiettyyn kirjalliseen materiaaliin, on mainittava tärkeimmät lähdeteokset; mikäli on luonteeltaan empiirinen, on mainittava käytetyt menetöt) keskeiset tutkimustulokset tulosten perusteella tehdyt päätelmät ja toimenpidesuosituksset.

Asiasanat: tähän, lista, avainsanoista

UNIVERSITY OF TURKU
Department of Computing

ELIAS PELTONEN: Raportointityökalun kehittäminen Sovelia® PLM-järjestelmään

Bachelor's Thesis, 18 p., 3 app. p.
Information Technology
October 2023

Second abstract in english (in case the document main language is not english)

Keywords: here, a, list, of, keywords

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Raportointi ja PLM järjestelmät	3
2.1	PLM-strategia ja PLM-järjestelmät lyhyesti	3
2.2	PLM-strategian hyödyt ja merkitys	4
2.3	Raportointi PLM-järjestelmässä	6
2.3.1	Osaluettelo PLM-järjestelmän sydämenä	7
2.3.2	Raportointi ja Business Intelligence	7
2.4	Raportointimoottorit ja -työkalut	8
2.4.1	Raportointimoottorin rakenne ja prosessi	10
2.4.2	PLM-järjestelmä raportointimoottorin ja -työkalun toimintaympäristönä	11
3	Case-tapaus: Raportointimoottorin kehittäminen osaksi Sovelia PLM-järjestelmää	14
3.1	Sovelia PLM	14
3.1.1	Raportointi Sovelia PLM-järjestelmässä	15
3.2	Nykyiset raportointimoottorit	18
	Lähdeluettelo	19
	Liitteet	

A Liitedokumentti

A-1

B Liitedokumentti 2

B-1

Kuvat

Taulukot

Termistö

API ohjelmointirajapinta, engl. Application Programming Interface

BI engl. Business Intelligence, liiketoimintatiedon hyödyntäminen

Big data suom. massadata, erittäin suuret ja järjestämättömät jatkuvasti lisääntyvät tietomassat

BOM Bill of Materials, osaluettelo, tuoterakenne

CAD engl. Computer Aided Design, tietokoneen käyttö suunnittelun apuvälineenä

JSON engl. JavaScript Object Notation, yksinkertainen tiedostomuoto tiedon välitykseen ja tallennukseen

PLM engl. Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallinta

XML merkintäkielien standardi ja tiedostomuoto, engl. Extensible Markup Language

XSL XML-kieliperhe, joka mahdollistaa XML-pohjaisten tiedostojen ulkoasun ja rakennemuutoksen määrittelyn

1 Johdanto

Tietotekniikan avulla voidaan tehostaa ja helpottaa työnteon tuottavuutta, kun samaan tehtävään käytetty aika vähenee. Tietotekniikan hyödyntäminen raportointiin hyvin luonnollista, sillä raportit ovat useimmiten digitaalisesti tuotettuja dokumentteja, joiden kokoaminen vaatii jonkinlaista laskentaa. Raportointidatan kerääminen ja jäsenteleminen manuaalisesti on hyvin vaivalloista ja hidasta, mikä vuoksi tietojärjestelmät voivat tarjota raportointityökaluja, joiden tarkoituksena on koota raportti automoidusti määritellystä lähdedatasta.

Raportoinnin ydinajatuksena on tuottaa tietoa muodossa, joka on helposti ymmärrettävissä ja jaettavissa. Raportointityökalujen avulla olemassa olevasta suuresta määrästä dataa voidaan tuottaa selkeä ja jäsennelty esitys, joka kokoaa lähdedatan tärkeimmät seikat helposti yhdellä silmäyksellä omaksuttavaan muotoon.

Tämän työn tarkoituksena oli toteuttaa raportointityökalu osaksi Sovelia PLM -järjestelmää. Sovelia PLM on kaupallinen tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmä(PLM), (engl. *Product Lifecycle Management*). PLM-järjestelmän pääasiallisena tarkoituksena on koota tietoa yrityksen tuotteiden koko elinkaaren vaiheista keskitettyyn tietojärjestelmään. Tämä keskitetty tietojärjestelmää on käytettävissä yrityksen eri työryhmien ja liiketoimintajärjestelmien välillä, minkä tarkoituksena on vähentää virheellisten tuotetietojen aiheuttamia turhia kustannuksia sekä viivästyksiä ja siten nopeuttaa yrityksen prosessia saada kehitetty tuote markkinoille.

Raportointityökalu voidaan nähdä yhtenä PLM järjestelmälle lisäarvoa tuottava-

na ominaisuutena. Luotettavan, tehokkaan ja mukautuvan raportointityökalun avulla PLM-järjestelmä voi tuottaa enemmän lisäarvoa sen käyttäjille tarjoamalla mahdollisuuden jakaa, tallentaa ja analysoida tuotetietoa eri tiedostoformaateissa sekä yrityksen sisäisten työryhmien että ulkoisten toimijoiden välillä. PLM-järjestelmiä käyttävillä yrityksillä on tyypillisesti suuria määriä tuotetietoja ja syviä tuoterakenteita, jolloin myös raportoinnin suorituskykyvaatimukset korostuvat.

PLM-järjestelmien tietomallit voidaan jakaa dokumentti- ja relaatiodatapohjaisiin tietorakenteisiin. [1] Koska Sovelia PLM -järjestelmä perustuu relaatiodatapohjaiseen tietomalliin, myös tässä tutkielmassa käsitellään raportointia nimenomaan relaatiodatan pohjalta.

Raportointityökalu integroituu osaksi Sovelian nykyistä lähdekoodia ja sen palvelinkomponentteja. Ohjelmakokonaisuus koostuu palvelinkomponentista, joka tuottaa raporttitiedoston raportoinnin kohteena olevasta objektista, sekä konfigurointityökalusta, jonka avulla pääkäyttäjä voi muokata raporttien ulkonäköä ja rakennetta.

Tutkimuskysymykset

- Mitä tulee ottaa huomioon raportointityökalua kehittäessä osaksi PLM-järjestelmää?
- Mitä lisäarvoa raportoinnilla voidaan tuottaa asiakkaille?
- Millaisia ovat nykyiset ja tulevaisuuden raportointityökalut?

Tutkimusmenetelmät

- Kirjallisuusanalyysi
- Kvalitatiivinen case-analyysi

¹Johdannon sisältöä tulee arvioida uudelleen, kun tutkielman sisältö on valmiimpi. Tutkielman rakenne tulee esittää tiivistetysti ja nykyistä tekstiä tulee karsia.

2 Raportointi ja PLM järjestelmät

2.1 PLM-strategia ja PLM-järjestelmät lyhyesti

Laajempänä käsitteenä tuotteen elinkaaren hallinta eli PLM voidaan nähdä yrityksen strategiana hallita tuotetietoja. PLM strategiana koostuu tuotteista, organisatioista, työmenetelmistä, prosesseista, ihmisistä ja lopulta usein myös tietoteknisestä elinkaaren hallintajärjestelmästä. Tietoteknisen elinkaaren hallintajärjestelmän, eli PLM-järjestelmän, tarkoituksena on mahdollistaa ja helpottaa PLM-strategian käyttöönottoa ja hyödyntämistä käytännössä. PLM-järjestelmä sisältää siis erilaisia toiminnallisuuksia, joiden avulla sen käyttäjät voivat hallita tuotetietoja keskitetyssä järjestelmässä tuotteen koko elinkaaren ajan.

Tuotteen elinkaari voidaan jakaa alkua-, keski- ja loppuvaiheeseen. Tuotteen elinkaaren pääpiirteet on hyvä ymmärtää, jotta PLM-käsitettä voidaan tarkastella syvällisemmin. Bouhaddoun (2012) konferenssiartikkeli "*PLM Model for Supply Chain Optimization*" määrittelee tuotteen elinkaaren vaiheet ja niiden piirteet seuraavasti: [2]

- Alkuvaiheessa tuotteen vaatimuksia määritellään ja tuote on luonnosvaiheessa. Luonnosvaiheessa tuotetta voidaan kutsua prototyypiksi (engl. *prototype*) tai mallinnukseksi (engl. *mockup*).
- Keskivaiheessa tuote siirtyy tuotantoon ja valmistukseen. Tässä vaiheessa toteutetaan laadunvalvontaa ja kasaamista, ja voidaan puhua jo varsinaisesta

tuotteesta. Valmis tuote siirtyy jakemluverkoston kautta itse asiakkaalle. Kun tuote on asiakkaalla, korostuu tuotteen käyttö sekä mahdollinen huolto ja asiakastuki.

- Loppuvaiheessa tuotteen elinkaari päättyy. Tuotteen valmistusta ei koeta enää tarpeelliseksi, joten tässä vaiheessa huomio keskittyy tuotannon lopettamiseen ja tuotteen kierrätykseen.

Alemanni, ym. (2008) esittää PLM:n suorituskyvyn analysointia käsittelevässä artikkelissaan, että PLM-strategian keskittyessä olennaisesti tuotetietojen hallintaan, on PLM-ohjelmisto eli PLM-järjestelmä olennainen osa strategian hyödyntämistä käytännössä. [3] Alemanni korostaa, että PLM-järjestelmän kehittäjän tulee kuitenkin toimia yhteistyössä asiakkaiden kanssa, jotta tuotteiden elinkaaren eri vaiheet ja prosessit voidaan implementoida osaksi ohjelmiston toimintoja siten. PLM-käsitteeseen liittyvien määritelmien lisäksi on tärkeää ymmärtää PLM-strategian ja -ohjelmistojen hyötyjä, jotta niiden hyödyntämisen motiivit voidaan ymmärtää. Tarkoituksena on siis vastata siihen, miksi ylipäättään PLM-järjestelmiä käytetään ja kehitetään.

2.2 PLM-strategian hyödyt ja merkitys

PLM-strategian hyötyjä on käsitelty laajasti [3] [4]. Strategian hyödyt voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: lyhyen ja pitkän aikavälin hyötyihin. Tietoteknisen PLM-järjestelmät mahdollistavat PLM-strategian käyttöön ottamisen ja hyödyntäminen käytännössä koko yrityksen tasolla, mikä mahdollistaa laajojen tuotekantojen johdonmukaisen ja keskitetyn hallinnan yhteistyössä yrityksen eri osastojen ja kumppaneiden välillä. Konkreettisia PLM-strategian hyötyjä voidaan havaita Lee, ym. (2008) toteuttamasta tutkimuksesta PLM-strategian ja -järjestelmien hyödyntämisestä ilmailualalla: IBM-Dassaultin PLM-järjestelmää käytettiin lentokoneiden elin-

kaaren hallinnassa, jolloin ohjelmiston hyödyntäminen vähensi valmistusaikaa 16:sta kuukaudesta seitsemään kuukauteen. Lisäksi Teamcenter PLM -järjestelmä laski tuotantosykleihin käytettyä aikaa 35:llä prosentilla ja valmistusaikaa 66:lla prosentilla. Keskitetyssä järjestelmässä myös lentokoneiden huoltotarve voitiin ottaa paremmin huomioon jo suunnitteluvaiheessa, mikä suoraviivaisti myös tuotteiden huoltoa niiden elinkaaren aikana. [5]

Lyhyen aikavälin hyödyt

Lyhyellä aikavälillä PLM-strategian ja PLM-järjestelmän käyttöönotto voi vähentää aikaa jota käytetään työntekijöiden jokapäiväisten työtehtävien suorittamiseen. Strategian avulla yrityksen tuotetiedot ovat keskitetysti saatavilla, eikä ajantasaisia tietoa tarvitse kysellä eri osastojen välillä. Tämä johtaa siihen, että työntekijät voivat käyttää enemmän aikaa tehtäviin, jotka tuottavat yritykselle lisäarvoa arvoa. Lisäksi tuotteiden rakenteiden ymmärtäminen ja visualisointi helpottuu PLM-järjestelmän käyttöönoton myötä. Rakenteen ymmärrystä ja jaettavuutta eri osastojen välillä voidaan parantaa entisestään myös PLM-järjestelmän raportoinnilla. [3]

Pitkän aikavälin hyödyt

Pidemmällä aikavälillä hyödyt näkyvät konkreettisemmin PLM-strategiaa hyödyntävien yritysten tunnusluvuissa, erityisesti myyntikatteessa. PLM-järjestelmien keskeinen hyöty on prosessien suoraviivaistaminen, mikä johtaa usein tuotteiden saamiseen nopeammin ja useimmin markkinoille. Kun tuotteet pääsevät nopeammin suunnittelusta markkinoille, niiden suunnitteluun ja kehittämiseen käytetyt kustannukset laskevat. [2] [3]

2.3 Raportointi PLM-järjestelmässä

Kuten osioissa 2.2 todettiin, yksi PLM-järjestelmän hyödyistä on yksittäisten työntekijöiden työmäärän vähentäminen ja prosessien suoraviivaistaminen. Tietoteknisten järjestelmien etuna on varsinkin automoitu laskenta, jota hyödyntämällä voidaan vähentää inhimillisiä virheitä. [6] [7] Automoitua laskentaa hyödynnetään erityisesti erilaisten raporttien muodostamisessa.

Koska PLM:n tarkoituksena mahdollistaa koko tuotantoketjun yhteistyö asiakkaiden, kehittäjien, toimittajien ja valmistajien välillä tuotteen eri elinkaaren vaiheissa, [2] on tärkeää että tuotetieto elinkaaren eri vaiheissa on dokumentoitavissa, analysoitavissa ja helposti jaettavissa. Koska PLM-järjestelmien tietomallit ovat usein ohjelmistokohtaisia ja harvemmin standardinomaisia [8] on tärkeää, että tuotetietoa on mahdollista viedä myös itse järjestelmän ulkopuolelle tallennettavaksi ja jaettavaksi.

PLM:n kontekstissa raporteilla tarkoitetaan tuotetietoa kokoavia ja analysoivia kokonaisuuksia. Raportit voivat olla esimerkiksi PDF- tai Excel-tiedostoja, jotka kokoavat tuotetietoja ja suorittavat laskentaa visualisoimalla dataa esim. kuvaajin tai interaktiivisia "kojelautoja"(engl. *dashboards*), jotka kokoavat useita kuvaajia ja laskettuja arvoja yksittäiseen käyttäjäystävälliseen näkymään. Tässä tutkielmassa keskitytään enemmän raporttitiedostojen tuottamiseen ohjelmallisesti, mutta usein näihin tiedostoihin on myös mahdollista upottaa kojelautamaisia ominaisuuksia, kuten kuvaajia ja tilastoja.

Raporttitiedostojen tuottamista varten monet PLM-järjestelmät tarjoavat "raportointimoottorin" osana PLM-ohjelmistoa, jonka tarkoituksena on kerätä analysoida dataa kokoamalla sitä dokumenttitiedostoformaatteihin. Alan standardina näistä formaateista raporttien kontekstissa lienee PDF-, Excel- ja HTML-pohjaiset raportit, sillä useimmat raportointimoottorit tarjoavat raportteja näissä tiedostomuodoissa ja ne ovat myös tuttuja suurimmalle osalle ohjelmiston käyttäjistä.

2.3.1 Osaluettelo PLM-järjestelmän sydämenä

Yksi PLM-järjestelmän tärkeimmistä toiminnallisuuksista on tuotteen osaluettelon (BOM)(engl. *Bill of Materials*) esittäminen organisoidusti. [1] Yksinkertaisuudessaan osaluettelo on lista kaikista osista, joita tarvitaan tuotteet valmistamiseen. Osaluettelossa jokainen yksittäiseen osaan voidaan liittää useita tietokenttiä kuten valmistaja, versio, materiaali ja määrä. Osaluettelo koostuu usein hierarkkisesti osakokoonpanoista, välikokoonpanoista, osakomponenteista ja yksittäisistä osista, eli se kerää dataa siitä, kuinka eri tuotteen komponentit ovat riippuvaisia toisistaan. Osaluetteloa voidaan käyttää viestintään esimerkiksi valmistuskumppanien välillä tai se voidaan rajoittaa yhteen tuotantoyksikköön. [9]

Koska osaluettelot ovat hyvin olennainen osa PLM-järjestelmää, ovat ne tärkeä kohde myös raportoinnille. [10] Osaluetteloista tuotetut raportit voivat analysoida rakennetta pintaa syvemältä sekä luoda helposti ymmärrettävän yleiskatsauksen massiivisen osaluettelon omaavaan tuotteeseen tarjoamalla samalla esimerkiksi graafeja ja statistiikkaa tuotteesta. Koska raportit voidaan tuottaa erillisinä sähköisinä dokumentteina, voidaan laskentaa jatkaa esimerkiksi Excel-raporttien tapauksessa, tai erityisesti PDF-raportit ovat omiaan arkistoinnille myöhempää käyttöä varten.

2.3.2 Raportointi ja Business Intelligence

Liiketoimintatiedon hyödyntämisellä (BI), (engl. *Business Intelligence*) tarkoitetaan yrityksen kykyä hyödyntää dataa merkityksellisellä tavalla. PLM:n kontekstissa BI korostuu etenkin tuotetiedon hyödyntämisessä. Tätä PLM:n ja BI:n yhteyttä on tutkinut Bosch-Mauchand, ym. (2014) artikkelissaan "*Preliminary Requirements and Architecture Definition for Integration of PLM and Business Intelligence Systems*" [11]. Bosch-Mauchand toteaa, että PLM järjestelmä kulkee käsikädessä BI:n kanssa ja PLM-järjestelmän tuotetiedon integraatio ja sen jaettavuus eri järjestelmien välillä on hyvin tärkeää tuotetiedon merkityksellisen hyödyntämisen kannalta. Bosch-

Mauchand erittelee, että jotkin PLM-järjestelmät tarjoavat erillisiä moduuleja raporttien tuottamiseen, mutta harva raportointityökalu tai -moduuli hyödyntää BI:n periaatteita. Bosch-Mauchandin mukaan varsinkin kahden tyyppisillä raporteilla voidaan tuottaa lisäarvoa: [11]

- Dokumenttien ja objektien määrällinen analysointi. Esimerkiksi näiden summien tai tyyppien laskenta.
- PLM-järjestelmien ominaisuuksien käyttö. Esimerkiksi tuotteen osien uudelleenkäyttö ja tietokantakyselyt.

Näiden lisäksi raportointia voidaan hyödyntää IT-hallinnon osa-alueilla, kuten esimerkiksi järjestelmän suorituskyvyn monitoroinnin kannalta.

2.4 Raportointimoottorit ja -työkalut

Raportointimoottorit ja -työkalut ovat molemmat tietojen käsittelyyn ja analysointiin tarkoitettuja ohjelmistoja. Tämän tutkielman kontekstissa nämä käsitteet määritellään seuraavanlaisesti: Raportointimoottorit ovat ohjelmistoja, jotka automatisoivat raporttien luomisen ohjelmallisesti. Tyypillisesti raportointimoottori saa syötedatan, jonkinlaisen ohjeistuksen tai raporttipohjan (engl. *report template*) ja kaikki logiikka näiden yhdistämiseen sekä lopullisen raportin muodostamiseen jää raportointimoottorin vastuulle. [12] Raportointityökalu on taas laajempi termi, jolla tarkoitetaan ohjelmistoa, joka on suunniteltu auttamaan raporttien luomisessa, hallinnassa ja jakelussa. Yksinkertaistettuna raportointityökalut ovat suunniteltu auttamaan käyttäjiä luomaan raportteja, kun taas raportointimoottorit ovat suunniteltu automatisoimaan itse raporttien luominen jonkin annetun lähdedatan perusteella.

Raportointimoottori on tyypillisesti taustalla toimiva, esimerkiksi palvelinsovellus, joka keskittyy raporttien prosessointiin ja renderöimiseen. Se huolehtii esimerkiksi tietojen hakemisesta, yhdistämisestä ja muotoilusta ennalta määritetty-

jen raporttipohjien ja ohjeiden perusteella. Se ei sisällä itse käyttöliittymää ja sen toimintoja käytetään ohjelmallisesti. Raportointityökalu sisältää usein jonkinlaisen käyttöliittymän, jonka avulla käyttäjä voi luoda uusia tai muokata olemassa olevia raportteja. Ne voivat olla sisäänrakennettuja johonkin järjestelmään, esimerkiksi PLM-järjestelmään, mutta raportointityökalut voivat olla myös ulkoisia ohjelmistoja, jotka pääsevät käsiksi analysoitavaan dataan esimerkiksi jonkin rajapinnan kautta. Koska raportointimoottori voi olla konfiguroitavissa raportointityökalun avulla myös loppukäyttäjien toimesta, tulee sitä kehittäessä huomioida loppukäyttäjien yksilölliset ja monipuoliset tarpeet. [13]

Bambang Prasetya Adhi ym. vertailevat tutkimusartikkelissaan *"Performance comparison of reporting engine birt, jasper report, and crystal report on the process business intelligence"* (2019) [13] suosituimpia kaupallisia (SAP Crystal Reports) ja avoimen lähdekoodin (BIRT ja Jasper Report) raportointityökaluja ja niiden alla toimivia raportointimoottoreita. Adhi ym. käyttävät kokeellisia menetelmiä mitataksaan kolmea raportointityökalun osa-aluetta:

- Soveltuvuus, esimerkiksi kuinka hyvin raportointimoottori tukee erilaisen lähdedatan käyttöä
- Käytettävyys, joka ilmenee oppimisen helppoutena sekä toiminnallisuuden loogisuutena ja tehokkaana käyttönä
- Tehokkuus, joka mittaa itse järjestelmän tehokkuutta, esimerkiksi suoritusaikaa

Näitä osa-alueita arvioimalla voidaan tehdä perusteltuja päätöksiä raportointityökalun ja -moottorin valinnasta, joten nämä ovat tärkeitä seikkoja ottaa huomioon näiden suunnittelussa ja kehityksessä.

2.4.1 Raportointimoottorin rakenne ja prosessi

Prosessina raportointimoottori toimii kolmella tasolla: data-, logiikka- ja esitystasolla. [12]

Datataso

Datatasolla raportointimoottori voi hakea dataa suoraan tietotokannasta tai esimerkiksi API:n eli ohjelmointirajapinnan (engl. *Application Programming Interface*) kautta. Raportointimoottorin tapauksessa ohjelmointirajapinta voi olla esimerkiksi hakurajapinta, jonka taustalla toimivan hakumoottorin avulla raportointimoottori voi hakea tarvitsemaansa dataa täsmällisemmin. Varsinkin PLM-järjestelmän kontekstissa hakumoottori on hyvin keskeinen osa PLM-järjestelmää. Datataso määrittelee siis mistä ja miten raportointimoottori hankkii lähtödataa sekä millaiset lähtötiedot sillä on koostaa raportti. [12] Näihin lähtötietoihin lukeutuu esimerkiksi mahdolliset raporttipohjat ja muut käyttäjän määrittämät asetukset.

Logiikkataso

Logiikkatasolla raportointimoottori jäsentelee lähtödataa ja suorittaa laskentaa. Lähtödatan formaatti on usein historiallisesti ollut XML (engl. *Extensible Markup Language*) sen ollessa yksi internetin yleisimmin käytetyistä dataformaateista, mutta JavaScriptin yleistyttyä myös JSON (engl. *JavaScript Object Notation*) noussut suosituksi tiedostomuodoksi. JSONin etuna on sen suora integraatio JavaScriptin yhteyteen sekä sen nopeus verrattuna vanhempaan XML-standardiin. [14] Logiikkatason toteuttaman laskennan avulla lähtödatasta voidaan luoda esimerkiksi graafeja ja sekä taulukoida dataa, mikä mahdollistaa lasketut sarakkeet ja summat. Tämä voidaan nähdä raportointimoottorin ytimenä, sillä se tuottaa merkityksellistä dataa usein vaikeaselkoisesta lähdedatasta. [12] Lisäksi logiikkatason tulee jäsentää data siten, että se on mahdollista kirjoittaa tiedostoon esitystasolla.

Esitystaso

Esitystasolla data kirjoitetaan tiedostoon, jolloin se voidaan tallentaa käyttäjäystävällisessä tiedostoformaattissa. [12] Suosituimpia tiedostoformaatteja ovat HTML-, Excel- ja PDF-tiedostoformaattit. [12] Esitystasolla raportin merkitys ilmenee käyttäjälle: lähtödata on esitetty helposti omaksuttavassa ja ymmärrettävässä muodossa, sekä raportti on luettavissa ja jaettavissa helposti yksittäisenä tiedostona.

2.4.2 PLM-järjestelmä raportointimoottorin ja -työkalun toimintaympäristönä

Rohleder ym. (2014) käsittelee tutkimuksessaan *"Requirements Engineering in Business Analytics for Innovation and Product Lifecycle Management"* vaatimusten määrittelyä liiketoimintatiedon hyödyntämisessä PLM-järjestelmissä. Rohleder ym. korostaa, että PLM-järjestelmissä toimitaan usein Big datan eli *massadatan* parissa, sillä heidän tutkimuksen mukaan yksittäisen auton tuoterakenne voi koostua noin 120 tuhannesta yksittäisestä osasta, joilla jokaisella on tyypillisesti omat CAD-mallit (tietokoneavusteisen suunniteluohjelman luomia tiedostoja), piirustukset ja metadataa. Lisäksi tuotteen useat versiot ja variantit nostavat lopullisen datan määrää eksponentiaalisesti. Lisäksi PLM-järjestelmiä käyttää tyypillisesti eri yritykset yrityksen eri osastoissa, jolloin tuonkulkujen poikkeavaisuus lisää PLM-järjestelmien datan kompleksisuutta entisestään. Kompleksisuus johtaa usein siihen, että valmiit raportointimoottorit, varsinkin esimerkiksi taloudelliseen raportointiin erikoistuneet, eivät välttämättä sovi sellaisenaan käytettäväksi PLM:n kontekstissa. [15]

Kuten kappaleessa 2.3.1 todettiin, osaluettelot ovat keskeiseen osa PLM-järjestelmään tallennetun datan esittämistä. Koska tuoteobjektit koostuvat osaluetteloista, myös PLM-järjestelmässä tuotteista koostettavat raportit perustuvat osaluetteloista ke-

rättyyn lähtödataan. PLM-järjestelmän raportointimoottorit ovat siten erikoistuneita jäsentelemään ja kokoamaan hierarkkista dataa. [15] PLM-järjestelmän tarjoamille raporteille on olennaista tuotteeseen ja sen kehitykseen liittyvät seikat, kuten esimerkiksi tuotteen osien toimittajien jakauma tai tuotteen muokkaushistoria. Lisäksi osaluettelon perusteella voidaan laskea yksittäisten osien summia rakenteessa tai esimerkiksi luoda raportteja tietyistä tuotteen osista, jotka täyttävät annetut kriteerit.

Mahdollisen raportointimoottorin ohella PLM-järjestelmät sisältävät usein hakumoottorin, jonka avulla voidaan etsiä tehokkaasti ja tarkasti tietokannasta annettujen kriteerien mukaisesti. Tiedon haku on yksi PLM-järjestelmän ydinominaisuuksista. [16] Raporttien muodostamisessa ulkoisen hakumoottorin hyödyntäminen vähentää itse raportointimoottorin kuormaa, jolloin raportointimoottorin toiminnallisuuden kehittämisessä voidaan keskittyä enemmän laskentaan ja lisäarvon tuottamiseen. Täten PLM-järjestelmän tapauksessa lähtödatan hakeminen voi tapahtua haku-API:n välityksellä, jolloin raportteja voidaan muodostaa tuoterakenteiden lisäksi esimerkiksi jonkin tietyn hakulausekkeen perusteella.

PLM-järjestelmien käyttäjät ovat tyypillisesti suhteellisen suuren mittakaavan teollisuusyrityksiä. Useissa tapauksissa myös tuoterakenteet ovat valtavia [15], joten raportointimoottorin tulee olla tarpeeksi tehokas ja optimoitu, jotta myös suurista tietorakenteista on mahdollista koostaa raportteja siedettävässä suoritusajassa. Raportointimoottorin logiikkatason lisäksi PLM-järjestelmien käyttäjillä on myös tarpeita muokata raporttien ulkoasua raportointimoottorin esitystasolla. Esimerkiksi yrityksen logojen ja raportin visuaalisen ilmeen muokkaaminen on olennainen osa taas raportointityökalun toiminnallisuutta. Koska raportointityökalun tulee olla integroitu saumattomasti muihin PLM-järjestelmän ominaisuuksiin hyvän käyttäjäkokemuksen varmistamiseksi sekä PLM-datan kompleksisuuden vuoksi useat PLM-järjestelmiä tarjoavat yritykset käyttävät PLM-järjestelmissään tätä järjestelmää

varta vasten kehitettyjä raportointityökaluja.

3 Case-tapaus:

Raportointimoottorin kehittäminen osaksi Sovelia PLM-järjestelmää

3.1 Sovelia PLM

Kehitettävän raportointityökalun toimintaympäristönä toimii kaupallinen PLM-järjestelmä, Sovelia PLM. Sovelia PLM:n kehitys on alkanut yli 30 vuotta sitten ja sen kehitys jatkuu aktiivisesti edelleen. Kuten muutkin PLM-järjestelmät, Sovelia PLM pyrkii ratkaisemaan valmistusalan yritysten haasteita liittyen tuotteen datan hallintaan sen koko elinkaaren ajan. [17] Sovelia PLM:n erityispiirteenä on sisältämät valmiiksi konfiguroidut "*templatet*" eli valmiit mallit objekteille ja prosesseille, jotka ovat muokattavissa asiakkaan tarpeiden mukaan. Lisäksi malleihin kuuluu muita valmiiksi konfiguroituja työkaluja että alalla hyväksi todettuja prosesseja. [18]

Sovelian PLM koostuu objekteista ja objektilinkeistä. Objekteja voidaan määrittellä niiden attribuuttien avulla. Objektit voivat olla osia, piirrustuksia, dokumenttilinkkejä tai linkkejä muihin toimintoihin. [18] Objektilinkkien avulla voidaan muodostaa osaluetteloita, jotka ovat tärkeitä raportoinnin kohteita. Näiden lisäksi toinen merkittävä konsepti Soveliassa on käyttäjä ja käyttäjäryhmät. Yksinkertaisuudessaan järjestelmällä voi olla luonnolisesti useita käyttäjiä ja käyttäjät voivat kuusua

eri käyttäjäryhmiin. Käyttäjäryhmiä voi olla useita, mutta tärkein niistä on ymmärtää "*admin*"-ryhmä (engl. *administrator*), johon kuuluu pääkäyttäjät eli järjestelmänvalvojat. Järjestelmänvalvojalla on luonnollisesti oikeuden muuttaa järjestelmän asetuksia. Pääkäyttäjän konsempi on tärkeä ymmärtää, sillä osa kehitettävää raportointityökalun ominaisuuksista on saatavilla vain pääkäyttäjälle. Käyttäjäryhmien lisäksi jokaisella käyttäjällä on lisenssi, joka määrittelee osaltaan käyttäjän oikeuksia rajoittamalla esimerkiksi objektien ja objektilinkkien muokkausoikeuksia. [19]

3.1.1 Raportointi Sovelia PLM-järjestelmässä

Sovelian PLM ja muut PLM-järjestelmät poikkeavat valmiiden raportointimoottoriratkaisujen tyypillisistä toimintaympäristöistä, sillä kuten luvussa 2.4.2 huomattiin, PLM-data on usein kompleksista ja monimuotoista. Siemensin PLM-järjestelmän verkkosivuilla julkaistussa artikkelissa "*The Challenge of Getting High Quality Reports out of PLM*" [10] (2016) esitellään haasteita, joita liittyy korkealaatuisten raporttien tuottamiseen PLM-järjestelmistä. Artikkelin nostaa esille osaluetteloiden (BOM) merkityksen PLM-järjestelmän raportoinnissa: on tärkeää että raporttien saama ja tuottama data on luotettavaa ja laadukasta, jotta päätöksenteko raporttien pohjalta olisi mahdollista. Osaluetteloihin voi tulla jopa satoja muutoksia päivittäin, joten raporttien tapauksessa on tärkeää, että niiden käyttäjät tietävät työkentelevänsä oikean datan kanssa. Täten raporttien ajantasaisuus ja selkeät aikaleimat ovat hyvin tärkeitä PLM-järjestelmän ja myös Sovelian tuottamille raportoille. Sovelia PLM:n raportointimoottorin etuna on hakurajapinnan käyttö, joka palauttaa aina hakupyynnön mukaisesti ajankohtaista dataa, mikä vähentää mahdollisten virheellisten tietojen määrää.

PLM-datan kompleksisuus tekee raportointityökalun kehittämisestä haasteellista, sillä myös Sovelia PLM vaatii erityisesti tarkoitusta varten kehitetyn raportointityökaluratkaisun. Tarkoitusta varten kehitetty ratkaisu on ohjelmistokehittäjälle

työläs rakentaa alusta asti itse, mutta sen etuna on sen täysi muovautuvuus tarvetta varten. On kuitenkin todettava, että myös valmiin raportointimoottorin ja työkalun implementoiminen Sovelia PLM:n toimintaympäristöön olisi todennäköistä työlästä juuri PLM-datan kompleksisuuden vuoksi.

Sovelia PLM:n vanha raportointityökalu

Sovelia PLM -järjestelmässä on tuotannossa ja asiakkailta käytössä vanha raportointityökalu, joka tarjoaa raportteja PDF, Excel ja ZIP-tiedostoformaateissa. Raportteihin data kerätään "*rakenneagentin*" avulla, joka on nimensä mukaisesti osaa kulkea objekti-linkki-suhteita pitkin ja täten kerätä tarvittavan lähdedatan raportin koostamista varten. Itse raporttitiedostoon kirjoittaminen tapahtuu Java-ohjelmointikielen Apache FOP-ohjelmakirjaston [20] avulla XSL- (engl. *Extensible Stylesheet Language*, kieliperhe, joka mahdollistaa XML-pohjaisten tiedostojen ulkoasun ja rakenne muutoksen määrittelyn) ja XML-tietorakenteisiin tallennetun datan antaman ohjeistuksen avulla.

Vaikka tämä ratkaisu on toimiva ja edelleen kelvollinen tekniikka dokumenttien muotoiluun, ja siten raporttien generointiin ohjelmallisesti ennalta määriteltyn datan mukaisesti, se kohtaa ongelmia datamäärien kasvaessa. Näihin ongelmiin kuuluu esimerkiksi liiallinen muistinkäyttö palvelimilla, prosessin hitaus varsinkin suurempien tuoterakenteiden tapauksissa ja raporttien konfiguroinnin haasteellisuus sen ollessa täysin mahdotonta PLM-järjestelmän loppukäyttäjille. Lisäksi toiminnon ylläpito alati muuttuvassa toimintaympäristössä muuttuu todennäköisesti haasteellisemmaksi tulevaisuudessa, kun uusi teknologia syrjäyttää vanhaa useilla osa-alueilla, mutta vanhalle pohjalle rakennettu raportointimoottori ei voi enää pysyä muutoksen tahdissa.

Uuden raportointityökalun haasteet

Koska vanhan raportointityökalun modernisointi ja päivittäminen nykypäivään vaatisi perustavanlaatuisia muutoksia koko järjestelmään, päädyimme valitsemaan kehityskohteeksi kokonaan uuden raportointityökalun kehittämisen. Uuden työkalun tarkoituksena on integroitua paremmin nykyiseen Web-pohjaiseen käyttöliittymään ja tarjota käyttäjäystävällisemmän kokemuksen raporttien luomiseen. Raporttien luominen tuoterakenteista tapahtuisi käyttäjän näkökulmasta paremmin integroituna Web-käyttöliittymään tarjoten mahdollisuuden seurata meneillään olevien raporttien edistymistä sekä perua raporttien koostamisprosesseja käyttöliittymästä käsin. Lisäksi pääkäyttäjällä tulisi olla mahdollisuus muokata ja luoda uusia raporttityyppejä muokkaamalla esimerkiksi raporteissa esitettäviä sarakkeita ja tuoterakenteiden suodattamiseen liittyviä sääntöjä. Myös raporttien ulkonäön tulee olla muokattavissa pääkäyttäjän toimesta, mikä tarkoittaa niiden visuaalisen ilmeen muokkausta lisäämällä asiakasyrityksen logoja, muokkamaalla väriteemaa ja asettelua asiakkaan tarpeiden mukaisesti.

Uuden raportointityökalun tulee ensimmäisessä vaiheessa sisältää samat toiminnallisuudet kuin vanha raportointityökalu, mutta tarkoituksena on tuottaa raportteja huomattavasti nopeammin aiheuttamalla samanaikaisesti vähemmän kuormaa palvelimelle. Raporttien sisällön ja yleisen rakenteen tulee vastata vanhempia raportteja identtisesti, mutta raporttien visuaalinen ilme tulee päivittää nykypäivän standardien mukaisesti.

Ensimmäinen haaste raportointityökalun kehittämislle on käytettävien teknologioiden ja teknologioiden valinta. Koska tarkoituksena on kehittää täysin uusi toiminnallisuus alusta alkaen, on tärkeää ymmärtää nykyiset käytössä olevat komponentit varsinkin palvelinarkkitehtuurien näkökulmasta. Itse raportointimoottori tulee toimimaan jollakin palvelimella ja koostamaan valmiit raportit palvelinpäässä ennen niiden lataamista käyttäjien saataville. Näin voimme vähentää asiakaspään kuor-

maa siirtämällä raskaamman laskennan palvelimen vastuulle. Lisäksi vaaditaan syvällisiä teknologiatutkimusta ja -analyysiä olemassa olevien raportointimoottorien ratkaisuista sekä käytettävistä teknologioista.

3.2 Nykyiset raportointimoottorit

Alustus ja esittely nykyisiin raportointityökaluihin, niiden ominaisuuksiin ja käytettyihin tekniikoihin. Mitä voimme oppia näistä ratkaisuista, mitä tekniikoita nämä käyttävät ja millaisia lopputulemia ne tarjoavat?

Lähdeluettelo

- [1] M. David ja F. Rowe, ”What does PLMS (product lifecycle management systems) manage: Data or documents? Complementarity and contingency for SMEs”, *Computers in Industry*, vol. 75, s. 140–150, tammikuu 2016, ISSN: 0166-3615. DOI: 10.1016/j.compind.2015.05.005. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361515300051> (viitattu 17.09.2023).
- [2] I. Bouhaddou, A. Benabdelhafid, L. Ouzizi ja Y. Benghabrit, ”PLM (Product Lifecycle Management) Model for Supply Chain Optimization”, en, teoksessa *Product Lifecycle Management. Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras ja B. Louhichi, toim., sarja IFIP Advances in Information and Communication Technology, Berlin, Heidelberg: Springer, 2012, s. 134–146, ISBN: 978-3-642-35758-9. DOI: 10.1007/978-3-642-35758-9_12.
- [3] M. Alemanni, G. Alessia, S. Tornincasa ja E. Vezzetti, ”Key performance indicators for PLM benefits evaluation: The Alcatel Alenia Space case study”, *Computers in Industry*, vol. 59, nro 8, s. 833–841, lokakuu 2008, ISSN: 0166-3615. DOI: 10.1016/j.compind.2008.06.003. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361508000663> (viitattu 17.10.2023).
- [4] L. Rivest, A. Bouras ja B. Louhichi, toim., *Product Lifecycle Management. Towards Knowledge-Rich Enterprises: IFIP WG 5.1 International Conference*,

- PLM 2012, Montreal, QC, Canada, July 9-11, 2012, Revised Selected Papers* (IFIP Advances in Information and Communication Technology), en. Berlin, Heidelberg: Springer, 2012, vol. 388, ISBN: 978-3-642-35757-2 978-3-642-35758-9. DOI: 10.1007/978-3-642-35758-9. url: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-35758-9> (viitattu 17.10.2023).
- [5] S. G. Lee, Y. .-. Ma, G. L. Thimm ja J. Verstraeten, "Product lifecycle management in aviation maintenance, repair and overhaul", *Computers in Industry, Product Lifecycle Modelling, Analysis and Management*, vol. 59, nro 2, s. 296–303, maaliskuu 2008, ISSN: 0166-3615. DOI: 10.1016/j.compind.2007.06.022. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361507001108> (viitattu 18.10.2023).
- [6] Y. Niu, L. Ying, J. Yang, M. Bao ja C. B. Sivaparthipan, "Organizational business intelligence and decision making using big data analytics", *Information Processing & Management*, vol. 58, nro 6, s. 102725, marraskuu 2021, ISSN: 0306-4573. DOI: 10.1016/j.ipm.2021.102725. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306457321002090> (viitattu 22.10.2023).
- [7] L. Raković, M. Sakal ja P. Matković, "Digital workplace: Advantages and challenges", en, *Anali Ekonomskog fakulteta u Subotici*, nro 47, s. 65–78, 2022, ISSN: 0350-2120, 2683-4162. DOI: 10.5937/AnEkSub2247065R. url: <https://scindeks.ceon.rs/Article.aspx?artid=0350-21202247065R> (viitattu 22.10.2023).
- [8] M.-F. Sriti ja P. Boutinaud, "PLMXQuery: Towards a Standard PLM Querying Approach", eng, teoksessa *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. AICT-388, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, s. 379–388, ISBN: 9783642357572.

- [9] R. Jones ja L. Tate, *Visualizing Comparisons of Bills of Materials*, arXiv:2309.11620 [cs], syyskuu 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2309.11620. url: <http://arxiv.org/abs/2309.11620> (viitattu 17.10.2023).
- [10] K. German, *The Challenge of Getting High Quality Reports out of PLM - Teamcenter*, en-US, Section: News, tammikuu 2016. url: <https://blogs.sw.siemens.com/teamcenter/the-challenge-of-getting-high-quality-reports-out-of-plm/> (viitattu 17.10.2023).
- [11] M. Bosch-Mauchand, M. Bricogne, B. Eynard ja J.-P. Gitto, "Preliminary Requirements and Architecture Definition for Integration of PLM and Business Intelligence Systems", en, teoksessa *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications*, E. Bayro-Corrochano ja E. Hancock, toim., vol. 8827, Series Title: Lecture Notes in Computer Science, Cham: Springer International Publishing, 2014, s. 265–272, ISBN: 978-3-319-12567-1 978-3-319-12568-8. DOI: 10.1007/978-3-662-44739-0_33. url: http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-44739-0_33 (viitattu 22.10.2023).
- [12] Y. He ja F. Gong, "Design and Implementation of the Large Enterprise Reporting Engine", teoksessa *2010 International Conference on Web Information Systems and Mining*, vol. 2, lokakuu 2010, s. 235–238. DOI: 10.1109/WISM.2010.96. url: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5662268> (viitattu 09.10.2023).
- [13] B. P. Adhi, D. N. Prasetya ja Widodo, "Performance comparison of reporting engine birt, jasper report, and crystal report on the process business intelligence", English, *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, vol. 508, nro 1, huhtikuu 2019, Place: Bristol, United Kingdom Publisher: IOP Publishing, ISSN: 17578981. DOI: 10.1088/1757-899X/508/1/

012129. url: <https://www.proquest.com/docview/2560973452/abstract/E835BABAB8FE44D6PQ/1> (viitattu 09.10.2023).
- [14] N. Nurseitov, M. Paulson, R. Reynolds ja C. Izurieta, "Comparison of JSON and XML Data Interchange Formats: A Case Study", en,
- [15] C. Rohleder, J. Lin, I. Kusumah ja G. Özkan, "Requirements Engineering in Business Analytics for Innovation and Product Lifecycle Management", en, teoksessa *Advances in Conceptual Modeling*, J. Parsons ja D. Chiu, toim., sarja Lecture Notes in Computer Science, Cham: Springer International Publishing, 2014, s. 51–58, ISBN: 978-3-319-14139-8. DOI: 10.1007/978-3-319-14139-8_7.
- [16] J. G. Enríquez, J. M. Sánchez-Begines, F. J. Domínguez-Mayo, J. A. García-García ja M. J. Escalona, "An approach to characterize and evaluate the quality of Product Lifecycle Management Software Systems", *Computer Standards & Interfaces*, vol. 61, s. 77–88, tammikuu 2019, ISSN: 0920-5489. DOI: 10.1016/j.csi.2018.05.003. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548917303239> (viitattu 17.11.2023).
- [17] *About Sovelia and one digital platform | sovelia.com — sovelia.com*, <https://sovelia.com/about-sovelia>. (viitattu 17.11.2023).
- [18] *Sovelia PLM getting started - How to use Sovelia PLM — help.sovelia.com*, <https://help.sovelia.com/docs/getting-started>. (viitattu 17.11.2023).
- [19] *User management — help.sovelia.com*, <https://help.sovelia.com/docs/user-management>. (viitattu 17.11.2023).
- [20] *Apache(tm) FOP - a print formatter driven by XSL formatting objects (XSL-FO) and an output independent formatter*. en. url: <https://xmlgraphics.apache.org/fop/> (viitattu 19.11.2023).

Liite A Liitedokumentti

Esimerkki liitedokumentista, jätetty paikalleen mikäli liitteitä on tarve lisätä.

Liite B Liitedokumentti 2

Tässä esimerkki

toisesta kaksisivuisesta liitteestä.