



Porovnání systémů digitální továrny Teamcenter a Process Designer

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství

Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství

Autor práce: **Bc. Jakub Patočka**

Vedoucí práce: Ing. Michal Menšík





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Comparsion of the Digital Factory systems Teamcenter and Process Designer

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Bc. Jakub Patočka**
Supervisor: Ing. Michal Menšík



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Patočka**

Osobní číslo: **T15000540**

Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**

Studijní obor: **Produktové inženýrství**

Název tématu: **Porovnání systémů digitální továrny Teamcenter a Process Designer**

Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) V rámci rešerše charakterizujte digitální továrnu a její zařazení v rámci PLM.
- 2) Porovnejte platformy Siemens Tecnomatix a Siemens Teamcenter. Zaměřte se na jejich pracovní postupy a funkcionality.
- 3) Na základě analýzy uveďte jejich výhody a nevýhody.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] **Product lifecycle management: Volume 1: 21st Century Paradigm for Product Realisation. Third Edition. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2015. ISBN 978-331-9174-396.**
- [2] **Getting Started with Teamcenter: Siemens PLM Software [online]. Dostupné 04. 05. 2016 z WWW:
<http://www.plm.automation.siemens.com/products/tecnomatix/>.**
- [3] **Siemens A Big Data Solution for Production Quality [online]. Dostupné 04. 05. 2016 z WWW:
<http://www.plm.automation.siemens.com/products/tecnomatix/>.**
- [4] **Siemens Industry Software Inc. Tecnomatix Technologies Ltd. Tecnomatix 10.1 administration guide, 2012.**
- [5] **Siemens Process Simulate, Manufacturing process verification in powerful 3D environment [online].**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Menšík

Koordinátor pro digitální továrnu a K-PDM (Škoda Auto a.s.)

Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce:

30. března 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

5. května 2017



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 28. února 2017

Žádost o změnu termínu odevzdání závěrečné práce

Jméno a příjmení: Bc. Jakub Patočka
Osobní číslo: T15000540
Studijní program: Průmyslové inženýrství
Studijní obor: Produktové inženýrství
Zadávací katedra: KHT

Žádám o změnu termínu odevzdání diplomové práce z 5. 5. 2017 na 5. 1. 2018

Odůvodnění žádosti: nesplnění zápočtu DP3

V Liberci dne: 4.5.2017

Podpis: 

Vyjádření vedoucího práce:

Vyjádření vedoucího katedry:





Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 03.01.2018

Podpis: 

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Michalovi Menšíkovi, vedoucímu mé diplomové práce, za vedení, připomínky a věnovaný čas. Dále bych chtěl poděkovat doc.Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D., konzultantovi, za jeho vedení, odborné rady při zpracování této práce a čas, který mi věnoval.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a blízkým, kteří mě ve studiu podporují.

Abstrakt

Cílem této práce je porovnat pracovní postupy, funkcionality a možnosti plánovacích systémů Process Designer a Teamcenter, za účelem přechodu z jednoho systému na druhý. Pro porovnání byla vytvořena linka v obou systémech a pomocí Fit-GAP analýzy bylo zhodnoceno, jestli systémy splňují všechny požadované funkce. U procesů, které se v systémech liší, bylo vytvořeno procesní schéma a popsány výhody a nevýhody jednotlivých řešení. Výsledkem práce je doporučení, jestli je možné nasadit systém Teamcenter a jaké tím získá firma přínosy.

Klíčová slova

Digitální továrna, plánování výroby, PLM systémy, modelace dat, struktury (kusovníková, operační, zdrojová)

Abstract

The aim of this thesis is to compare working procedures, functionalities and possibilities of the planning systems (Process Designer and Teamcenter) for the transition from one system to another. For comparison was created one production line in both systems and the Fit-GAP analysis was used to decide, whether the systems meets all the required functions. For processes which are in the systems different has been created a process scheme to describe the advantages and disadvantages of individual solutions. The result of the thesis is the recommendation of whether Teamcenter can be deployed and which benefits it brings to the company.

Key words

Digital Factory, planning of the production, PLM systems, data modeling, structures (bill of materials, operations, resources)

Obsah

Seznam obrázků	10
1 Zařazení digitální továrny v rámci PLM systému	14
1.1 PLM systémy	15
2 Tecnomatix	17
2.1 Architektura a struktura dat	17
2.2 Process Designer	19
2.2.1 Obecné principy práce v systému Process Designer	22
2.2.2 Check-in, Check-out	23
2.2.3 Princip prototyp, instance	24
2.2.4 Variantní sety	24
2.2.5 Pert Viewer	27
2.2.6 Gant Viewer	27
2.2.7 Change management	29
2.2.8 Tabulkový náhled	30
2.3 Simulace výroby – Process Simulate	31
2.3.1 Nástroje softwaru Process Simulate	31
2.4 Plant Simulation	32
3 Teamcenter a modul pro plánování výroby (MPP)	34
3.1 Architektura a struktura dat	36
3.2 Obecné principy práce v systému Teamcenter	37
3.3 Klasifikace	37
3.4 Vizualizace (VisMockup, Lifecycle Viewer)	38
3.4.1 VisMockup	38
3.4.2 Lifecycle Viewer	38
3.5 Moduly pro řízení jakosti (plánování a ověřování rozměrů)	39

4	Fit-GAP analýza	39
5	Porovnání pracovních postupů v plánovacích systémech Teamcenter a Process Designer	41
5.1	Kusovníková struktura	41
5.1.1	Kusovníková struktura a její vytvoření v PD	41
5.1.2	Kusovníková struktura a její vytvoření v TC	43
5.1.3	Vyhodnocení postupu získávání 3D dat pro TC a PD.....	44
5.1.4	Porovnání práce se strukturami	44
5.2	Operační struktura	47
5.2.1	Práce s operační strukturou v PD	47
5.2.2	Práce s operační strukturou v TC	48
5.2.3	Porovnání práce s operační strukturou v PD a TC	49
5.3	Zdrojová struktura	50
5.3.1	Zdrojová struktura PD a TC	50
5.3.2	Projekty, srovnání struktur v PD a TC	51
5.3.3	Revize objektů.....	53
5.4	Napojení plánovacích systémů a jejich další funkce.....	54
5.4.1	Napojení na simulace	54
5.4.2	Napojení dodavatelů.....	55
5.4.3	Workflow proces	58
5.4.4	Převod současných projektů v Process Designeru do Teamcenteru	60
5.5	Vyhodnocení porovnání plánovacích systémů.....	60
5.5.1	Fit-GAP analýza	60
6	Závěr.....	64
7	Bibliografie.....	65
	Přílohy.....	66

Seznam obrázků

Obrázek 1- Zařazení digitální továrny v rámci PLM, zdroj [2]	15
Obrázek 2 - Tecnomatix, architektura systému	17
Obrázek 3 - soubor ve formátu JT	18
Obrázek 4 - Vazby mezi produktem, procesem a zdrojem	19
Obrázek 5- Popis kusovníkové struktury	20
Obrázek 6- Popis informací na operačním kroku	21
Obrázek 7- Popis zdrojové struktury	22
Obrázek 8 - Objekt Check-out na jiného uživatele	23
Obrázek 9 - Objekt, který má Check-out sám uživatel	23
Obrázek 10 - Příklad prototypu a instance	24
Obrázek 11 - Definice variantních kritérií	25
Obrázek 12 - Příklad použití variantního filtru v Pert Vieweru	26
Obrázek 13 - Pert Viewer	27
Obrázek 14- Process Designer, Gant Viewer	28
Obrázek 15 - Process Designer, nástroj pro sledování změn	29
Obrázek 16- Process Designer, tabulkový náhled	30
Obrázek 17 - Process Simulate - výrobní linka, zdroj [7]	31
Obrázek 18 - Plant Simulation – výstupy ze systému, zdroj [8]	33
Obrázek 19- Teamcenter moduly, zdroj [Siemens PLM]	35
Obrázek 20- Teamcenter, architektura systému	36
Obrázek 21- TC, klasifikace	37
Obrázek 22 - Řešení pro řízení jakosti výroby, zdroj [10]	39
Obrázek 23 - Proces získávání dat v Process Designeru	42
Obrázek 24 – Proces získávání dat v Teamcenteru	43
Obrázek 25 - Process Designer, vyhledávání dílů	45

Obrázek 26 - Teamcenter, základní vyhledávání.....	46
Obrázek 27 - Teamcenter, rozšířené vyhledávání.....	46
Obrázek 28 - Process Designer, operační krok v Pertu.....	48
Obrázek 29 - Gantt Viewer, Process Designer	48
Obrázek 30 - Teamcenter, operační krok v Pertu	49
Obrázek 31 - Gantt Viewer, Teamcenter	49
Obrázek 32 - Standardní knihovna, Process designer.....	51
Obrázek 33 - Teamcenter, Moje projekty	52
Obrázek 34 - Počet objektů standardní knihovny s ohledem na počet projektů .	53
Obrázek 35 - Teamcenter, revize objektů	54
Obrázek 36 - Teamcenter Mapping Configuration Tool, zdroj [Siemens]	56
Obrázek 37 - Schéma napojení dodavatelů Teamcenter-Process Designer	57
Obrázek 38 - Teamcenter, Spuštění Workflow procesu	59
Obrázek 39 - Výsledky Fit-GAP analýzy	61

Seznam použitých zkratk

PLM [Product Lifecycle Management] – správa životního cyklu výrobku představuje integraci dat, procesů, obchodních systémů a lidí v rámci rozšířeného podnikového prostředí do jednoho systému.

PDM [Product data management] – správa dat o výrobku

JT [Jupiter Tessellation] – formát pro ukládání 3D dat produktu vyvinutý společností Siemens PLM Software. JT soubory jsou používány pro vizualizaci produktu a sdílení dat.

PMI [Product Manufacturing Information] - informace o výrobcích, které se netýkají 3D geometrie. Jedná se o geometrické rozměry a tolerance, povrchové zpracování, použitý materiál.

PLC [Programmable Logic Controller] – programovatelné automaty

CAD [Computer-Aided Design] – počítačem podporované navrhování

PD [Process Designer]

TC [Teamcenter]

TCMPP [Teamcenter Manufacturing Process Planner]

DB [Databáze]

BOP [Bill of Process] – popis výrobního procesu

EBOM [Engineering bill of materials] – konstrukční kusovník

MBOM [Manufacturing bill of materials] – technologický kusovník

ERP [Enterprise Resource Planning] – plánování podnikových zdrojů

Customizace – úpravy systému stavěné na míru zákazníkovi

ISO [International Organization for Standardization] – Mezinárodní organizace pro Normalizaci

Drag & Drop – přesun objektu pomocí myši

Greifer – nástroj na uchopení dílu

Úvod

V dnešní době narůstají konstrukční a technologické požadavky na výrobu, zrychluje se vývoj nového výrobku, zvyšují se požadavky na jakost výrobku a pro společnosti je obtížné zpracovat vznikající velké množství informací. Ke správě a práci s těmito informacemi se využívají specializované systémy, které poskytují zaměstnancům přístup k procesním a produktovým znalostem a umožňují jim efektivní spolupráci. Jsou to takzvané PDM systémy (nástroje pro správu dat) a PLM systémy (nástroje pro správu celého životního cyklu výrobku). V rámci PLM se část těchto systémů nazývá „digitální továrna“ a ta se využívá především pro plánování a simulaci výroby. Přestože nám tyto nástroje pomáhají pouze v posledních letech, velice rychle v dnešní turbulentní situaci ve výrobě zastarávají. Proto je nutné nasazovat novější a produktivnější řešení, která maximálně zefektivní plánovací procesy.

V této diplomové práci se věnuji analýze a porovnání současného řešení digitální továrny, systému Process Designer (dále PD) a možného budoucího řešení na bázi platformy Teamcenter (dále TC) – modulu MPP.

V první části práce je popsáno téma digitální továrny a její zařazení v rámci PLM. Popisují zde nástroje digitální továrny od firmy Siemens PLM – Tecnomatix, Teamcenter a obecné principy práce v těchto systémech.

Ve druhé části této práce se zaměřuji na porovnání funkcionalit a pracovních postupů v systémech Teamcenter a Tecnomatix. A dále srovnávám možnosti obou systémů, popisují výhody a nové možnosti, které přináší Teamcenter oproti jeho předchůdci. Výsledkem tohoto porovnání je vypracování analýzy.

1 Zařazení digitální továrny v rámci PLM systému

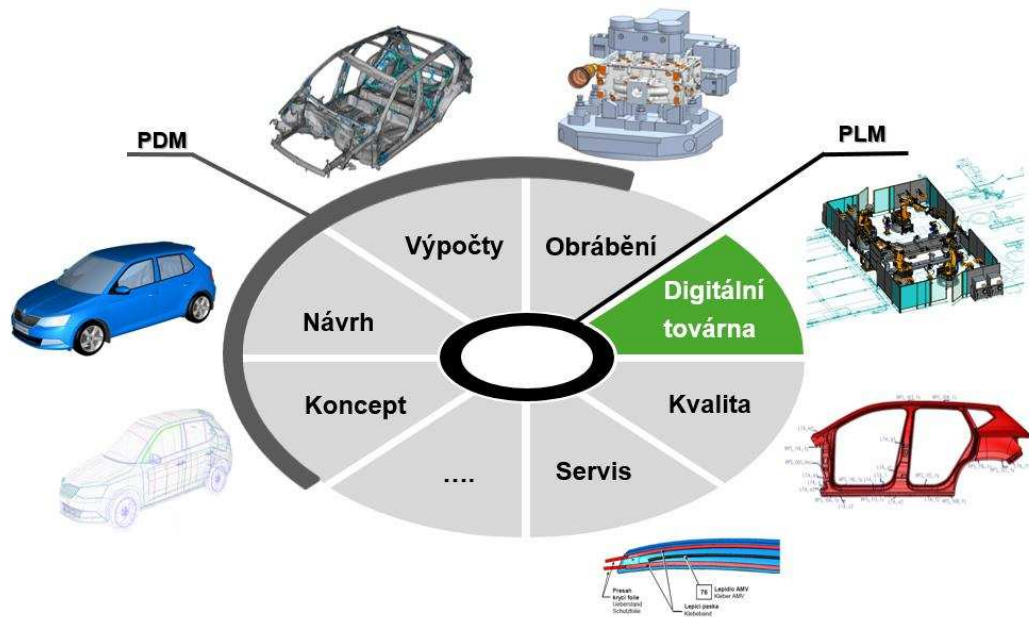
Pod pojmem digitální továrny si lze představit softwarové nástroje umožňující vytvořit virtuální model budoucí výroby, ve kterém mohou uživatelé plánovat, simulovat a optimalizovat jimi navržené procesy. Výhodnou těchto nástrojů je možnost ověřit všechny části výrobních procesů, otestovat rozdílné varianty a zvýšit kvalitu produktu ve výrobním řetězci. Hlavní cílem je eliminace procesních nedostatků v reálné výrobě při její fázi plánování. Ty totiž mohou později v reálné výrobě způsobovat úzká místa, která znesnadňují výrobu a tvoří plýtvání. Odstranění těchto problému po startu výroby je finančně a časově velice nákladné a mnohdy je nutné zastavit výrobu i na několik dní. Proto v dnešní době mnoho výrobců již tyto systémy využívá, a to zejména v automobilovém, strojírenském, leteckém a lodním průmyslu.

Do digitální továrny patří nástroje umožňující vytvořit komplexní model reálné výroby ve virtuálním prostředí. Prostřednictvím těchto nástrojů se plánují, ověřují a optimalizují procesy vývoje produktu a zdroje reálné továrny (vyšší kvalita, kratší výrobní cykly, vyšší produktivita a efektivita výroby, opětovná využitelnost kompletních dat při integraci nových projektů, variantní plánování produktu včetně výrobní dokumentace, možnost simulace výrobních procesů a virtuální zprovoznění výroby). Mezi hlavní nástroje digitální továrny od společnosti Siemens patří systémy Tecnomatix a Teamcenter, které jsou dále podrobněji popsány.

PDM (Product Data Management) jsou systémy ke správě a administraci produktových dat. Nejdříve sloužili jako úložiště především pro datové soubory z CAD systémů (3D díly modelů a sestav), poté se jejich funkce dále rozšiřovaly například o správu výkresů, kusovníků, údajích o dílech, specifikací produktů, NC programů, výsledků analýz a mnoho jiných informací.

PLM (Product Lifecycle Management) je další vývojový stupeň PDM, kdy se PLM systém stará o celý životní cyklus výrobku. Obsahuje informace od prvních konceptů, návrhů, produktových dat až po výrobu, zásobování, nákup, prodej atd. [1], [2], [3]

Zařazení digitální továrny a její úloha v rámci životního cyklu výrobku je pak vidět na (viz Obrázek 1). V následující kapitole jsou tyto systémy popsány ve větším detailu.



Obrázek 1- Zařazení digitální továrny v rámci PLM, zdroj [2]

1.1 PLM systémy

K procesu řízení kompletního životního cyklu výrobku (PLM) se používá informační platforma, která obsahuje technické, výrobní a marketingové údaje o výrobku od jeho prvotního konceptu, přes detailní návrh, výrobu, poprodejní servis až po likvidaci výrobku. Zavádění takového řešení napříč celým podnikem je náročný a zdoluhavý proces, který vyžaduje změny činností a metodik. PLM systémy se starají o správu veškerých dat o produktu a elektronickou komunikaci mezi všemi subjekty (zákazník, dodavatel, zdroje).

Využití takové platformy přináší řadu výhod. K největším výhodám patří zejména zkrácení času potřebného pro uvedení nového výrobku na trh, nižší náklady z důvodu využití již dříve vytvořených fyzických prototypů, možnosti využívání již existujících dat, možnost optimalizace pracovních postupů a nástroje pro zvýšení kvality produkce.

Tyto systémy byly po dlouhá léta doménou výhradně velkých firem, k jejich zpřístupnění pro menší a střední podniky došlo až na přelomu dvacátého prvního století. Jsou-li tyto podniky zapojeny v dodavatelském řetězci s větší firmou, která už PLM systém využívá, mohou využívat obrovské synergie. Vlivem historických příčin jsou tyto systémy ve větších firmách obvykle individuálně upravovány na míru. Menší

a střední podniky většinou používají tzv. out of the box řešení, protože si robustní individuální PLM systém nemohou dovolit z důvodu velmi vysokých pořizovacích nákladů. Customizace nebo-li do programování systému na míru, je zde omezena na nezbytné minimum. Systémy jsou svým uživatelům k dispozici prakticky ihned po nainstalování a napojení na páteřní data firmy (např. CAD nebo ERP). [1]

Mezi hlavní dodavatele PLM systémů patří Siemens a Dassault Systemes a jejich systémy jsou Teamcenter a Enovia.

Další dodavatelé PLM systémů:

Tabulka 1 - Seznam dodavatelů PLM systémů

Dodavatel	Produkt	Nástroje
Aras Corp	PLM Software (Open Source)	Aras Innovator
Ingenus Software	PLM Software	BPMplus
Oracle	PLM Software	Agile 9 Agile e6
Professional Systems Associates, Inc.	PLM Software	CMPRO
PTC	PLM Software	Windchill
SAP	PLM Software	SAP PLM

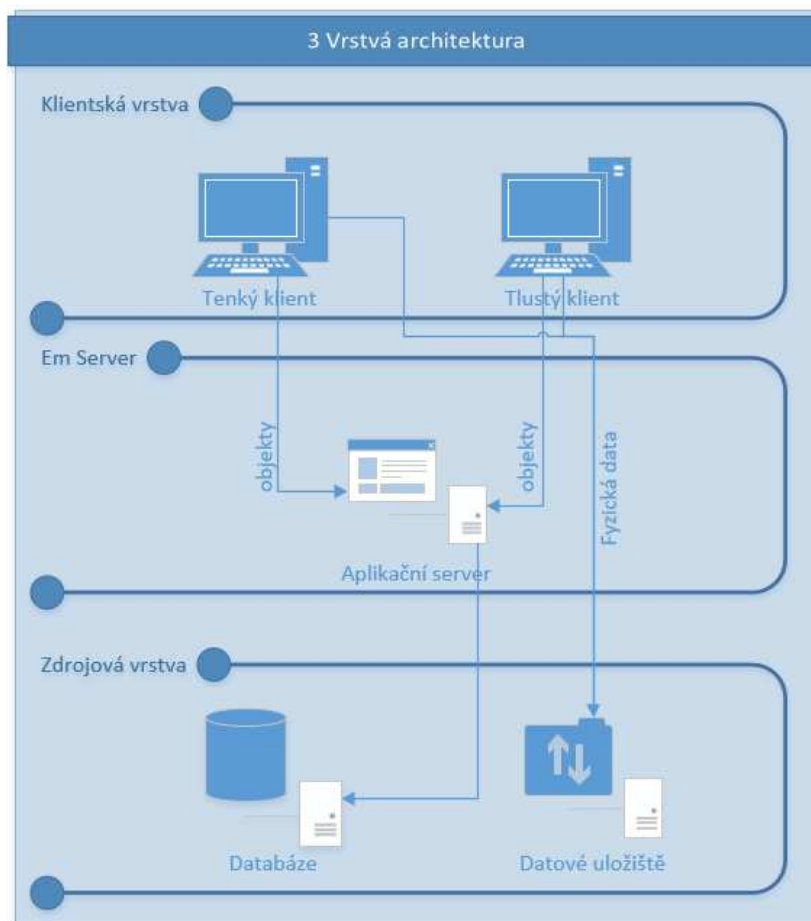
V následujících kapitolách se budu věnovat systémům Tecnomatix a Teamcenter od firmy Siemens, se kterými budu pracovat v praktické části diplomové práce.

2 Tecnomatix

Tecnomatix je komplexní řešení digitální továrny pro plánování výrobních procesů, robotizace a automatizace, návrh a optimalizaci výrobních hal, řízení výroby, simulace materiálového toku, správu informací o výrobě. Pomáhá rychle identifikovat strategie pro zvyšování produktivity a snižování nákladů. Při plánování výroby se využívá několikaset násobně více dat, než je potřeba při návrhu výrobku. Efektivní správa takového množství informací motivuje firmy k implementaci řešení digitální továrny. Softwarový balík Tecnomatix se skládá z produktů PD, PS a Plant Simulation.

2.1 Architektura a struktura dat

Tecnomatix využívá 3 vrstvou architekturu, a to klientské aplikace (PD, PS), eMServer (aplikační server) a Oracle databázi, detail je vidět na Obrázek 2.



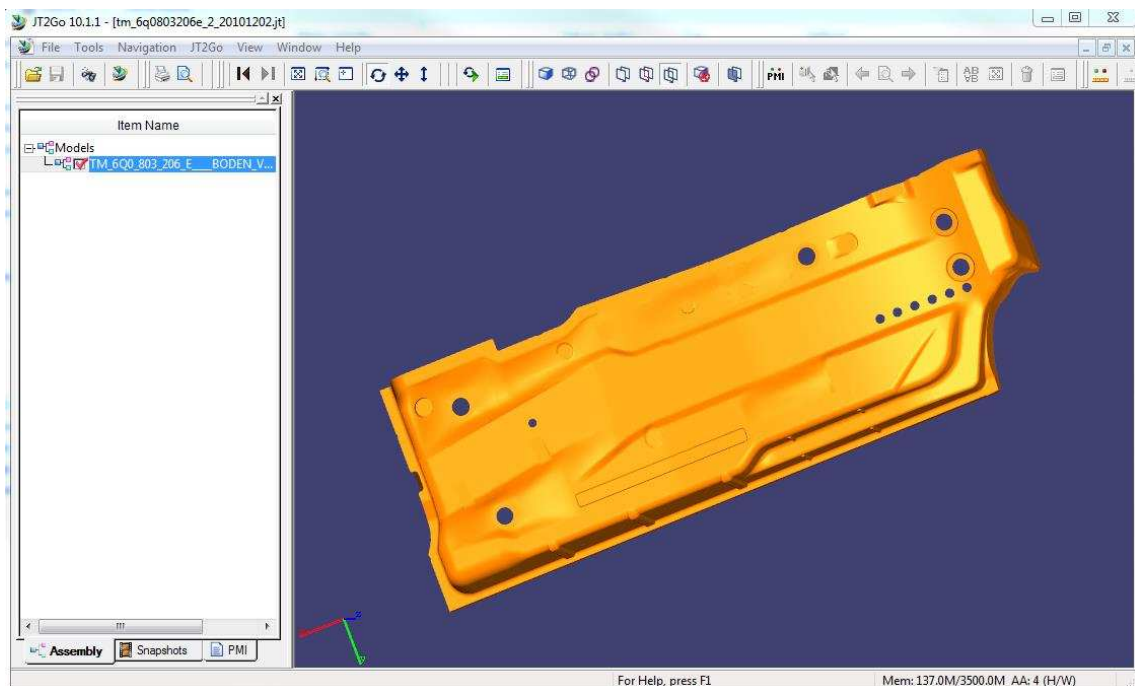
Obrázek 2 - Tecnomatix, architektura systému

Klientské aplikace (eMklienti) jsou klientské počítače, na kterých pracují uživatelé. Počítače jsou napojeny přes eMServer na schéma Oracle databáze.

eMServer je mezivrstva, která spojuje Oracle databázi a klientské počítače. V databázi je dále schéma s jednotlivými projekty.

Data jsou dle typu ukládána na dvě místa. V databázi Oraclu jsou uloženy objekty, které tvoří strukturu projektu. A na tzv. Systemrootu jsou uložena fyzická data jako např. 3D modely, výkresy, výrobní dokumentace, obrazové pracovní návodky, obrázky a další. Systemroot adresář bývá umístěn na centrálním serveru, který je přístupný pro všechny uživatele. Mezi databází a Systemrootem pak existuje vazba, která propojuje objekty s 3D modely.

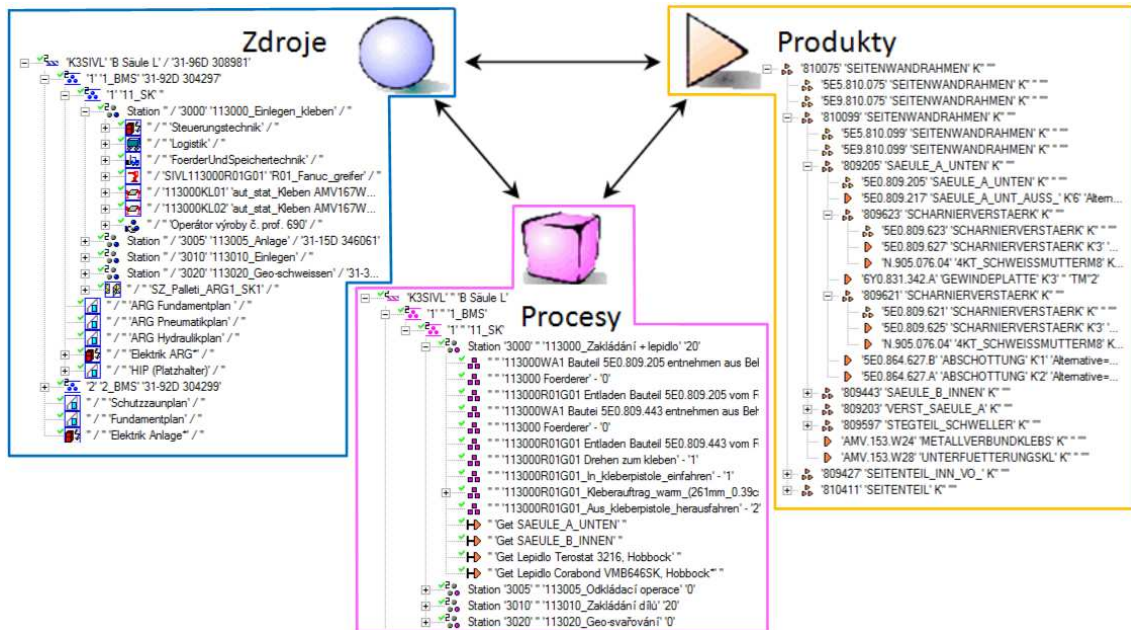
Tecnomatix pro zobrazení modelů využívá odlehčený 3D formát, který se nazývá JT a obsahuje informace o geometrii, PMI data a metadata. Příklad obsahu JT souboru je vidět na Obrázek 3. Tento formát je ISO standard pro 3D data a umožňuje rychlé nahrání, zobrazení a manipulaci s obrovským množstvím dat. V průmyslu se používá pro vizualizaci produktu. [4], [5]



Obrázek 3 - soubor ve formátu JT

2.2 Process Designer

Process Designer je software, který se používá pro plánování výroby a výrobních procesů, 3D zobrazení výrobních zařízení ve výrobních halách. Výrobní proces je popsán propojením základních typů dat – produktových (co vyrábět), zdrojových (čím vyrábět), operačních (jak vyrábět) a layoutu (kde vyrábět). Jednotlivé struktury a jejich vazby jsou graficky znázorněny na obrázku níže (Obrázek 4) a vzájemnými relacemi tvoří kompletní popis procesu, tzv. BOP (Bill of Process).



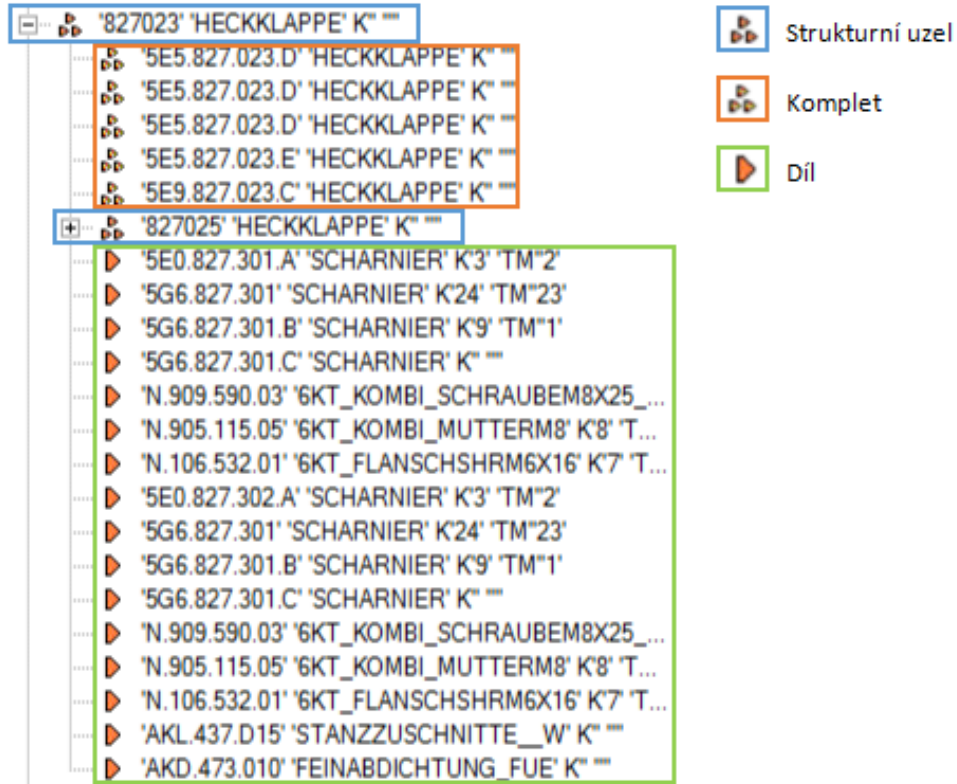
Obrázek 4 - Vazby mezi produktem, procesem a zdrojem

Cílem je připravit z těchto dat technologický kusovník, který je dále využíván např. pro výpočet potřeby materiálu. Proces se definuje pomocí nástrojů Pert diagram (návaznosti operací, přiřazení zdrojů a produktu na operaci) a Gantt diagram (návaznosti operací, zadávání časů). [4]

Data ze systémů digitální továrny jsou používány k vizualizaci vyráběných produktů a zařízení použitých k jejich výrobě, simulacím ověření výroby (např. dosažitelnost svařovacích kleští, zástavbovost, vyrobiteľnosť), vytváření výrobní dokumentace (např. výrobní postupy, obrazové pracovní návody), jako zdroj dat pro následné systémy (např. objednávky dílů).

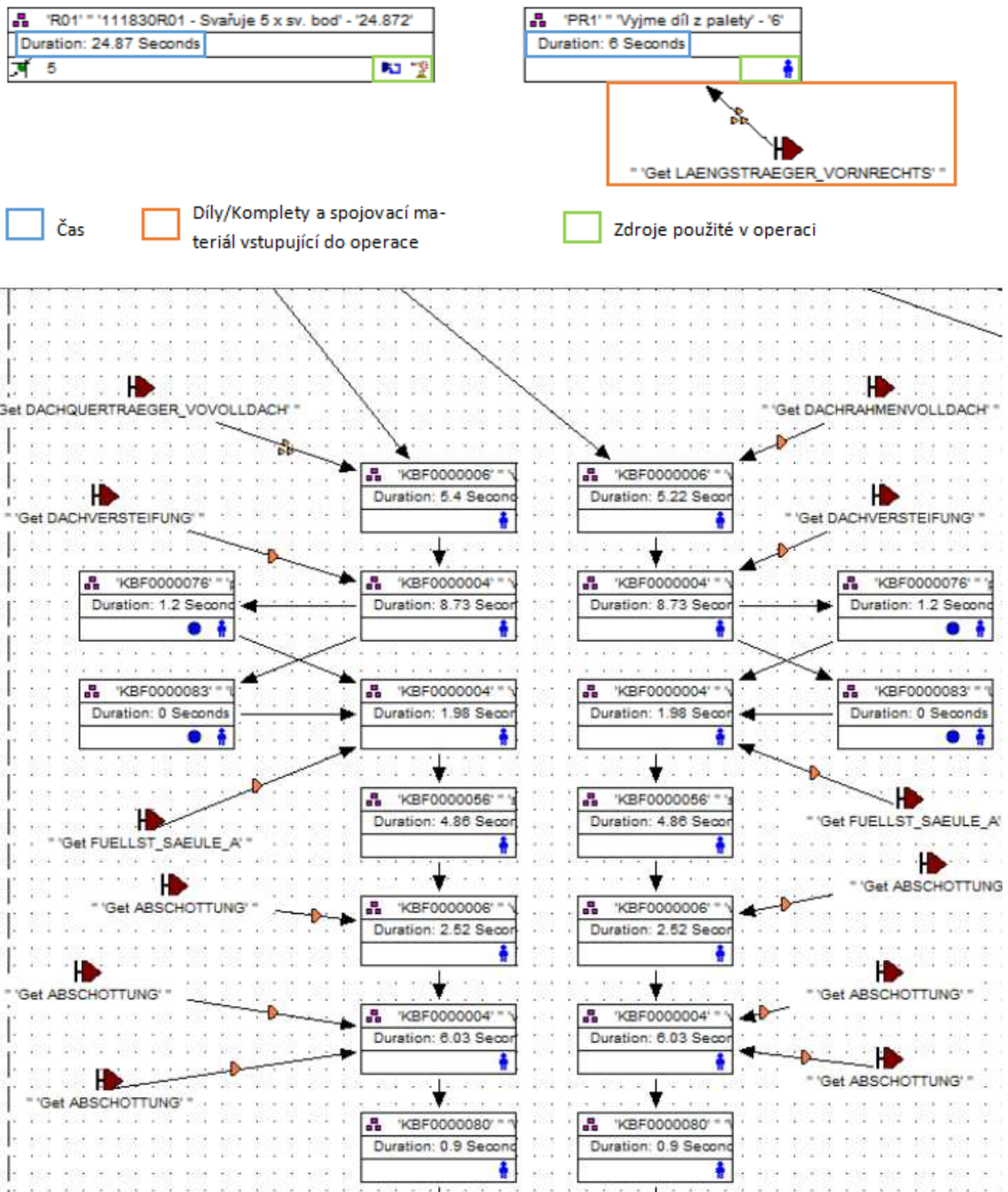
Díly jsou uvedeny v kusovníku (viz Obrázek 5), kde je uložena struktura rozpadu celého produktu. Obsahuje výsledné komplety, mezi-komplety, jednotlivé díly

(normalizované díly a spojovací elementy), z kterých se komplety skládají. Tyto objekty obsahují 3D reprezentaci dílu, jeho pozici v souřadnicovém systému a atributy dílu jako je jeho název, číslo, platnost, materiál, hmotnost, množství a jiné.



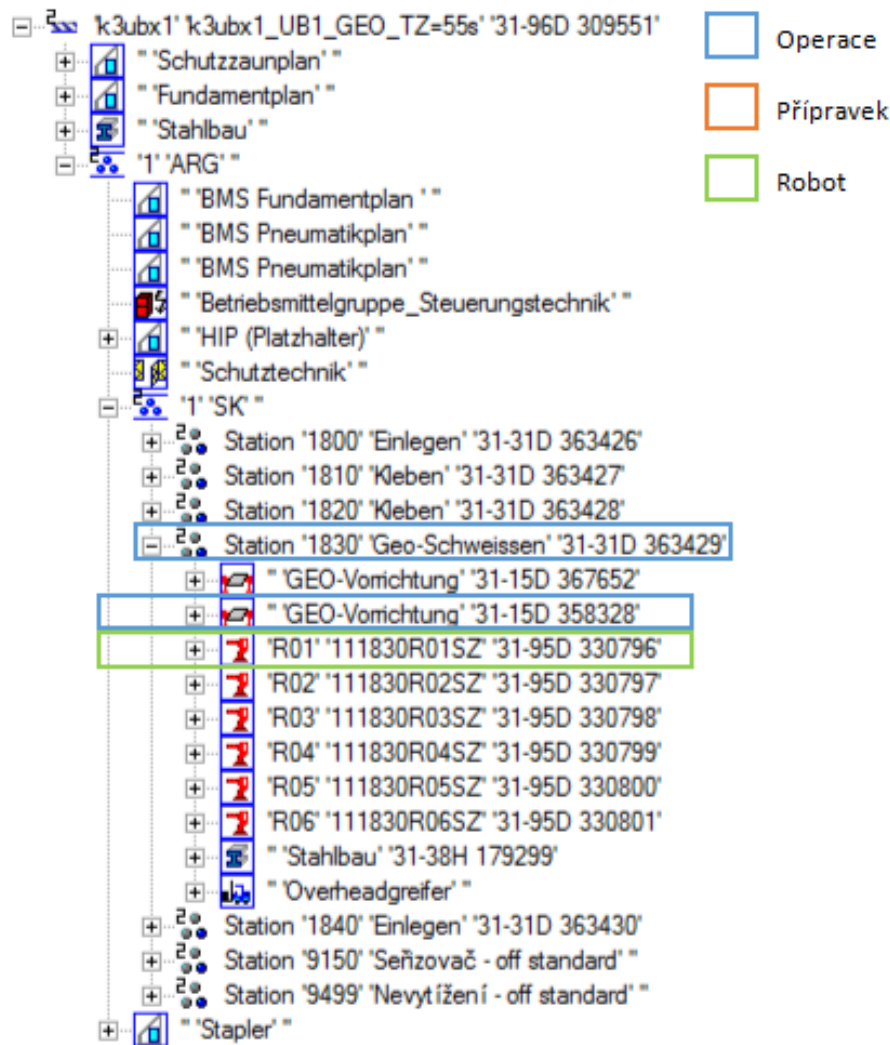
Obrázek 5- Popis kusovníkové struktury

Operace obsahují informace o zdrojích použitých na jednotlivých operačních krocích, vstupním, výstupním a spojovacím materiálu, času potřebném k provedení všech úkonů v operačním kroku. Tyto informace jsou graficky zobrazeny a je možné si je prohlédnout pomocí nástroje Pert diagram.



Obrázek 6- Popis informací na operačním kroku

Zdroje jsou přiřazovány k operacím ve vlastní – zdrojové struktuře. PD používá princip dvojí struktury, kde jsou objekty až po úroveň operace (stanice) shodné jak pro operační, tak pro zdrojovou strukturu. Pod objektem operace ve zdrojové (viz, Obrázek 7) struktuře jsou přiřazeny všechny zdroje použité v operaci a poté se přiřadí na všechny operační kroky, na kterých jsou používány.



Obrázek 7- Popis zdrojové struktury

Zdroje mohou být použity ze standardní nebo z rozšířené knihovny. V knihovnách jsou vytvořeny prototypy objektů, které obsahují základní informace a 3D reprezentaci. Z nich jsou poté vytvořeny instance a ty se používají pro navazování zdrojů do zdrojové struktury operace, detailněji je princip vysvětlen v kapitole 2.2.3.

2.2.1 Obecné principy práce v systému Process Designer

V Proces Designeru se pro práci používají tyto základní funkcionality:

- Check-out, check-in příkazy pro rezervování objektů, na kterých provádí uživatel změnu atributů.

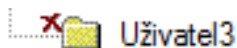
- Grafické prostředí Pert Viewer pro zobrazení diagramu toku operací a jejich závislostech.
- Grafické prostředí Gantt Viewer pro zobrazení informací o operacích, závislosti operací a zdrojích k nim přiřazených na časové ose.
- Nástroj Change Management pro porovnání aktuální a předchozí verze dat.
- Nástroj *Tabulkový náhled* pro hromadné prohlížení a hromadné úpravy atributů objektů.

Tyto nástroje jsou v dalších kapitolách popsány podrobněji.

2.2.2 Check-in, Check-out

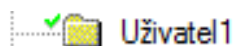
Princip rezervování objektů Check-out (zamknout pro změny) a Check-in (vrátit se změnami) slouží pro hromadnou práci na projektech. Zajišťuje, že úpravy na konkrétních objektech v danou chvíli může provádět pouze jeden uživatel. Zároveň se takto vytváří pomyslné stěžejní body pro případnou možnost navrácení se k předchozímu stavu před úpravami.

Příkaz Check-out se používá, chce-li uživatel provádět úpravy na daném objektu nebo celé struktuře. Od chvíle, kdy se příkaz použije, uvidí ostatní uživatelé stav před použitím příkazu Check-out, zároveň bude ostatním uživatelům zobrazen červený symbol křížku před objektem (viz Obrázek 8) a ve stavové liště bude napsáno uživatelské jméno uživatele, který má objekt Check-out.



Obrázek 8 - Objekt Check-out na jiného uživatele

Objekt, na kterém má sám uživatel zvolen Check-out, se zobrazí se zeleným symbolem fajfky (viz Obrázek 9).



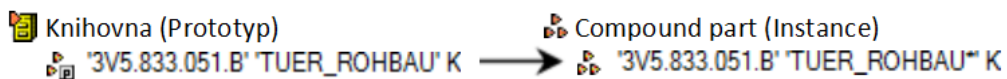
Obrázek 9 - Objekt, který má Check-out sám uživatel

Po provedení úprav na objektu nebo hierarchii má uživatel na výběr více možností:

- Check-in, kdy se vrátí objekt se změnami bez podstruktury
- Check-in s volbou Keep objects checked-out, kdy se vrátí objekt se změnami, ale nadále si jej uživatel ponechává Check-out pro další změny
- Check-in with hierarchy, kdy se vrátí změny provedené na objektu i s jeho podstrukturou
- Check-in with hierarchy s volbou Keep objects checked-out, kdy se vrátí změny na objektu i s jeho podstrukturou a uživatel si jej nadále ponechá Check-out pro další změny
- Cancel Check-out, kdy se je možné vrátit do stavu, ve kterém se objekt nacházel před aktivací funkce Check-out. To je vhodné, pokud je nutné se vrátit k původnímu stavu (např. nechtěné smazání vazeb, špatné úpravy atd.)

2.2.3 Princip prototyp, instance

Princip Prototyp a instance je použit u objektů, které se v projektu používají vícekrát, např. výrobní prostředky, pomůcky, díly a další objekty. Knihovna vždy obsahuje originální prototypy objektu. Prototyp je teoretická reprezentace a není ji možné přímo nahrát a zobrazit v grafickém okně. V grafickém okně lze zobrazit pouze instance odvozené z prototypu. V operační a zdrojové struktuře se také pracuje pouze s instancemi objektů, nikoliv s prototypy.



Obrázek 10 - Příklad prototypu a instance

2.2.4 Variantní sety

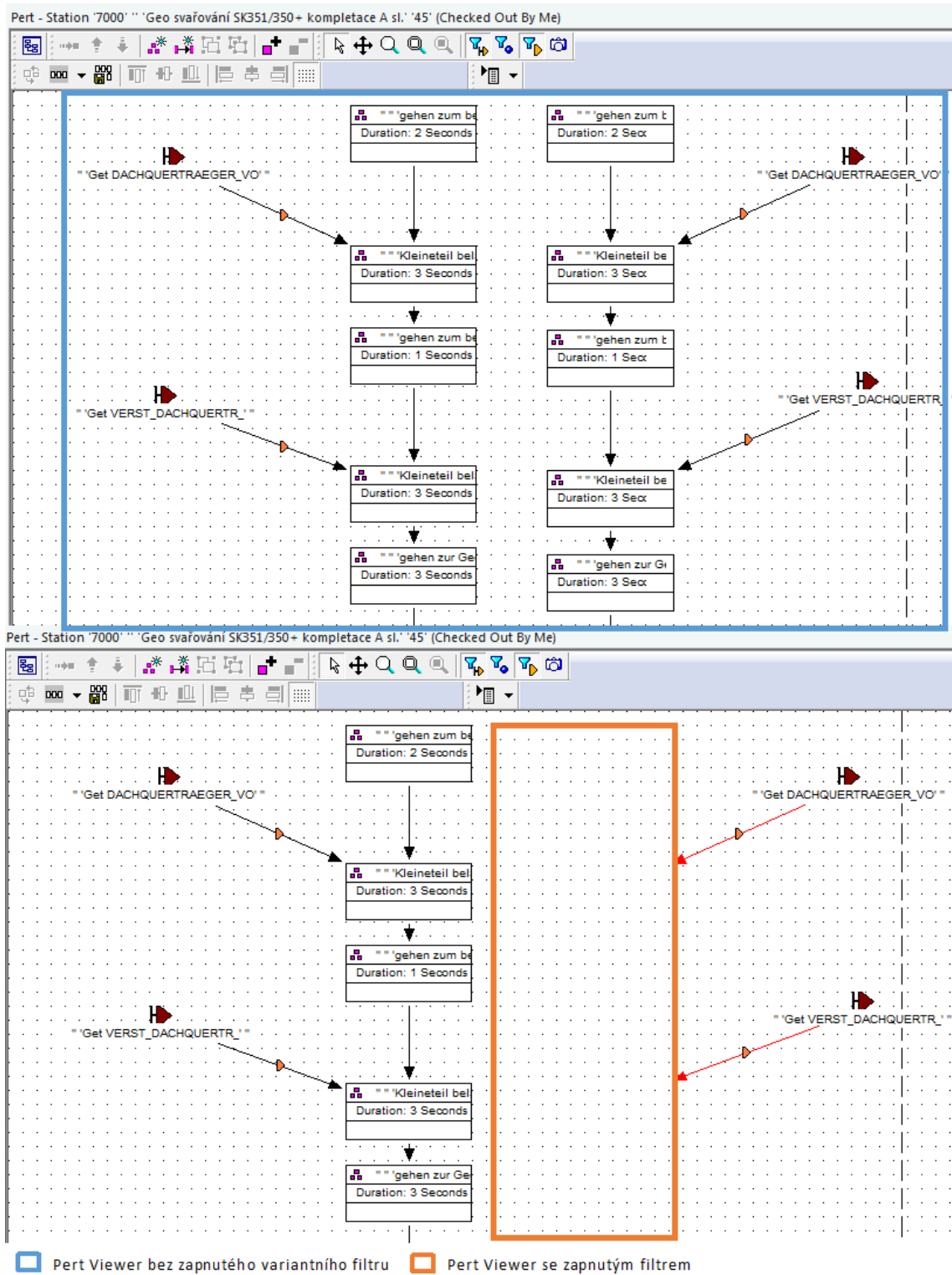
Variantní sety umožňují plánování výroby více druhů produktů (zde karoserií) na jedné lince. Jsou tvořeny výrazy, které přesně definují, o jaký druh výrobku se jedná. Poté co se variantní sety nadefinují, ke každému se vytvoří odpovídající variantní filtr a je možné je používat v modelaci.

The screenshot shows a window titled "Variant Customization Viewer" with a table of variant criteria. The table has columns for "Criterion", "Value1" through "Value9". The criteria are listed in rows 1 through 26.

	B Criterion	Value1	Value2	Value3	Value4	Value5	Value6	Value7	Value8	Value9
1	B 01_Marke	AU	BG	BY	SE	SK	LB	PO	VN	VW
2	B 02_Klasse	0	1	2	3	4	5	6	7	8
3	B 03_Generatio	0	1	2	3	4	5	6	7	8
4	B 04_Derivat	0	1	2	3	4	5	6	7	8
5	B 05_Erweiterun	0	1	2	3	4	5	6	7	8
6	B AKB	1E0	1E1	1E4	1E5	1E7	1E9			
7	B ANT	8L0	8L3	8ZM	8L4	8L5	8L6	8ZC	8ZE	8ZG
8	B ASY	0K0	0K1	0K2	0K3	0K4	0K9			
9	B ATA	1X0	1X1	1X2						
10	B BLB	B0A	B0D	B0E	B0L	B0W	B1D	B1P	B2E	B3E
11	B DAE	1BA	1BD	1BE	1BR					
12	B DAR	3S0	3S1	3S2	3S3	3S4	3S6	5W0	5W1	5W3
13	B DEI	3FA	3FD	3FH	3FL	3FM	3FT	3FU	3FR	3FE
14	B ESR	3UA	4C3							
15	B FZS	F0A	F0G	F0X	F0Y	F4E	F4G	F5Q	F5R	F6G
16	B HEB	6V0	6V1	6V2	6V3	6V5	6V6			
17	B HET	3PA	3PB	3RC	3RD	3RE	3RS	3RU		
18	B HIA	0N1	0N2	0N4	0N7					
19	B KAR	K4A	K4B	K4F	K4G	K4H	K8B	K8C	K8D	K8G
20	B KSA	5C0	5C1	5C2	5C6	5C7	5C9			
21	B LBH	3GA	3GE	3GN	3GD					
22	B LEA	L0L	L0R							
23	B MDS	FM0	FN0	FN1	FN2	FN4				
24	B REH	1B0	1B1	1B6						
25	B RST	02A	0B0	0B1	0B2	0B3	0B4	0B5	0B6	0E0
26	B SDH	4E7	4E8	4E9						

Obrázek 11 - Definice variantních kritérií

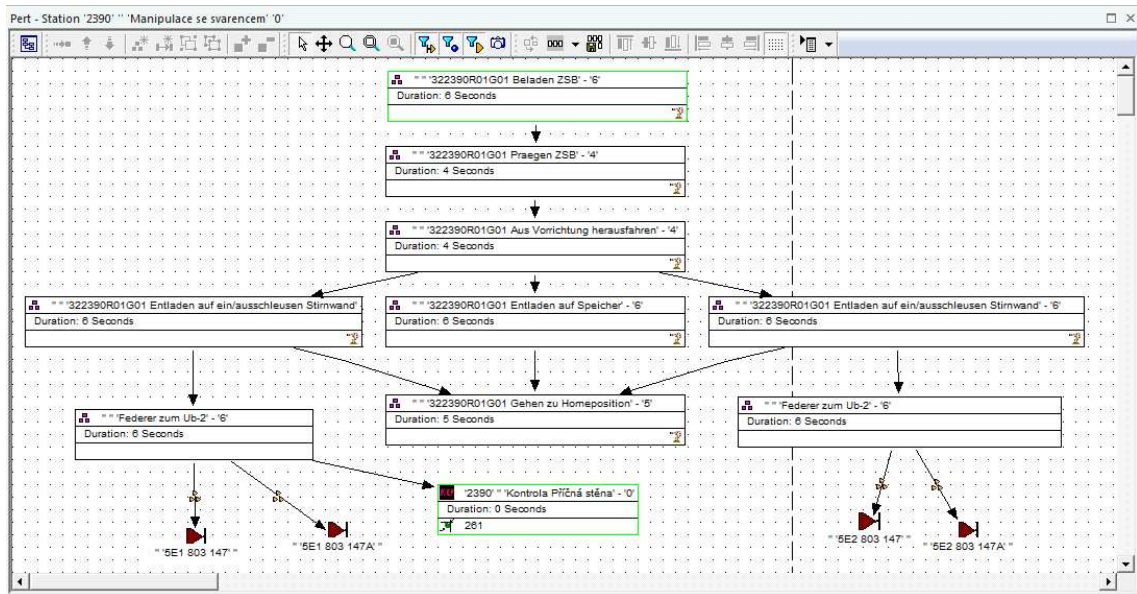
Pomocí variantních filtrů – příkaz „Apply Variant Filter“ je možné zobrazit v nástrojích Pert, Gantt nebo Navigation Tree pouze určitý druh produktu. Objekty, které nepatří pod vybranou variantu, se skryjí.



Obrázek 12 - Příklad použití variantního filtru v Pert Vieweru

2.2.5 Pert Viewer

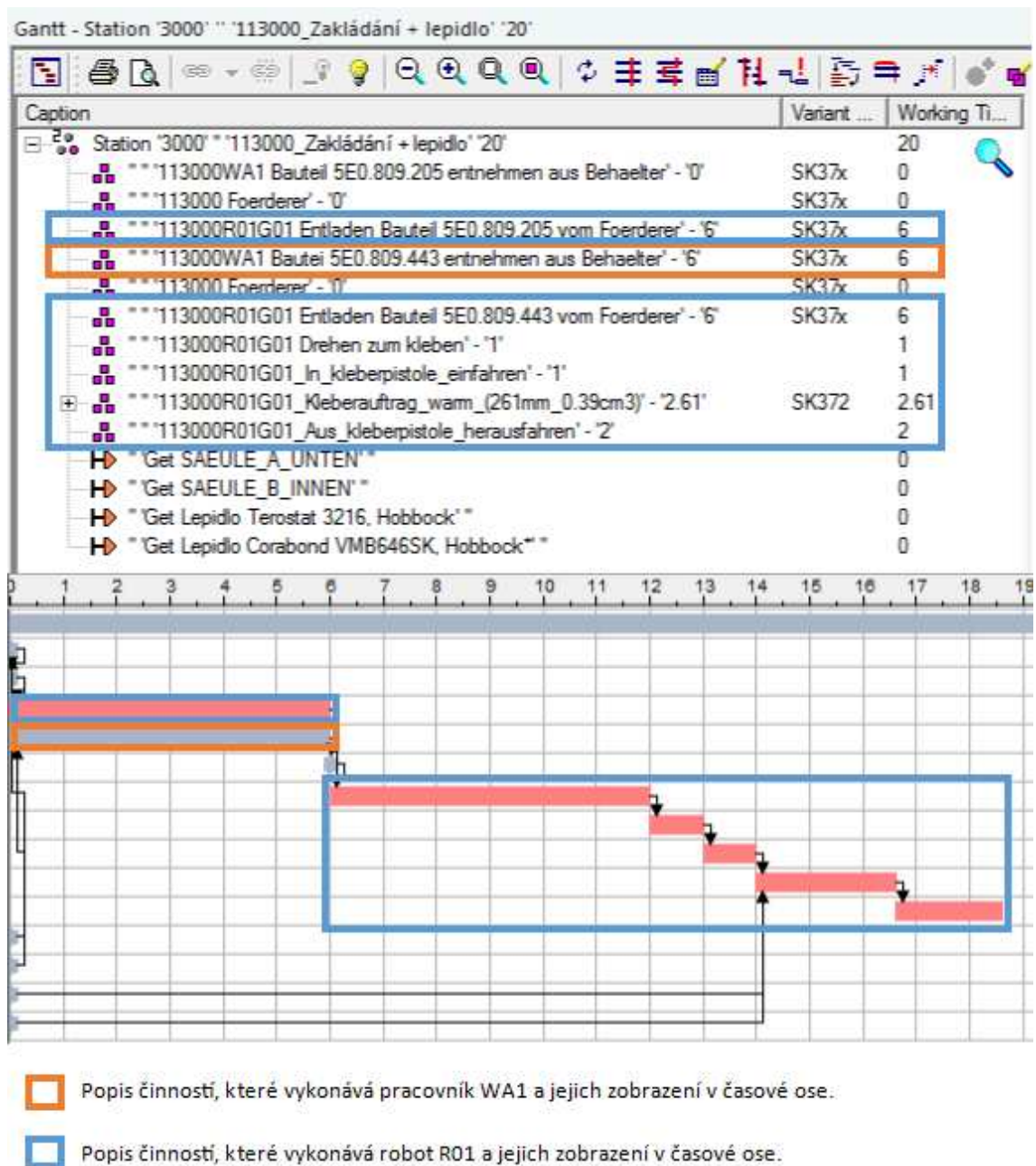
PERT – (Project Evaluation and Review Technique) je grafické prostředí pro zobrazení diagramu toku operací a jejich závislostech (viz Obrázek 13). Obsahuje informace o použitých materiálech, zdrojích, produktech, výrobních procesech, času. Materiál se pomocí Pert Vieweru navazuje na operační krok z kusovníku produktu. Zdroje se navazují ze zdrojové struktury dané linky.



Obrázek 13 - Pert Viewer

2.2.6 Gantt Viewer

Gantt Viewer poskytuje grafické zobrazení operace a její vazby k jiným operacím v závislosti na čase. Používá se pro plánování a vyvažování práce na každé pracovní stanici nebo pracovní buňce a celé výrobní linky.



Obrázek 14- Process Designer, Gantt Viewer

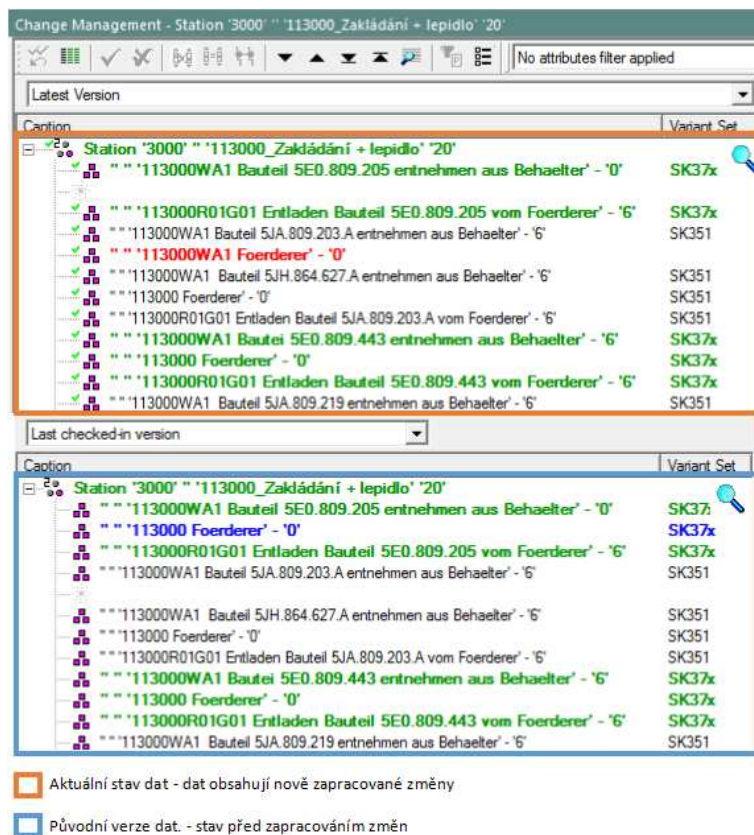
V Gantt Vieweru je zobrazen Gantt diagram, kde jsou operace znázorněny jako horizontální barevné pruhy. Délka pruhu reflektuje dobu trvání operace. Závislosti mezi operacemi jsou zobrazeny šipkami, směřujícími z předchozí do následné operace.

2.2.7 Change management

V systémech digitální továrny je možné ověřit změny mezi dvěma verzemi dat (na jakémkoliv objektu). Typy a atributy porovnávaných objektů je možné nastavit podle potřeby. Změny je možné zobrazit ve stromu a podle potřeby se vrátit zpět k předchozí verzi (dokud nebyl nový stav uložen do databáze).

Rozdíly mezi novým stavem v alternativě a jejím zdrojem¹ jsou zobrazeny barevně ve stromu:

- Zelená barva znamená, že se změnily atributy objektu, nebo jeho umístění ve struktuře.
- Modrá barva znamená, že originál objektu byl smazán ze zdroje.
- Červená barva znamená, že objekt neexistuje ve zdroji (v alternativě byl objekt vytvořen až poté, co došlo ke klonování alternativy „Clone/Update alternativě“).



Obrázek 15 - Process Designer, nástroj pro sledování změn

¹ Zdrojem je zde myšlena výchozí struktura, ze které byla vytvořena alternativní struktura (klon). Nejedná se o zdrojovou strukturu, která obsahuje zdroje (stroje, nářadí, pracovníky, ...)

2.2.8 Tabulkový náhled

Pomocí tabulkového náhledu lze přehledně prohlížet a měnit atributy vybraných objektů. Tato funkcionality umožňuje exportovat data do formátu *.xls (excel). V tabulkovém náhledu je možné vytvářet konfigurace s přednastavenými atributy. Konfigurace je možné vytvářet, editovat a zveřejňovat všem uživatelům PD. Pro jednotlivé typy objektů se tak vytvoří konfigurace a uživatel poté pouze vybere z konfigurace, které atributy potřebuje prohlížet nebo upravovat. Atributy je možné editovat přímo zde, nebo je možné použít export do Excelu, tam data zeditovat a poté je naimportovat zpět do systému. [4], [5]

	apOriginalNod	externalID	CheckedOutBy	CheckInOutState	class	ClassIcon	number
1		PP-VW912_1-9-7-			PrStationPr		4000
2		PP-VW912_1-9-7-			Compound		
3		PP-VW912_1-9-7-			Compound		
4		PP-VW912_1-9-7-			Compound		
5		PP-VW912_1-9-7-			Compound		
6		PP-VW912_1-9-7-			Compound		
7		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
8		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
9		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
10		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
11		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
12		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
13		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
14		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
15		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01
16		PP-VW912_1-9-7-			Compound		114000r01

Seznam atributů, které je možné v tabulkovém náhledu hromadně editovat. Definují se dle požadavků uživatele.

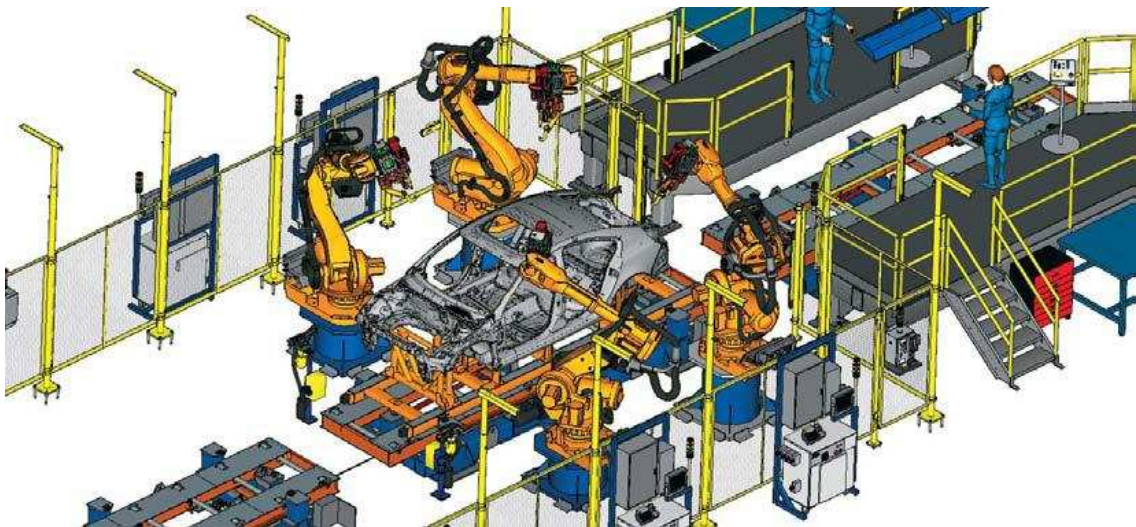
Seznam objektů, které jsou otevřeny k editaci

Obrázek 16- Process Designer, tabulkový náhled

2.3 Simulace výroby – Process Simulate

Process Simulate je řešení pro digitální ověření výrobního procesu ve 3D prostředí. Tento nástroj umožňuje virtuálně analyzovat a ověřovat koncept výroby v plánovací fázi (příklad viz Obrázek 17) a po celou dobu životnosti nových produktů. Systém umožňuje propojení se softwarem PD, ve kterém jsou definovány zdroje, operace, produkt a ty jsou zde následně simulovány.

Obrázek 17 - Process Simulate - výrobní linka, zdroj [7]



2.3.1 Nástroje softwaru Process Simulate

Human – umožňuje zlepšit bezpečnost, výkonnost a ergonomii pracovního prostředí pomocí digitálního modelu člověka, který vychází z databáze zahrnující postavy typické pro různé populace. Můžeme simulovat kolize člověka a zařízení, ergonomii pracovníků, dosažitelnost, pohledy, mez únavy a další parametry.

Spot Weld – umožňuje navrhovat a ověřovat procesy bodového svařování ve 3D grafice a simulovat prostředí od začátku plánovací fáze až po detailní inženýrské etapy a off-line programování.

Robotics – umožňuje navrhovat a simulovat robotické buňky. Používá se pro navrhování bezkolizních cest pro linky s více roboty a pro optimalizaci doby cyklů.

Commissioning – umožňuje simulovat skutečný programový kód pro PLC s aktuálním hardware a skutečných robotických programů.

Assembly – umožňuje virtuální ověření a simulaci montážních sekvencí spolu s interakcí mezi člověkem a strojem. Pomocí těchto simulací dochází ke snížení času potřebného pro instalaci nástrojů a k optimalizaci montážních procesů. [6], [7]

2.4 Plant Simulation

Software Plant Simulation umožňuje simulaci, vizualizaci, analýzu a optimalizaci výrobních systémů a logistických procesů. Pomocí tohoto nástroje je možné optimalizovat materiálový tok, využití zdrojů a logistiku pro všechny úrovně plánování závodů. Je zde možné vytvářet digitální modely logistických systémů, aby bylo možné prozkoumat vlastnosti systémů a optimalizovat jejich výkon. Na digitálním modelu je možné spouštět experimenty, aniž by byly přerušeny stávající výrobní systémy. Na obrázku níže (Obrázek 18) je zobrazeno uživatelské rozhraní systému.[8]

Obrázek 18 - Plant Simulation – výstupy ze systému, zdroj [8]



3 Teamcenter a modul pro plánování výroby (MPP)

Teamcenter je PLM platforma, která se skládá z mnoha modulů pokrývajících životní cyklus produktu. Zastřešuje více aplikací v jednom uceleném softwaru. Z jednoho rozhraní má uživatel přístup ke všem funkcím, pro které má licenci. TC je škálovatelný, aby vyhovoval specifickým požadavkům každé firmy, a je možné ho flexibilně implementovat dle potřeb zákazníka. Moduly je možné nasazovat postupně, podle rostoucích potřeb. TC vznikl z potřeb firem ukládat a udržovat velké množství digitálních údajů vznikajících při vývoji produktu.

TC je rozdělen na 3 základní skupiny modulů (viz Obrázek 19):

Start – správa designu (schopnost integrovat aplikace pro ukládání a správu všech druhů digitálních produktových a inženýrských dat), dokumentů (uložení a kontrola všech dokumentů potřebných k podpoře technických dat), materiálového toku (ukládání a správa kusovníkových dat) a procesů (zpracování pracovních postupů a procesů)

Extend – řízení požadavků (před návrhem jakéhokoli produktu jsou definovány požadavky, které určují vlastnosti konečného návrhu), výroba (definování výrobního procesu a zajištění předávání správných informací do ERP systémům, které tyto operace provádějí), integrace dodavatelů (metody, pomocí kterých jsou sdílená a získávána klíčová konstrukční data od dodavatelů a partnerů)

Transform – řízení kvality (umožňuje sdílet, analyzovat a využívat data o kvalitě), řízení nákladů (schopnost vyčíslit náklady a analyzovat účetní doklady), soulad s požadavky na životní prostředí a udržitelnost (kontrola a sledovatelnost materiálového složení výrobků).[9], [3]



Obrázek 19- Teamcenter moduly, zdroj [Siemens PLM]

V této diplomové práci se budu věnovat převážně modulu TC MPP, který je určený pro plánování (technickou přípravu výroby) a validaci výroby. Jsou zde dostupné informace o:

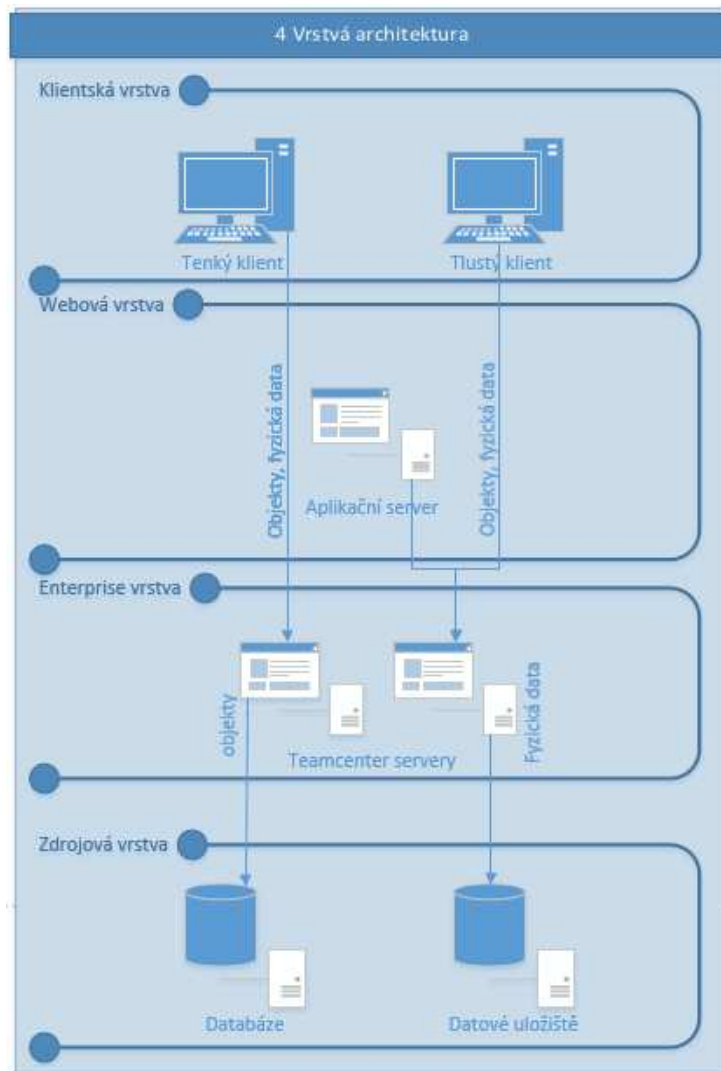
- stavu projektu (procesy, milníky, změnové řízení), o vyráběném produktu (kusovník EBOM – Engineering bill of materials, MBOM – Manufacturing bill of materials, 3D data dílů),
- výrobním procesu, jenž tvoří procesní struktura složená z operací (produktový plán, liniový plán),
- zdrojích použitých pro výrobu (stacionární a mobilní výrobní prostředky – přípravky, nářadí, roboti, stroje, pracovníci),
- o místě, kde se bude produkt vyrábět (2D a 3D layout výrobní haly a linky: technologický layout, materiálový layout, zdroje).[3]

3.1 Architektura a struktura dat

System TC využívá 4 vrstvou architekturu (viz Obrázek 20). Klientskou, webovou, Enterprise a zdrojovou vrstvou. Klientská vrstva – klientské počítače, na kterých pracují uživatelé. Počítače jsou napojeny přes TC servery na databázi.

Tlustý klient je standardní klient, vyžaduje instalaci softwaru založeného na programovacím jazyku Java. Tenký klient je rozhraní založené na webovém prohlížeči. Přistupuje se ke stejnému TC serveru a databázi jako pomocí tlustého klienta. Pro přístup k datům není potřeba žádná klientská aplikace.

TC servery slouží jako mezivrstva mezi klienty a Oracle databází. V Oracle databázi jsou uložena všechna data – objekty a jejich atributy použité v TC, 3D reprezentace dílů a zdrojů, výkresy, výrobní dokumentace a všechny další typy souborů.



Obrázek 20- Teamcenter, architektura systému

3.2 Obecné principy práce v systému Teamcenter

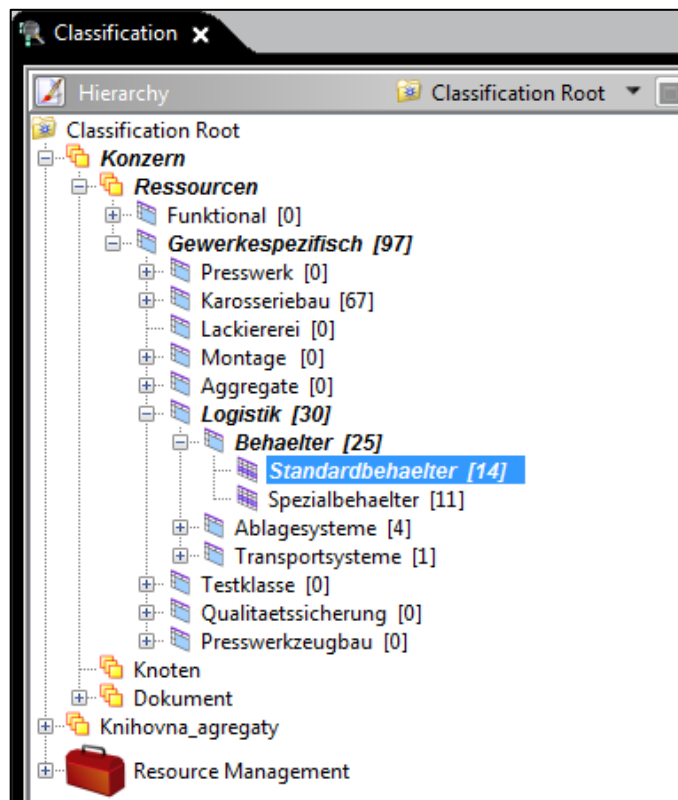
Obecné principy práce v systému TC jsou obdobné jako v systému PD. Principy jsou popsány v kapitole 2.2.1. TC navíc obsahuje mnoho dalších modulů, vybrané moduly týkající se digitální továrny jsou popsány v následujících kapitolách.

3.3 Klasifikace

V tomto modulu je možné vytvářet, spravovat, třídit, organizovat zdroje ve standardní knihovně. Mezi zdroje patří výrobní zařízení (robot, manipulátor, ...), nástroje (svařovací kleště, greifery, oplocenky, ...), normalizované díly atd.

Hierarchie objektů v klasifikaci je zobrazena pomocí stromové struktury. V Klasifikaci je možné procházet po jednotlivých položkách nebo v ní vyhledávat pomocí atributů.

Klasifikované položky se v jednotlivých strukturách používají ze zdrojů. Zdrojovou knihovnu je nutné nejprve vytvořit a poté do ní zkopírovat objekty z klasifikace. Kopírováním nevzniknou nové položky, ale odkazy. [9]



Obrázek 21- TC, klasifikace

3.4 Vizualizace (VisMockup, Lifecycle Viewer)

V TC je možné využívat dva nástroje pro vizualizaci. První, Lifecycle Viewer, je přímo integrovaný v TC. Výhodou je rychlejší přístup k zobrazeným objektům. Druhý nástroj, VisMockup, je externí aplikace, do které je možné z TC odeslat objekty k prohlížení. VisMockup umožňuje podrobnější práci s 3D modely, které lépe a rychleji zobrazuje složité struktury.

3.4.1 VisMockup

VisMockup je externí nástroj pro zobrazení a práci s 3D daty ve formátu JT. Umožňuje zobrazit data, upravit jejich strukturu, práci s PMI daty, měření, upravit barvu objektu, vytvoření řezných rovin, zrcadlení objektů a další možnosti práce s daty.

Aby bylo možné data zobrazit, nejprve je potřeba získat vstupní data v požadovaném formátu.

- Vstupní data

Převod 3D CAD modelů do JT formátu, který je více efektivní pro zobrazení, umožňuje pracovat naráz s komplexní strukturou.

Poté je na datech možné provádět analýzu

- Analýza dat

Prováděná analytických úkonů jako v CAD softwarech

A spolupracovat s dalšími spolupracovníky

- Spolupráce

Sběr informací a sdílení nápadů se spolupracovníky. Možnost přidat 2D poznámky. Předávání informací je propojeno s emailovým klientem.

3.4.2 Lifecycle Viewer

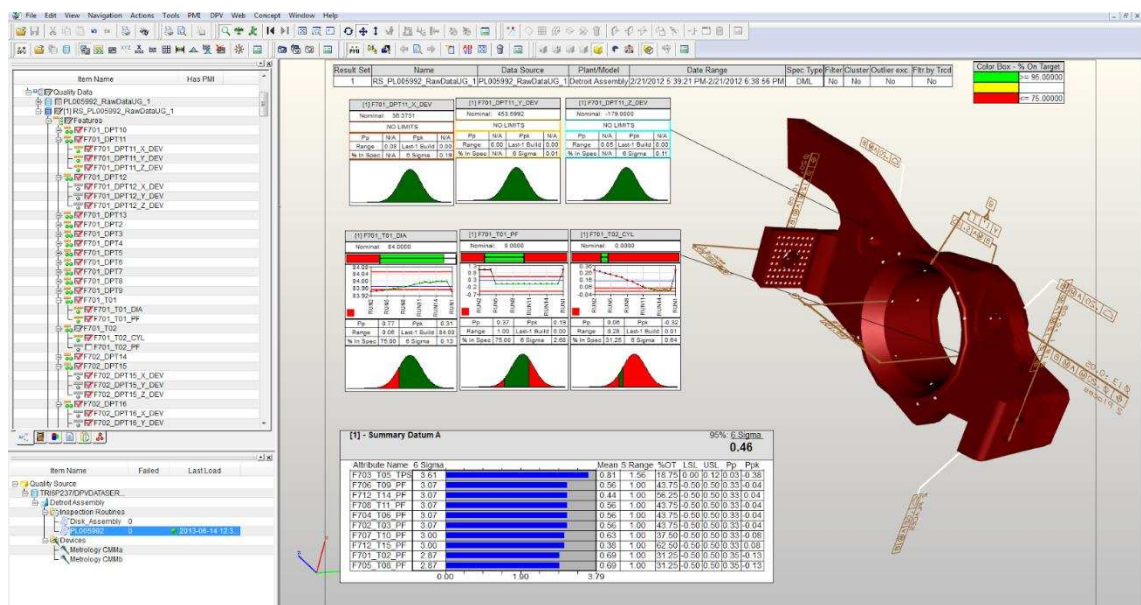
Nástroj umožňující zobrazení 3D dat JT formátu a dokumentů MS Office a PDF v nativní aplikaci (je přímo integrován v TC). Oproti VisMockupu neobsahuje Lifecycle Viewer všechny možnosti práce s 3D daty. Podle toho, o jaký typ dokumentu se jedná, dokáže Lifecycle Viewer automaticky použít vhodný nástroj pro jeho zobrazení. Např.

JT soubory zobrazí ve 3D prohlížeči, pdf dokumenty v pdf prohlížeči a pro další typy podporovaných souborů je použit vždy vhodný prohlížeč. [3]

3.5 Moduly pro řízení jakosti (plánování a ověřování rozměrů)

Dimensional Planning a Validation (dále DPV) je systém s uzavřenou smyčkou pro sběr naměřených dat kvality v reálném čase (příklad viz Obrázek 22). Tento modul automatizuje sběr dat, organizaci dat a podávání zpráv, aby týmy zaměstnanců zabývající se kvalitou mohly strávit více času zlepšováním rozměrové kvality při současném snížení šrotu a výrobních ztrát. DPV řešení přináší významné zlepšení kvality výrobků a zároveň snižuje celkové náklady na kvalitu.[10]

Modul DPV slouží ke správě jakosti a kvality výrobku. Umožňuje sbírat, spravovat, analyzovat vybrané ukazatele (např. rozměry) a vytvářet reporty s hodnocením kvality.



Obrázek 22 - Řešení pro řízení jakosti výroby, zdroj [10]

4 Fit-GAP analýza

Metodika Fit-GAP umožňuje přesnou identifikaci toho, kde současný a plánovaný software splňuje nebo nesplňuje potřeby firmy. V souvislosti s identifikací softwarových požadavků je Fit-GAP analýza formálním procesem zjišťování, do jaké míry současný a plánovaný software splňuje požadavky firmy na denní bázi – kde se objevují problémy, proč se objevují a jaké jsou jejich dopady.

Případ, kdy software nesplňuje specifický požadavek, se nazývá GAP. Termín GAP je odvozen od stupně splnění podmínek – Good (dobrý), Average (průměrný), Poor (špatný).

Fit-GAP analýza velmi rychle identifikuje skutečnou příčinu problému (GAP). To je důležité, protože ne všechny problémy jsou způsobeny softwarem. Další výhodou správně provedené Fit-GAP analýzy je to, že vynucuje správnou úroveň priority, která má být přiřazena každému problému, což je velmi užitečné při plánování a implementaci.

Fit-Gap analýza může být použita v případech:

- výběru nového softwarového řešení
- implementace nového systému
- změna softwarových požadavků
- další případy²

² Interní zdroj VW

5 Porovnání pracovních postupů v plánovacích systémech Teamcenter a Process Designer

V5. Kapitole popisují práci v systémech PD a TC. Analyzují zde zkušenosti získané používáním obou systémů (odlišnosti, výhody a nevýhody v používání stejných nástrojů), které byly získány pomocí přípravy jedné linky v každém ze systémů. Nejdříve se věnují strukturám (kusovníkové, operační a zdrojové), dále integraci plánovacích systémů v prostředí firmy, vyhodnocení funkcionality pomocí Fit Gap analýzy a finančnímu porovnání nákladů.

5.1 Kusovníková struktura

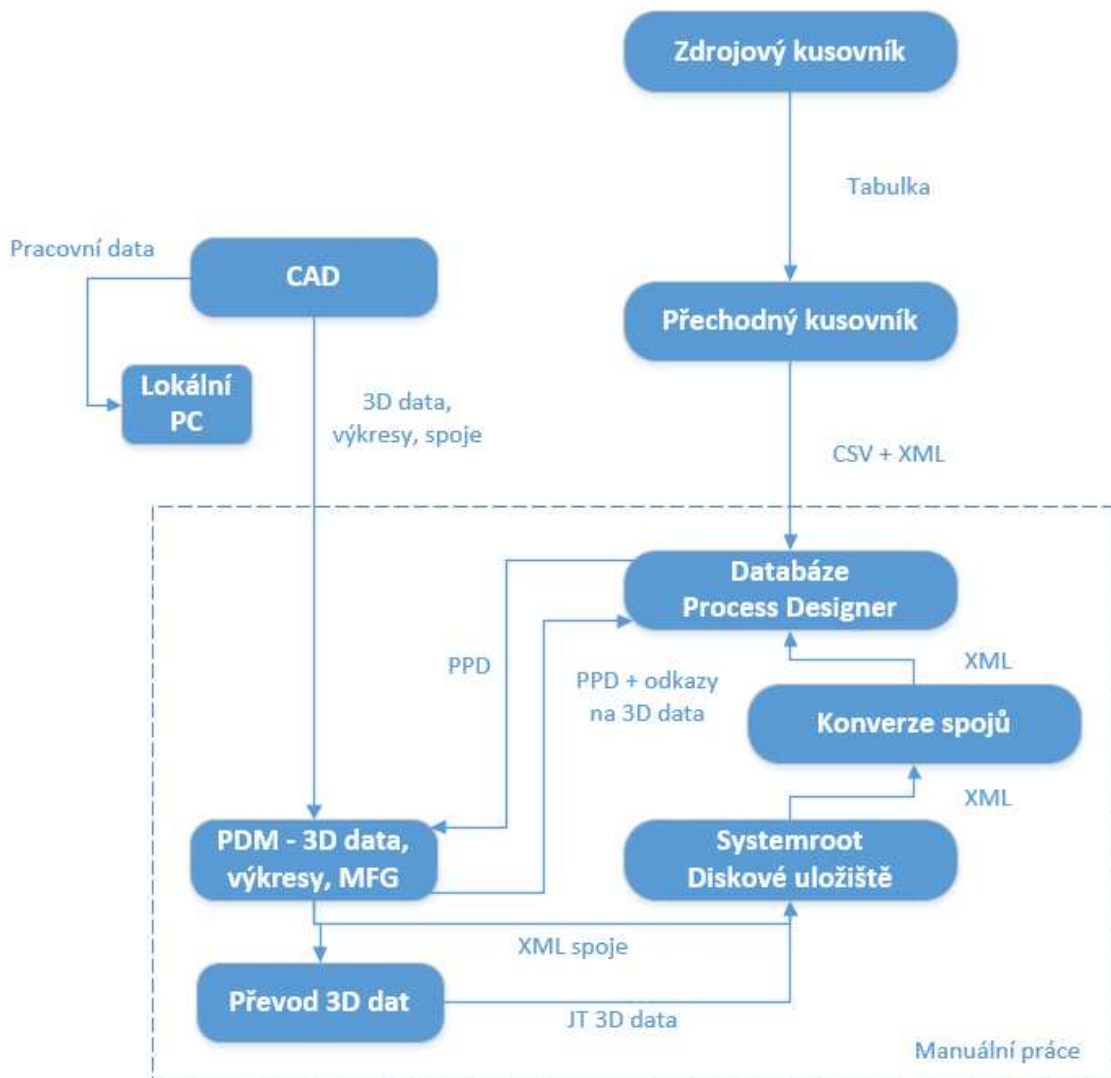
V kusovníkové struktuře je uložen strom kusovníku, komplety a díly, které jsou zobrazeny od nejvyššího celku (svařená karoserie) až po nejmenší vstupující jednotlivé díly. Komplety se skládají z více dílů (neobsahují 3D reprezentaci) a ve struktuře je vidět jejich rozpad na jednotlivé díly, které již mají 3D data. V následujících dvou kapitolách je popsáno vytváření této struktury v PD a TC, v kapitole 5.2.3 jsou struktury a práce s nimi v obou systémech porovnány.

5.1.1 Kusovníková struktura a její vytvoření v PD

Kusovníková struktura vzniká mimo systém PD, v externím kusovníkovém systému a přes rozhraní je exportována do přechodné databáze. Vychází se ze zdrojového kusovníku, který je zrcadlen do databáze přechodného kusovníku. Zde jsou do kusovníku doplněny dodatečné informace. Z této přechodné databáze jsou získány informace ve formátu hodnot oddělených středníkem (CSV). Ty jsou následně převedeny do XML souboru, který páruje datový formát PD. Výsledný XML soubor je naimportován do PD a tím vznikne stromová kusovníková struktura. Ta zatím neobsahuje žádná 3D data, ale pouze textové informace.

Dalším krokem je získání 3D dat, protože do databáze a na Systemroot (diskové úložiště) PD neexistuje přímé napojení z konstrukčních CAD systémů. Konstrukční data jsou ukládána přímo do PDM systému, který slouží jako jejich úložiště. Proto je nutné tato data do PD ručně přenést. Prvním krokem je, že se z PD vyexportuje kusovník v PPD formátu. Naimportuje se do nástroje, který k objektům v PPD souboru vyhledá dostupné

informace v PDM systému. Uživatel vybere relevantní data (poslední konstrukční stav CAD dat, XML s informacemi o spojích aj.), která mají být přenesena do PD. CAD data se dále převedou z nativního formátu do JT formátu a nahrají se na Systemroot. Z nástroje se vyexportuje PPD soubor, který je nyní doplněn o cesty k 3D datům a nahraje se zpět do PD. Kusovník má tak přímou vazbu na 3D data. Posledním krokem je vytvoření knihoven s informacemi o spojích. Tyto informace jsou již připraveny v souboru na Systemrootu (byly staženy spolu s 3D reprezentacemi dílů). Před jejich importem do PD musejí být nejdříve převedeny do formátu čitelného pro PD. Poté jsou naimportovány a spoje jsou dostupné v knihovnách rozdělených podle čísel kompletů. Schéma procesu získávání dat je popsáno na obrázku níže.

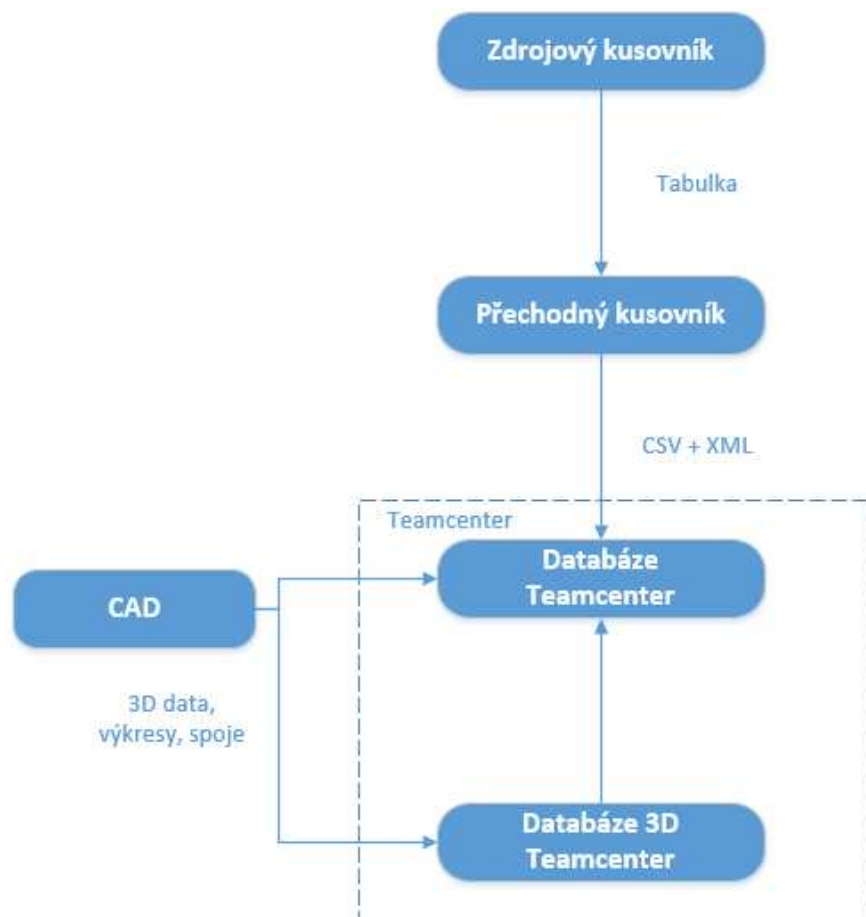


Obrázek 23 - Proces získávání dat v Process Designeru

5.1.2 Kusovníková struktura a její vytvoření v TC

Kusovníková struktura TC vzniká podobně jako pro PD v externím kusovníkovém systému a přes rozhraní je exportována do přechodné databáze. Vychází se ze zdrojového kusovníku, který je zrcadlen do databáze přechodného kusovníku. Zde jsou do kusovníku doplněny dodatečné informace. Z ní jsou získány informace ve formátu hodnot oddělených středníkem (CSV) a ty jsou převedeny do XML souboru, který obsahuje zápisy v objektech TC. Výsledný XML soubor je naimportován do TC a tím vznikne stromová kusovníková struktura. Tato struktura zatím neobsahuje žádná 3D data, ale pouze textové informace.

Oproti PD obsahuje TC přímé rozhraní mezi zdrojovým CAD systémem a vlastní databází. Data (rozpracované stavy, koncepty, finální stavy) jsou ze zdrojového systému ukládána přímo do struktury kusovníku v TC a jsou zároveň automaticky konvertována do formátu JT. Veškerá data jsou tak dostupná v databázi TC a uživatelé je zde mohou dohledat. Z procesu tak odpadá veškerá manuální práce, která byla nutná v PD pro získání dat.



Obrázek 24 – Proces získávání dat v Teamcenteru

5.1.3 Vyhodnocení postupu získávání 3D dat pro TC a PD

Při porovnání procesů získávání kusovníkových dat je proces nového systému TC jednodušší, konstrukční data jsou přímo ukládána ve správném formátu do TC a tím odpadá veškerá manuální činnost importu, exportu, linkování a převodu dat. Pro PD je nutné zajistit tuto činnost manuálně, odhadovaná finanční náročnost je 560 000 Kč za rok. Data byla získána z průměrné měsíční mzdy v automotive dle statistik ze Sdružení automobilového průmyslu SAP a byly přepočítány na super hrubou mzdu.

Další časová úspora vzniká díky rozdílným principům práce v systému. V PD bylo nutné po aktualizaci kusovníkové struktury provést aktualizaci všech alternativ. TC k objektům v databázi přistupuje odlišným způsobem, není nutné provádět další akce v systému, a poté aktualizovat jednotlivé kusovníky do všech aktuálních alternativ. Pro PD je nutné zajistit tuto činnost manuálně, odhadovaná finanční náročnost je 560 000 Kč za rok.

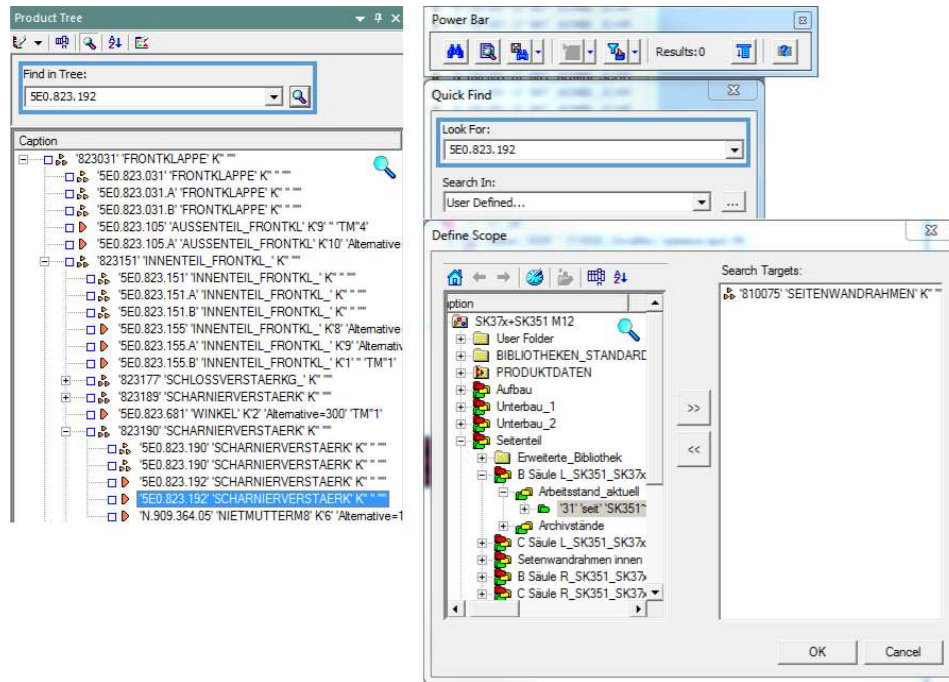
Další výhodou rozdílných procesů získávání 3D dat je rychlejší přístup dalších uživatelů k datům. Oproti PD, kdy je kusovník jednotlivých produktů aktualizován týdně, jsou v TC změny díky odpadnutí manuálních činností dostupné denně.

V TC tak odpadá z procesu velká část manuálních časově náročných úkonů a pro přípravu kusovníkových dat.

5.1.4 Porovnání práce se strukturami

V této kapitole je popsána práce s kusovníkovou strukturou v systémech. Jsou zde porovnány rozdíly ve vyhledávání objektů ve strukturách a práce s atributy na objektech v kusovníku.

Kusovníkovou strukturu v PD je možné procházet v navigačním okně, vyhledávat díly a komplety ve struktuře pomocí „Power baru“ (viz Obrázek 25) nebo vyhledávat ve struktuře „Product Tree“, která obsahuje kusovníková data nahraná pro zobrazení v grafickém okně. V kusovníkové struktuře se vyhledává pomocí tzv. caption, které obsahuje číslo a název dílu.

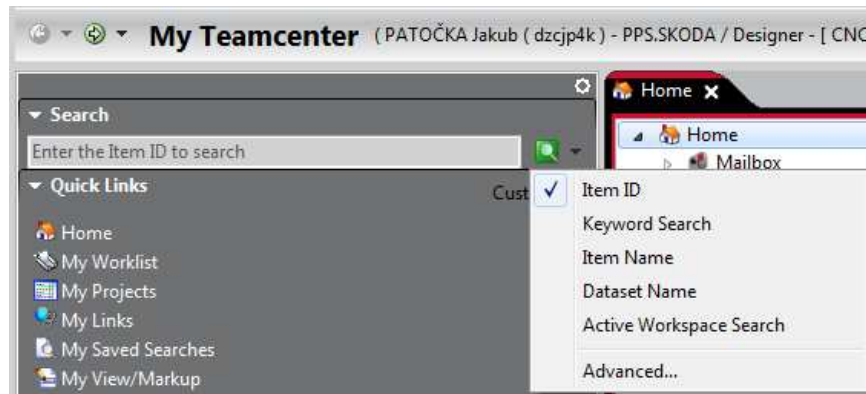


Obrázek 25 - Process Designer, vyhledávání dílů

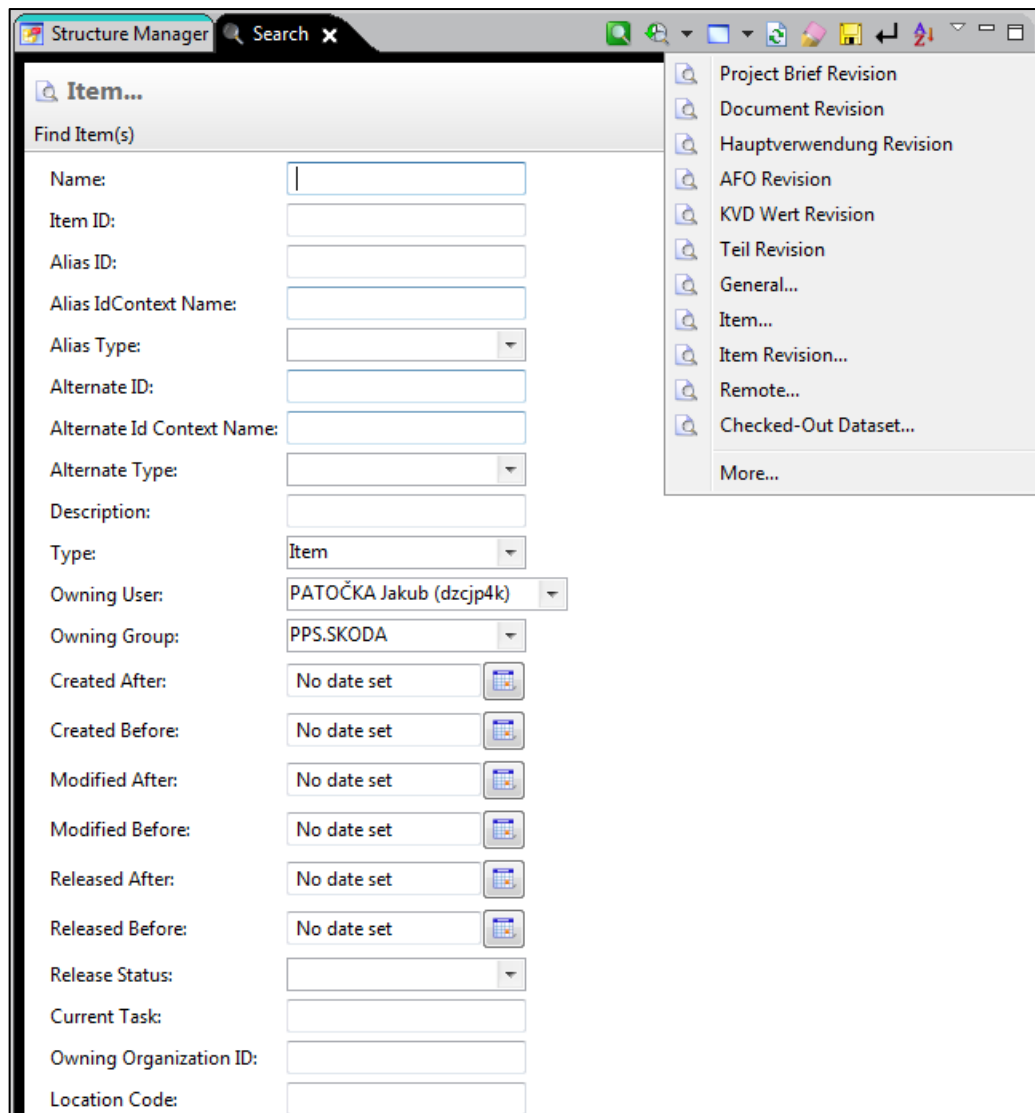
Pro přehlednější práci s kusovníkovou strukturou je možné data nahrát do nástroje TableView. Zde je možné díly filtrovat podle jejich atributů. Např. zobrazit pouze díly platné v určitém časovém období.

Pokud je v kusovníku potřeba změnit informace o dílu, pomocí atributů dílu je možné je manuálně upravovat. Označí se díl, po otevření jeho vlastností se na záložkách „Physical“ a „Attributes“ změni potřebné atributy. Je potřeba počítat s tím, že se při další aktualizaci kusovníku změny na dílech přepíší stavem v konstrukčním kusovníku. Pro zachování změny je potřeba takto upravené atributy filtrovat oproti aktualizaci.

V TC pro vyhledávání objektů existuje v základním modulu MyTeamcenter nástroj „Search“ (viz Obrázek 26). Zvolí se zde, podle jakého ze 4 hlavních kritérií (Item ID, Keyword Search, Item Name, Dataset Name, Active Workspace Search) chceme objekt vyhledávat. Pokud nejsou tyto předvolby dostatečné, pomocí Advanced... (viz Obrázek 27) se přepneme na podrobnější vyhledávání. Zde jsou předpřipraveny vyhledávací formuláře. Podle informací, které jsou o díle dostupné, se zvolí vhodný formulář a díl se vyhledá. Další možností, jak v TC vyhledávat díly je ve Structure Manageru příkazem „Structure search“. Dále je také možné díly vyhledávat v 3D prohlížečích (interním a externím).



Obrázek 26 - Teamcenter, základní vyhledávání



Obrázek 27 - Teamcenter, rozšířené vyhledávání

Pro práci s kusovníkem je v TC modul Structure Manager, ve kterém se data kusovníku vytvářejí a upravují. Editace atributů probíhá ve vlastnostech objektu

v kusovníkové struktuře. Na objektu se vyhledá atribut, který podléhá změně a upraví se.

Data je možné zobrazit interně v TC prohlížeči nebo pomocí externí aplikace VisMockup. Podle uzle, který je do prohlížeče odeslán, se zobrazí část nebo celý kusovník.

V obou systémech je možné dohledat potřebné informace v kusovníkové struktuře, liší se pouze nástroje, které jsou k tomu použity. Podrobnější vyhodnocení porovnávaných procesů a funkcionalit jsou vyhodnoceny pomocí Fit-GAP analýzy v kapitole 5.5.1.

5.2 Operační struktura

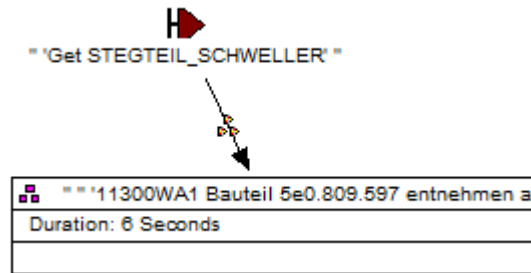
Operační struktura (liniový plán) obsahuje informace, jak bude výsledný produkt vyráběn. Pro vytvoření operační struktury bylo využito v obou systémech nástroje Pert Viewer. Pomocí této funkcionality byly vytvořeny a propojeny operační kroky dle procesního sledu. Operační kroky mohou být společné pro více produktů, které se na lince vyrábějí, nebo specifické pro určitý produkt. V případě různých variant se na operační krok přidává informace o tom, pro který z produktů je platný. K tomu slouží objekt typu variantní set. Pro zadání časových údajů bylo v obou systémech využito nástroje Gantt Viewer.

5.2.1 Práce s operační strukturou v PD

Vazby mezi kusovníkovou a operační strukturou se zakládají v Pert Vieweru. Díl, který vstupuje do operace, se vyhledá v kusovníkové struktuře a naváže se (Drag & Drop) na příslušný operační krok v Pert Diagramu.

Pert Viewer je nástroj používaný pro modelování toku materiálu výrobní linkou, k zadávání časů operací a návaznosti operací. Výstupem je informace o minimálním času potřebným pro výrobu produktu. Tento čas je vypočítán metodou nejdelšího toku – v projektu přičemž může být více paralelních toků, pro zjištění minimálního času pro výrobu produktu je důležitá pouze informace o času z nejdéle trvajících větví.

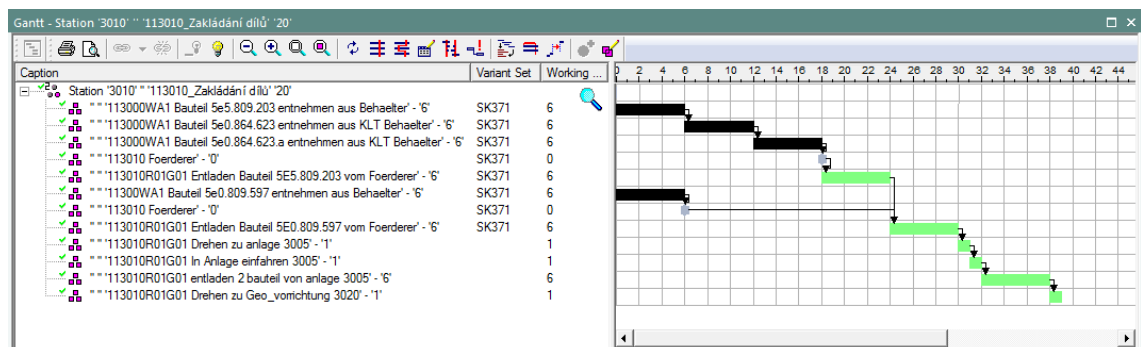
V Pert Vieweru jsou zobrazeny operační kroky díly, které do operací vstupují, zdroje, které jsou v operaci použity a výsledný výstup z operace (viz Obrázek 28).



Obrázek 28 - Process Designer, operační krok v Pertu

V PD jsou informace na operačním kroku pevně definovaná a není možné je pomocí nastavení nebo úpravy konfiguračního souboru změnit. Operační krok obsahuje informace o názvu a označení operace, dobu trvání operace, materiál vstupující do operace, použité zdroje a spojovací materiál, propojení s předchozím a následujícím operačním krokem.

Gantt Viewer (viz Obrázek 29) je nástroj, kde je graficky znázorněna časová náročnost operačních kroků a jejich vzájemné propojení. Tyto vazby je zde možné vytvářet nebo editovat. Ovládací prvky pro zadávání prodlevy, se kterou operace začínají, vytváření návazností na další operace a operační kroky, zadávání doby trvání operačního kroku jsou v PD umístěni na horní liště. Výsledná data je zde možné vytisknout.

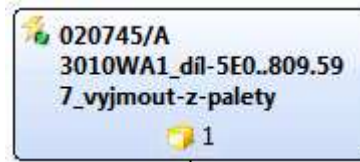


Obrázek 29 - Gantt Viewer, Process Designer

5.2.2 Práce s operační strukturou v TC

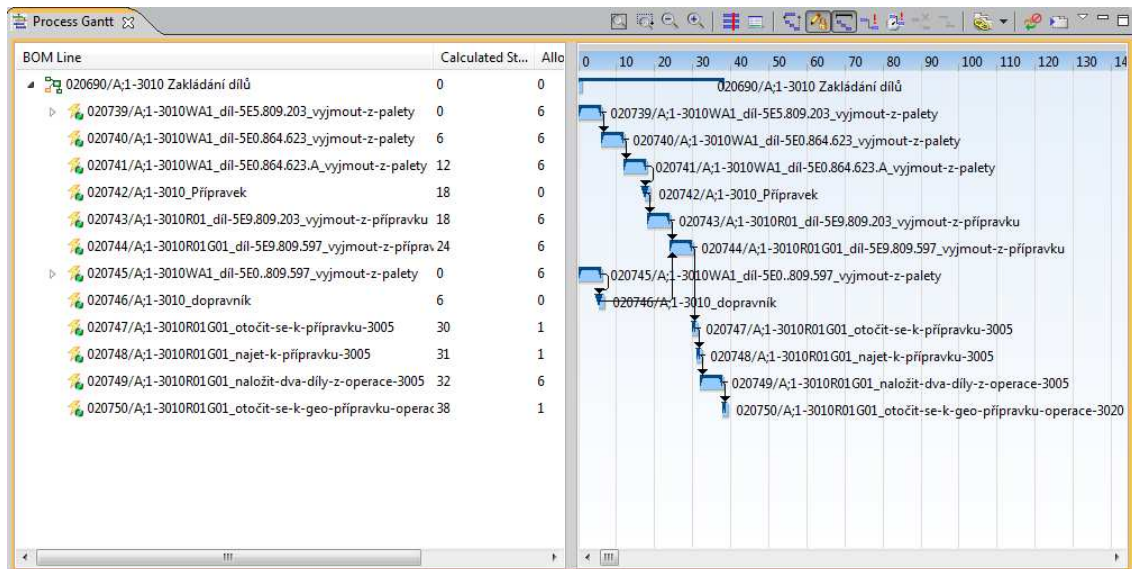
Stejně jako PD i TC se pro základní práci s operacemi používá nástroj Pert Viewer. Operační krok v TC (viz Obrázek 30) v jeho základním nastavení obsahuje revizi, číslo a název operace. Informace zobrazované v TC je možné upravit dle potřeb zákazníka, je tedy možné přidat další informace, jako jsou nyní v PD a v základním

nastavení TC nejsou zapnuty (dobu trvání operace, materiál vstupující do operace, použité zdroje a spojovací materiál), další informace např. variantu vyráběného produktu, dodatečné informace o vstupujícím materiálu (jeho číslo a název) nebo upravit zobrazení základních informací.



Obrázek 30 - Teamcenter, operační krok v Pertu

Gantt Viewer se v TC (viz Obrázek 31) používá na stejné procesy jak v PD. Jeho využití je popsáno v předchozí kapitole 5.2.1.



Obrázek 31 - Gantt Viewer, Teamcenter

5.2.3 Porovnání práce s operační strukturou v PD a TC

Obecný pracovní postup s operační strukturou je v obou systémech podobný, využívá se nástrojů Pert a Gantt Viewer.

Pert Viewer v systémech liší pouze grafickým znázorněním objektů a rozmístěním ikon. TC obsahuje navíc miniaturu celého Pertu. Ta pomáhá v orientaci na složitých operacích, které se skládají z velkého množství operačních kroků a ty jsou rozvětveny do velkého počtu větví.

Podobně jako Pert Viewer je na tom práce s Gantt Viewerem. V obou systémech Gantt umožňuje vytvářet všechny potřebné vazby a upravovat časy. Pracovní postupy se

v obou případech neliší. Rozdíly jsou především v grafických prvcích nástroje (ikony, zobrazení časové osy). V TC je navíc možné upravit informace, které jsou zde zobrazeny.

Stejným způsobem se v operaci přiřazují zdroje použité na výrobu produktu. Vyhledají se ve zdrojové struktuře a naváží se na operační krok. Do jednoho operačního kroku může vstupovat více dílu a být navázáno více zdrojů. Poté, co je operace kompletně namodelována (obsahuje všechny vazby mezi produktem a zdroji), se po jejím nahrání zobrazí všechny použité díly a zdroje v grafickém okně v PD nebo v Lifecycle Vieweru v TC. Lze takto zkontrolovat, jestli byly při modelaci použity všechny díly vstupující do linky a zdroje vyrábějící výsledný produkt.

Ve vlastnostech operace se vyplňují atributy, jako její platnost, středisko operace, Pro zadávání času je vhodné využít nástroj Gantt Viewer, kde jsou zobrazeny vazby mezi operačními kroky v závislosti na čase. Ke každému pracovníkovi a robotovi je možné zde pro lepší přehlednost přiřadit barvu jeho časové osy. V Ganttu je pak přehledně vidět, které operační kroky zdroj provádí.

Vyhodnocení práce s operační strukturou pomocí Fit-GAP analýzy je popsáno v kapitole 5.5.1.

5.3 Zdrojová struktura

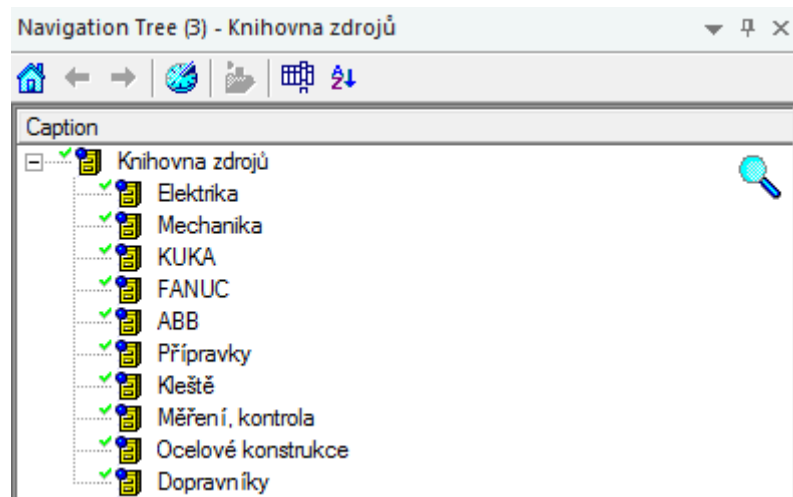
Zdrojová struktura je stromový rozpad veškerých zdrojů v lince. Zdroje použité na operačních krocích jsou rozděleny na více skupin. Jejich počet závisí na velikosti linky. Ostatní zdroje jsou ve struktuře přímo pod linkou. Každý ze zdrojů může mít přiřazenou variantu podle produktu, na jehož výrobě se podílí. Zdroje jsou do struktury kopírovány z projektové knihovny, kde jsou předpřipraveny univerzální zdroje nebo z rozšířené knihovny, kde jsou vytvořeny zdroje specifické pro danou operaci.

5.3.1 Zdrojová struktura PD a TC

V PD je databáze rozdělena na jednotlivé projekty. Všechny projekty jsou v jedné databázi (pokud je potřeba, může být použito databází více). Jeden projekt se rovná např. jeden produkt, nebo skupina produktů vyrábějících se na jedné stejné lince. Záleží na firmě, jak rozdělí své produkty do jednotlivých projektů. V systému není

možné používat objekty napříč projekty, proto objekty jako je standardní knihovna zdrojů musí být ve všech projektech – není možné použít objekt ze standardní knihovny z jednoho projektu v projektu jiném.

Standardní knihovna je v PD vytvořena ve struktuře jako obecný objekt, pod který jsou ve stromové struktuře skupiny typů zdrojových objektů, normalizovaných dílů nástrojů.



Obrázek 32 - Standardní knihovna, Process designer

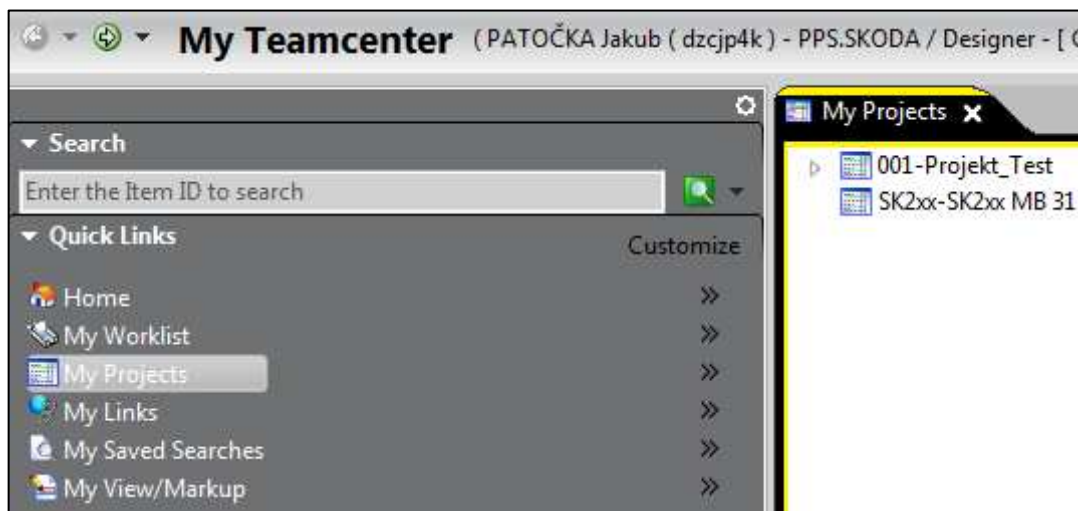
TC oproti tomu nepracuje s daty rozdělenými do projektů. Všechna data (data, ke kterým má daný uživatel práva) jsou přístupná po přihlášení do TC, které obsahuje jednu standardní knihovnu, kde jsou uloženy všechny zdroje, normované díly atd. Tyto objekty je možné používat v jakémkoliv projektu formou reference, tzn., že se v případě vícečetného použití neduplikují, ale vytváří se pouze odkazy (reference) na objekt z knihovny. Ke správě standardní knihovny v TC se používá modul klasifikace.

5.3.2 Projekty, srovnání struktur v PD a TC

Projekt má v obou systémech jiný význam. V PD se pro předem zvolený celek (např. pro výrobní linku, výrobní halu a dalších možných úseků) vytváří samostatné projekty, které mají určitá omezení. Je potřeba se rozhodnout, jaká data bude projekt obsahovat, aby nedošlo k překročení těchto omezení (např. limitu maximálního počtu objektů) a tím ke zpomalení práce se systémem. Každý projekt obsahuje vlastní objekty, které však nelze použít v ostatních projektech. Pokud má existovat nějaký objekt ve

více projektech, musí se do všech rozkopírovat. Tím vznikají duplicity, je složité udržovat projektové knihovny, protože když se v jednom projektu knihovna změní, je potřeba provést stejnou změnu ve všech ostatních projektech. Tím narůstá i časová náročnost na údržbu projektů.

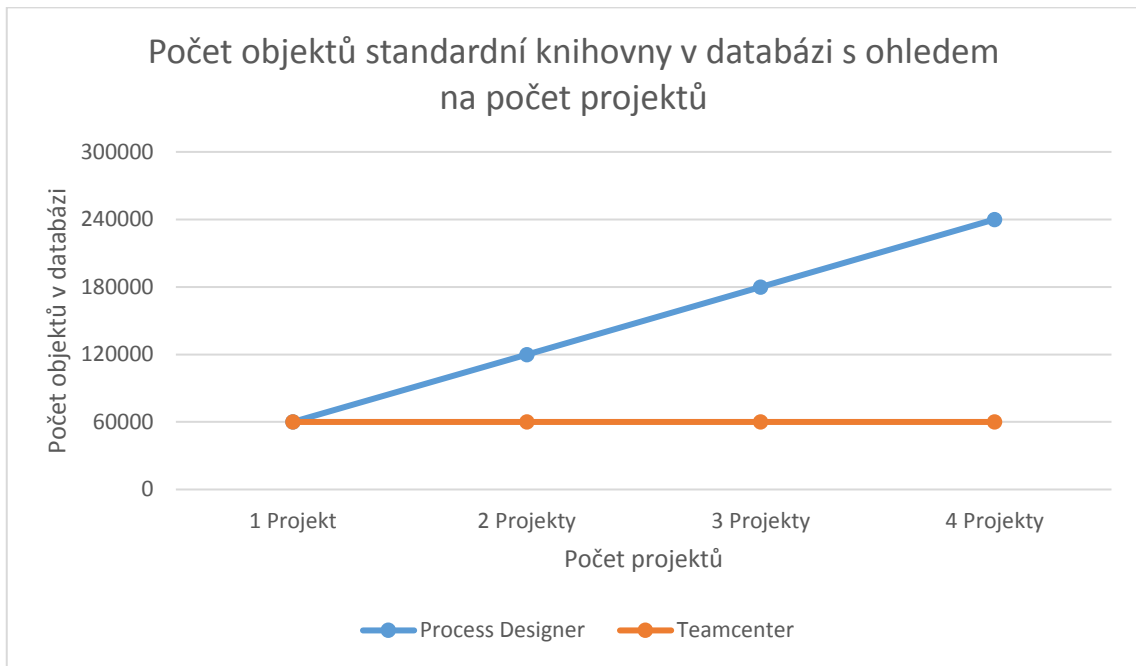
V TC slouží projekt jako další úroveň zabezpečení a přidělení práv k objektům pro vybrané skupiny uživatelů napříč organizační struktury v TC. Pro každý projekt je možné definovat různý projektový tým, skládající se z uživatelů v různých skupinách a s různou rolí. Libovolný objekt nebo revize objektu může být přidělena k jednomu nebo více projektům. Takto přidělená položka získává zabezpečení a přístupová práva řešící oprávnění pro uživatele, kteří jsou nebo nejsou členy projektového týmu. Seznam projektů, do kterých má uživatel přístup je možné zobrazit přes odkaz „Moje projekty“.



Obrázek 33 - Teamcenter, Moje projekty

Centrální objekt, pod kterým jsou ukládána projektová data se v TC nazývá Project Brief (projektová složka). Pod tyto data patří dokumenty (specifikace, zápisy z jednání a jiné dokumenty), produktová data (objekty typu díl, výkres), struktury (zdrojová data jednotlivých závodů, operační struktury, simulace) a další typy dat.

Počet objektů standardní knihovny v databázi PD roste lineárně s počtem projektů, protože každý projekt musí obsahovat standardní knihovnu. V TC je počet objektů standardní knihovny nezávislý na počtu projektů, každý projekt přistupuje do jedné společné standardní knihovny. Tím nevzniká takové množství objektů v databázi a je jednodušší standardní knihovnu udržovat jak pro uživatele, tak pro IT administrátory, kteří spravují datovou infrastrukturu.



Obrázek 34 - Počet objektů standardní knihovny s ohledem na počet projektů

TC přináší výhodu v centrální knihovně, která je přístupná ze všech projektů. Dochází tím k uživatelsky jednodušší údržbě knihoven a jsou menší nároky na serverovou infrastrukturu. Zdrojová struktura je zhodnocena Fit-GAP analýzou v kapitole 5.5.1.

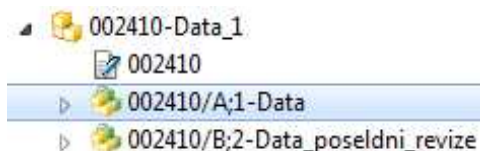
5.3.3 Revize objektů

Objekty používané pro plánování výroby se postupně upravují, vznikají nové verze, které jsou ale platné až později, kdy dojde i k fyzické realizaci změny. Po tuto dobu je potřeba v plánovacím systému udržovat obě verze objektu.

V PD není možné vytvářet pro jednotlivé objekty revize. Jediná možnost, jak vytvořit více stavů, je vytvořit klon alternativy (celé linky) a spravovat tak více stavů. Alternativa obsahuje velké množství dat, a proto není tento způsob příliš efektivní. Kvůli změnám desítkám objektů, musí být vytvořeno někdy i tisíce kopií ostatních objektů v lince, na kterých není žádná změna.

V TC pro tyto případy existuje funkce pro revidování jednotlivých objektů. Když se vytvoří nový objekt, automaticky se k němu přiřadí první revize. Pro rozlišení

revizí může být použit jakýkoliv řetězec nebo znak. Např. číslo (1, 001), písmeno (A, B, C), nebo libovolný řetězec. V příkladu níže jsou revize rozlišeny znaky (A, B). Každá revize objektu může mít svůj název a obsahovat rozdílný obsah přiřazených „datasetů“ (3D souborů, dokumentů). Nová revize není platná ihned po jejím vytvoření. Pomocí schvalovacích procesů dojde ke změně platnosti až po odsouhlasení všemi uživateli zařazenými do procesu schvalování a až po překročení předem nastavené časové platnosti změny.



Obrázek 35 - Teamcenter, revize objektů

5.4 Napojení plánovacích systémů a jejich další funkce

V této podkapitole je popsáno napojení PLM systémů na ostatní systémy a jsou zde popsány další funkce systémů, které nebylo možné zařadit do předchozích tří podkapitol, ale jsou pro porovnání plánovacích systémů důležité.

5.4.1 Napojení na simulace

PD a PS jsou napojeny na stejnou databázi a přistupují tak ke stejným datům. Na stejném principu funguje i TC a Process Simulate on Teamcenter.

Data otevřená v PD nebo TC je možné odeslat přímo do Process Simulate, aniž by bylo potřeba znovu procházet strukturu a dostat se tak ke stejným datům. Používá se k tomu příkaz přístupný z označeného objektu „Open with PS“. Druhou možností je Spustit PS a data, na kterých bude prováděna simulaci si vyhledat.

Data vytvořená a uložená v PS na platformě Tecnomatix nejsou kompatibilní s daty vytvořenými v PS na platformě TC. Není možné je mezi systémy převést, v případě nutnosti, musí být většina dat vytvořena znovu. Postup a odhad časové náročnosti znovuvytvoření dat je popsán v kapitole 5.4.4.

5.4.2 Napojení dodavatelů

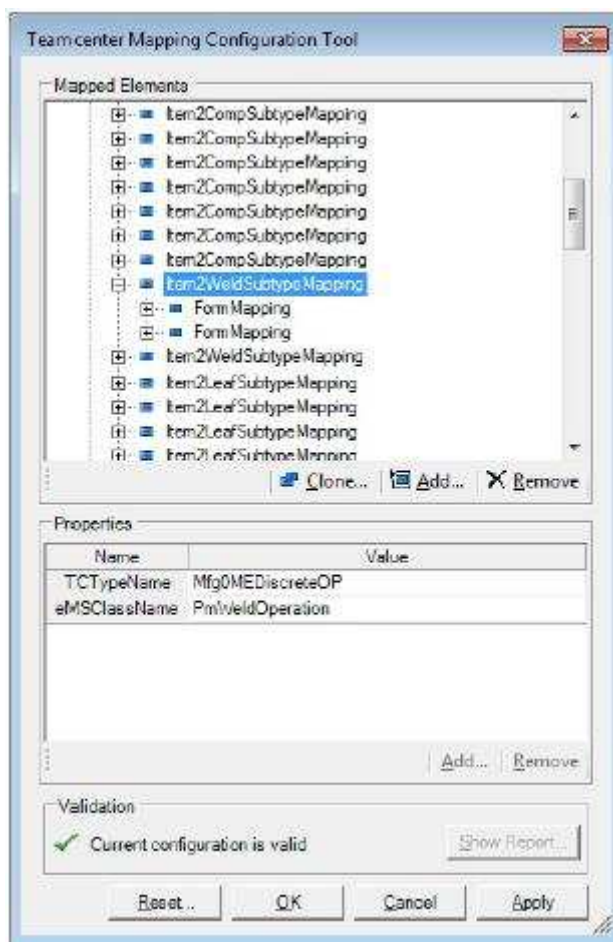
Napojení dodavatelů PD

Výměna dat v současném systému PD probíhá podle projektů, které jsou rozděleny na menší celky (alternativy), a ty jsou zpracovávány jednotlivými dodavateli. Jeden projekt je rozdělen na cca 25 alternativ. Každý dodavatel pracuje na jedné nebo více alternativách. Uživatel připraví koncepty alternativ a ty jsou dodavatelům exportovány pomocí nástroje na výměnu dat. Dodavatel si data naimportuje, zapracuje v alternativě všechny informace a ty poté vyexportuje zpět. Stav dat je sledován mimo systém pomocí tabulky, kde je zapsáno, jestli na datech pracuje dodavatel, nebo jestli je možné provádět úpravy. Pokud by byly provedeny úpravy na datech, které právě zpracovává dodavatel, o všechny změny by se při zpětném importu přišlo.

Napojení dodavatelů TC

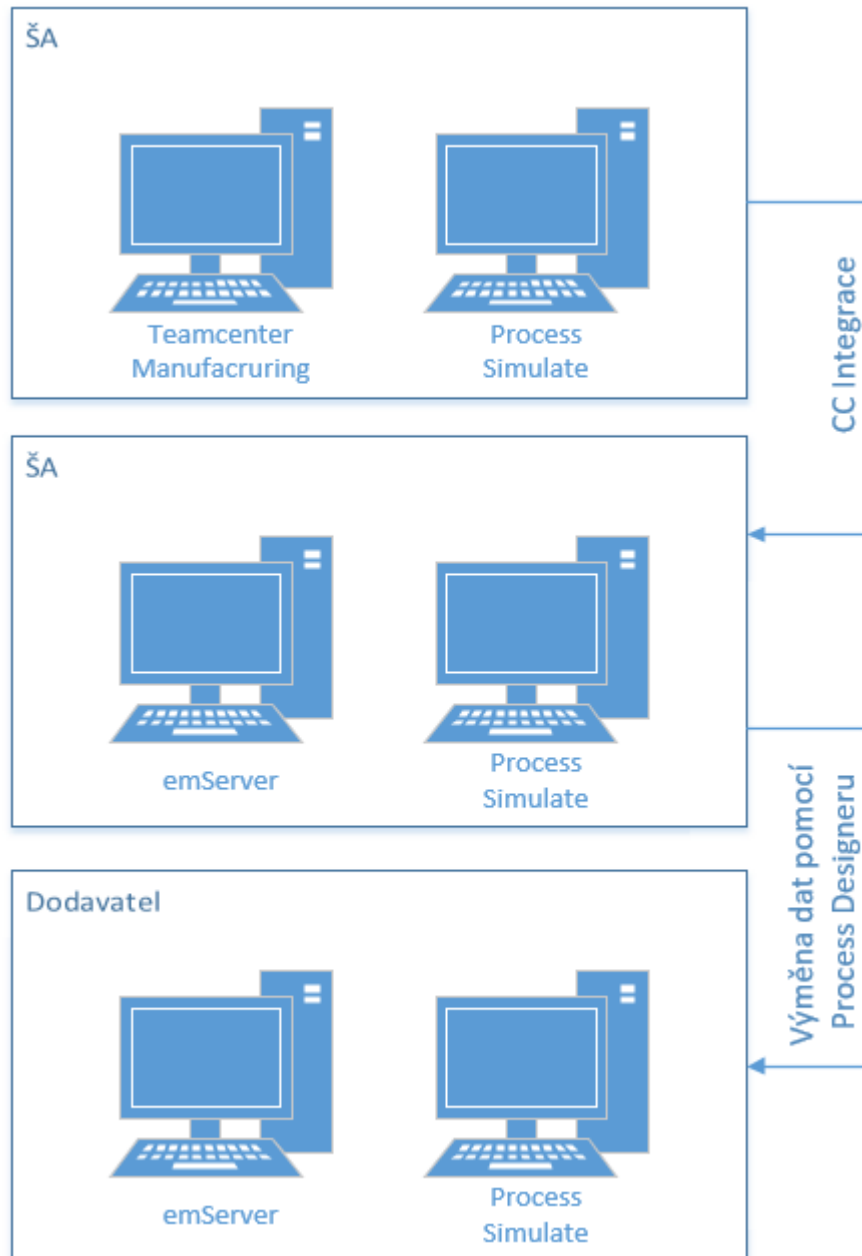
Nasazení nového systému je časově a finančně náročný proces, počítá se proto s dočasnými řešeními, než i všichni dodavatelé firmy přejdou na nový systém. Tyto náhradní řešení v současné době neumožňují přenos všech typů objektů. Přestože je s novými verzemi PD a TC rozšiřována kompatibilita přenosu dat mezi oběma systémy, ani v dlouhodobém výhledu se nepočítá, že bude možné synchronizovat všechny objekty.

Před tím, než dodavatel přejde na systém TC je možné data vyměňovat pomocí asynchronní neřízené výměny dat. Pro výměnu dat je použita „Collaboration context“ integrace mezi TC a PD. K tomu je využívána mapovací tabulka objektů obou systémů, které jsou definovány pomocí nástroje „Teamcenter Mapping Configuration Tool“. Objekty jsou zde rozděleny do skupin: produkt, knihovny svařovacích elementů a zdrojů, zdroje, nástroje, závod, procesy, dvojičkové objekty. Pro každou tuto skupinu se mapují všechny atributy, které budou převáděny pomocí „Collaboration context“.



Obrázek 36 - Teamcenter Mapping Configuration Tool, zdroj [Siemens]

Samotná výměna dat s dodavatelem může probíhat dvěma způsoby. První způsob je přímá výměna z TC do PD u dodavatele. Druhou z možností je data před odesláním dodavateli naimportovat do vlastní databáze PD a výměnu dat s dodavatelem provádět až z PD tak jak je to dnes.



Obrázek 37 - Schéma napojení dodavatelů Teamcenter-Process Designer

Další možností, jak vyměňovat data za předpokladu, že dodavatel již také používá systém TC, je řešení, kdy oba subjekty přistupují do společné databáze z klientů na vlastní straně. Výhodou tohoto řešení je, že není nutné si data předávat, všichni subjekty budou mít dostupná veškerá data, k nimž mají přístupová práva. Nevýhodou jsou obrovské nároky na infrastrukturu, která bude vytižena nejen uživateli z vlastní firmy, ale i všech dodavatelských firem. Poslední způsob je, že dodavatel bude mít svoji vlastní instanci databáze a výměna dat bude probíhat pomocí objektu

„Briefcase“. Tento princip je založen na zablokování objektů, které jsou obsahem výměny pro editaci. Nedojde tak k nechtěné ztrátě dat, jenž byla změněna během práce dodavatele na datech a budou přepsány stavem od dodavatele poté, co budou později naimportovány zpět. Při exportu dat dodavateli se na exportovaném objektu a jeho podstruktuře nastaví status, který informuje, že data jsou předána dodavateli a poté co budou vrácena zpět, dojde k přepsání novým stavem. Na exportovaných datech se definuje, jaké objekty může dodavatel upravovat. Není vhodné, aby zasahoval do kusovníkových dat, ty jsou proto nastaveny pouze pro čtení a není možné je editovat. Dodavatel bude pracovat se zdrojovou a operační strukturou, tu má uvolněnou k editaci. Až dokončí dodavatel práci na datech, při spuštění exportu se mu na datech (pokud si tak zvolí) označil status, že podléhají procesu výměny a jsou na straně zadavatele. Na datech po dobu výměny nebude možné editace. Takto se cyklus opakuje, než dodavatel předá kompletní data.

TC má výměnu dat s dodavateli zpracovanou lépe než PD. Přímo na objektech v systému je zobrazeno, kdo aktuálně na datech pracuje. Není nutné tak manuálně udržovat přehledovou tabulku. Pro postupný přechod dodavatelů na systém TC bylo navrženo přechodné řešení. Výměna dat s dodavatelem je vyhodnocena v kapitole 5.5.1.

5.4.3 Workflow proces

PD neobsahuje nástroje na schvalování a připomínkování dokumentů. Všechny objekty existují v jedné verzi, která je platná ihned po vytvoření nebo úpravě objektu, aniž by došlo ke schválení zástupců všech oddělení účastnících se procesu.

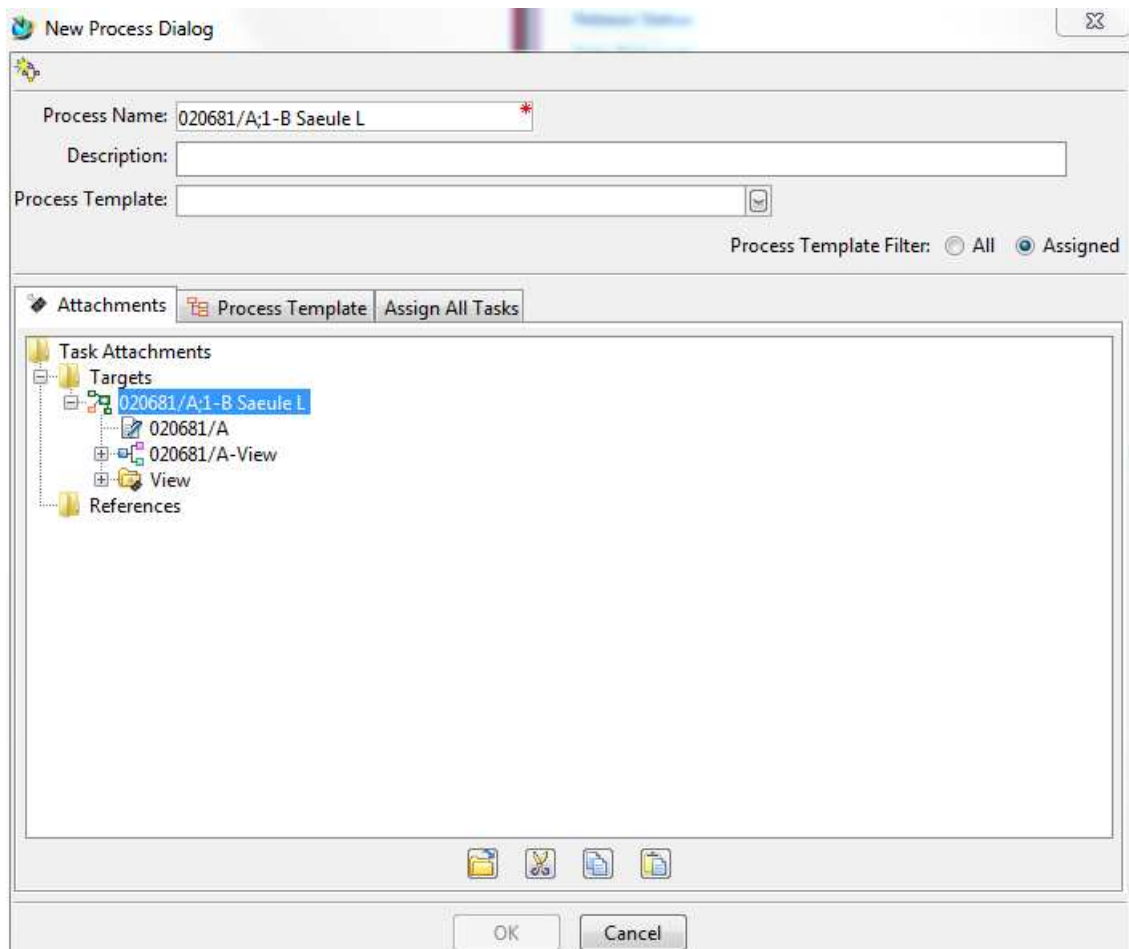
Pod pojmem Workflow je v TC označen proces na připomínkování a schvalování dokumentů. Workflow proces se používá k zautomatizování pracovních úkonů v TC prostředí. Pomocí Workflow procesu je možné např. automaticky přidělit úkoly ke schválení a připomínkování objektů.

Workflow (viz Obrázek 38) se spouští na revizi objektu, kde se pomocí příkazu „Vytvořit nový Workflow proces“ vybere předem vytvořená šablona procesu. Poté je možné zobrazit „Můj seznam úkolů“ a prohlédnout si přidělené úkoly. Když je úkol dokončen, předá se ke schvalování tlačítkem provést v seznamu úkolů. Tím je úkol přidělen schvalovateli.

Po přihlášení do TC si schvalovatel otevře seznam úkolů. Označí si a otevře úkol, který mu byl přidělen. V okně revize položky zkontroluje objekt ke schválení, a vybere rozhodnutí a doplní k němu komentář. Na výběr má tyto možnosti:

- Žádné rozhodnutí
- Odmítnout
- Schválit

Zamítnutý dokument se vrátí zpět k vlastníkovi procesu.



Obrázek 38 - Teamcenter, Spuštění Workflow procesu

5.4.4 Převod současných projektů v Process Designeru do Teamcenteru

V následujících verzích PD a TC bude možné automaticky (po správném namapování všech atributů mezi systémy) převést většinu statických dat. Objekty, které nelze automaticky převést, jsou simulační data (Robcad studie).

Čas potřebný pro úpravu simulačních studií závisí na složitosti a komplexnosti studie. Obnova dat pro jednoho robota je odhadována na 2–4 hodiny. Obnova ostatních dat (rozměry, štítky, kolizní sety, snapshoty, kóty, ...) ve studii je odhadována na 4–8 hodin.

Tyto časy byly odhadnuty z příkladových studií, na kterých byla data zkušebně převedena. Předpokladem je, že uživatel, který data upravuje má dobrou znalost PD a základní znalost PS.

	Robotická buňka (4 roboti)	Robotická buňka (6–10 robotů)
Časová náročnost	1–2 dny	2–5 dnů

Tabulka 2 - časová náročnost úprav studií, zdroj [Siemens]

Z časového hlediska je tedy převod projektů spolu se simulacemi časově velmi náročný proces. Převod simulací projektu, který obsahuje v průměru 650 robotů je odhadnut přibližně na 162,25 pracovních dní. V přepočtu na finance dle průměrné mzdy v automotive je 326 667 Kč.

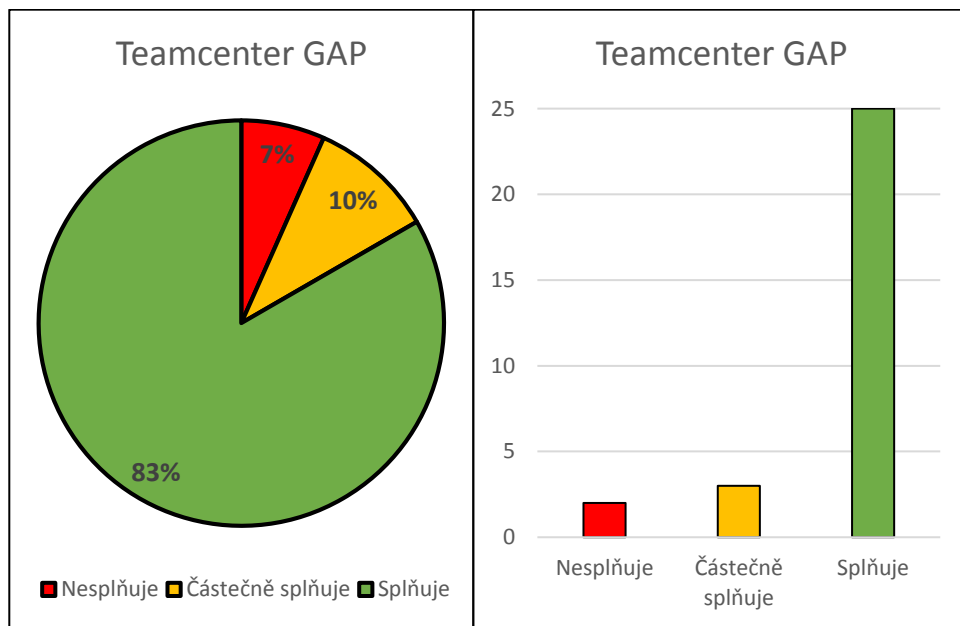
5.5 Vyhodnocení porovnání plánovacích systémů

5.5.1 Fit-GAP analýza

Pro porovnání obou systémů byla využita Fit-GAP analýza, která je vhodná na identifikaci, jestli současný nebo plánovaný nový systém splňuje potřeby zákazníka. Funkce systému byly bodově ohodnoceny od 0 bodů, kdy tato funkce není v systému

podporována až po 3 body, kdy systém požadovanou funkci splňuje přesně podle potřeb zákazníka.

Hodnocené funkce jsou rozděleny do skupin podle toho, jak jsou popisovány v kapitolách 5.1-5.4. Ty jsou dále děleny na podskupiny. Z jejich hodnocení je pomocí průměru vypočítáno celkové hodnocení funkce (viz Obrázek 39 - Výsledky Fit-GAP analýzy). Detailní hodnocení funkcí je přiloženo v příloze 1.



Obrázek 39 - Výsledky Fit-GAP analýzy

V kusovníkové struktuře byla hodnocena náročnost aktualizace změn v kusovníku, správnost zapozicování dílů, možnosti reportování změn na dílech a možnost úpravy atributů na díle. TC všechny hodnocená kritéria až na podporu mfg splňuje. V kategoriích, které TC splňuje, bylo zjištěno zkrácení časové náročnosti obstarání a aktualizace kusovníkových dat. Nesplněná podpora všech typů mfg používaných při svařování bude odstraněna v následujících verzích TC. Jednotlivé typy svařování budou postupně doplňovány.

Vytváření operační a zdrojové struktury funguje v obou systémech na podobném principu. V TC je možné vytvořit všechny požadované objekty, přiřadit jim pozici a vyplnit v nich požadované atributy.

Základní funkčnosti nástrojů Pert a Gantt jsou v systému TC splněny. Je možné zde vytvářet vazby mezi operačními kroky, zadat časové údaje, barevně odlišit jednotlivé manuální a robotické operace. Výhodou TC oproti PD je modifikovatelnost zobrazených informací v prohlížečích, kdy je možné zobrazit variantu operačního kroku a číslo a název navázaného dílu nebo vystupujícího kompletu. Tyto informace v současném systému uživatelům chybí.

V obou systémech se pracuje s knihovnami objektů. PD má knihovny uloženy v každém projektu, TC má jednu centrální knihovnu, kterou je možné využít ve všech projektech. Výhodnou správou knihoven v TC je menší množství dat v databázi a jednodušší údržba knihoven pro uživatele, kdy se starají pouze o jednu centrální knihovnu a nemusejí případnou úpravu knihovny provádět vícekrát v každém z projektů.

Data v PD jsou vytvářeny ve specifických projektech a navzájem jsou odděleny. Pro jejich zobrazení se musí otevřít projekt. Uživatel má přístup pouze do projektů, ke kterým má oprávnění.

Process Simulate on Process Designer a Process Simulate on Teamcenter vždy přistupuje ke stejným datům, jako systém, ve kterém byla data vytvořena. Struktury lze do PS načítat ze zdrojového systému, nebo je vyhledat přímo ve strukturách PS. Data simulací nejsou mezi systémy kompatibilní a není možné je automaticky převést.

PD nemá nástroj na schvalování změn, správa změnového řízení je řešena mimo systém pomocí předávacích protokolů. Protokol obsahuje, která část linky (alternativa) je předávána a jakých oddělení se předání týká. V TC je schvalovací proces integrován do systému, nazývá se Workflow. Podle typu schvalované změny se vybere předem připravený Workflow proces a odešle se ke schvalování uživatelům.

Revize objektů v PD funguje na principu vytvoření klonu celé linky a v tomto klonu se provedou změny na požadovaných objektech. Poté co změna nabude časové platnosti, je nutné upravená data ve vyklonované alternativě proaktualizovat do zdrojové výchozí alternativy. Vytváření klonů může trvat podle velikosti alternativy od několika minut až po několik hodin. Je to jediný způsob, jak v PD udržovat více stavů, pro velké změny na lince je tento způsob vhodný, ale kvůli drobným úpravám je časově velmi neefektivní. Zároveň po dobu práce na klonu není možné pracovat ve zdrojové alternativě, neboť veškeré provedené úpravy se aktualizací změn z klonu přepíše.

Pro výměnu dat s dodavateli existují v obou systémech nástroje pro export a import objektů. Exportují se vždy kompletní data linky a na datech v době, kdy je má na své straně dodavatel není vhodné pracovat, protože při zpětném importu se všechny provedené změny přepíše. Aby měli uživatelé přehled, kdo na datech právě pracuje, je vhodné mít systémové řešení o stavu dat. PD toto neumožňuje řešit systémově, využívají se přehledové tabulky, jejichž správa probíhá mimo systém a distribuují se mezi uživateli odkazem v emailu. TC umožňuje zobrazit stavovou ikonu přímo na objektech, a pokud je nastaveno tak neumožní editaci objektů, na kterých právě pracuje dodavatel. Vše je řešeno v systému.

Celkově bylo z Fit-GAP analýzy zjištěno, že modul MPP v TC umožňuje pracovat s daty tak jako dnes v PD, navíc některé z procesů umožňuje vykonávat efektivněji a jsou zde dostupné funkce pro vytváření revizí objektů a na správu schvalování změn. TC je možné pro plánování výroby používat.

6 Závěr

Systemy pro plánování výroby se v dnešní době velmi rychle vyvíjejí a jsou rozšiřovány o podporu nových technologií. Podpora nových technologií je většinou implementována pouze do nejnovějších systémů (Teamcenter - TC) a starší systémy (Process Designer - PD) jsou pouze udržovány o nejnútnejší opravy. Z tohoto důvodu vznikl požadavek na porovnání možností obou systémů a ověření, jestli TC jako nový systém již splňuje všechny požadavky, tak jako systém původní.

Na testovacích datech jedné linky (B sloupek), která byla pro ověření požadavků TC oproti PD vytvořena v obou systémech, byly pomocí Fit-GAP analýzy zhodnoceny funkce. Výsledkem je, že TC splňuje téměř všechna hodnocená kritéria a ta, která nebyla splněna, jsou plánována do dalších verzích. Systém je možné po zapracování těchto změn produktivně nasadit.

Při práci se strukturami byly nalezeny značné časové úspory v zakládání, aktualizaci kusovníkové struktury a v přípravě 3D dat, protože v kusovníková struktura je nově již zakládána konstruktérem a pro její vytvoření je použito přímé rozhraní z CAD systémů do TC. Úspora byla odhadnuta na 1 120 000 Kč/rok díky odpadnutí manuální přípravě 3D dat a aktualizacím dat v alternativách. Práce s operační a zdrojovou strukturou je v systémech podobná, výhodou TC je, že je možné nastavit podle potřeb zákazníka, co a jak bude zobrazováno v nástrojích Pert a Gantt Viewer. Nový systém zároveň přináší radikální snížení počtu objektů uložených v databázi na základě využití jednoho společného prototypu v knihovně pro instance ve všech projektech.

Předmětem diplomové práce bylo dále zjistit možnost převodu projektů mezi systémy. U statických dat po správné přípravě mapování atributů není proces příliš náročný a data je možné převést automaticky. Simulační data nejsou mezi systémy kompatibilní a není ani možná jejich konverze. V novém systému musí být simulace pro staré projekty znovu vytvořeny dle předlohy.

Dalším přínosem nasazení TC jsou nové funkce a nástroje, které uživatelům ušetří čas při správě projektů. Patří mezi ně Workflow proces pro schvalování změn a možnost vytvářet více revizi jednotlivých objektů.

7 Bibliografie

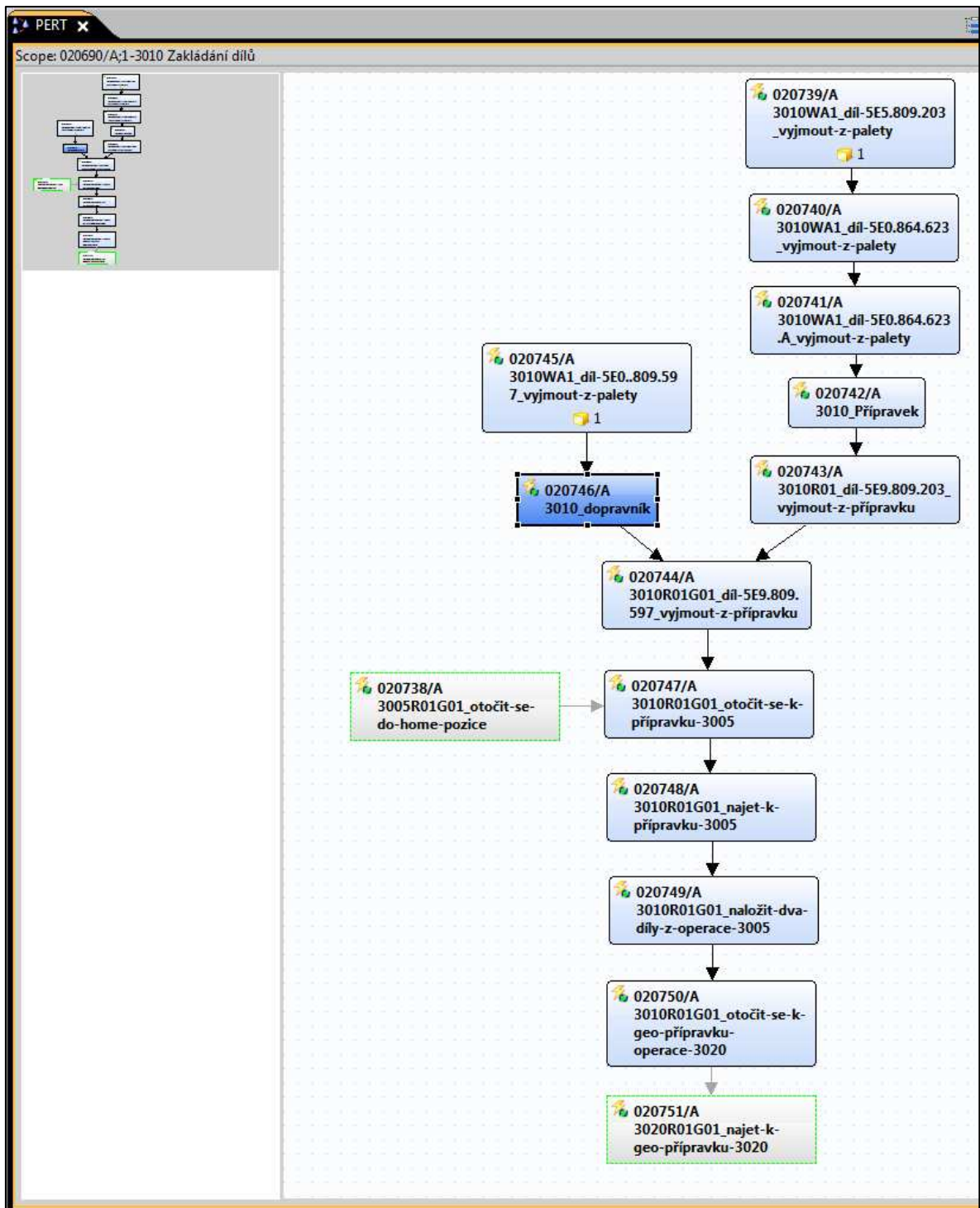
1. **STARK, John.**Product lifecycle management: Volume 1: 21st Century Paradigm for Product Realisation. Third Edition. New York : NY: Springer Berlin Heidelberg, 2015. ISBN 978-331-9174-396.
2. **MENŠÍK, Michal.***Digitální továrna.* Mladá Boleslav : ŠKODA AUTO a. s., 2016.
3. **HOFFMAN, Alexander a HERBST, Sven.**Product Lifecycle Management (PLM) mit Siemens Teamcenter. Mnichov : Hanser Fachbuchverlag, 2015. ISBN: 978-3-446-44519-2.
4. **Siemens Industry Software Inc.**Tecnomatix 10.1 administration guide. místo neznámé : Simens Industry Software Inc, Tecnomatix Technologies Ltd, 2012.
5. **BAUMRUK, Martin.**Process Designer Basic. Mladá Boleslav : ŠKODA AUTO a. s., 2012.
6. **Siemens Industry Software Inc.**Process Simulate, Manufacturing process verification in powerful 3D environment. místo neznámé : Simens Industry Software Inc, 2016.
7. Siemens. Process simulate 10.1 reference manual. místo neznámé : Simens Industry Software Inc, 2012.
8. Siemens. Tecnomatix Plant Simulation.
https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml : Simens Industry Software Inc, Tecnomatix Technologies Ltd, 10. 05. 2016.
9. Siemens. Getting Started with Teamcenter: Siemens PLM Software.
<http://www.plm.automation.siemens.com/products/tecnomatix/> : Simens Industry Software Inc, 04. 05. 2016.
10. Siemens. A Big Data Solution for Production Quality. [Dokument] místo neznámé : Simens Industry Software Inc, 04. 05. 2016.
<http://www.plm.automation.siemens.com/products/tecnomatix/>.

Přílohy

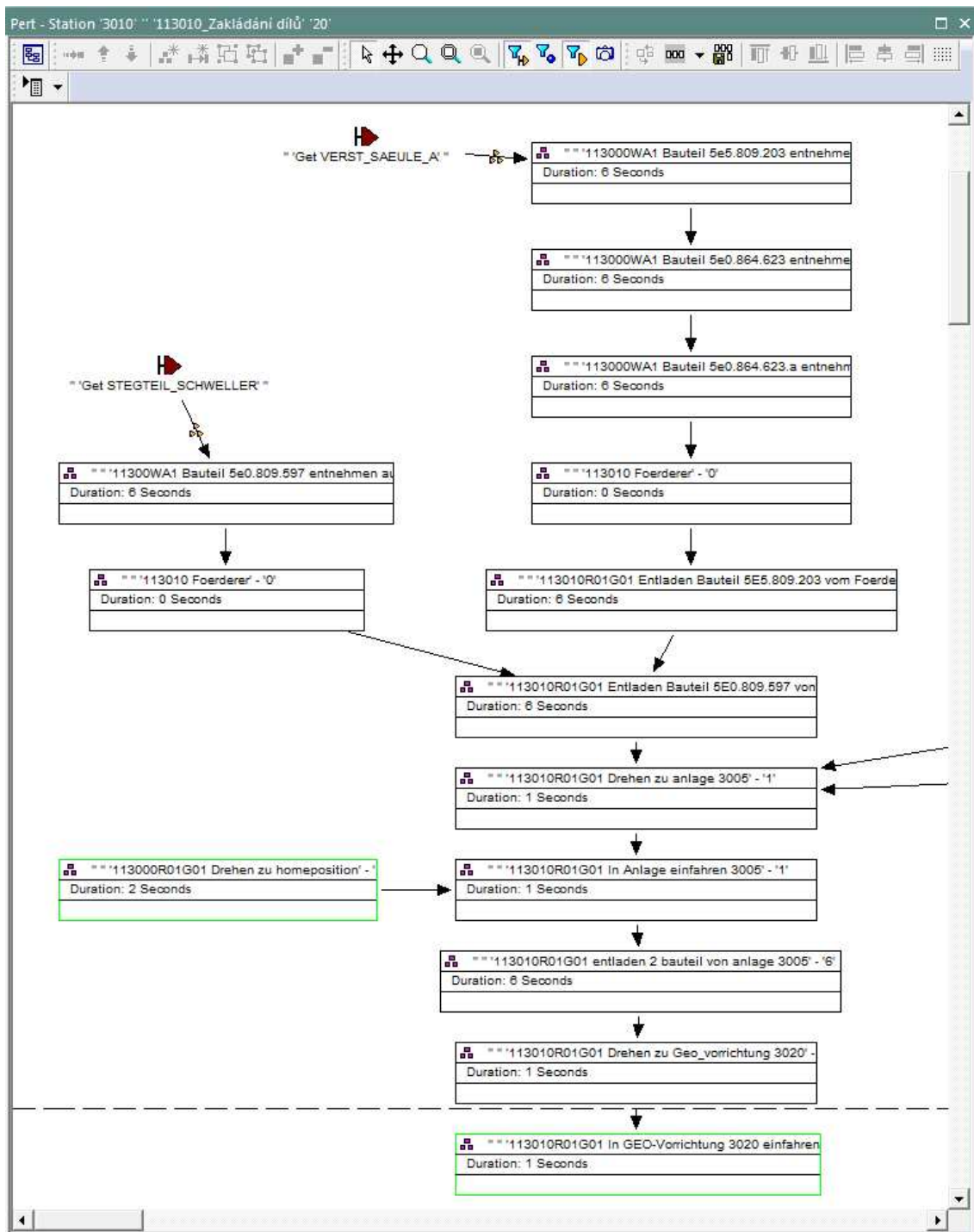
Příloha 1 – Fit-GAP analýza

Funkce globálně	Funkce detail	Teamcenter	
		Hodnocení	Hodnocení detail
Kusovníková struktura	Aktualizace změn v kusovníku	1,166666667	1
	Pozice dílů		2
	Reportování změn na dílech		1
	Vyhledávání v kusovníku		2
	Vyhledávání v kusovníku		1
	Mfg		0
Operační struktura	Vytváření operací	2	2
	VARIANTOVÁNÍ operací		2
	Úpravy atributů operace		2
Zdrojová struktura	Vytváření zdrojů pomocí objektů v knihovně	2	2
	Pozicování zdrojů		2
	Export 2D layoutu		2
Pert	Vytváření vazeb mezi operacemi	2	2
	Navazování dílů		2
	Navazování zdrojů		2
	Možnost úpravy zobrazovaných informací		2
Gantt	Zadávaní časových údajů	2	2
	Úpravy vazeb mezi operacemi		2
	Možnost úpravy zobrazovaných informací		2
Knihovny	Projektové knihovny	2	2
	Specifické knihovny		2
	Údržba dat knihoven		2
Rozdělení dat do projektů	Rozdělení dat do projektů	2	2
	Znovuvyužití dat		2
Napojení na simulace	Napojení na Process Simulate	1	2
	Využití dat z Process Designeru		0
Schvalování změn	Schvalování změn	2	2
Revize objektů	Vytváření více stavů objektů	2	2
Výměna dat s dodavatelem	Export / Import dat	2	2
	Přehled o stavu dat v systému		2

Příloha 2 – Operační struktura v Teamcenter MPP



Příloha 3 – Operační struktura v Process Designeru



Příloha 4 – Teamcenter Klasifikace

The screenshot displays the Teamcenter Classification application interface. At the top, a 3D model of a blue container is shown. Below the model, the 'Active unit' is set to 'Standardbehälter'. The main area is divided into several sections:

- Properties:** Includes fields for 'Object ID', 'Search criteria', and 'Revision rule'.
- Classification Hierarchy:** A tree view on the left shows the classification path: Classification Root > Konzern > Ressourcen > Funktional [0] > Gewerkespezifisch [87] > Karosseriebau [67] > Lackiererei [0] > Montage [0] > Aggregate [0] > Logistik [30] > Behälter [25] > Standardbehälter [14].
- Revision rule:** A link to 'Click to add a revision rule'.
- Properties List:** A list of properties with input fields, including:
 - BEMF-Typ
 - Standard Betriebsmittel
 - Behältergruppe
 - Zeichnungsnummer
 - Buchungsbezeichnung
 - Material
 - Universal-LT
 - Faltbar
 - Falthöhe (mm)
 - Stapelfaktor
 - Mehrwegbehälter
 - kontrollrelevant
 - mietrelevant
 - mech. Entnahme
 - Gefährgut
 - Transponder
 - Brandklasse
 - Abmaße Behälter
 - Abmaße Aussen
 - Aussenlänge (mm)
 - Aussenbreite (mm)
 - Aussenhoehe (mm)
 - Abmaße Innen
 - Innenlänge (mm)
 - Innenbreite (mm)
 - Innenhoehe (mm)
 - max Füllgewicht-Zuladung (kg)
 - max Auflastung (kg)
 - Taragewicht (kg)
 - Anzahl Materialbegleithalter
 - Unterfahrbarkeiten von n-Seiten
- Language:** The interface is set to 'Czech'.

Příloha 5 – Teamcenter Lifecycle Viewer

The screenshot displays the Siemens Teamcenter Lifecycle Viewer interface. At the top, the software title bar reads 'TEAMCENTER SIEMENS'. The main window shows a 3D perspective view of a white, curved, L-shaped component with several mounting points and slots. Below the 3D view is a BOM (Bill of Materials) table with columns for 'Quantity' and 'Item Description'. The BOM table lists various parts, including side frames, brackets, and fasteners, with their respective part numbers and descriptions.

Quantity	Item Description
	BOM Line
020640/A1-810075	SEITENWANDRAHMEN
020642/A1-5E5.810.075	SEITENWANDRAHMEN
020643/A1-5E9.810.075	SEITENWANDRAHMEN
020644/A1-81L0099	SEITENWANDRAHMEN
020647/A1-5E5.810.099	SEITENWANDRAHMEN
020648/A1-5E9.810.099	SEITENWANDRAHMEN
020649/A1-809205	SAEULE A UNTEN
020655/A1-5E0.809.205	SAEULE A UNTEN
020656/A1-809623	SCHRANIERVERSTAERK
020663/A1-5E0.809.623	SCHRANIERVERSTAERK
020664/A1-5E0.809.627	SCHRANIERVERSTAERK
020665/A1-N.905.076.04	AKT SCHWEISSMUTTER M8
020657/A1-809621	SCHRANIERVERSTAERK
020667/A1-5E0.809.621	SCHRANIERVERSTAERK
020668/A1-5E0.809.625	SCHRANIERVERSTAERK
020669/A1-N.905.076.04	AKT SCHWEISSMUTTER M8
020659/A1-5E0.809.203	SAEULE A UNTEN AUSS
020660/A1-6V0.831.342.A	GEWINDEPLATTE
020661/A1-5E0.864.627.B	ABSCHOTTUNG
020662/A1-5E0.864.627.A	ABSCHOTTUNG
020650/A1-809443	SAEULE B INNEN
020670/A1-5E0.809.443	SAEULE B INNEN
020671/A1-5E0.810.747	VERST SAEULE B INNEN
020672/A1-5E0.810.747.A	VERST SAEULE B INNEN
020673/A1-6V0.831.342.A	GEWINDEPLATTE
020674/A1-6R0.810.681	GEWINDEPLATTESCHLIESSBUEGEL
020675/A1-5E0.810.279	SCHRANIERVERSTAERK
020676/A1-5E0.809.657	GEWINDEPLATTE
020677/A1-810.209	SCHRANIERVERSTAERK
020651/A1-809203	VERST SAEULE A
020718/A1-5E5.809.203.A	VERST SAEULE A
020719/A1-5E9.809.203.B	VERST SAEULE A
020720/A1-5E0.809.209	VERST SAEULE A
020721/A1-5E0.809.209.A	VERST SAEULE A
020722/A1-5E5.810.355	VERST SAEULE A
020723/A1-5E9.810.355.A	VERST SAEULE A
020724/A1-6V0.864.623.B	ABSCHOTTUNG
020725/A1-6V0.864.623.C	ABSCHOTTUNG
020652/A1-809597	STEGTEIL SCHWELLER
020709/A1-5E0.809.597	STEGTEIL SCHWELLER
020710/A1-5E0.810.609	VERST STEGBLECH
020711/A1-5E0.810.439	HALTER
020712/A1-5E0.809.519	VERANKERUNGSPLATTE
020713/A1-AMV.153.W24	METALLVERBUNDKLEBS
020714/A1-5E0.810.847	SCHOTTEIL
020715/A1-5E0.810.331	SCHOTTEIL
020716/A1-5E0.810.619	SCHOTTEIL
020653/A1-AMV.153.W24	METALLVERBUNDKLEBS
020654/A1-AMV.153.W28	UNTERRUEFTTERUNGSKL
020645/A1-809427	SEITENTEIL INNEN VO.