



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

STUDIE SERVISNÍCH ČINNOSTI VYBRANÉHO PRODUKTU V RÁMCI MODULU PLM

STUDY OF SERVICE ACTIVITIES OF THE SELECTED PRODUCT WITHIN THE PLM MODULE.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Radomír Gálíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav managementu
Student:	Ing. Radomír Gálíček
Vedoucí práce:	prof. Ing. Marie Jurová, CSc.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	Strategický rozvoj podniku

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Studie servisních činností vybraného produktu v rámci modulu PLM

Charakteristika problematiky úkolu:

Vyhodnocení teoretických přístupů k dosažení cíle řešení
Popis současného stavu podnikatelskéhoho subjektu a jeho portfolia
Analýza současného stavu dle funkcionalit PLM
Návrh produktu výrobního portfolia dle životního cyklu pro servisní činnosti
Podmínky realizace a přínosy
Použitá literatura
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Zhodnocení průběhu servisních činností jako součást životního cyklu produktu v provozních podmínkách u uživatelů pro zajištění služeb z pohledu času a kvality služeb. Data by byla součástí modulu PLM.

Základní literární prameny:

JUROVÁ, M. a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: GRADA Publishing, 2016, 256 s. ISBN 978-80-271-9330-1.

MAŘÍK, V. Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.

MISIUREK, B. Standardized work with TWI: eliminating human errors in production and service processes. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016. ISBN 978-1-4987-3754-8.

SCHULTE, P. 2019. Complex IT project management. New York: CRC Press, 336 p. ISBN 978-0367395001.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně dne 5.2.2023

L. S.

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.
garant

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Servisní část životního cyklu výrobku hraje klíčovou roli pro zajištění spokojenosti zákazníků a generování dodatečných výnosů. Cílem této práce bylo shrnout existující poznatky týkající se životního cyklu produktů, poznatky vyplývající z úspěšných implementací v průmyslu a zhodnotit servisní podporu konkrétních produktových řad. Předmětem rozboru současné situace bylo, na základě datové analýzy, formulovat doporučení o prodloužení servisních kontraktů za účelem zajištění dodatečných výnosů společnosti.

Klíčová slova

Product lifecycle management, PLM, Servis, Datová analýza, produkt, elektronová mikroskopie

ABSTRACT

The service part of the product lifecycle plays a crucial role in ensuring customer satisfaction and generating additional revenue for a company. The aim of this work was to summarize the existing knowledge related to product lifecycles, the knowledge arising from successful implementations in the industry, and to evaluate the service support of specific product lines. The subject of the current situation analysis was to formulate recommendations for extending service contracts based on data analysis to ensure additional revenue for the company.

Key words

Product lifecycle management, PLM, Service, Data analysis, product, electron microscopy

Bibliografická citace

GÁLÍČEK, Radomír. Studie servisních činností vybraného produktu v rámci modulu PLM [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/148249>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Marie Jurová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 2. 5. 2023

Ing. Radomír Gálíček

autor

Poděkování

Děkuji tímto prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za cenné připomínky a rady, které mi poskytla v rámci konzultací při vypracování závěrečné práce. Zároveň děkuji Mgr. Petru Virostkovi, Ph.D. a celému PLM týmu za podporu a čas, který mi při zpracovávání práce poskytli.

OBSAH

ÚVOD	11
1 Literární rešerše	13
1.1 Produkt	13
1.1.1 Verze, statusy a struktura	14
1.2 Životní cyklus produktu	16
1.3 Produktové portfolio a architektura	17
1.4 Produktová data.....	18
1.5 Historická koncepce organizace dat a vývoj k PLM.....	19
1.6 PDM	21
1.6.1 Datový sklad	23
1.6.2 Manažer datového skladu	24
1.6.3 Infrastruktura	24
1.6.4 Modul pro administraci systému	25
1.6.5 Rozhraní	25
1.6.6 Modul struktury produktů.....	26
1.6.7 Ovládací modul pro pracovní proces.....	27
1.6.8 Modul pro informační management	28
1.7 Benefity a problémy PLM přístupu.....	28
2 Přístup k PLM problematice v leteckém a farmaceutickém průmyslu.....	31
2.1 Vývoj celostního pohledu na produkt v leteckém průmyslu.....	31
2.1.1 Dopad PLM na životní cyklus.....	31
2.1.2 Strategický přístup k produktovému vývoji	34
2.1.3 Současný stav	34
2.1.4 Výzvy v leteckém průmyslu.....	36
2.1.5 Přínosy rozvoje PLM v leteckém průmyslu	37
2.2 Přístup k PLM ve farmaceutickém průmyslu.....	39
2.2.1 Výzvy ve farmaceutickém průmyslu.....	40
2.2.2 Řešení výzev ve farmaceutickém průmyslu:	43

2.3	Shrnutí a srovnání využití a přístupu k PLM v leteckém a farmaceutickém průmyslu	45
3	Popis současného stavu	48
3.1	Představení společnosti.....	48
3.2	CSR.....	50
3.3	Používané informační systémy	52
3.3.1	QAD.....	52
3.3.2	Microsoft Dynamics 365.....	55
3.3.3	Siemens Teamcenter	56
3.4	Analýza současného stavu ukončování životního cyklu produktů	57
3.5	Organizační struktura výrobní organizace.....	59
4	Vlastní návrhy řešení.....	63
4.1	Metodologie.....	63
4.2	Popis tvorby analytické části	64
4.3	Vyhodnocení datové analýzy.....	73
	DISKUSE.....	75
	ZÁVĚR.....	78
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
	SEZNAM TABULEK.....	87
	SEZNAM PŘÍLOH	88

ÚVOD

V době globální konkurence, stále se zvyšujících požadavků zákazníků a zkracujícího se životního cyklu jednotlivých komponentů a produktů, se stávají PLM¹ systémy nezbytným nástrojem k udržení konkurenceschopnosti. Product lifecycle management je třeba chápat jako myšlenkový směr spíše než konkrétní cestu. Je to holistický pohled na zpracování všech produktových dat, konceptů, technologií a nástrojů, které mají za úkol sloužit k řízení životního cyklu produktových řad nebo samotných produktů. I když je tento přístup tradičně spojován s výrobními firmami, má význam i pro služby a software.

Se vzrůstající poptávkou po flexibilních řešeních, které si zákazník může přizpůsobit na míru, je správa dat nesmírně důležitá. Pouze rychlá, efektivní a bezchybná komunikace vně i uvnitř společnosti umožňuje udržet si pozici na mezinárodních trzích. Rychlost uvedení produktů na trh a případné stažení z něj je rozhodující pro finanční výsledky firmy. Proto musí firma mít co nejlepší povědomí o svých produktech a jejich životním cyklu (Stark 2020).

Toto povědomí se buduje pomocí dat a jejich systematického kontrolování a managementu tak, aby z nich byly získány jednoznačné informace o produktech. Tyto informace pak umožňují vytvořit systém kontroly produktů nezávislý na procesu (vývoj, výroba, marketing...) od návrhu až po ukončení životnosti produktu. To znamená, že zejména větší firmy s rozsáhlými produktovými portfolii musí uchovávat velké množství dat a efektivně je sdílet. Každá zúčastněná strana v řetězci vývoje, výroby, plánování a služeb pro zákazníka musí mít k dispozici aktuální technickou dokumentaci, přestože se často v různých fázích používají různé informační systémy. Implementace PLM řešení bývají dlouhé a náročné projekty, které zasahují do mnoha interních procesů. Ačkoliv jsou PLM systémy v současnosti nastaveným firemním standardem, tak jsou některé jejich aspekty velkou výzvou (Saaksvuori a Immonen 2008; Stark 2020).

Všechny současné technologie jsou spojeny s velkým množstvím dat. Tato data mohou být cenným zdrojem informací, avšak jejich velké množství může způsobovat přehlcení, pokud firmy neví, jak s nimi pracovat. Proto jsou pro správu těchto dat

¹ PLM – product lifecycle management (management životního cyklu produktu)

nabízeny informační systémy, ve kterých jsou udržována data o životním cyklu jednotlivých produktů a produktových řad (Barrios et al. 2022).

Cílem této práce je na základě filozofie PLM optimalizovat množství skladových zásob při zachování maximální životnosti produktu. Toho lze dosáhnout pomocí analýzy historických spotřeb skladových dílů, identifikace kritických součástí a jejich vztahů. V současné situaci jsou největší překážkou nejednoznačnost při určení kritických dílů, nekompletní reportování a nesourodé informace. Tyto faktory přispívají k tomu, že nelze optimalizovat skladové množství v rámci sestav.

1 Literární rešerše

Pod pojmem PLM si nelze představit konkrétní metodologii nebo software, je třeba ho chápat jako myšlenkový směr, jehož snahou je holisticky postihnout každou fázi životního cyklu. Je to koncept shrnující systematické metody pro kontrolu produktových informací. Jeho základem je kontrola procesů vytváření, distribuce, záznam a nakládání s daty. Všechny tyto úkony jsou v rámci PLM prováděny za účelem snížit náklady, zvýšit zisk, maximalizovat hodnotu produktového portfolia a maximalizovat hodnotu všech budoucích produktů jak pro zákazníky, tak pro akcionáře. Terzi (2010) definuje PLM jako: „obchodní strategii pro vytváření a udržování prostředí soustředěného na produkt. Je zakořeněná nejen ve vývojových nástrojích a systémech datových skladů, ale především na údržbě produktů, jejich opravě a systémech podpory při ukončení jejich života. Prostředí PLM umožňuje spolupráci mezi stakeholdery a možnost činit informovaná rozhodnutí po celou dobu životního cyklu produktu“. To znamená, že rámec PLM nekončí za hranicemi firmy, ale prochází napříč celým hodnotový řetězec jednotlivých stakeholderů (Barrios et al. 2022).

Následující podkapitoly definují, co to je produkt, produktová data a z jakých částí se skládají. Objasňují základy, proč je tato iniciativa důležitá, proč vznikla a výhody spolu s výzvami s ní spojené. V neposlední řadě popisují, jaký přístup se razil před vznikem PLM pro základní pochopení prostředí, ve kterém tento směr vznikl.

1.1 Produkt

Výroba a prodej produktů jsou neoddělitelné od hospodářského úspěchu společností. Tyto produkty a související služby jsou stále složitější a rozmanitější, a proto je důležité mít efektivní systém pro jejich správu. Produkt není jen samotný fyzický objekt, ale zahrnuje také jeho dokumentaci, návody, certifikáty atd. Kromě toho může být produkt doplněn o další služby, jako je například servis nebo doprava. V rámci PLM se všechny tyto prvky považují za součást produktu a je nutné je spravovat a koordinovat. Tabulka 1 ilustruje různé úrovně komplexity rozličných věcí, které můžeme nazývat produktem (Stark 2020).

Aby mohly být produkty rozlišovány, tak musí být v databázi systemizovány pomocí produktových kódů, ke kterým se lze vztahovat při sestavování, skladování, kontrole skladových zásob, objednávání, účtování a při veškeré komunikaci

s dodavatelem a se zákazníkem. Proto musí být označení jedinečné a jednoznačné. Kromě identifikátoru je důležitý i samotný popis zboží, jelikož číslo samotné může nebo nemusí dávat informaci o produktu v závislosti na zvolené koncepci. Popis zboží by měl být stručný a výstižný, a měl by obsahovat důležité informace o produktu, jako jsou jeho název, parametry, vlastnosti a další specifikace. Produktové kódy a popisy zboží jsou klíčové prvky pro správné řízení produktů, měly by být přizpůsobeny potřebám firmy a měly by být jednoduše dostupné v rámci informačního systému PLM. Přesné a úplné informace o produktech jsou nezbytné pro úspěšné řízení produktů a zajištění spokojenosti zákazníků (Stark 2020).

Tabulka 1: Přibližný počet dílů různých produktů (adaptováno z (Stark 2020))

Produkt	Přibližný počet dílů
Deodorant	20
Šampón	50
Hodinky	300
Obráběcí stroj	2000
Automobil	25 000
Letadlo	400 000
Software (řádků kódu)	20 000 000

1.1.1 Verze, statusy a struktura

Životní cyklus produktu je důležitým prvkem v oblasti produktového řízení. Každý produkt prochází různými statusy, které představují fáze vývoje produktu. Tyto statusy mohou být různé, jako například „Draft“, kdy se produkt teprve navrhuje, „Prototype“, kdy se testují první prototypy, „Production“, kdy produkt prochází výrobou a dostává se na trh, „Service-only“, kdy se produkt již nevyrábí, ale poskytuje se služba a „Obsolete“, kdy je produkt již zastaralý a nahrazuje ho novější verze. V rámci jednotlivých statusů může produkt procházet různými změnami, jako jsou změny designu, vlastností nebo funkcí. Tyto změny jsou zaváděny v rámci jednotlivých verzí produktu, které jsou často označovány jako verze 1.0, verze 2.0 atd. V případě, že jsou změny natolik významné, že mění funkci součástí, je běžné zavést nové produktové číslo. Tím je zajištěno jednoznačné rozlišení mezi staršími a novějšími verzemi produktu. Kromě toho je často požadováno, aby si zákazníci mohli produkt

přizpůsobit svým potřebám. Proto jsou součásti produktu často nabízeny jako varianty, které se liší různými přídávky. Tyto varianty umožňují zákazníkům získat produkt, který lépe odpovídá jejich požadavkům a potřebám. (Stark 2020).

Jednotliví uživatelé se liší také v tom, jaké informace o produktech potřebují a jakým způsobem je chtějí zobrazovat. Například zákazník může být spokojen s jednoduchým seznamem produktů s názvem a cenou, zatímco designér nebo inženýr potřebuje podrobné informace o každé komponentě a jejích vlastnostech. Prodejce může potřebovat zobrazit aktuální stav skladových zásob a informace o předpokládaných dodacích termínech. Vzhledem k tomu, že každý uživatel má odlišné potřeby, je důležité, aby produktová struktura byla přizpůsobena jejich požadavkům. Pro zákazníky by mohla být užitečná jednoduchá a intuitivní prezentace produktů, například pomocí obrázků a názvů. Designéři by zase mohli potřebovat detailnější strukturu s popisem každé komponenty a možností procházet různé verze a revize produktu. Prodejci by zase mohli potřebovat informace o cenách a dostupnosti produktů. Proto je důležité vytvořit takovou produktovou strukturu, která bude co nejvíce přizpůsobená potřebám všech uživatelů a zároveň bude snadno použitelná a srozumitelná. Je také důležité zajistit, aby všechny informace o produktech byly přesné a aktuální, a aby byly snadno dostupné pro všechny uživatele, kteří je potřebují (Stark 2020).

Stromovou neboli hierarchickou strukturou je i BOM², seznam, který specifikuje jednotlivé díly a komponenty potřebné pro výrobu produktu. Tento seznam se často zobrazuje ve formě hierarchické stromové struktury, která ukazuje, jak jsou jednotlivé díly propojeny a jak spolu souvisí. V takovéto struktuře je každý díl nebo komponenta, zařazena na určitou úroveň. Nejvyšší úrovně jsou tvořeny konečným produktem, zatímco nižší úrovně zahrnují jednotlivé komponenty a díly, které jsou potřebné pro výrobu produktu. Hierarchická struktura BOM také umožňuje výrobcům a inženýrům sledovat, jak se jednotlivé díly a komponenty mění v průběhu času a jak tyto změny ovlivňují konečný produkt. Vizualizace kusovníku je v tabulce 2:

² BOM – Bill of Materials (kusovník)

Tabulka 2 Příklad struktury kusovníku (adaptováno z (Stark 2020))

Úroveň	Název součásti	Počet
0	A	1
.1	B	1
..2	F	2
..2	G	4
.1	C	1
..2	H	1
..2	I	1
.1	D	2
.1	E	4

Kusovníky slouží nejen pro vývoj a určení, kolik součástí je potřeba pro nadsestavu, ale zároveň pro výrobu a nákup daných položek³.

1.2 Životní cyklus produktu

Ve standardním pojetí je životní cyklus definován pěti základními fázemi, které definují pozici produktu v jeho životním cyklu. První je ideace, v rámci ní jsou definovány požadavky a je navržena základní koncept produktu. V definiční fázi je koncept rozvíjen, je mu dán konkrétnější rámec a je detailně popsán. Na základě tohoto popisu dostává prototypováním a graduálním navyšováním kapacit produkt svou finální podobu a je připraven na to, aby mohl být využit zákazníkem. Ten produkt používá ve fázi využití a podpory, dokud nemusí dojít k likvidaci produktu, kterou zabezpečuje výrobce, zákazník nebo třetí strana. V závislosti na průmyslovém odvětví se mohou dílčí části daných fází lišit, avšak vždy, pokud se bavíme o produktech, mohou být jednotlivé kroky rozděleny na těchto pět fází. Takto jsou fáze životního cyklu popsány z pohledu výrobce/zákazníka, pokud bychom hovořili o marketingovém hledisku, tak můžeme mluvit o čtyřech⁴ nebo pěti⁵ fázích. Existuje i environmentální pohled, který se skládá z těžby nerostné suroviny, jejího zpracování, využití surového materiálu pro

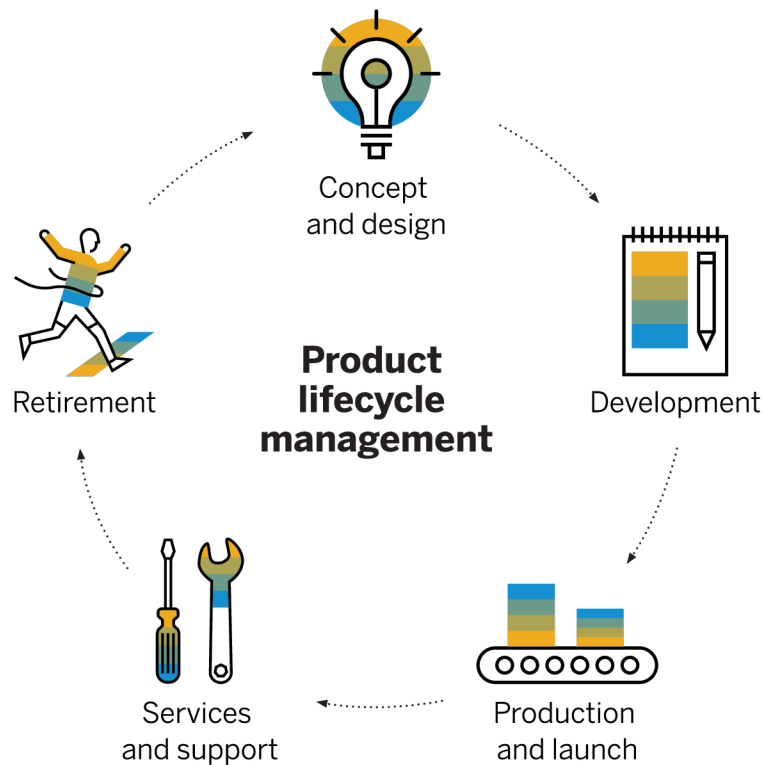
³ Kusovníky jsou často vnořené v sobě, takže součást je tvořena několika součástmi, kde každá má svůj kusovník

⁴ Čtyři fáze životního cyklu z pohledu trhu jsou: uvedení produktu na trh, růst, zralost a úpadek

⁵ Příklad pěti fází z pohledu trhu: vývoj produktu, uvedení na trh, růst, zralost a úpadek (pokles tržeb)

výrobu, využití výrobku a způsob jeho likvidace/recyklace. Nezávisle na pohledu je zřejmé, že všechny tyto přístupy v sobě nesou jistou analogii, a to spravování výrobku od „kolébky“ po „hrob“ (Stark 2020).

Na obrázku 1 Obrázek 1 je zobrazeno 5 fází životního cyklu produktu.



Obrázek 1: Pět fází životního cyklu produktu (SAP [b.r.])

1.3 Produktové portfolio a architektura

Architekturu lze vnímat jako rozšíření struktury objektů. Jestliže struktura vyjadřuje fyzické složení jednotlivých sestav, tak architektura ji propojuje s jednotlivými vzájemnými propojeními a charakteristikami zaručující klíčovou funkcionalitu. Je to jednotící prvek spojující výrobu (jak bude a v jakém pořadí sestava vyrobena) a servis (jak bude produkt rozebrán při servisních operacích) (Wiesner et al. 2015). Určuje také, zdali budou jednotlivé sestavy vnořené jedna do druhé nebo bude každá separátně, případně může jedna sestava být outsourcovaná a nakupovaná a další vyráběná. Variant je v tomto ohledu mnoho a v rámci architektury je třeba odpověď na otázky, co každá z nich přinese, jelikož preference jednotlivých oddělení bývají odlišné a často i protichůdné.

Mluvíme-li o produktu často nemyslíme jednotlivý produkt, ale jak bývá standardní ve většině výrobních firem, velmi dobře vydefinovanou skupinu produktů, které dohromady nazýváme produktovým portfoliem. Jednotlivé skupiny (můžou být nazývány jako řady nebo i rodiny) jsou seskupení sestav s podobnou funkcionalitou. Produkty mohou být rozdělovány na základě jejich vlastností, výrobní podobnosti, cenové kategorie nebo na základě toho, zda jsou prodávány specifickému odvětví. Jméno produktové řady může být používáno jako jednoznačný identifikátor, takže pro každou řadu může existovat samostatný katalog. I popis jednotlivých zařízení se mění v závislosti nejen na fázi životního cyklu, ve kterém se produkt nachází, ale i na typu zákazníka nebo uživatele. Někomu stačí vidět jen vizuální reprezentaci jako fotografii nebo výkres, někdo potřebuje konkrétní seznam specifikací. Stejná diferenciací platí v případě uživatelských manuálů, výrobních nebo servisních instrukcí. V některých případech stačí 2D reprezentace v podobě výkresové dokumentace, která však může být netechnicky vzdělanými osobami vnímána jako nedostatečná nebo nesrozumitelná, proto musí být pro plné pochopení doplněna 3D modelem, aby byla všem skupinám uživatelů přístupná a umožňovala jim pochopit veškeré aspekty produktu (Saaksvuori a Immonen 2008).

1.4 Produktová data

Termín „produktová data“ v sobě zahrnuje všechna data nejen o produktu, ale i procesech, které jsou využívány pro jejich ideaci, vývoj, produkci, podporu a likvidaci. Různé druhy dat mají různé účely, popisují základní charakteristiky, ať už celého produktu nebo jeho části, obalové materiály nebo etiketu. Dále mohou popisovat BOM nebo seznam dílů, výrobní nebo procesní dokumentaci nebo standardy a regulace, které musí produkt splňovat. Produktová data jsou tvořena a používána během celého životního cyklu, některé (jako například geometrie výrobku) je vytvářena inženýrským oddělením, jiná mohou být vytvářena servisní organizací, marketingem nebo dalšími odděleními. Data jsou pak využívána v rámci designování (analýza prototypu), výroby (pracovní instrukce), u zákazníka (instrukce pro instalaci) a na konci života produktu (instrukce pro demontáž) (Stark 2020).

Produktová data jsou kritická pro definování produktu a jeho úspěšného fungování na trhu. Tyto data obsahují mnohem víc informací než jen základní popis produktu, jako jsou jeho funkce, design a formát. Místo toho zahrnují know-how

o celém procesu od jeho nápadu, vývoje, výroby, distribuce, až po jeho odstranění z trhu. Kvalita těchto dat je zásadní pro úspěšnou konkurenceschopnost produktu, protože představují jeho duševní vlastnictví. Pokud jsou tato data ohrožena a zkompromitována, může to vést k vážným dopadům pro produkt, jeho výrobu a tržní úspěšnost. Z tohoto důvodu je důležité chránit tato data a zajistit jejich bezpečnost (Stark 2020).

Firma musí mít nad svými daty absolutní kontrolu, aby mohla efektivně podporovat a prodávat své produkty. Změny produktů z důvodů ať již designových nebo z důvodu měnících se zákonů a regulací je překotná a téměř nemožná bez důsledné datové kontroly. V případech, kdy firma nekontroluje svá data se často stává, že snazší je vyrobit novou produktovou technickou dokumentaci, nežli hledat a upravovat starou dokumentaci. I v případě, že je datová databáze plně pod kontrolou, je řízení produktu během jeho životního cyklu složité. Společnost musí produkt kontrolovat od kolébky, kdy produkt ještě ani fyzicky neexistuje i během výroby a jeho používání zákazníkem a během všech těchto fází jej podporovat, vyvíjet na jeho základě následníky atp. Veškeré hledání a reportování se odvíjí od kvality datového managementu, velkou část pracovní náplně inženýrů pak zabírá hledání informací namísto jejich skutečné inženýrské činnosti. Z nedostatečné efektivity ve zpracování dat vyplývá ztracený čas, náklady na přepracování dílů a pozdní uvedení na trh. Chaos v databázi je nežádoucí a jakékoliv odchylky od nastavených standardů mohou mít katastrofální účinky na celou firmu. Organizace dat je jedním ze základních pilířů PLM (Saaksvuori a Immonen 2008; Stark 2020).

Množství dat využívaných ve firmě, kde je produkt vyvíjen, vyráběn, servisován a odstraňován je enormní vzhledem k tomu, že se produktové portfolio skládá z velkého množství produktů v různých fázích svého cyklu. Správa takového objemu dat je nesmírně náročná a často představuje výzvu pro firmy všech velikostí. Zvláště v dnešní době, kdy se objem dat rychle zvyšuje díky digitalizaci výroby, internetu věcí a dalším technologiím, se datový management stává stále důležitějším pro úspěšné podnikání.

1.5 Historická koncepce organizace dat a vývoj k PLM

Během 20. století byly firmy organizovány na jednotlivá oddělení jako Marketing, Engineering, Výroba nebo Nákup a prodej. Jednotliví zaměstnanci byli přiděleni k jednotlivým oddělením a každé oddělení mělo nastavená interní pravidla a způsob

práce. Všechna vytvářela dokumenty tak, aby vyhovovaly jejich vlastní specifické potřebě, používali vlastní interní žargon a akronymy a ukládala data ve vlastní databázi nezávisle na ostatních odděleních. Aby oddělení odlišila jednotlivé produkty začaly používat tzv. inteligentní nebo smysluplné číslování, kde samotné číslo vypovídalo něco o produktu (jeho vlastnosti, pro jaký trh je zboží určeno atd.). Zároveň se většina dat ukládala na papír, kde nebyla žádným způsobem napříč odvětvími standardizována, procesy a názvy pro jednotlivé dokumenty se lišily. Papírová dokumentace má však spoustu nevýhod jako například: pomalé vyhledávání informací, pomalá distribuce, pomalý přístup k informacím, papírové dokumenty je snadné založit nebo ztratit, vysoké náklady na skladování a nebezpečí poškození nebo zničení (Stark 2020).

Až do vzniku EDM⁶ systémů se o veškeré informace uložené ve složkách ve firmě starala dokumentační skupina. Často se jednalo o zaměstnance s velkou znalostí firmy a veškerých dokumentů v ní. Tato skupina měla k dispozici seznam všech položek ve formě tzv. pink-booku, ve které se nacházel seznam všech položek, jejich kódového označení a umístění. Obzvláště ve velkých korporátech se však tato situace stávala neúnosnou vzhledem k rostoucímu množství dat, sdílení dat bylo takřka nemožné a kopie se velice těžko kontrolovaly. Nastalou situaci neusnadnil ani přechod od papírové formy dat k elektronickým médiím jako diskety.

Zvrat přinesly až elektronické databáze, které umožnily uchovávat multimediální dokumenty a snadno je i sdílet a hledat. Systémy umožňující uchovávat elektronická data vznikly v 60. letech a šli tak ruku v ruce s rozvojem CAD⁷ systémů, které se vyvíjely především pro letecký a automobilový průmysl. Z počátku šlo o poměrně prosté 2D modelování pomocí křivek podobné tvorbě papírové výkresové dokumentace. Tyto metody se postupně vyvinuly v modelování ploch, jelikož manuální návrh pro výrobu plechových dílů byl velmi časově a finančně náročný. První generace těchto systémů se nazývaly EDM a ve své základní funkcionalitě poskytovaly možnost sledování, provádění změn a kontroly odlišných souborů, které obsahují produktové

⁶ EDM – engineering data management nebo engineering drawing management je softwarový nástroj používaný pro ukládání a spravování veškerých elektronických dat spojenými s jednotlivými součástmi výrobku

⁷ CAD – computer aided design – jedná se o inženýrské nástroje pro tvorbu modelů součástí, sestav a výkresové dokumentace

informace. Do dnešní doby existují tyto systémy v rámci „low-end“ nabízených softwarových řešení, kde existují pouze jako datový sklad, kde se soustředí dokumentace, návody, instrukce, základní přehled jednotlivých procesů a jednoduchá rozhraní s ostatními systémy. Neexistuje u nich však propojení s ERP⁸ a CRM⁹ systémy nebo s výrobním plánováním a samotné databáze bývají méně komplikované a neumožňují pokročilé funkcionality jako současnou úpravu/prohlížení dokumentů více uživateli, kopírování dat a škálovatelnost. Často v nich není ani integrované přímé rozhraní s CAD programy nebo ho nabízejí pouze v limitované podobě pomocí funkcionality „check-in“ a „check-out“¹⁰. V současnosti jsou tato odlehčená řešení využívána především v rámci malých a středních podniků, kterým stačí jen jeden server anebo mají méně komplikovaný výrobní a dodavatelský řetězec (Gao et al. 2010; Mas et al. 2015).

1.6 PDM

Product data management jako činnost je organizace produktových dat, PDM jako systém je počítačový program nebo aplikace používaná pro organizaci produktových dat a jedná se o rozšíření paradigmatu EDM. Nabízená řešení jsou sofistikovanější, uživateli přizpůsobitelnější a dá se snadno měnit jejich rozsah. Podniky tak mají možnost propojit vývojová a výrobní střediska, která mohou být geograficky velmi vzdálena a spolupracovat na vývoji nových produktů. Dále pak mají uživatelé (mohou zahrnovat i dodavatelský řetězec a zákazníky) přístup k datům po celý životní cyklus produktu a mohou do nich nejen nahlížet, ale případně je i upravovat. Většina „high-end“ řešení podporuje propojení s nebo přímo integruje ERP řešení. Některé PDM systémy mají integrovanou bránu, která propojuje oba podnikové informační systémy. Jiným řešením jsou moduly do existujících ERP systémů, to umožňuje sice určitou úroveň propojení, ale z hlediska databáze se jedná o dva oddělené systémy s odlišnou logikou a daty. Náklady na plnou integraci jsou často enormní a nejedná se o standardní řešení. Často je totiž problém definovat, která data se mají mezi systémy

⁸ ERP – enterprise resource planning – podnikový informační systém

⁹ CRM – customer relationship management – systém pro řízení vztahů se zákazníky

¹⁰ Binární funkcionality, kdy uživatel může provádět na dílu změny pouze v režimu „check-out“, je tak znemožněná jakákoliv úprava jiným uživatelem, dokud není objekt opět uveden do režimu „check-in“.

sdílet a jak je standardizovat. Potenciální výhody by byly však nesporné, jelikož i během inženýrské práce, tj. vývoje by bylo možné plánovat nezbytné dodávky materiálu pro naplnění projektu. V současné době jsou veškeré tyto operace postaveny na kooperaci mezi inženýrskou, a ne inženýrskou divizí společnosti a komunikační šum může způsobovat a často způsobuje problémy s plánováním (Zantout a Marir 1999). Důvody pro implementaci mohou být dle Starka (2020) následující:

- Snížení nákladů
- Centralizace dat
- Zvýšení kvality dat
- Zlepšení přístupu k datům
- Snížení doby uvedení na trh
- Odstranění přebytečných dat
- Zlepšení data managementu
- Zlepšení vývoje nových produktů
- Snížení počtu informačních systémů ve firmě

PDM systémy poskytují přirozenou podporu v komplexním prostředí produktového managementu, jde o aktivity zahrnující design, potvrzování verzí uživatelských dat klíčovými stakeholdery, sdílení dat mezi uživateli, management alternativ jednotlivých produktů a jejich konfigurací a v neposlední řadě sledování ECO. Každý systém, který má plnit dané funkce musí mít zároveň jasně nastavená pravidla, aby bylo možné limitovat, která data je povolené do systému nahrát a byl dostatečně výkonný pro umožnění této kontroly napříč celým produktovým životním cyklem. Zároveň si však musí udržet jistou úroveň flexibility a podporovat tak změny, které nutně probíhají v rámci vývoje a následné podpory (např. uvolňování dat, která nejsou v produkčním stavu). Musí pracovat s daty, které mají různé formáty a jsou reprezentovány různě (např. práce s daty v různých formátech vytvořené jinými aplikacemi) (Kropsu-Vehkpera et al. 2009; Morshedzadeh et al. 2018).

Na první pohled se může zdát, že PDM je používáno především ke správě velkých objemů především strojových dat a že právě tento objem je důvodem jejich vzniku. Není tomu ale tak. Hnací silou, která stála za vznikem PDM je potřeba zlepšit produktivitu a lépe komunikovat se zákazníky. Toho lze docílit pouze zlepšením

způsobů používání a kvality toků dat. Výsledným cílem je pak zkrácení dodacích lhůt a snížení výrobních nákladů za současného zvýšení tržního podílu, obratu a konkurenceschopnosti. Potenciál pro zlepšení skrytý v PDM je především ve schopnosti dodat ty správné informace ve správný čas a jsou to data, která jsou strategickou komoditou a jejich správná správa přináší mnoho benefitů (Terzi et al. 2010).

Základní komponenty současných PDM systémů jsou: datový sklad, manažer datového skladu, infrastruktura PDM systému, systémový administrátor, rozhraní, modul struktury produktu a pracovních procesů, ovládací modul pro pracovní proces, informační management (Stark 2020).

1.6.1 Datový sklad

Datový sklad umožňuje efektivní sdílení a využití dat v rámci celé firmy. Díky centralizovanému uložení je zajištěno, že všichni zaměstnanci pracují s aktuálními daty a informace jsou přesně indexované a snadno dohledatelné. Datový sklad také umožňuje správu a kontrolu přístupu k datům, což je důležité pro zajištění bezpečnosti a ochrany citlivých informací. V rámci datového skladu jsou kromě samotných dat uloženy také pracovní procesy, což umožňuje snadnou správu a optimalizaci výrobních procesů. Díky tomu jsou firmy schopny snižovat náklady na výrobu a zlepšovat kvalitu výrobků. Vztahy mezi díly jsou také uloženy v datovém skladu, což umožňuje snadné sledování historie jednotlivých komponent a zlepšení vývoje produktů. Datový sklad je také významným zdrojem firemních standardů a konfigurací. Tyto informace jsou uloženy na centrálním místě a jsou snadno dostupné pro všechny zaměstnance. To zajišťuje jednotnost v přístupu k informacím a minimalizuje riziko chyb a nekonzistence. V neposlední řadě datový sklad obsahuje také manuály a dokumentaci k výrobkům, což je důležité pro správnou údržbu a servis. Tento faktor přispívá k větší spokojenosti zákazníků a zvyšuje konkurenceschopnost firmy na trhu (Stark 2020; Zantout a Marir 1999).

Základní schéma struktury datového skladu je uvedeno na obrázku 2. První položkou jsou zdroje dat, na které navazuje tvorba datového skladu, který obsahuje již zformátovaná a zprocesovaná data a jejich využití uživateli.



Obrázek 2: Struktura datového skladu (SAP [b.r.])

1.6.2 Manažer datového skladu

Manažer datového skladu má důležitou roli v rámci udržení integrity a bezpečnosti informací, které mají být v datovém skladu ukládány. Jeho hlavní činností je správa datového skladu a určování, která data mohou být uložena a která získána (zobrazování, modifikace, kopie). Data samotná mohou být klasifikována různě od veřejných až po utajené a manažerský modul má proto funkci omezování přístupu a udělování uživatelských práv. Někteří uživatelé mohou informace pouze zobrazovat, jiní je budou moci i kopírovat a jiní je mohou i upravovat a přepisovat. Podmínky úpravy dat se mohou měnit i v rámci životního cyklu, např. jakmile se produkt dostane do výrobní fáze, vývojáři již nebudou mít možnost jej upravovat a toto právo přejde na skupinu výrobních inženýrů (Stark 2020).

1.6.3 Infrastruktura

Základní infrastruktura zahrnuje počítače spolu s jejich komunikační sítí. Ty spolu mohou nacházet jak ve firmě samotné, tak mimo ni, některé mohou být v cloudové podobě. K tomu se využívají hardwarové komponenty jako jsou diskové pole, přepínače sítě a routery. Tyto komponenty musí být dostatečně výkonné, aby byly schopny zpracovávat velké objemy dat, a zároveň spolehlivé, aby nedocházelo k nechtěným výpadkům. Dále je nutné zajistit zálohování a obnovu dat v případě havárie. Zálohování by mělo být prováděno pravidelně a uloženo na různých médiích a lokacích, aby se minimalizovala ztráta dat v případě nečekané události.

Další součástí infrastruktury jsou také bezpečnostní opatření. Datový sklad musí být chráněn před neoprávněným přístupem, krádeží dat, viry a jinými útoky. K tomu se využívají různé technologie jako jsou firewally, antiviry, šifrování dat a autentizace uživatelů. Je důležité, aby byla nastavena správná úroveň ochrany pro různé kategorie dat a aby bylo pravidelně testováno a aktualizováno bezpečnostní opatření. Aplikace používané na těchto počítačích zahrnují CAD/CAM/CAE, pro skenování dokumentů, strukturální analýzu, plánování procesů atd. Počítače samotné se mohou dělit na pracovní stanice, osobní počítače, tablety, smartphony a další. Dalšími součástmi infrastruktury jsou přístroje pro vstup a výstup informací (skenery, tiskárny a plottery). Všechna tato zařízení mezi sebou pak komunikují po síti (LAN, WAN). Infrastruktura samotná pak musí být schopna zvládat všechny elektronické zprávy a distribuovat je mezi uživateli nezávisle na jejich lokaci (Stark 2020).

1.6.4 Modul pro administraci systému

Modul pro administraci systému je komponentou umožňující základní konfiguraci systémového prostředí. Používá se pro spravování změn, které v systému probíhají. Základní specifikace zahrnují všechny počítače, zařízení pro uchovávání dat, sítě, aplikace, pracovní stanice, plottery, tiskárny a ostatní terminály v rámci prostředí, za které je modul zodpovědný. Taktéž definuje uživatele a jednotlivé aplikace a zároveň je využíván pro přidělování a modifikaci práv pro příslušné uživatele (Stark 2020).

1.6.5 Rozhraní

Rozhraní je velmi důležitou součástí softwarového systému. Jeho funkce se neomezují jen na komunikaci mezi uživatelem a aplikací, ale může sloužit i jako rozhraní mezi různými aplikacemi a systémy. Kvalitní rozhraní by mělo být intuitivní a snadno ovladatelné, aby uživatelé nemuseli trávit zbytečně čas hledáním funkcí a možností. Také by mělo být přizpůsobeno různým typům uživatelů a jejich potřebám. Někteří uživatelé preferují přímý přístup do aplikace bez nutnosti přihlašování do terminálu, který by jim data zprostředkoval. Tito uživatelé obvykle chtějí pouze zobrazit stávající součásti nebo výsledky svých testů. Někdy uživatelé potřebují různě upravovat databázová data, kopírovat je, vytvářet zcela nové součásti nebo jinak využívat PDM systém pro svou práci. Proto je důležité mít efektivní a bezpečné rozhraní pro sdílení dat mezi PDM a CAD/CAE nebo jinými druhy aplikací (vývoj

softwaru, skenery a další technické nebo obchodní nástroje). Rozhraní by mělo být graficky přehledné a jednoduché na pochopení, zejména pro běžné uživatele, ať už slouží pro výměnu malých nebo velkých objemů dat (Stark 2020).

1.6.6 Modul struktury produktů

Modul struktury produktů a pracovních procesů je klíčovým prvkem pro definici základní struktury produktu a pracovních procesů. Jeho funkce umožňuje přesné a detailní specifikace požadavků na informace napříč celý životní cyklus produktu. Tyto informace se vyskytují v různých formách, jako jsou produktové listy, výkresy sestav nebo dílů, softwarové moduly, manuály a další. Každá z nich má specifické atributy a podléhá jiným pravidlům, a proto je důležité mít přesně definovanou strukturu produktu a pracovních procesů. Pracovní procesy jsou definovány úkoly, událostmi, zodpovědnostmi a rozhodovacími kritérii a jsou úzce propojené s produktovou strukturou. Tyto procesy slouží k zajištění optimálního a efektivního průběhu výroby a dalších aktivit, které jsou s produktem spojené. Zajištění správného průběhu pracovních procesů je nezbytné pro úspěšnou realizaci projektu a dosažení stanovených cílů (Stark 2020).

Informace o produktové struktuře jsou klíčové pro vytvoření každého produktu a jsou vytvářeny v každém kroku pracovního procesu. Tyto informace jsou zpravidla založeny na již existujících součástech a slouží k definování struktury produktu a jeho jednotlivých částí. Pracovní proces může být dopředný, kdy postupně definuje jednotlivé části a z nich skládá vyšší struktury, nebo zpětný, kdy se začíná od konce a specifikují se jednotlivé části a jejich vztahy. Zpětný proces se obvykle používá tehdy, když na začátku vývoje není dostatek informací o jednotlivých komponentách. Flexibilita je klíčová pro produktovou strukturu i pracovní procesy, protože oba se mohou v budoucnu změnit. Struktura produktu musí být dostatečně flexibilní, aby umožnila budoucí úpravy a změny, jako je například přidání nových součástí nebo úprava stávajících. Pracovní procesy musí být navrženy tak, aby umožnily snadné a efektivní úpravy v průběhu vývoje produktu. Všechny informace musí být pečlivě dokumentovány, aby bylo možné sledovat vývoj produktu a v případě potřeby provádět změny (Stark 2020; Saaksvuori a Immonen 2008).

Během celého pracovního procesu je důležité sledovat jednotlivé události, které definují jeho průběh. Tyto události zahrnují například konec jedné aktivity a začátek

další, jako například ukončení vývoje a začátek produkce části. Pro posun mezi jednotlivými aktivitami jsou stanoveny jasně specifikované kroky, které musí být splněny, a komunikovány mezi všemi zúčastněnými uživateli. V rámci jednotlivých kroků pracovního procesu musí být navržen proces inženýrských změn, který určuje, kdo je zodpovědný za schvalování a recenzování, popřípadě za „sign-off“. Tento proces musí být dostatečně hierarchický, aby se zajistila plynulost celého pracovního procesu. Pokud například nedojde k realizaci jedné z aktivit, proces se automaticky posune k další nejvyšší aktivitě a zajistí se tak plynulý průběh celého procesu. Celý pracovní proces musí být formálně definován tak, aby byly zřejmé zbytečné procesy a aby se zajistilo, že některé procesy mohou probíhat zároveň. To znamená, že všechny kroky pracovního procesu musí být nadefinovány až do detailu, aby se minimalizovalo riziko chyb a vytvořila se efektivní pracovní strategie (Stark 2020).

1.6.7 Ovládací modul pro pracovní proces

Ovládací modul pro pracovní proces je klíčový pro správu a monitorování různých aktivit, které se odehrávají během vývoje produktu. Jeho hlavní funkcí je rozdávat úkolů jednotlivým uživatelům a poskytovat informace o dostupných zdrojích a navazujících úkonech. Dále poskytuje informace o stavu procesu, což umožňuje uživatelům sledovat průběh pracovního toku a včas reagovat na případné problémy. V případě potřeby může uživatele informovat o procesních standardech na základě distribuovaných dokumentů a dat. Spravuje systém potvrzování, komunikace a archivace informací a volí vhodné osoby za dané kroky zodpovědné. Jednou z jeho nejdůležitější funkcí je kontrola úplnosti informací při uvolnění produktu do výroby. Informace o ECR¹¹ a ECO¹² jsou distribuovány mezi jednotlivé zainteresované strany tak, aby o ní měli povědomí. Standardním procesem je, že na změnové oddělení přijde požadavek na změnu, která adresuje problém, který nevyžaduje kompletní redesign produktu. Pokud je změna vyhodnocena jako validní, přechází do ECO, což je formální dokument komplexně popisující změnu a její dopady. Ovládací modul pro pracovní proces má důležitou kontrolní roli ručící za konzistentnost a úplnost informací a zároveň automaticky organizuje činnosti pro minimalizaci dodacích lhůt (Stark 2020).

¹¹ ECR – engineering change request – požadavek na inženýrskou změnu

¹² ECO – engineering change order – změnový příkaz

1.6.8 Modul pro informační management

Všechna produktová data nutná pro specifikaci, konstrukci, testování, instalaci, provoz a údržbu jsou shrnuta v modulu pro informační management. Těmito informacemi se myslí výkresy, seznamy, výkazy a manuály, které jsou složeny tak, aby byla zřejmá komerční konfigurace produktu napříč celý jeho životní cyklus. Vytváří vztahy mezi pod- a nad- sestavami a podporuje je na všech úrovních. Je v něm uložena i kompletní historie produktu, ať jde již o vývoj, výrobu, dodání a použití v poli až po ukončení životnosti. Je jím uchovávan i status jednotlivých součástí a v jakém statutu byla jednotlivá konfigurace využita. Modul pro informační management poskytuje komplexní pohled na orientaci v produktové struktuře, umožňuje pohled na jednotlivé vazby a procesy a nabízí cesty k informacím na mnohem sofistikovanější úrovni nežli jen podle výrobního kódu (Stark 2020).

1.7 Benefity a problémy PLM přístupu

Důvody pro implementaci systémů pro správu produktových dat (PDM) bývají různé, ale jejich přínosy jsou vždy nezpochybnitelné. Většinou se k implementaci PDM systémů přikročí kvůli problémům při vývoji nebo podpoře produktu. Avšak PLM přístup může být zaveden i na základě proaktivního přístupu vedení, které chce vylepšit stávající procesy a zefektivnit výrobu produktů. Výsledkem je možnost komplexního sledování a zaznamenání produktových dat tak, aby mohla být později vyhodnocena a proces nebo produkt mohl být na základě zpětné vazby vylepšen (Palos et al. 2014; Mas et al. 2015).

Jmenovitě benefity zahrnují (Mas et al. 2015; Palos et al. 2014):

- Tvorbu jednotného kontrolovaného zdroje informací pro různé uživatele s různou úrovní přístupu k nim na základě jim definované role
- Rychlý přístup k datům a možnost zaznamenat jednotlivé zákaznické konfigurace
- Snížení množství duplicit a zároveň možnost použít již jednou vytvořený design v nových produktech
- Umožnění dodržování pracovních procesů a zlepšení distribuce pracovní náplně
- Zrychlení změnových procesů a zobrazení informací o jejich průběhu

- Zlepšení kvality produktu a snížení režijních nákladů
- Snížení množství součástí, které musí být přepracovány nebo sešrotovány
- Zvýšení produktivity, snížení množství naskladněného zboží a lepší odhady nákladů
- Lepší koordinace jednotlivých projektů a zlepšení jejich načasování
- Automatizace přesunu dat mezi aplikacemi a procesu „sign-offů“
- Odstranění nepotřebné informační infrastruktury a lepší propojení dat
- Elektronická distribuce informací a podpora produktového vývoje

Vzhledem k faktu, že se na trhu nachází několik dodavatelů různých PDM systémů a každá firma pojímá jejich implementaci jinak, tak nastalé problémy jsou často velmi specifické. Dají se však zobecnit na následující (Mas et al. 2015; Palos et al. 2014):

- Nejasné toky dat a nejasně definovaný přístup k těmto datům
- Nejasnosti ohledně účelu, pro které se informace uchovávají a co se s nimi děje v rámci jednotlivých procesů
- Podmínky pro změnu statusu produktu nejsou zřejmé
- Chyby v uživatelském rozhraní, chybějící funkcionality, nekonzistentnosti, systémové chyby
- Nedostatek spolupráce mezi jednotlivými odděleními
- Problémy se zákazníky, dodavateli
- Vysoká cena za licence, za podporu
- Dlouhá časová odezva
- Přílišné časové náklady na administraci dat a byrokratické procesy s nimi spojené
- Nevhodně nastavená implementace (duplicity, nedostatky)

Celkově má PDM potenciál výrazně zlepšit procesy vývoje a řízení dokumentace, ale zároveň může být náročný na implementaci a adaptaci. Kladnými implementačními projevy zpravidla bývá zlepšení efektivity a kvality vývojového procesu, zkrácení doby vývoje, zvyšování přesnosti a konzistence dat, snadné vyhledávání a správa dokumentace a redukce nákladů na skladování fyzických dokumentů. Na druhou stranu

jsou s PDM často spojené vysoké náklady na implementaci a provoz, potřeba vyšší úrovně IT znalostí a omezení použitelnosti pro menší organizace nebo organizace s jednoduššími výrobními procesy. Také může být náročné zapojit do systému zaměstnance, kteří jsou zvyklí pracovat s tradiční papírovou dokumentací.

2 Přístup k PLM problematice v leteckém a farmaceutickém průmyslu

Ve výrobních podnicích je často integrována nějaká forma celostního přístupu při pohledu na produkt. Avšak v některých odvětvích se tato filozofie prosadila rychleji nežli v jiných. V současnosti můžeme vidět u odvětví, která se vyznačují vysokou komplexitou produktů, rozsáhlým portfoliem nebo dlouhým vývojovým cyklem, dlouhodobou snahu zvýšit produktivitu výzkumu a vývoje a snížit náklady pomocí holistickému přístupu k procesům a k vývoji nových produktů.

2.1 Vývoj celostního pohledu na produkt v leteckém průmyslu

Tradičním odvětvím, které dlouhodobě spoléhá na nejnovější digitální technologie je letecký průmysl. V současnosti drží firmy jako Airbus nebo Boeing status lídrů v oblasti pokročilého digitálního vývoje produktů. Tento náskok byl budován historicky, jelikož letecký průmysl vždy využíval nejnovější digitální technologie. Neexistovala jiná východiska, jedná se o velmi komplexní obor nejen z pohledu produktu a jeho dílčích částí, ale i z pohledu na vstupní materiály a tvorbu výrobní dokumentace (Mas et al. 2015).

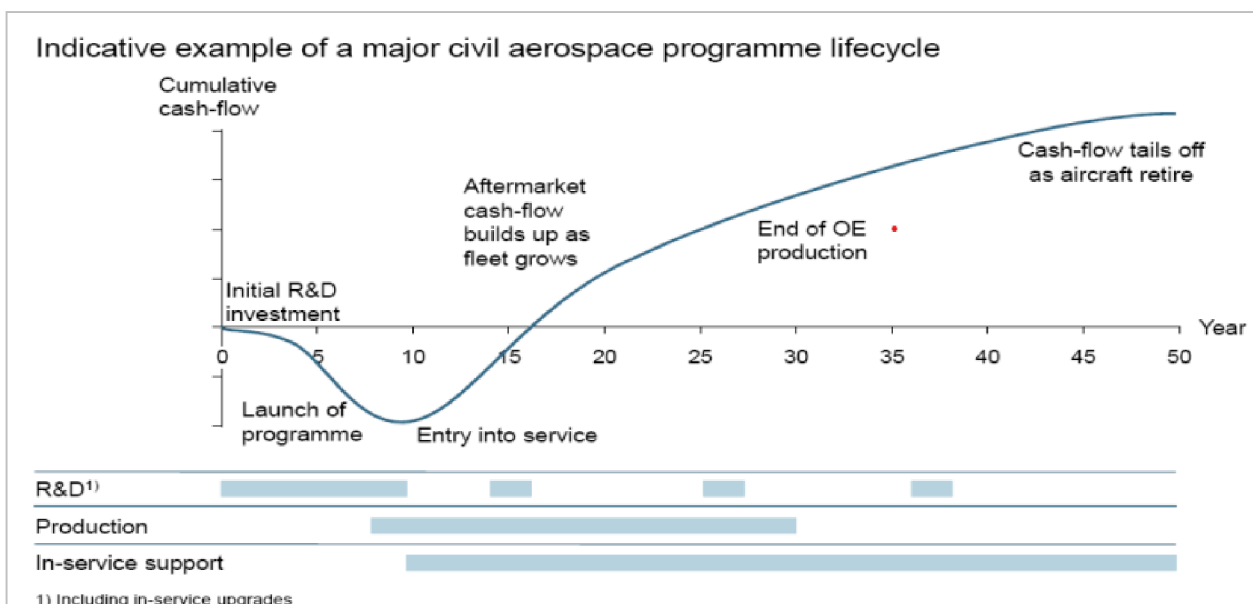
Následující kapitola shrnuje historii využití PLM přístupu v aeronautickém průmyslu, benefity, které s sebou přinesl a v neposlední řadě překážky, se kterými se musí průmysl v současné době vyrovnávat. Zároveň jelikož se jedná často o organizace, které dané digitální technologie adoptovali od jejich ranných vývojových fází, poskytuje určitý náhled na budoucí trendy a vývoj.

2.1.1 Dopad PLM na životní cyklus

Proces návrhu a výroby letadel je složitý proces, protože moderní letadlo může obsahovat až 700 000 dílů, které se vyrábějí a dodávají z mnoha zemí. Celý vývojový proces je charakterizován vysokými počátečními náklady a dlouhým životním cyklem. Průměrný vývojový čas letadla je 7,5 let, a přestože se letadla stávají stále složitější, tento čas se zásadně nezměnil. To bylo dosaženo díky integraci metod PLM, procesů a nástrojů, které umožňují zkracování vývojového času inženýrům. Nicméně, integrace PLM do leteckého průmyslu stále nedosáhla svého plného potenciálu kvůli složitosti

výrobku, dlouhému životnímu cyklu a velkým objemům zpracovávaných dat (Mas et al. 2015).

Na Obrázek 3: Příklad životního cyklu v letectví z pohledu trhu obrázku 3 je vyobrazen typický životní cyklus v leteckém průmyslu. Na vertikální ose je vyznačen kumulativní cash-flow a na horizontální jsou roky. Významná počáteční investice do výzkumu a vývoje se láme při spuštění produktu na trh. Jakmile roste flotila letadel, tak se zvyšuje i cash-flow (typicky růstová fáze), poté následuje postupný úpadek, ukončení produkce až po stagnaci kumulativního cash flow. Spodní řádky znázorňují rozdělení produktu mezi výzkum a vývoj, výrobu a poprodejní podporu a servis.



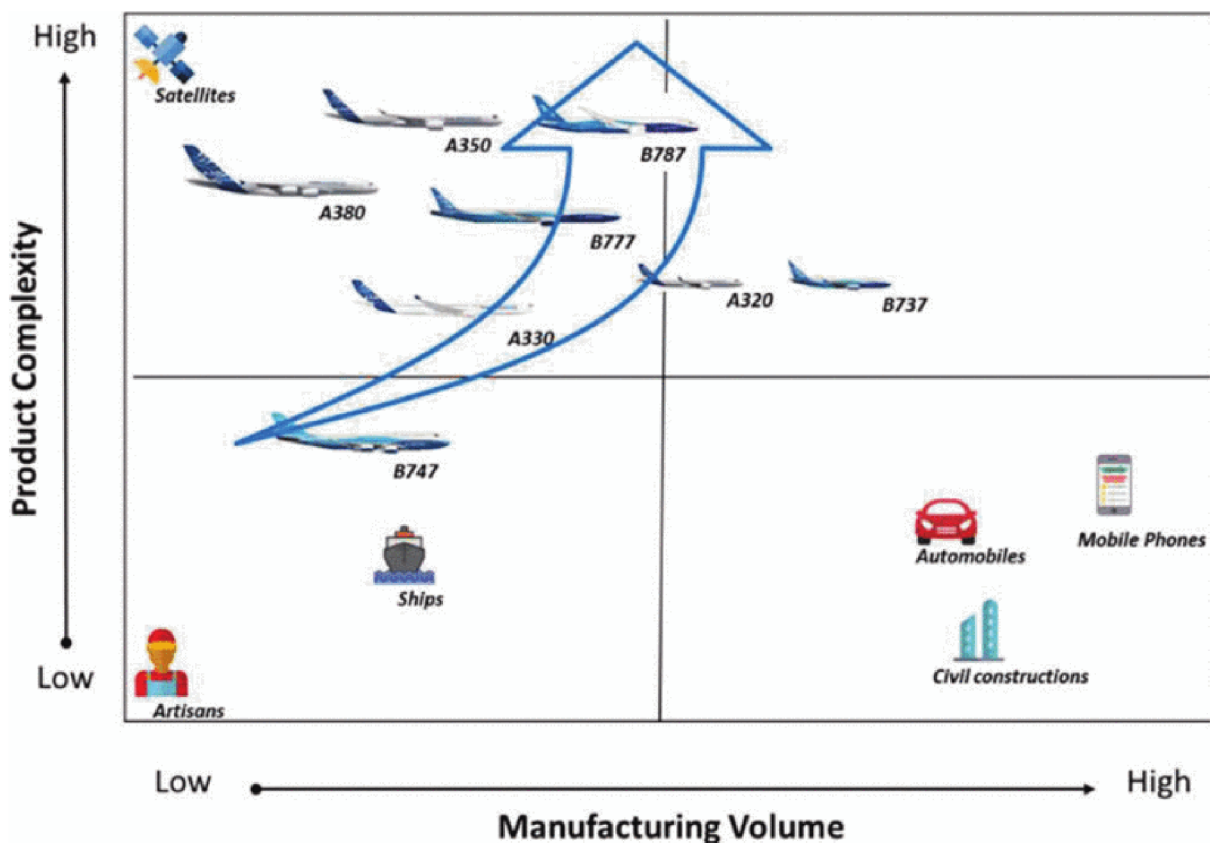
Obrázek 3: Příklad životního cyklu v letectví z pohledu trhu (ACARE 2010)

Jak bylo uvedeno, tak letecký průmysl se vyznačuje výrobky skládajícími se z mnoha součástí, a které jsou velmi komplexní. Kromě samotného vztahu mezi částmi mohou k složitosti přispět také další faktory, jako je stupeň vzájemné závislosti částí, míra variability v rámci systému a úroveň nejistoty nebo nepředvídatelnosti. Proto vyžaduje víceúrovňová analýza, která zohledňuje všechny tyto faktory, komplexnější porozumění složitosti¹³. Jak se produkty stávají složitějšími, roste také potřeba efektivního řízení dat a integrace (Habib et al. 2022). Systémy řízení životního cyklu produktu mohou pomoci řešit tyto výzvy tím, že poskytují centralizovanou platformu

¹³ Složitost musí být pojata komplexně a nelze ji vyjádřit pouze vyjádřením počtu součástí

pro správu dat a usnadňují spolupráci mezi různými týmy a odděleními. Složitost může přinést mnoho výhod, jako je zvýšená funkcionalita a výkon, přináší také své vlastní výzvy. Řízení složitosti vyžaduje plánování, návrh a implementaci, stejně jako průběžnou údržbu a podporu, aby systém zůstal stabilní a spolehlivý v průběhu času (Mas et al. 2021).

Na obrázku 4 je zobrazeno porovnání jednotlivých výrobků napříč několika odvětvími (práce řemeslníků, automobily, stavby, mobilní telefony, satelity a letadla). A na osách jsou vyneseny přibližné hodnoty jejich složitosti a objemu výroby. Systémy pro řízení životního cyklu produktů (PLM) by neměly sloužit pouze ke zkrácení časových rámců vývoje, ale měly by také pomáhat s modelováním složitějších systémů s vyššími výrobními kapacitami. Na základě předchozího závěru jsou v současnosti klíčové jak samotný produkt, tak i jeho složitost, pro plnou integraci, a to s ohledem na dlouhý životní cyklus produktu, velké objemy dat a střední výrobní kapacity.



Obrázek 4: Porovnání komplexity výrobku v rámci vybraných odvětví (Mas et al. 2021)

2.1.2 Strategický přístup k produktovému vývoji

Složitost návrhu letadel se v průběhu let zvýšila nejen v oblasti funkčního designu, ale také průmyslového designu. Současné řešení problému zkrácení procesu vývoje produktu v leteckém průmyslu je součinné inženýrství¹⁴ a spolupracující inženýrství¹⁵. Kdy v minulosti se prosazovalo především součinné inženýrství, u nejkomplicovanějších projektů je však zapotřebí značná spolupráce a provázanost oddělení (Prasad 1997). Nicméně dnes výrobci letadel usilují o významné zkrácení doby od uvedení produktu do provozu a urychlení náběhu výrobních linek s využitím demokratizovaných technologií a nástrojů (Van Wijk et al. 2009).

Boeing zavedl projekt Black Diamond s cílem snížit náklady na budoucí programy komerčních letadel. Projekt spočívá v přechodu od dokumentově orientovaného myšlení k digitálnímu inženýrství, které využívá informační tok po celém životním cyklu produktu (Company et al. 2018). K tomu také uzavřeli partnerství s firmou Dassault Systèmes, aby prohloubili digitální spolupráci, návrh, inženýrství, analýzu, plánování výroby a výrobní exekuci v rámci celé společnosti (Przybylo 2017).

Nejvýznamnější evropský představitel Airbus zahájil projekt Digital Design, Manufacturing and Services (DDMS), který umožňuje spolunavrhovat a vyvíjet novou generaci letadel s výrobními zařízeními, která je budou produkovat, a snižuje tak náklady a čas na trhu. Airbus také podepsal pětileté Memorandum o porozumění (MOA) s Dassault Systèmes, aby umožnil Airbusu udělat v digitální transformaci velký krok a položit základy pro nový evropský průmyslový ekosystém v letectví (Mas et al. 2021).

2.1.3 Současný stav

K současnému dni existují čtyři generace rozvoje PLM. Od 0.generace, která má své počátky v 60. letech minulého století se událo velké množství změn, ať již z pohledu technologického pokroku, tak z pohledu PLM. Přehled změn historického přístupu k PLM a změn v technologiích je uveden v Příloha 1: Přehled vývoje

¹⁴ Concurrent engineering – přístup k vývoji produktů, který umožňuje jednotlivým oddělením pracovat na produktu současně, základní myšlenkou je zkrácení času vývoje a nákladů

¹⁵ Collaborative engineering – přístup, kdy různá oddělení a týmy spolupracují na vývoji produktu, tak aby byl dosažen co nejlepší výsledek, využívají se efektivní komunikační kanály tak, aby byly informace snadno sdíleny mezi týmy

jednotlivých generací PLM (Mas et al. 2015). Vývoj současných letadel by nebyl možný bez PLM, jelikož jen díky tomuto přístupu bylo možné zvládnout složitost a požadavky vývoje výkonnějších letadel. A zároveň bylo možné zvýšit produktivitu vývojového procesu, což umožnilo provádět vývojový proces v realistických časových horizontech s nižšími náklady. Nástroje, které jsou v rámci PLM používány se stále vyvíjejí spolu s výrobními technologiemi a začaly hrát integrální roli v tom, co chápeme jako produkt samotný. Aby byl využit plný potenciál PLM, je potřeba, aby se nadále vyvíjelo směrem k následující generaci a bylo využito všech prostředků, které současná technika nabízí (Mas et al. 2015).

V současnosti hraje PLM hlavní roli v inženýrství. Nicméně, je nutné přejít od tradičního inženýrství k inženýrství založenému na spolupráci. To vyžaduje, aby PLM systémy poskytovaly společné pracovní prostředí pro všechny zainteresované subjekty v průběhu životního cyklu letadla. Zároveň musí umožňovat snadné sdílení informací mezi všemi procesy, které se vyskytují během životnosti letadla. Proudění informací v průběhu životního cyklu letadla jsou nyní řízeny pomocí systémů Master Product Definition (MPD), což je systém, který umožňuje definovat a spravovat kompletní definici výrobku v průběhu jeho celého životního cyklu. MPD obsahuje veškeré potřebné informace o výrobku, včetně jeho geometrie, materiálů, specifikací a dalších atributů, které jsou potřebné pro jeho výrobu, testování a údržbu. MPD tedy slouží jako centrální úložiště pro všechny informace o výrobku a zajišťuje, aby byly tyto informace k dispozici všem potřebným subjektům v průběhu celého životního cyklu výrobku (Mas et al. 2015; Strelets et al. 2019). Nicméně, PLM se bude dále vyvíjet směrem k Integral Digital Mock-Up (IDMU), což je platforma založená na digitálním modelu, který obsahuje veškeré funkční, průmyslové a služební definice letadla, a kde jsou integrovány všechny informace z ostatních procesů v průběhu životního cyklu letadla. Tento digitální model slouží k podpoře spolupráce mezi všemi zainteresovanými subjekty v průběhu vývoje a výroby letadla a umožňuje lepší kontrolu a správu konfigurace letadla (Mas et al. 2014).

V PLM Generace 3 je kladen velký důraz na kontrolu konfigurace letadla, která bude prováděna individuálně pro každé letadlo dle jeho čísla ocasu¹⁶ nebo sériového

¹⁶ Tail number – číslo ocasu, identifikační číslo přidělené k letadlu civilního provozu v USA americkým Federálním úřadem pro letectví (FAA)

čísla výrobce. IDMU musí obsahovat virtuální definici každého letadla včetně specifických informací generovaných po celou dobu jeho životnosti. Tento virtuální protějšek letadla, označovaný jako avatar, umožní v PLM 3. generace simulaci kompletní výroby letadel a plné virtuální výrobní kapacity. Navíc bude možné vytvořit modely kompletních digitálních továren. Pro zajištění přístupnosti PLM 3. generace z jakéhokoli zařízení s připojením k internetu bude nutné zajistit kompatibilitu s různými konfiguracemi hardwaru a software. Informační model PLM 3. generace musí také obsahovat kompletní znalostní základnu (KBE)¹⁷ a kapacity pro rozhodování, což umožní opakované využití znalostí generovaných v předchozích vývojích a provozu předchozích letadel. V současnosti má PLM určitá omezení v oblasti výměny informací a LOTA¹⁸. PLM 3. generace by měla tyto problémy řešit nahrazením formátů modelování dat mezinárodními standardy a poskytnutím nových řešení pro výměnu informací a LOTA (Mas et al. 2015).

2.1.4 Výzvy v leteckém průmyslu

Tradiční PLM řešení a nástroje zahrnovaly funkce pro správu dat, definování procesů, konfigurační správu, pracovní postupy s různými maturity statusy atd. PLM druhé generace, zahrnuje tyto schopnosti. Nicméně kromě 3D revoluce, kterou přinesla druhá generace, nejsou produkční struktury, modely těles a 3D data dostačující k řešení nových digitálních výzev, které jsou podle Mase a kol. (2021) například:

- Provedení funkčního a průmyslového návrhu od koncepce až po celý životní cyklus produktu.
- Optimalizace mezi funkčním a průmyslovým návrhem v digitálním dvojčeti.

¹⁷ KBE – Knowledge-Based Engineering, což je technologie v oblasti inženýrství, která umožňuje automatizaci návrhových procesů pomocí znalostí uložených v počítačových systémech. Tyto znalosti mohou zahrnovat například pravidla a postupy týkající se konstrukce, výroby, testování a údržby produktů. KBE je součástí obecnějšího trendu k automatizaci průmyslových procesů a zvyšování efektivity a kvality výroby.

¹⁸ LOTA – LOng-Term Archiving – dlouhodobé archivování dat a dokumentů pro účely budoucího použití nebo potřeb.

- Podpora hodnocení více scénářů a výběru nejlepšího prostorového návrhového řešení.
- Podrobný rozpis produktu, umístění výroby a logistiky.
- Konfigurace výrobní a montážní linky s ohledem na manuální versus automatizovaný přístup.
- Plánování pořízení strojů a průmyslových zařízení s ohledem na jejich výkonové požadavky.
- Požadavky na výkon strojů a průmyslových zařízení. Plán pořízení.

Letecký průmysl stále více požaduje nové funkce do PLM, aby pokryly výše uvedené výzvy (a mnoho dalších). Pro zajištění digitální kontinuity po celém životním cyklu je třeba zajistit, že data nebudou ztracena ani vytvořena dvakrát. Dnešní řešení pro kontinuitu dat se převážně zaměřují na použití mezinárodního standardu pro vytvoření toku dat po celém životním cyklu (Meeshi et al. 2021). Implementace mezinárodních standardů pro zajištění digitální kontinuity po celý životní cyklus, zvládnutí produkce středních objemů, a především otevření dodavatelských interních datových modelů tak, aby společnosti mohly rozvíjet, implementovat a udržovat znalosti, zůstává největšími výzvami, kterým firmy čelí.

2.1.5 Přínosy rozvoje PLM v leteckém průmyslu

Typický životní cyklus v letectví je složený ze tří softwarových nástrojů používaných k vytváření, správě a využití dat nebo informací týkajících se letadla: řízení životního cyklu produktu (PLM), plánování podnikových zdrojů (ERP) a systém řízení výroby (MES). Data jsou uložena v databázích patřících k různým softwarovým systémům (např. PLM, ERP, MES nebo jiné¹⁹), které jsou provozovány po celém životním cyklu (Meeshi et al. 2021). Databáze jsou obvykle založeny na nástroji dodavatele (Oracle, MySQL a další). Datový model, jádro systému, je definován a vyvinut dodavatelem s malým vlivem uživatele. Existující softwarové nástroje lze vidět jako vertikálně integrovaný nástroj, který společně spravuje informace, datový model a služby (Mas et al. 2021).

¹⁹ Často jsou data uložena v různých systémech, které jsou vyrobeny na zakázku nebo jsou zastaralé, jelikož přechod z jednoho systému na druhý je nesmírně náročný

Softwarové nástroje s vertikální integrací uzavírají jakékoli znalosti společnosti v jejich prostředí a ukládají data společností pod vlastním datovým modelem. Společnosti jsou 100% závislé na vybraném softwaru a znovupoužitelnost a kontinuita dat mezi různými softwarovými nástroji po celém životním cyklu se stává problémem, který je třeba vyřešit. Pro obohacení datových modelů společnosti vyvíjejí na míru přizpůsobené doplňky, které mají splnit požadavky, což ztěžuje digitální kontinuitu (Mas et al. 2021). Kontinuita je důležitým prvkem pro aplikaci ontologických řešení, tzn. Integrace dat z několika zdrojů do jednoho sémantického rámce. Ontologie potom reprezentují koncepty, vztahy a pravidla tak, aby mohly být data z různých zdrojů integrována do jednoho rámce a mohly být dotazovány pomocí jednoho společného jazyka (Fraga et al. 2020).

Využití řešení založených na ontologii nabízí pro PLM výhody jako jsou (Fraga et al. 2020):

- Zlepšená kvalita a konzistence dat – standardizovaný způsob definování a reprezentace produktových dat napříč systémy a aplikacemi
- Zvýšená interoperabilita – společný slovník znamená sdílené porozumění produktovým datům a procesům, tudíž je možná lepší integrace a interoperabilita mezi aplikacemi
- Usnadněné sdílení a využití znalostí – ontologie usnadňují sdílení a opakované využití produktových dat a znalostí napříč různými projekty, odděleními a organizacemi
- Vylepšená analýza a rozhodování: Ontologie založená řešení umožňují lepší analýzu dat a rozhodování tím, že poskytují strukturovanější a sémanticky bohatší reprezentaci produktových dat a procesů.

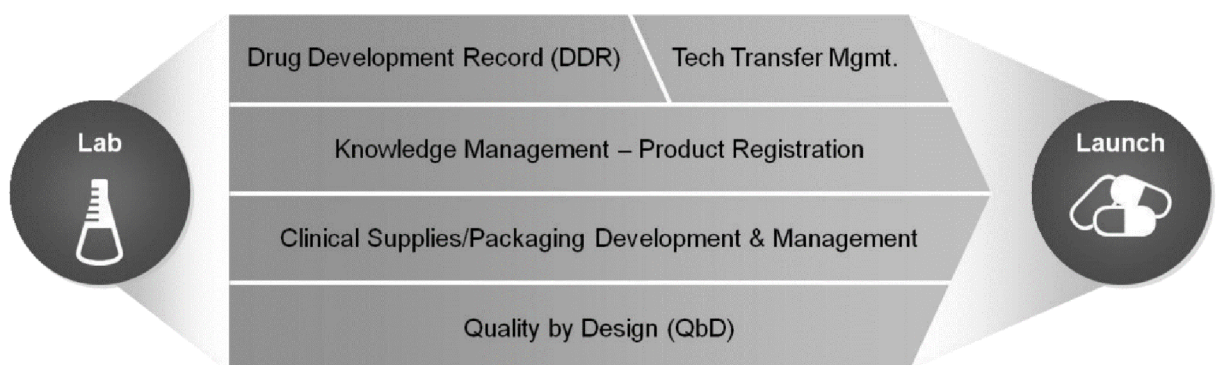
Obecně využití ontologie vede ke zjednodušení sdílení informací mezi procesy a vytvoření jednotného prostředí pro všechny stakeholdery, kde mají všichni stejný přístup ke všem informacím, ze všech fází životního cyklu. Jde tedy o základní premisu PLM přístupu a její rozvoj do důsledku.

2.2 Přístup k PLM ve farmaceutickém průmyslu

Farmaceutický průmysl v současnosti prochází náročným obdobím bezprecedentní změny. Tlaky jsou na něj vyvíjeny ze strany věku a demografického složení populace, přísnějším vládním regulacím a požadavkům zákazníků. Aby farmacie a biotechnologické vědy obecně zachytily tyto trendy a byly schopny se vyvíjet v souladu s nimi, potřebují zrychlit čas uvedení produktu na trh a zvýšení účinnosti procesů. Toho lze efektivně docílit integrací PLM (Chauhan a Khan 2013).

V minulosti byl vývoj léků zaměřen na řízení klinických studií a výsledků. V současné době se průmysl snaží najít holistické přístupy ke zlepšení procesů při uvedení nových produktů na trh, které mohou urychlit vývoj produktů a snížit provozní náklady. To je výzva vzhledem k složitému řetězci hodnot a podnikovým procesům, které jsou v tomto vysoko regulovaném prostředí nutné. Navíc se průmyslu ukázalo obtížné efektivně se přizpůsobit, protože mnoho farmaceutických společností není optimalizováno pro mezikulturní spolupráci, která je nutná k podpoře těchto měnících se tržních podmínek (Hein et al. 2012).

V posledních letech PLM poskytl mnoha farmaceutickým organizacím schopnost zvýšit schopnost uvést produkty na trh rychleji, zajistit větší dodržování předpisů a efektivitu a snížit náklady na vývoj. Přesto však toto odvětví čelí mnohým problémům a výzvám spojeným s implementací a integrací PLM.



Obrázek 5: Vývojový postup léčiv (Hein et al. 2012)

Obrázek 5 zobrazuje postup vývoje léčiv, kde jednotlivými činnostmi, které probíhají simultánně jsou vytváření záznamu o vývoji léčivého přípravku, na které navazuje správa přenosu technologií²⁰. Zároveň musí být veškeré informace požadovány od regulačních orgánů pro registraci přípravku pečlivě zdokumentovány a připraveny v požadovaném standardu. Účinnost celého procesu může být urychlena vytvořením centrálního zdroje dat z klinických studií, výrobním procesem, procesech kontroly kvality a dalších. Dalším procesem, který musí být zabezpečen je vývoj a výroba balících materiálů pro léčiva, jelikož i ty musí splňovat přísné regulace, týkající se schopnosti udržení stability a bezpečnosti léčivého přípravku (Hein et al. 2012). V neposlední řadě je třeba zajistit potřebnou kvalitu produktu. To, co je v obrázku 5 popsáno jako QbD (Quality by design) vyjadřuje myšlenkový přístup k vývoji léku, který je postavený na pochopení procesů a produktu, tak aby byla kvalita součástí produktu, namísto aby byly vady odstraňovány až v rámci testování. V současnosti je tento přístup očekáván ze strany legislativních a kontrolních orgánů (Volta e Sousa et al. 2021).

2.2.1 Výzvy ve farmaceutickém průmyslu

Vzhledem ke specifickým podmínkám prostředí biotechnických věd je produkt silně spojen s vývojovou fází, laboratorními testy a celkově s výzkumem a vývojem, což s sebou nese velké množství výzev.

Dle Heina a kol. (2012) jsou klíčové výzvy pro farmaceutický průmysl následující:

- Složitý proces vývoje léčiv
- Velký rozdíl mezi strategickou důležitostí součástí portfolia a výkonovými indikátory v R&D
- Složitá správa skladových zásob pro klinické zkoušky

²⁰ Správa přenosu technologií zajišťuje hladký přechod mezi vývojovou fází a následnou komercializací (přenášena data obsahují informace o vývoji, výrobním procesu, analytických metodách, kontrole kvality atd.), efektivita tohoto přístupu je důležitá pro konzistenci z hlediska výroby léků a jejich vývoje

Dalšími faktory, které ovlivňují životní cyklus produktů ve farmacii jsou například (Giridharan a Srinivasa 2021):

- Zvyšující se vnitřní a vnější složitost
- Neexistuje centralizovaný zdroj dat pro produkty a související informace
- Zlepšení výzkumu a vývoje
- Přenos technologií
- Integrovaný management kvality a rizik
- Komplexní balení
- Globální registrace produktů
- Portfolio duševního vlastnictví
- Správa komplexních sítí spolupráce s externími partnery
- Systém korektivních a preventivních opatření (CAPA)
- Zátěž ověřování systémů

Je třeba si uvědomovat, že životní cyklus léčiv čelí stále se měnícím podmínkám nejen z důvodů, jako jsou nové produktové řady a expanze podniků na nová odbytí²¹, ale především stále se měnící legislativa²². Ve farmaceutickém průmyslu se využívají různé nástroje pro správu dat o produktech, přičemž standardizovaný software pro modelování produktových dat a elektronickou správu dat spolupracujících s CAD softwarem neexistuje. Některé společnosti využívají PLM pro řízení portfolia produktů, grafických návrhů a balení. PLM produkty se však nadále musí vyvíjet, aby dle nich mohly být řízeny návrhy farmaceutických produktů a sloužit jako platforma pro spolupráci v rámci interních oddělení a s externími partnery (Giridharan a Srinivasa 2021; Volta e Sousa et al. 2021). Malé společnosti si nemohou dovolit vysoké náklady na implementaci PLM a softwarová podpora pro farmaceutické společnosti je obecně nabízena za velmi vysoké ceny. Jako řešení tohoto problému se nabízí využití open source PLM platformy. Dodavatelé těchto řešení a také lídři na trhu s PLM produkty mohou nabízet lehčí verze, které budou podporovat farmaceuticky specifické procesy.

²¹ Takové expanze jsou časté u produktů na konci jejich životního cyklu, kdy častým strategickým rozhodnutím firem je rozšíření na nové a rozvíjející se trhy

²² Změny a reformy legislativy často mohou postihnout během 12 měsíců např. cenovou strategii, indikace léčiv nebo dávkování

Farmaceutický průmysl se potýká s jiným typem komplexity než jiná průmyslová odvětví, jsou jimi specifické fyzikální a chemické vlastnosti produktů, skladování nebo trvanlivost. Současné PLM produkty jsou zaměřeny především na inženýrskou komplexitu a náklady jsou v souladu s touto komplexitou. Dodavatelé PLM produktů by měli zohledňovat specifické nároky farmaceutického průmyslu. Vzhledem k tomu, že PLM začal být používán v automobilovém/leteckém průmyslu a až následně byl přijat farmaceutickým průmyslem, je jen otázkou času, kdy se PLM dostatečně rozvine a stane se dostačujícím pro potřeby farmaceutického průmyslu (Giridharan a Srinivasa 2021).

V procesu vývoje byly identifikovány klíčové funkce, které jsou důležité pro optimalizaci procesu výzkumu a vývoje. Rozdíl mezi strategickou důležitostí součástí portfolia a výkonovými indikátory v R&D je však poměrně značný a v průmyslu dosahuje nižší účinnosti než 50 % (Oracle [b.r.]). Nakonec lze některé klíčové vlivy, které běžně ovlivňují ziskovost, riziko a růst, zredukovat na tři základní problémy samotného farmaceutického a biotechnického průmyslu. Prvním je narůstající interní a externí složitost při řízení celého životního cyklu produktu od jeho vzniku až po vyřazení z oběhu. A to, z důvodu skutečnosti, že mnoho farmaceutických organizací trpí uzavřenými informačními silami v různých funkčních oblastech. V případě organizací zaměřených na výzkum a vývoj se to typicky týká terapeutických oblastí, kde přeshraniční tok informací chybí nebo neexistuje. Není k dispozici jediný zdroj dat o produktech a souvisejících informacích v důsledku různorodých zdrojů dat a nedostatku spolupráce napříč organizací. To často vede k rozdílným, nadbytečným a v nejhorsích případech nepřesným informacím o produktech v závislosti na funkční oblasti. Historicky byly procesy výzkumu a vývoje v průmyslu farmacie považovány za zcela nezávislé na uvedení produktu na trh a následných snahách o jeho komercializaci, což vedlo k zásadní propasti v koordinované a transparentní spolupráci.

Výroba a správa souboru léčiv, materiálů a dalších zdrojů potřebných pro průběh klinického hodnocení nového léku jsou klíčovým prvkem procesu vývoje léků. Správa tohoto souboru je obtížná a stává se složitější, pokud jsou v této strategické fázi vývoje produktu využívány třetí strany, což mohou být například organizace, které zprostředkovávají výrobu. Tradiční nástroje pro automatizaci a správu dat, jako jsou ERP nebo MES systémy, nejsou v této fázi výroby R&D dostatečně flexibilní. Namísto

toho se často používají manuální, rozdrobené procesy podporované desktopovými nástroji, jako je MS Excel, což vede ke zbytečné složitosti procesů a koordinace. Nedostatečná koordinace správy dat v rámci plánu správy klinických zkoušek se stává významným nákladovým a časovým faktorem ve fázi vývoje produktu. V důsledku toho klíčové metriky klinických zásob pravidelně nedosahují více než 25 % svých cílových výkonových cílů.

Toto spojení špatného provedení vývojového procesu a narušení efektivity výroby při počátečních klinických dodávkách často znamená neuspokojující výsledky metrik výzkumu a vývoje léčiv. Metriky, které jsou založené na výkonu jednotlivých projektových plánů, nákladech projektu, očekávané finanční marži a podílu na trhu ukazují, že pouze 1 z 3 programů dosahuje svých očekávaných výkonnostních cílů.



Obrázek 6: Úspěšnost zavedení nových produktů (hodnoty uvedené v grafice jsou v procentech) (Hein et al. 2012)

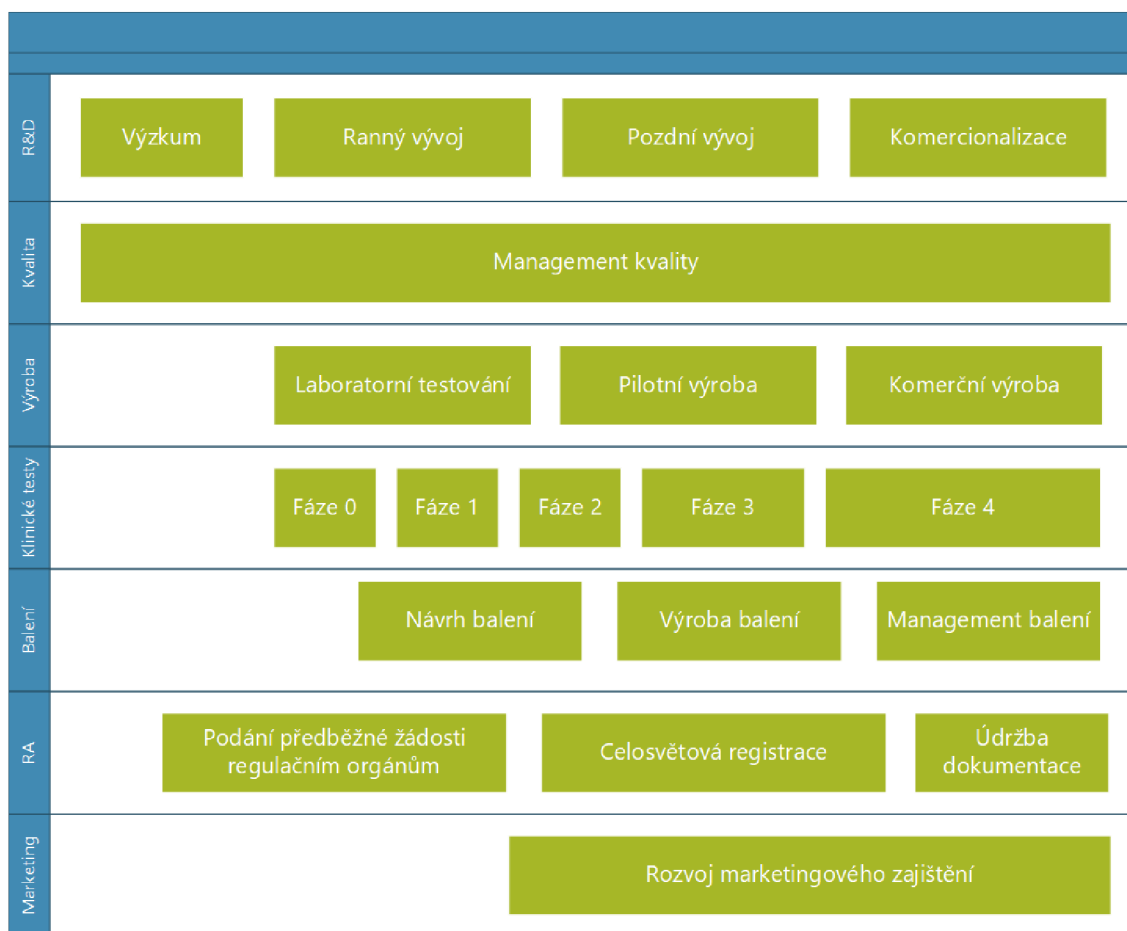
Konkrétní průměrná úspěšnost zavedení jednotlivých větví výrobků (konkrétně značkových farmaceutik, neznačkových farmaceutik, zdravotnických zařízení a biotechnologií) je zobrazena na obrázku 6.

2.2.2 Řešení výzev ve farmaceutickém průmyslu:

I přes výzvy, které existují ve farmaceutickém průmyslu, existují příležitosti pro inovativní společnosti, které hledají způsoby, jak transformovat své podnikání, tak, aby dosáhly ziskovosti a růstu. Společnosti, které úspěšně zvládnou vyřešit výzvy, kterým čelí a transformovat své procesy, dosáhnou zlepšení výkonu svého podnikání a stanou

se výjimečnými hráči na trhu. Aby společnosti mohly urychlit proces přechodu nových produktů od vývoje až k jejich komercializaci a současně podporovat nové oblasti klinické péče, je nutné zaměřit se na podnikovou transformaci, která se soustředí na spolupráci mezi jednotlivými odděleními a umožní jednotné využití produktového know-how. Postup vývoje produktu a fáze probíhající na jednotlivých odděleních jsou zobrazeny na obrázku 7. Tím dojde ke zvýšení produktivity a výnosů. Je důležité si uvědomit, že kontinuální malá inkrementální zlepšení mohou ve svém součtu vést k významným výsledkům v růstu tržeb a marží. Například každým dnem, o který dokáže společnost zkrátit svůj celkový vývojový cyklus, může dosáhnout významného snížení nákladů a zajistit významné výnosy, jak z pohledu ziskovosti, tak marží.

Cílem firem nejen ve farmaceutickém průmyslu by měl být přístup dosažení velkých cílů malými postupnými kroky. Obzvláště tato mantra platí pro vylepšování vývoje a výrobu klinických zásob. Tento přístup umožňuje prioritizaci klíčových iniciativ, standardizaci procesů a rozšiřování díky procesu neustálého zlepšování v celé



Obrázek 7: Vývojový tok nového produktu (Hein et al. 2012)

vývojové organizaci. Navíc by tato iniciativa měla být podporována vedením v celé organizaci, protože by měla být vnímána jako transformace podnikání, nikoli jako projekt jednoho oddělení.

Obecným přístupem posledních let je snaha farmaceutických společností získat jednotný pohled na celý životní cyklus svého produktu s možností sledovat každý detail v celém procesu. Product Lifecycle Management umožňuje spravovat a centralizovat informace o produktech a pomáhá farmaceutickým společnostem realizovat jejich investice do IT tím, že se zaměřuje na některé z jejich nejdůležitějších potřeb, těmi jsou:

- zrychlení času uvedení na trh
- snížení celkových provozních a výrobních nákladů
- dodržování standardů kvality

Nakonec, poskytnutím jednotného pohledu na produkty napříč organizací, mohou společnosti využít výhod funkční spolupráce mezi odděleními, kde sdílení informací o produktu vytváří transparentní prostředí a usnadňuje tak řízení produktu jak interně, tak externě.

2.3 Shrnutí a srovnání využití a přístupu k PLM v leteckém a farmaceutickém průmyslu

Z kapitol 2.1 a 2.2 je zřejmé, že obě zvolená průmyslová odvětví mají svá specifika, odlišnosti, ale oba mohou v případě úspěšné implementace profitovat ze zavedení celostního přístupu k životnímu cyklu produktu.

V leteckém průmyslu se produkt a produktová portfolia včetně všech dílů a komponent vyznačují vysokou mírou komplexnosti a z tohoto důvodu se dá považovat za kolébku vzniku PLM. Samotné výrobní portfolio není významně rozsáhlé a překážky vstupu do daného odvětví jsou značné jak z hlediska kapitálových vstupů, tak především z hlediska know-how. Pro úspěšné řízení životního cyklu produktu v leteckém průmyslu je důležité mít úplný a přesný přehled o všech fázích vývoje a výroby, včetně dodržování přísných bezpečnostních standardů. Integrace několika různých informačních systémů, digitálních inženýrských a výrobních nástrojů je pro letectví stěžejní. Proto je v leteckém průmyslu PLM integrovaný s dalšími technologiemi jako je například MPD a bude se dále vyvíjet směrem k IDMU, tedy

nástroje, který bude v budoucnosti sloužit pro co největší datovou integraci do jednoho prostředí, tak aby se odstranily duplicitní a dvojité informace, a to tak, aby byly všechny přístupné odkudkoliv. Práce přímo s digitálními dvojčaty, znamená, že každý produkt má svůj digitální obraz vytvořený pomocí 3D modelů. Tento digitální obraz zajišťuje přesnou a aktuální dokumentaci každého produktu v reálném čase a také umožňuje rychlejší a efektivnější řešení změn v produkci. Odstraní se tak například zdlouhavá administrativa spojená se změnami jednotlivých dílů.

Vzhledem k vysoké míře komplexnosti a specifickým potřebám leteckého průmyslu jsou PLM systémy často přizpůsobeny speciálně pro tuto oblast. Tyto systémy jsou v současné době nezbytným nástrojem pro úspěšné řízení vývoje a výroby produktů v leteckém průmyslu a budou se i nadále vyvíjet, aby lépe splňovaly potřeby tohoto náročného odvětví.

Ve farmaceutickém průmyslu jsou produkty typicky menší a méně složité než v leteckém průmyslu, ale jsou zpravidla mnohem regulovanější. Zároveň jsou portfolia produktů obecně mnohem širší. To znamená, že často ve vývojové fázi je potřebná značná míra flexibility a kontroly nad jednotlivými kroky. V porovnání s leteckým průmyslem není management životního cyklu jednotlivých léčiv a léčivých přípravků příliš rozšířený. Většina softwarových nástrojů je totiž designována především na inženýrské toky informací, kdežto farmaceutické firmy vyžadují především správu dokumentů a jejich organizaci v čase. V současnosti je tento problém nejvíce citelný v oblasti výzkumu a vývoje. Regulační orgány vyžadují přísnou dokumentaci a řízení rizik v celém procesu vývoje a výroby farmaceutických produktů. Proto je pro farmaceutické firmy kriticky důležitý monitoring jednotlivých fází schvalovacího procesu regulačních orgánů a klinického testování.

Proto se PLM ve farmaceutickém průmyslu zaměřuje na správu a sledování všech dat a dokumentů souvisejících s vývojem a výrobou produktů, včetně testování a ověřování kvality. Kde především kontrola kvality a klinické testy jsou aspekty, které významně ovlivňují délku uvádění nových produktů na trh, což jsou v současnosti nejvíce omezující aspekty, jež lze částečně řešit za pomoci PLM.

Závěrem lze konstatovat, že PLM (Product Lifecycle Management) je v dnešní době významným prvkem v řízení vývoje a výroby produktů v mnoha průmyslových odvětvích, včetně leteckého a farmaceutického průmyslu. Zatímco v leteckém průmyslu

se zaměřuje na sledování a řízení bezpečnosti složitých produktů, ve farmaceutickém průmyslu se soustředí na důkladnou dokumentaci a řízení rizik v celém procesu vývoje a výroby. Obě průmyslová odvětví jsou značně regulovaná a vyžadují přesné a úplné informace o výrobě produktů, což PLM systémy umožňují efektivně sledovat a řídit.

3 Popis současného stavu

Následující kapitola je souhrnem informací týkajících předmětu podnikání společnosti a její historie, její základní organizační struktury, vize a mise společnosti v návaznosti na společenskou zodpovědnost podniku, přehledu základních používaných informačních systémů a jejich rozboru a v neposlední řadě analýzy současného stavu správy a využívání dostupných servisních dat při ukončování životního cyklu produktů.

3.1 Představení společnosti

Tato kapitola je přímo převzatá z oficiálních dokumentů společnosti a stručně popisuje její strukturu, organizaci a formu:

Obchodní firma: Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o.

Sídlo: Vlastimila Pecha 1282/12, Černovice, 627 00 Brno

Identifikační číslo: 469 71 629

Právní forma: společnost s ručením omezením

Hlavním předmětem podnikání Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. (společnost) je výroba elektronových mikroskopů a s tím související vývojové aktivity. Společnost nemá žádnou organizační složku v zahraničí (Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. 2021b).

Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. byla založena v roce 1992 pod jménem DELMI spol. s r.o. a v roce 1996 byla začleněna do tehdejšího koncernu Philips Electron Optics, Holandsko, se kterým byla připojena v roce 1997 k americké společnosti FEI Company. V roce 2016 byla skupina FEI Company koupena americkou společností Thermo Fisher Scientific (Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. 2021b).

Společnost je ze 100 % vlastněna společností FEI CPD B.V., 5651 GG Eindhoven, Nizozemské království. Společnost Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. nemá vlastní pobočky ani na území ČR, ani v zahraničí. Konečným vlastníkem FEI CPD B.V. je společnost Thermo Fisher Scientific Inc., se sídlem ve Walthamu, Massachusetts, USA (Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. 2021b).

Společnost Thermo Fisher Scientific je organizačně rozdělena do čtyř divizí dle tržního zaměření: Analytical Instruments Group, Life Science Solutions Group,

Specialty Diagnostics group and Laboratory Products and Services Group. Skupina FEI se po připojení do skupiny Thermo Fisher Scientific připojila do Analytical Instruments Group, konkrétně do Material Structure Division (MSD) a je organizačně rozčleněna do dvou Business Groups podle tržního zaměření: Industry Group, která zabezpečuje obchodní, servisní a marketingové aktivity k zákazníkům z průmyslu (sídlo Hillsboro,



Obrázek 8: Firemní logo (Thermo Fisher Scientific 2022)

Oregon, USA), Science Group, která zabezpečuje obchodní, servisní a marketingové aktivity zákazníkům z výzkumného a univerzitního prostředí (sídlo Eindhoven, Nizozemí).

Společnost je zaměřena na vývoj, výrobu a servisní podporu elektronových a iontových mikroskopů řady TEM, SEM a SDB. V průběhu roku 2018 zahájila společnost také výrobu spektrometrů. Mikroskopy i spektrometry se vyrábějí ve výrobních sériích (desítky až stovky ročně) a jsou citlivé na výrobní náklady a spolehlivost. Strategii firmy je orientace na nákladově výhodné dodavatelské řetězce, vlastní vývojovou činnost, a následně maximálního využití komparativních výhod (Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. 2021b).

Společnost nemá vlastní marketingové útvary ani prodejní či servisní síť. Využívá marketingové útvary mateřské společnosti. Pro prodej využívá celosvětové prodejní síť Thermo Fisher Scientific skupiny. Výrobky jsou odesílány přímo ze závodu v Brně zákazníkům do celého světa. Brněnský závod je zapojen do firemní prodejní sítě a má tak dostatek informací o potvrzených i chystaných objednávkách od zákazníků až po kompletní vedení časování dodávek s veškerým příslušenstvím na kterémkoliv místě na světě. Instalaci pak provádí servisní divize mateřské společnosti (Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. 2021b).

3.2 CSR

Hodnota, kterou podniky vytvářejí netkví jen ve výrobě kvalitních produktů, vytváření pracovních míst pro zaměstnance a generování zisku pro akcionáře. Ale firmy se musí zároveň soustředit na způsoby, kterými ovlivňují svoje okolí a investovat do takových technologií, do lidí a do produktů, aby byl zajištěn udržitelný rozvoj a byl zajištěn pozitivní dopad na životní prostředí. Mise firmy Thermo Fisher Scientific je vytváření zdravějšího, čistšího a bezpečnějšího světa, čehož se snaží docílit na poli vědy, farmacie, biologických věd a biotechnologie pomocí řešení složitých analytických úkolů. To znamená podporovat růst a inovace v rámci vědecké komunity a pomáhat vědeckým pracovníkům, organizacím a firmám v řešení otázek současné společnosti. Firemní vize do roku 2030 se skládá z několika následujících bodů (Thermo Fisher Scientific Brno s.r.o. 2021a):

- Bezkonkurenční lídr v oblastech sloužící vědě, s výnosy ve výši \$50 miliard
- Jedna z nejvíce uznávaných společností na světě
- Mimořádně talentovaný globální tým
- Naše zákaznický orientovaná kultura přináší trvalou konkurenční výhodu

- Náš pevný závazek k inovacím a vedoucí pozici v oblasti digitálních věd, umožňuje našim zákazníkům dělat svět zdravější, čistější a bezpečnější
- Trvale a opakovaně dosahovat slíbených finančních výsledků

Společné cíle jsou těžce splnitelné bez společných firemních hodnot. Hodnoty, které tvoří firemní kulturu jsou tzv. 4i – Integrita, Intenzita, Inovace a Involvement (angažovanost) a jsou jejím základním stavebním kamenem pro pokračování rozvoje. Všechny čtyři hodnoty podporují tvorbu a sdílení vlastních perspektiv a jejich sdílení v takovém prostředí, kde je ceněna jedinečnost a respekt k ostatním, a to jak mezi kolegy, tak vůči zákazníkům. Integrita je velmi důležitá při pohledu na společenskou zodpovědnost podniku, jelikož je vyžadováno od zaměstnanců, aby ctili své závazky, otevřeně komunikovali a jednali vždy v souladu s interními etickými normami zahrnující pravidla týkající se lidských práv, střetu zájmů, zdraví a bezpečnosti, osobních práv jednotlivce a dalších (Thermo Fisher Scientific 2021).

Pro zvyšování konkurenceschopnosti ve výrobě samotné je využíván systém PPI²³, který umožňuje zvyšovat produktivitu podniku a dodávky kvalitnějších produktů a služeb. Jedná se o systém, kde jsou všichni zaměstnanci vedeni k vyhledávání neefektivit a navrhování jejich řešení, tak aby vnitřní systémy fungovaly lépe a procesy probíhaly optimálně (Thermo Fisher Scientific 2021).

Neposledním důležitým vlivem výrobních firem, který je v západním světě, čím dál tím více akcentován, je vliv na životní prostředí. V současnosti má globálně Thermo Fisher Scientific definovány cíle snižování vyprodukovaných emisí skleníkových plynů do roku 2030 oproti hodnotě v roce 2018 o 30 %. Jelikož je však největším emitentem skleníkových plynů dodavatelský řetězec (to až z 90 %) je i od dodavatelů vyžadováno vytyčování vlastních klimatických cílů a snižování i jejich dopadu na životní prostředí. Ať se jedná o nakupované služby a zboží nebo o transport a distribuci produktů, cílem do roku 2027 je angažovat 90 % dodavatelů v nastavování klimatické politiky. Do roku 2050 je korporátním cílem neutrální dopad činnosti z hlediska emisí skleníkových plynů (Thermo Fisher Scientific 2021).

²³ PPI – practical process improvement – systém praktické optimalizace výrobních procesů

3.3 Používané informační systémy

Klíčovou rolí v efektivní správě a využívání informací v rámci podniku hrají informační systémy. Následující systémy shrnují základní oblasti řízení a využívání dat, a to oblasti ERP, CRM a PLM.

3.3.1 QAD

Systémem využívaným pro management, komunikaci a sdílení informací v rámci organizace je ERP software QAD. Podstatou využití ERP jsou obecné benefity v rámci organizace jako jsou: zvýšení produktivity a přesnosti, lepší účinnost získávání informací a lepší kvalita reportů a lepší spolupráce mezi odděleními, jelikož mají všechny stejný zdroj informací (ERP Research [b.r.]; QAD inc. 2023).

Sama firma o své historii uvádí následující: "Systém QAD byl založen v roce 1979 proto, aby řešil výrobní problémy několika výrobních závodů v Santa Barbaře, Kalifornii. Postupně vznikl globální produkt podporující zákazníky v jejich výrobních činnostech. V současnosti systém slouží zákazníkům ve více než 100 zemích na světě, kde napomáhá organizaci výroby a dodavatelských řetězců (QAD inc. 2023)."

Z čehož vyplývá základní zaměření na výrobní průmysl v následujících odvětvích:

- Automotive
- Spotřební produkty
- Potravinářský a nápojový průmysl
- Strojírenství
- High-tech odvětví
- Biologické vědy a biotechnologie

Mezi firmy operující v posledních dvou odvětvích se řadí i Thermo Fisher Scientific, kde divize pod skupinou analytických nástrojů využívají především výhod soustředících se na high tech výrobky a high tech průmysl. V těchto odvětvích jsou klíčové parametry úspěchu založeny na konstantní schopnosti inovovat a měnit stávající produkt. Výzvy lze rozdělit do několika kategorií, často jsou produkty nabízeny na globálním trhu, s tím jsou spojeny mezinárodní dodavatelské řetězce a přeshraniční dodávky. To znamená potřebu robustní základny v organizaci, která dohlíží na dodržování všech mezinárodních norem, předpisů a regulací. Zároveň zde existuje

konstantní tlak na marže a vzhledem k charakteru dodávaných dílů může nastávat i jejich nedostatek (QAD inc. 2018).

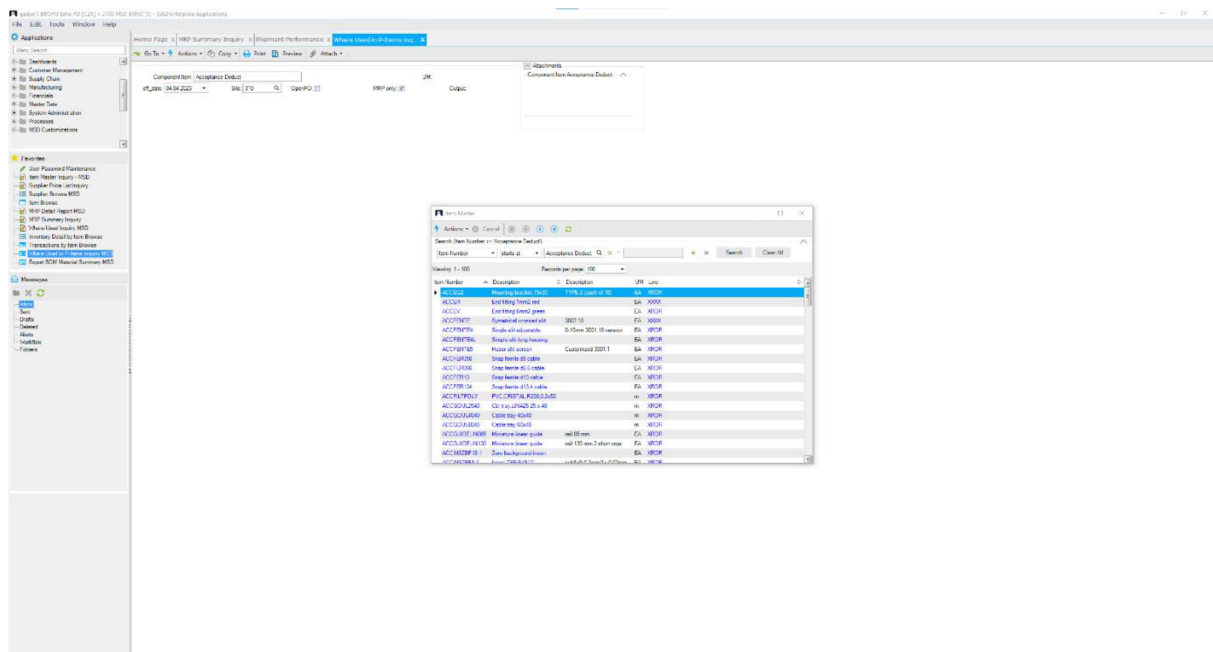
Základní požadavky na ERP systém při výrobě high-tech produktů (QAD inc. 2018):

- Správa možností přizpůsobení, inovací, nových produktů a diferenciac
Jelikož se jedná o poměrně úzký sektor, existuje v něm enormní konkurenční tlak, a proto přizpůsobení se zákaznickým potřebám se stalo nutností. V rámci výrobků vzniká mnoho nestandardních objednávek, které jsou vyráběny na zakázku a musí být systematicky zpracovávány. Čas uvedení nových produktů na trh je kritickou veličinou.
- Správa revizí produktů
Toto průmyslové odvětví je typické značnou složitostí a častými inovacemi spojenými s elektro-mechanickou podstatou produktů. Tyto inovace musí být důkladně sledovány a v rámci jednotlivých revizí musí být jasně uvedeno o jakou verzi softwaru a hardwaru se při výrobě jedná.
- Správa skladů a jednotlivých komponent
Elektronické sestavy (především desky tištěných spojů) se skládají z mnoha malých elektronických komponent. Ty jsou velice citlivé na vnější vlivy a vyžadující speciální nakládání s nimi, aby nedošlo k poškození. Zároveň je dodavatelé často revidují a obměňují, to musí být náležitě postíženo v rámci obstarávání, plánování a nákupu.
- Správa proměnné poptávky
Schopnost pružně reagovat na události ovlivňující tržní prostředí a zaznamenání jednotlivých variací v produktových řadách je pro firmy klíčová.

Klíčovými oblastmi, které jsou v rámci QAD řešeny, a jejichž implementace je důležitá pro výrobu jsou:

- Elektrické a elektronické komponenty (kabeláž, průmyslové baterie, zdroje atd.)
- Síťové a výpočetní komponenty, desky tištěných plošných spojů
- Testovací a nestandardní zařízení – konfigurace, které jsou vyráběny kusově dle individuálních přání zákazníka nebo pro potřeby vývoje

Pro plánování a sledování vývoje produktů z pohledu výroby jsou důležité určité aspekty. Jedním z nich je integrace opakujících se pracovních požadavků, které jsou nezbytné pro plánování výrobních procesů. Dalším je reporting nekonformit spojených s dodavatelskými řetězci a integrovaný management kvality. Systém QAD podporuje hubenou výrobu a Kanban a podporuje konfigurace produktů od zadání požadavků po plánování a po výrobní podporu. To vyžaduje dohledatelnost všech vyrobených systémů na základě vygenerovaných indikátorů a sledování WIP. Posledním integrálním aspektem je propojení se systémem PDM, který obsahuje všechny kusovníky a jednotlivé produkty jsou v něm spravovány v rámci systému PLM (QAD inc. 2018; Adam et al. 2014).



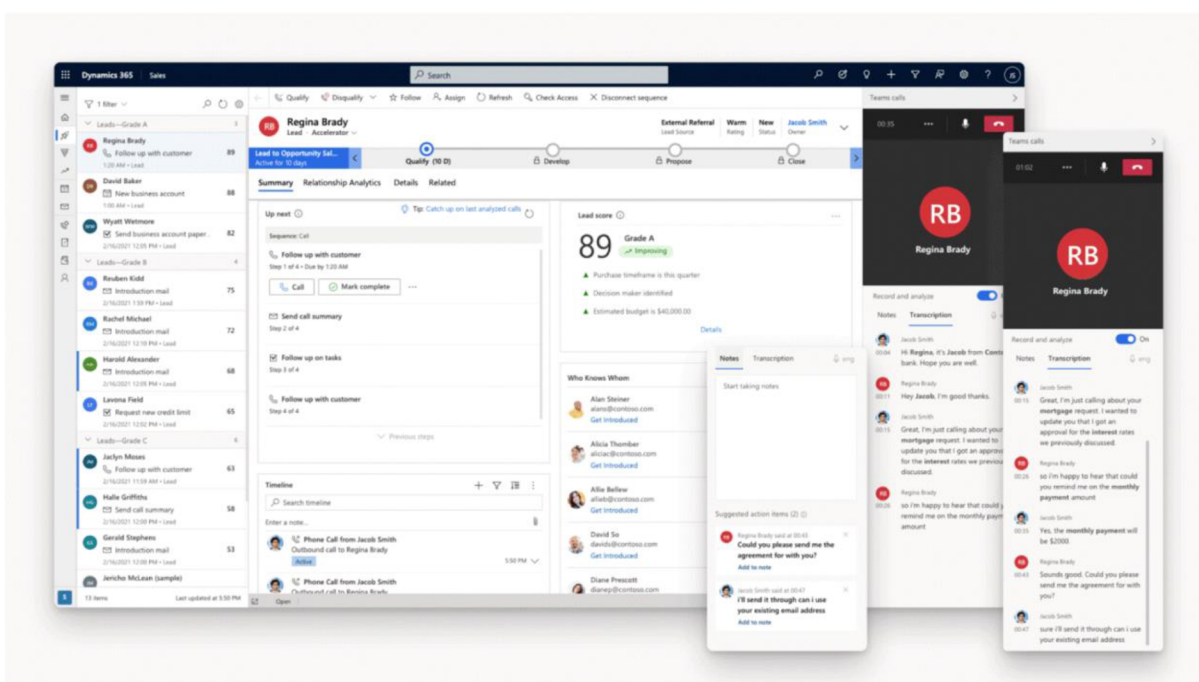
Obrázek 9: Vizualizace prostředí QAD

Z pohledu logistiky a dodavatelských řetězců je důležitá správa, dohledatelnost a viditelnost jednotlivých dodavatelů. Systém QAD nabízí nástroje pro vytváření a využívání odhadů a plánů na základě matematických modelů, které využívají historii nabídky a poptávky. Strategické nástroje pro nákup jsou provázané s plánováním pro optimalizaci dodávek a nachází se v něm seznam potřebných dokumentů potřebných pro mezinárodní obchod. Pro vyhodnocování jednotlivých dodavatelů jsou využívány KPIs, které umožňují jejich monitoring a jsou pak jedním z nástrojů pro další

vyjednávání. Poslední nezbytnou součástí je automatická správa, organizace a podpora transferů, kontroly kvality, doplňování a dalších akcí spojených s globálními skladovými úložišti (QAD inc. 2018; Adam et al. 2014).

3.3.2 Microsoft Dynamics 365

Stejně jako ostatní informační systémy CRM slouží k automatizaci a integraci dat a zároveň k jejich rychlému sdílení mezi jednotlivými týmy v organizaci. Z podstaty slouží CRM k udržování zákaznických informací jako jsou telefonní čísla, emaily, jména, adresy atd. k tomu, aby mohly být vytvořeny souhrnné zákaznické profily, tak aby mohly být optimálně rozvíjeny a udržovány vztahy se zákazníky (Microsoft 2023).



Obrázek 10: Vizualizace prostředí Microsoft Dynamics (Microsoft [b.r.]

V současné době je používáno cloudové řešení Microsoft Dynamics 365, které nabízí poměrně robustní platformu a obsahuje moduly pro marketing, prodej, servis, ale poskytuje i veškeré funkcionality ERP systému. V současnosti nabízí funkce jak pro uživatele CRM, tak pro ty, kteří do CRM přístup nemají. To je způsobeno integrací ostatních Microsoft aplikací jako např. Microsoft Teams. Samotný Dynamics je vhodný pro střední a velké podniky, což zároveň znamená, že robustnost je spojena s poměrně velkou komplexitou (Microsoft 2023).

V rámci servisní organizace slouží CRM k vytváření a propojení servisních příležitostí s vlastníky jednotlivých procesů a zároveň k zhodnocování a přidělování statusů jednotlivým servisním příležitostem. Poprodejní oddělení je poté zodpovědné za propojení klíčových zákazníků a vlastníků servisních příležitostí pro jednotlivé obchodní jednotky (Microsoft 2023).

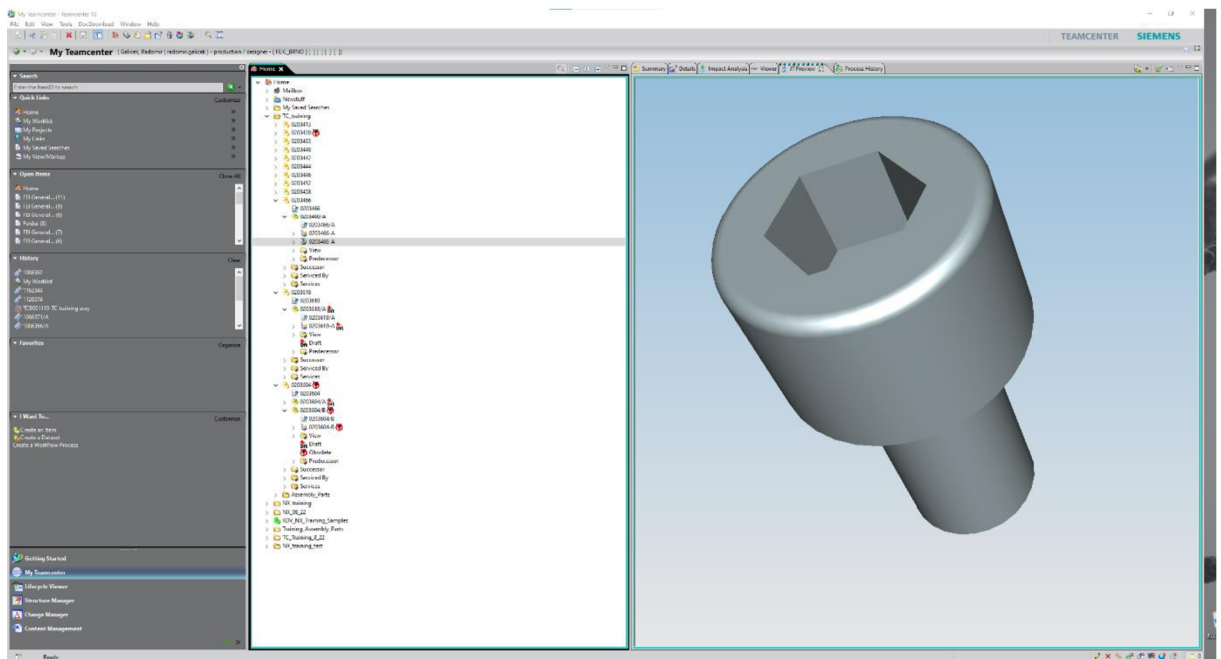
Další důležitou funkcionalitou je správa a předpovědi servisních kontraktů. Z hlediska předpovědi se jedná o souhrn důležitých informací jako předpokládaná data konců kontraktů, jednotlivých poprodejních úrovní, předpokládaných výnosů z nich a jestli byly jednotlivé příležitosti na zisk kontraktů využity. V rámci správy jsou jednotlivé záznamy o aktivních servisních kontraktech a zárukách propojeny s ERP systémem QAD (Microsoft 2023).

3.3.3 Siemens Teamcenter

Pro správu produktových dat a podnikových procesů je využíváno řešení Siemens Teamcenter. To slouží k efektivnímu sdílení dat mezi uživateli v rámci vývoje a plánování výroby, při řízení projektů a výrobních programů, při změnových řízeních a při správě servisní služeb (Siemens Industry Software B.V. 2019). Data, která jsou v rámci databáze uchovávána mají ve své nejjednodušší podstatě podobu kusovníků (BoM), tedy souhrnu informací o materiálech a součástech. Zároveň však jsou definovány i ostatní podružné informace a dokumentace, které mohou být propojeny jak s fyzickými součástmi, tak se může jednat o vztahy mezi daty samotnými. Konkrétními příklady uchovávané dokumentace mohou být CAD modely, nákupní specifikace, diagramy a schémata zapojená, výkresová dokumentace, instrukce pro výrobu a servis. Data mohou být standardně uspořádávána a tříděna ve složkách dle jejich vzájemné návaznosti a vzájemnosti. Historie jednotlivých součástí a sestav je udržována podle jednotlivých revizí (Siemens Industry Software B.V. 2019).

Zároveň struktura jednotlivých sestav může být upravována nejen z prostředí Siemens Teamcenter, ale zároveň i z prostředí jednotlivých integrovaných CAD řešení jako např. NX. V nich mohou být sestavy vizualizovány, porovnávány a analyzovány. Struktura může být upravována jakýmkoliv uživatelem, který má na danou činnost práva, avšak zároveň pouze jedním uživatelem naráz, aby existoval vždy jen jeden platný design v jakýkoliv okamžik. Ze servisního pohledu umožňuje sdílení servisních informací plánování servisních aktivit. Celkové řešení je vhodné jak pro tvůrce, tak pro

management, jelikož obsahuje všechna produktová data ve všech životních etapách produktu a umožňuje tak zvýšení produktivity, ziskovosti, kvality a minimalizaci nákladů (Valentina GECEVSKA et al. 2013; Zhan a Li 2013).



Obrázek 11: Vizualizace prostředí Siemens Teamcenter

3.4 Analýza současného stavu ukončování životního cyklu produktů

Ke konci roku 2023 dojde ke konci uvažované servisní životnosti hned několika součástí produktového portfolia firmy. Jelikož jde dohromady o více než 30 produktů, jedná se dohromady o tisíce přístrojů v poli. Jakékoliv prodloužení uvažované životnosti by tedy mělo příznivý dopad na cash flow podniku, na úroveň dosaženého zisku, na snížení množství přebytečného množství naskladněných produktů a ztráty spojené při nevyužití těchto produktů. Všechny tyto aspekty jsou spojené s prodloužením kontraktů za servisování daných produktů.

V současnosti je největším faktorem limitujícím servisní organizaci počet součástí, které byly označeny jako obsolescentní. Jde tedy o takové díly, které již nejsou vyráběny a musely být tedy v rámci zaručení servisu naskladněny v dostatečném množství. Toto množství bývá heuristicky odhadnuto, aby naskladněné množství vydrželo po celou odhadovanou délku životnosti a zároveň, aby náklady na udržování dílů ve skladech nebyly příliš vysoké. Počet naskladněných komponent je poté sledován

a udržován po takovou dobu, po kterou jsou potřebné ať již pro výrobní nebo pro servisní organizaci.

V této době nebývají data potřebná pro analýzu prodloužení životnosti systematicky zpracovávána ve využitelné podobě a jsou lokalizována na několika zdrojích. Plánování spotřeby jednotlivých servisních předmětů se v současnosti provádí pouze výhledově, pokud možno s jistou rezervou a nakoupené množství nepodléhá hlubší analýze z hlediska životního cyklu.

3.5 Organizační struktura výrobní organizace

Výrobní organizace je strukturována dle jejího výrobního portfolia. Velká jeho část je tvořena zakázkově na základě požadavků zákazníků, avšak i zde je velká snaha pracoviště a procesy v co největší míře standardizovat a automatizovat. Kromě výroby, která vychází z výzkumu a vývoje jsou neméně důležitými součástmi další podpora jako oddělení nákupu, logistiky, servisní podpory, financí nebo lidských zdrojů.

Na obrázku 12 je zobrazena struktura Operations, jež sdružuje výrobu, logistiku a inženýring, tedy oddělení, která jsou nejdůležitější pro dennodenní operativu firmy. Kromě tohoto základního rozdělení je oddělení Operations rozdělené na jednotlivé výrobní proudy dle vyráběných produktů²⁴. Kde každý výrobní řetězec má vlastní oddělení inženýringu, část výroby a osobu zastřešující projekty. Konkrétní zkratky uvedené v obrázku 12 jsou uvedeny níže:

TEM – transmisní elektronová mikroskopie je zobrazovací technika s vysokým rozlišením, kde elektronový paprsek prostupuje tenkou lamelou vzorku a tvoří tak obraz. Samotný paprsek je ovlivňován tloušťkou a hustotou vzorku, složením a někdy samotnou strukturou krystalů pevných látek. Kontrast je tvořen elektronovým svazkem, který prostupuje vzorek. Výhodami této metody zobrazování je vysoké rozlišení, které je možné díky malé vlnové délce elektronů prostupujících vzorkem. Jednotlivé platformy jsou vhodné pro různé uživatele v mnoha oborech lidské činnosti.

HE – High-end – produktové řady pro nejnáročnější zákazníky umožňující detailní analýzu a úpravu vzorků

MR – Mid-range – produktové řady umožňující intuitivně a efektivně provádět rutinní analytické úkony

SEM – skenovací elektronové mikroskopy se vyvinuly v kritický nástroj pro analýzu povrchu (nebo oblasti blízké povrchu) vzorků, a to jak v oborech materiálových nebo forenzních věd, tak průmyslové výrobě nebo biotechnologiích. Tato technologie tedy zasahuje do všech vědních oborů, kde je třeba získat mikroskopické informace z oblastí blízkých povrchu. Jednotlivé modely jsou nabízeny v mnoha provedeních tak, aby

²⁴ Základní rozdělení jsou elektronové mikroskopy a spektrometry

nabízely flexibilitu a umožnily uspokojit poptávku jak v akademickém, tak ve světě průmyslu. To znamená takovou nabídku příslušenství, která umožňuje všestrannost a flexibilitu u všech typů vzorků nezávisle na jejich velikosti, složitosti a parametrech.

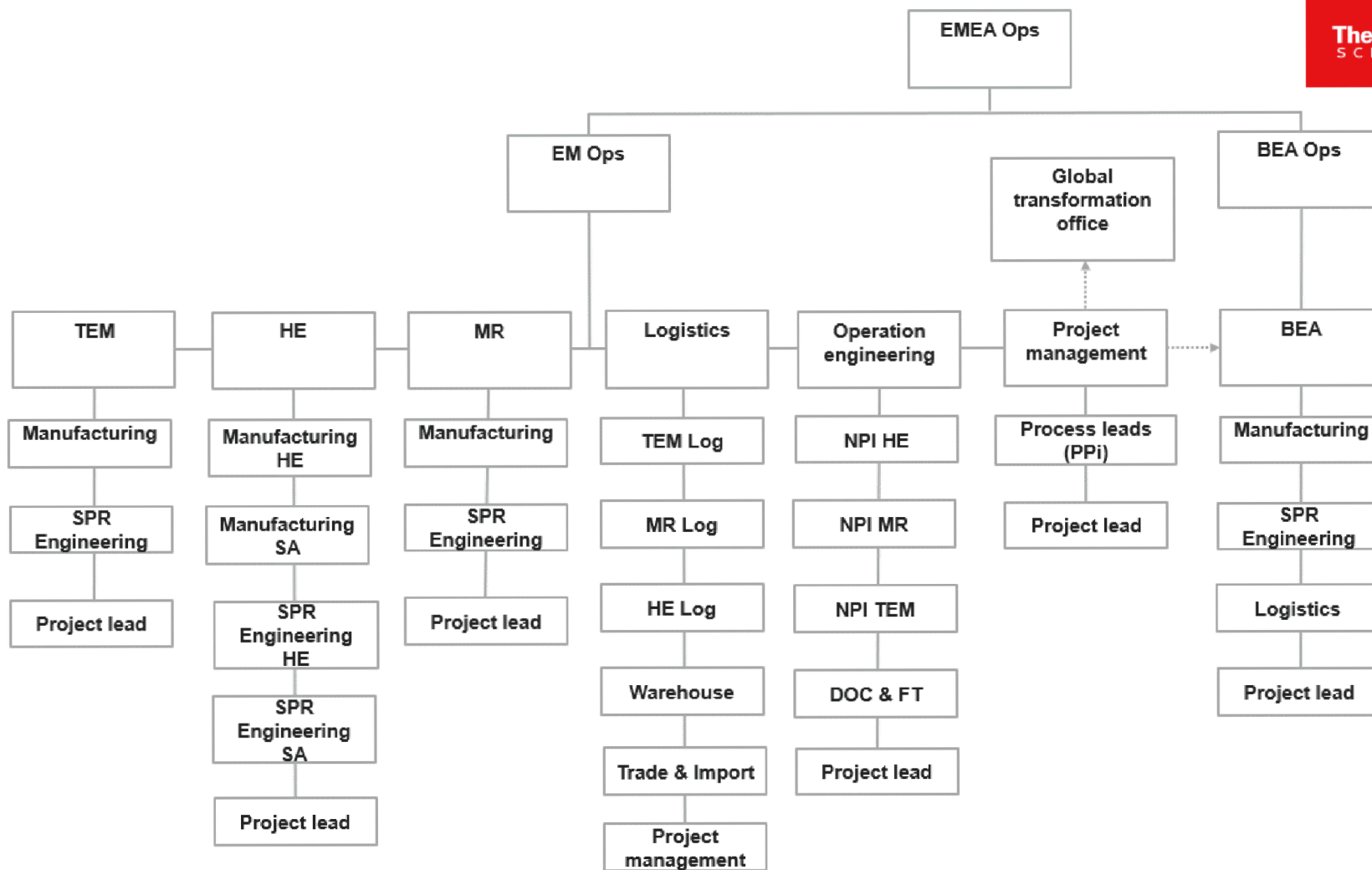
SPR – Sustaining PRoducts, skupina zabývající výrobky, které jsou v současnosti již vyráběny pro zákaznický trh

NPI – New Product Introduction, skupina zabývající se uváděním nových produktů do výroby

BEA – základní celo-objemové metody prvkové analýzy jsou: optická emisní spektrometrie, rentgenová difrakce a rentgenová fluorescence. Využití tyto metody nalézají v těch oborech lidské činnosti, kde je třeba znát přesné složení materiálu jako jsou například metalurgie, těžba nerostných surovin, geologie, ropný průmysl, výroba polymerů, skla a keramiky, polovodičový průmysl aj.

SA – povrchová analýza nebo rentgenová fotoelektronová spektroskopie je způsob analýzy sloužící k získání informací o povrchu materiálu a jeho interakci s jeho okolím. Spektrometry slouží k hledání možností řešení problémů spojených s moderními materiály a výrobními metodami, ať jde již o nepřilnavé povrchy, tenkou mikroelektroniku nebo bioaktivní povrchy.

Struktura jednotlivých jednotek není podmíněna pouze výrobou samotnou a výrobní podobností. Ale jelikož byly v rámci akvizic transferovány celé výrobní celky, tak se mezi jednotlivými proudy struktura částečně liší a je podle toho i rozdělená. Zároveň jsou některé části společné pro všechny celky jako je například dokumentační skupina (DOC), sklad (warehouse) nebo projektová oddělení. Tato struktura má vliv na způsob řízení a koordinace v rámci celé společnosti. Je důležité, aby tyto společné části byly správně řízeny a aby byly vytvořeny účinné procesy, které zajišťují efektivní fungování těchto částí. Současně je třeba dbát na to, aby každá jednotka měla dostatečnou míru flexibility, aby se mohla přizpůsobit svému specifickému prostředí a aby byla schopna rychle reagovat na změny v prostředí.



Obrázek 12: Struktura výrobní organizace

Kromě funkční struktury pro výrobu existuje ve firmě mnoho dalších podpůrných oddělení, ať už se jedná o marketing, výzkum a vývoj, lidské zdroje, finance atd. Které zajišťují dennodenní fungování firmy. V rámci brněnské pobočky jsou situovány jak lokální oddělení, tak i globální pro všechny organizace v rámci divizní infrastruktury.

4 Vlastní návrhy řešení

Tato část práce se věnuje vlastním návrhům řešení, které jsou vytvořeny s ohledem na analyzovaný problém a její cíle. Dílčími částmi jsou popis metodologie a zdrojů výchozích dat, postup práce s nimi a jejich souhrn použitý pro naplnění cílů.

4.1 Metodologie

Last-Time Buy (LTB) modelové řady jsou výrobky, u kterých se předpokládá, že se přestanou vyrábět nebo jejich výroba bude ukončena. V takovém případě je běžnou praxí, aby zákazníci naskladnili dostatečné množství součástek a dílů, aby zajistili jejich dostupnost pro údržbu a opravy v případě potřeby. Nicméně, naskladnění příliš velkého množství součástek může být finančně nevýhodné, zejména pokud se ukáže, že některé komponenty nebyly příliš kritické a jejich využití bylo omezené.

Proto je důležité určit, které komponenty jsou kritické pro podporu LTB modelových řad a jaké jsou optimální úrovně skladových zásob pro tyto komponenty. Tento výzkum může poskytnout základ pro lepší rozhodování v oblasti řízení skladových zásob a také pro posouzení finanční náročnosti naskladnění různých úrovní těchto kritických komponent. Pro základní posouzení byla využita analýza historického trendu spotřeby pro odhad spotřeby budoucí, která bere v potaz použití ve všech servisních sestavách.

Pro sběr dat byl využit interní zdroj. Hlavním zdrojem dat byla PLM databáze (Siemens Teamcenter) jednotlivých komponent a servisních dílů. Tato databáze obsahuje informace o jednotlivých dílech a jejich vlastnostech, což umožňuje identifikaci kritických komponentů a jejich sledování v průběhu životnosti produktu. Spolu s ní byl významným zdrojem dat ERP systém QAD, který je zdrojem dat o nákupu a prodeji jednotlivých produktů, včetně informací o objednaných a dodaných množstvích. Ale především o pohybu skladových zásob a o počtech naskladněných kusů. V současné architektuře funguje QAD jako systém subordinovaný TC²⁵, přejímá z něj tedy data a TC je systémem řídicím. Data z ERP databáze byla propojena s daty z PLM databáze, což umožnilo získat komplexní informace o jednotlivých komponentách a jejich využití v rámci jednotlivých produktů. Toto propojení tak

²⁵ TC – Siemens Teamcenter

poskytlo velmi ucelený obraz o potenciálně kritických komponentách a umožnila přesněji určit, jaké množství jednotlivých dílů bude potřeba nakoupit pro potřeby servisu v daném časovém horizontu. Posledními dílčími datovými celky využitými při analýze byla data přímo od servisní organizace a od týmu komponentních manažerů. Poskytli totiž seznamy jak servisní dílů, tak LTB součástí, které mohly potom být sjednoceny v rámci celku použitého pro určení produktů vyžadujících zvýšenou pozornost.

Produktové řady, které byly dotčené analýzou jsou všechny, které mají předpokládaný konec životnosti v roce 2023 a jejichž životnost by případně mohla být prodloužena. Toto rozhodnutí je běžně prováděno na základě analýzy limitujících komponent, které mohou být tzv. „bottle-neckem“²⁶. Jde tedy o zúžení původního seznamu komponent na násobně menší datový soubor, ve kterém jsou jednotlivé komponenty posuzovány individuálně. Ukazatele používané pro analýzu je status komponenty LTB a počet naskladněných dílů. Data byla částečně anonymizována z důvodu jejich významu pro obchod a citlivosti.

4.2 Popis tvorby analytické části

Prvním krokem v rámci analýzy je definice rozsahu projektu. Jelikož existuje přes 300 systémů, ke kterým jsou definovány servisní díly, z nichž velká část již není v produkční fázi a je jim pouze poskytována podpora. Základní rozsah byl určen jako všechny systémy, kterým končí běžná plánovaná doba podpory (EORS) v roce 2023. Pokud by nebyly nalezeny prvky výrazně limitující rozšíření podpory do dalších let budou vybrané systémy udržovány a jejich datum EORS posunuto do budoucnosti pro maximalizaci výnosu na systém. Komponenty nebo sestavy komponent používaných k servisním činnostem jsou nakoupeny v rámci posledních nákupů (LTB) a jde tedy o již utopené náklady a pokud nejsou plně využity budou recyklovány.

Pro zajištění úspěšného a přesného plánování servisních činností bylo nutné vytvořit soubor jednotlivých systémů a k nim přiřadit seznam servisních dílů, které jsou pro ně relevantní. Konkrétně se jednalo o FRU²⁷, tedy díly, které jsou snadno

²⁶ Bottle-neck – úzké místo limitující výkon celého systému a brání mu dosáhnout svého maximálního potenciálu

²⁷ Field replaceable unit – servisní díly, které jsou využívány pro výměny nebo opravy přímo u zákazníka

vyměnitelné a při havárii se nahrazují celé místo opravy. Tyto díly jsou specifické pro každý systém a jejich správné určení je nezbytné pro efektivní plánování servisních intervencí a minimalizaci výpadků systémů.

Následující procesní činností bylo sjednocení těchto dat do jednotné tabulky. Její formát je znázorněn v jejím výňatku v tabulce 3. Jednotlivé komponenty jsou uvedeny jejich produktovými kódy a popisem a dále ostatními atributy důležitými pro servisní organizaci a pro PLM oddělení společnosti, z nichž vybrané jsou znázorněny níže. Systémů (produktových řad), u kterých bylo datum očekávaného ukončení standardní podpory stanoveno na rok 2023 bylo nalezeno 33²⁸.

Tabulka 3: Formát tabulky klíčových komponent

Číslo dílu	Produktová řada	Popis dílu	Konzumovatelnost	Opravitelnost	Dodavatel	Systém 1	Systém 2	Systém 3
PN1	Řada 1	CCB	Ne	Ano	Dodavatel 1	1		
PN2	Řada 2	Mechanical assembly	Ne	Ne	Dodavatel 2		1	
PN3	Řada 2	Power supply	Ne	Ne	Dodavatel 3		1	
PN4	Řada 2	CHASSIS	Ne	Ano	Dodavatel 1			1
PN5	Řada 3	Cable	Ne	Ne	Dodavatel 4		1	
...								

²⁸ Vzhledem k rozsahu jsou pro názornost zobrazeny pouze 3 systémy

Nyní byl k dispozici seznam servisních sestav, které však mají každá mnohoúrovňovou strukturu a mohou obsahovat značné množství komponent, které mohou být problematické z hlediska jejich nedostupnosti a nemožnosti je získat. Tyto komponenty jsou nebo v minulosti byly předmětem LTB datového toku a měly by být v ERP systému označeny atributem LTB flag²⁹. Přidělení tohoto atributu je závislé ve vysoké míře na ceně komponenty a objemu nákupu, a složitost schvalovacího procesu se ve velké míře odvíjí od nákladů na nákup potřebných komponent na mnoho let servisu dopředu.

Bez ohledu na to, zda jsou součásti pořízeny v rámci LTB nebo zda firma úspěšně vynechá tento proces, je důležité označit nedostupné součásti atributem LTB. Proces vyhnutí se poslednímu nákupu součástí se nazývá LTB avoidance.

Snaha je tedy množství těchto dílů redukovat nebo eliminovat několika způsoby jako jsou:

- odkup nepoužitých dílů z výroby
- nákup na druhotných trzích
- hledání alternativních dodavatelů
- zjištění, zda má ekonomický význam danou část opravovat
- kontrakty s dodavateli o poskytování oprav
- náhrady nižších sestav vyššími
- zkrácení odhadované podpory

Samotná ERP databáze obsahuje desítky tisíc takto označených komponent. Dalším zdrojem dat je systém evidování požadavků týmu komponentních manažerů, kteří hledají náhrady obsolescentních(zastaralých) součástí. V rámci jejich výpisu jsou v něm soustředěny všechny požadavky na zavedení dílů do stavu LTB. Jelikož se jedná o požadavky, je v nich jasně popsána příčina a popis změny.

Data přímo z ERP databáze jsou v tomto ohledu problematická, jak již bylo zmíněno dříve, atribut LTB flag může být nastaven i u komponent, které nejsou skutečně nedostupné, ale jsou pouze v režimu LTB avoidance. To znamená, že

²⁹ Atribut nabývá hodnot LTB1, LTB2 – tyto hodnoty určují závažnost, příp. složitost dalšího naskladnění dané komponenty

manažeři pro dodávky³⁰ k těmto komponentám mohou hledat jiné dodavatele, kteří jim mohou poskytnout potřebné komponenty.

Bylo tedy rozhodnuto, že rozsahem se práce bude zabývat pouze odeslanými žádostmi o nalezení vhodné náhrady, u kterých je zřejmé, že jsou v reálném režimu LTB. To s sebou nese nevýhodu, že potenciálně nebudou odhalena všechna FRU, která obsahují LTB komponentu. Po konzultaci s PLM oddělením bylo toto riziko přijato. Částečně tento problém zmírnila rozvětvenost produktových stromů, což zvyšuje pravděpodobnost, že alespoň v některé z větví se nachází hledaná komponenta a všechny sestavy, jež takovou komponentu obsahují jsou nalezeny. Problematické by částečně mohly být komponenty samotné, jelikož ne u všech musel nutně být požadavek o vystavení náhrady, a tedy některé nemusely být zahrnuty do seznamu zahrnutých dílů

Stromová struktura použití komponent je vizualizovaná v následující tabulce, kde je v jednotlivých sloupcích popsána úroveň komponenty ve stromové struktuře, produktové identifikační číslo, revize, popis produktu, druh dílu v PLM systému, jestli se jedná o servisní díl, status dílu v PLM systému (životní fáze).

Tabulka 4 znázorňuje dílčí stromovou strukturu vybrané komponenty, celkově bylo analyzováno přes 500 komponent, kde většina z nich měla podobnou nebo složitější strukturu.

Tabulka 4: Stromová struktura sestav

Úroveň	Číslo dílu	Revize	Popis	Typ dílu	FRU	Status dílu
0	3900699	D	PC	Physical	Ne	Production
1	0612186	A	Work instruction	List	n/a	Draft
1	6476822	B	PC,SUPPORT,WIN 7	Commercial	Ne	Obsolete
1	9215188	G	MANIPULATOR MICROSCOPE	Commercial	Ne	Prototype
1	5496610	A	KIT,MPC	Physical	Ne	Production
2	4687146	A	KIT,MPC,V400	Physical	Ne	Production
3	4770888	C	KIT,UI,V400ACE	Physical	Ne	Production

³⁰ SAM – sourcing account manager – slouží jako propojení mezi firmou a jejími dodavateli, hledají nové dodavatele a zastřešují vzájemné vztahy a kontrakty

4	8286359	G	BASIC SYSTEM 112	Physical	Ne	Production
5	8552953	C	F/A,V400 ION TEST STAND	Physical	Ne	Obsolete
5	9281188	Q	F/A,V400 ACE	Physical	Ne	Production

Výsledkem procesu bylo vytvořeno více než 53 000 záznamů, ale většina z nich (může být usouzeno dle jejich produkčního statusu) zjevně nespádaly do definovaného rozsahu analýzy. Vizualizace struktury je znázorněna na obrázku 13.

Pro účely zpracování dat byly z této struktury vyfiltrovány pouze servisní komponenty uvedené v tabulce 1, spolu s jejich podřízenou strukturou. Tímto krokem jsme zajistili, že všechny komponenty a servisní díly zahrnuté v podřízené struktuře jsou relevantní a spadají do oblasti zájmu této analýzy. Proces vyfiltrování dat byl prováděn tak, aby bylo zajištěno, že všechny relevantní informace zůstanou zachovány a nebyly vynechány žádné důležité součásti. Výsledkem byla podrobná a přesná databáze, která poskytuje ucelený souhrn o všech relevantních komponent a servisních dílů. Výsledkem byl souhrn přibližně 363 dílů a komponent, které vyvolávají zájem v rámci projektu.

Aby mohly být jednotlivé komponenty hodnoceny z hlediska jejich dostupnosti, musí být jejich seznam doplněn o sloupce definující počet naskladněných částí a jaká je očekávaná spotřeba do konce životnosti systému. Tato očekávaná spotřeba bývá definována, právě tehdy, když je díl určen k poslednímu nákupu. A skladové informace jsou definovány dle jednotlivých servisních skladů v regionech APAC³¹, EMEA³², LAD³³, NA³⁴.

Data o počtu naskladněných kusů byla získána z ERP informačního systému QAD ve všech firemních výrobních skladech, ale především i v servisních skladech, které bývají standardně pronajímány od třetích stran. Tyto informace byly sumarizovány, aby se zjistil celkový počet kusů skladem. Pro zjištění, zda je počet kusů dostatečný pro plnění poptávky bylo nutné ji určit.

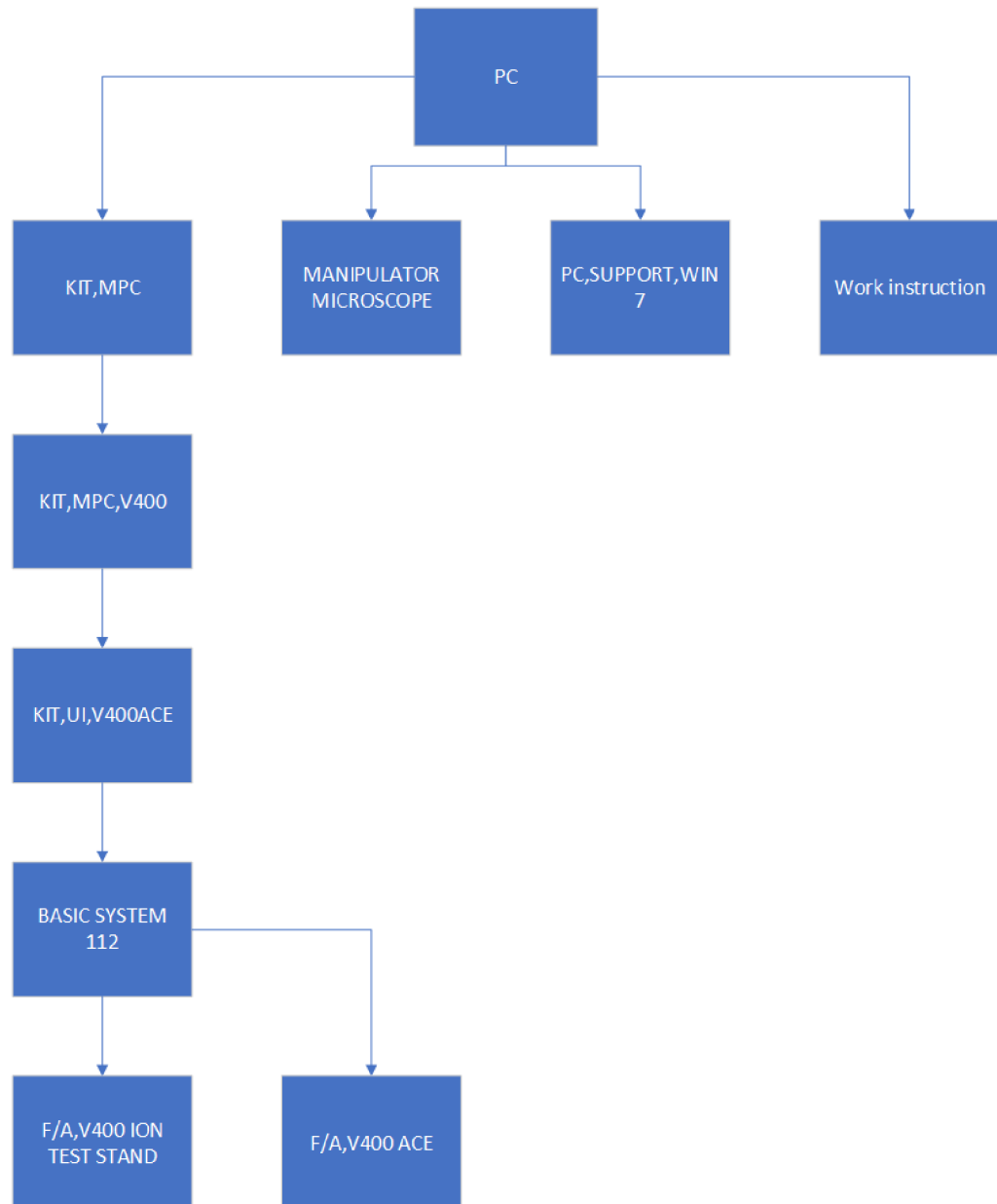
³¹ APAC – Asie a pacifik

³² EMEA – Evropa, Blízký východ a Afrika

³³ LAD – Divize Latinské Ameriky

³⁴ NA – Severní Amerika

Predikce poptávky po komponentě je náročný proces, který vyžaduje pečlivou analýzu mnoha faktorů. Výpočet poptávky je založen nejen na exaktním výpočtu, ale také na empirických koeficientech, které jsou určeny na základě minulých spotřebních trendů. Tyto koeficienty jsou zpravidla upravovány na základě aktuálních podmínek a trendů v oblasti výroby a spotřeby komponent.



Obrázek 13: Vizualizace stromové struktury

V té je zahrnuta nejen spotřeba ve smyslu využití dílů v poli, ale i spotřeba součástí daná jejich defekty. Tento jev je velmi významný především u elektronických

komponent, kde jich významná část v čase v případě jejich nevyužití musí být zničena nebo recyklována.

Takto vytvořená a ucelená tabulka má potom následující podobu (tabulka 5) a lze z ní snadno určit, které komponenty nejsou naskladněné v dostatečném množství a mohou být potenciálně omezující.

Tabulka 5: Výňatek finalizované tabulky komponent

Úroveň	Id produktu	Popis	Výrobní poptávka [ks]	Servisní poptávka [ks]
0	5601915	FLASH 5V PROM	46	845
2	9858082	Sys serv I/F	0	85
4	9123639	FGSU, NG1	0	0
2	4664695	STAC-PACKING,SP	0	72
3	2879971	Det.Rck contr. Unit	0	682
3	3283455	CCB2/OPTD	0	0

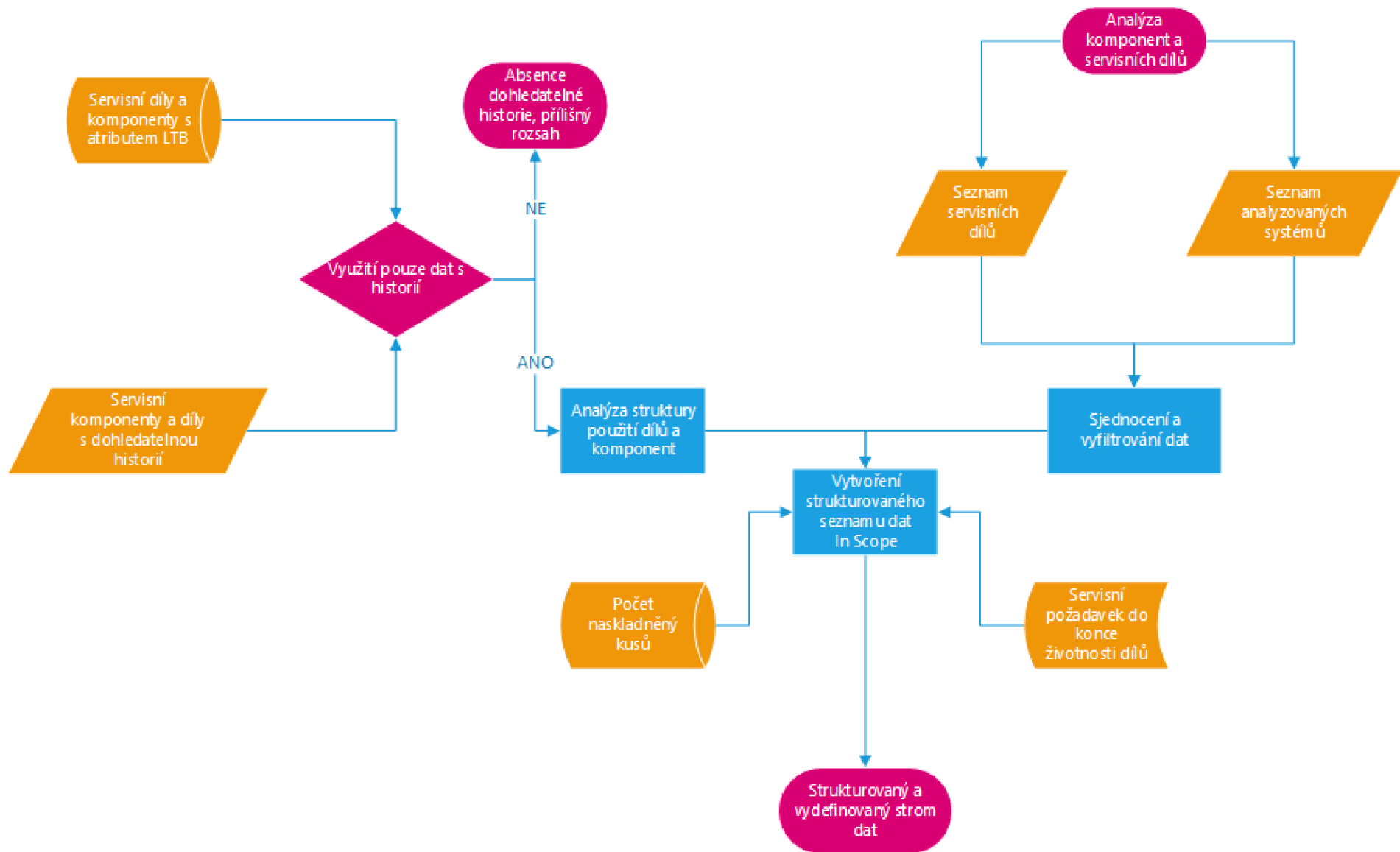
Tabulka 6: Výňatek finalizované tabulky komponent – pokračování

Id produktu	Typ komponenty	Je FRU?	Je komponenta?	Zásoba [ks]
5601915	Electronic item	Ne	Ano	N/A
9858082	Service item	Ano	Ne	24
9123639	Service item	Ano	Ne	27
4664695	Service item	Ano	Ne	27
2879971	Service item	Ano	Ne	78
3283455	Service item	Ano	Ne	36

Vzorovou komponentou je elektronická součástka, která je součástí několika sestav servisních dílů, což lze poznat dle sloupce „Typ komponenty“. Ze stromové struktury využití dílů byly vyfiltrovány nežádoucí součásti a zůstaly v ní jen servisní sestavy, které jsou žádoucí v rámci práce. U této konkrétní komponenty je zřejmé, že u takřka všech sestav převyšuje poptávka zásobu jednotlivých dílů, což by mohlo znamenat potenciální problém vyžadující hlubší investigaci.

Dalším problematickým aspektem je nedostatek informací o zásobách samotné součásti, jelikož elektronické součástky jsou většinou nakupovány od externích dodavatelů a ten dodává již hotové komponenty, neexistuje v současnosti jednoznačný způsob jak zjistit, kolik součástek má dodavatel na skladě kromě komunikace s ním. Je tedy předpokladem, že tyto součásti budou k dispozici v dostatečném množství na základě uzavřených kontraktů.

Celý postup vytváření finálního souhrnu komponent je vyobrazen na Obrázek 14.



Obrázek 14: vývojový diagram tvorby finálního souhrnu komponent

4.3 Vyhodnocení datové analýzy

Na základě získaných a agregovaných dat byly vyhodnoceny kritické díly a jejich vliv na možnosti servisu jednotlivých produktů. Tato rozhodnutí jsou již činěna čistě na základě zkušenosti a daly by se tak nazvat expertním nebo heuristickým rozhodováním. Vzhledem k počtu naskladněných servisních součástí a obtížnosti jejich dalšího získávání bylo vyhodnoceno, že další prodlužování servisních kontraktů nelze zcela jednoznačně doporučit u žádné z produktových řad. Implikace, které vycházejí z analýzy jsou následující:

1. Nedostatečný počet komponent. Některé servisní součásti jsou již v současné době naskladněny v nedostatečném počtu a jsou potenciálně výrazně limitujícím faktorem, již za současné situace, kde je ohrožena schopnost servisní organizace naplnit své závazky v rámci všech v současnosti běžících kontraktů. Po technické stránce tedy není možné garantovat prodloužení podpory v plném rozsahu.
2. Snižování ziskovosti produktů. Některé produkty v portfoliu, již v současnosti výrazně překračují svou původně plánovanou živostnost. Zmenšování počtu uživatelů vede ke snížení poptávky po službách spojených s daným produktem. Když se počet prodaných produktů snižuje, snižuje se také počet lidí, kteří potřebují servis a údržbu těchto produktů. To vede ke zmenšování trhu pro servisní činnosti a tím i klesání ziskovosti.
3. Extended support (prodloužená podpora). Servisní kontrakty nebudou prodlouženy v rámci regular support (běžná podpora) nabízející plnou garanci za chod produktu, ale zákazníkům může být stále nabídnuta forma prodloužené podpory. Tato forma servisní podpory, již však negarantuje plnou opravitelnost, jestliže se bude porucha týkat např. právě nedostatkových servisních komponent.

Na základě současných informací a technických omezení jakékoliv prodlužování standardních servisních kontraktů mohlo znamenat jejich nedodržení a poškození reputace firmy. Samozřejmě poruchovost dílů je stochastický jev, který je extrémně těžce predikovatelný, avšak vzhledem ke stáří jednotlivých přístrojů je riziko poruchy

značné. Díly navíc nejsou využívány izolovaně a jsou součástí často několika produktů, jejichž data očekávaného konce servisní podpory jsou standardně strategicky odstupňovaná. Prodloužení podpory jedné části portfolia nemůže v žádném případě ohrozit zbytek produktů a jejich roadmapy³⁵.

³⁵ Strategická roadmapa produktu je plánovací dokument, který popisuje cíle a kroky, které musí produkt projít, aby se dosáhlo stanovených cílů. Cílem roadmapy produktu je zajistit, aby produkt splňoval potřeby a očekávání zákazníků a aby byl konkurenceschopný na trhu a udává produktu jasnou vizi a strategii pro jeho budoucnost.

DISKUSE

Práce popisuje problematiku produktového přístupu a akcentuje celostní přístup, avšak bere v potaz i technické aspekty systémů a produktových portfolií. Kromě obecného popisu problematiky PLM a k ní přidružených informačních systémů a softwarové architektury bylo cílem nastínit základní stavební kameny tohoto přístupu k produktu a produktovým datům, jejich managementu a organizaci. Úspěšné projekty dle Starka (2020) dokázaly vykázat snížení svých nákladů spojených s jejich produkty (nezávisle ať šlo o automobilový, výrobní nebo letecký průmysl) o desítky procent po zavedení produktového přístupu a sjednocení přístupu k datům. Jednotlivé implementace však obzvláště v počátečních fázích vyžadují značné množství úsilí, podporu managementu firmy a správně nastavený změnový proces, jelikož PLM se dotýká všech aspektů společnosti.

Na příkladu využití PLM v leteckém a farmaceutickém průmyslu je znázorněn nejen odlišný přístup a stupeň vývoje v daném odvětví, ale zároveň způsob, kterým specifické podmínky ovlivňují jednotlivé implementace.

V letectví, které stojí za celou filozofií managementu životního cyklu produktu, jsou zřejmé trendy, které se v současnosti snaží následovat i jiná odvětví průmyslu jako jsou firmy vyrábějící high-tech produkty nebo automobilky. Snaha implementovat digitální továrny, virtuální výrobu a všechny výrobní aspekty mít implementované v jednom virtuálním datovém modelu fungujícím jako digitální dvojče již probíhá v rámci pilotních projektů. Největšími překážkami v současnosti jsou bariéry týkající se sjednocených mezinárodních formátů, které by umožnily jednoduchou komunikaci mezi všemi aplikacemi (Mas et al. 2021). Je otázkou, zda bude tlak na sjednocení dostatečně silný, jelikož různé formáty poskytují jednotlivým výrobcům jednotlivých systémů značnou výhodu. V současnosti je totiž velmi těžké přesunout svá data z jednoho IS do jiného, a proto je spousta firem dlouhodobě vázána k jednomu výrobcí, ať už PLM systému nebo jiných.

Farmaceutický průmysl na druhou stranu čelí výzvám především spojených nikoliv s inženýrskými problémy, ale s prodlevami způsobenými při vývoji nových produktů. Léky a léčivé přípravky totiž musí splňovat vysoké nároky z hlediska regulací a kontroly kvality. Pokud by byla data ideálně spravována, bylo by možné jednotlivé

kroky optimalizovat tak, aby celý proces zabral co nejmenší čas, což by znamenalo významnou úsporu nákladů na vývojový proces, který je kapitálově velmi náročný.

Provedená datová analýza byla postavena na datech dostupných v ERP systému, dat, které byly k dispozici ze strany servisní organizace a databáze LTB dílů. Byla to práce s poměrně velkým množstvím dat, na které přestával být MS Excel dostačujícím nástrojem. Vzhledem k tomuto faktu, že každý rok je ukončena servisní podpora určité části produktů, bylo by vhodné vystavět datový model, tak aby sloužil jako BI nástroj. Bylo by tak umožněno komplexně analyzovat celé portfolio produktů v reálném čase. Zároveň by byl eliminován potenciální nedostatek mého přístupu, tedy rozhodnutí pracovat jen s omezeným množstvím dat. Pokud by byla data zpracovávána na úrovni databází, neexistoval by problém s rozsahem a dohledatelná historie by byla pouze dílčím aspektem.

Prodlužování životního cyklu servisních součástí je především obchodním rozhodnutím a jako na takové by se na ně mělo nahlížet. V rámci této práce byla hodnocena především technická proveditelnost a na tomto základě byla postavena formulace doporučení týkajících se servisních kontraktů. Servisní činnost však neprobíhá ve vzduchoprázdnu a kriticky se zhodnocují i následující faktory.

Na globálním trhu samozřejmě existuje konkurence. Pokud na trhu existuje více společností nabízejících podobné produkty a služby, zákazníci mají více možností, kde své produkty servisovat a údržbu zajistit. To může vést k poklesu ceny služeb a snižování ziskovosti pro společnosti poskytující tyto služby. Ovšem v konkrétním případě elektronové mikroskopie se jedná o poměrně omezený trh a společnosti třetích stran běžně nejsou schopné servisovat v odpovídající kvalitě dodávaných servisních dílů ani služeb. Jak bylo uvedeno, v současnosti je životní cyklus hodnocených produktů za svou původně odhadovanou délkou, to znamená další faktor. Tím je významné zvyšování poruchovosti a nutných oprav. S rostoucím stářím produktů se zvyšuje potřeba drahých oprav náročných na náhradní díly, což zvyšuje náklady na poskytování servisních služeb. Společnost běžně není schopna tyto náklady zcela přenést na zákazníky, a to může vést k poklesu ziskovosti.

I přes zhodnocení současné situace z pohledu technické proveditelnosti a životního cyklu produktového portfolia může být prosazení konečného rozhodnutí o neprodloužení podpory poměrně náročné. A to především u hlavních vlajkových lodí,

které tvoří jádro dodávaných mikroskopů. Vzhledem k tomu, že definují obraz značky, tak je předpokládán značný tlak na jejich co nejdelším udržení v poli. Pokud by tato situace nastala, je třeba nastínit i důsledky, které by tato skutečnost mohla mít. Především k nedostatku dílů by mohlo v případě velkého množství poruch dojít k nemožnosti dodržení všech kontraktů, a tedy i případné prioritizaci jistých zákazníků. Taková situace není žádoucí především z hlediska obrazu značky a vztahu firmy se zákazníkem.

Obecným doporučením je v co největší míře nahradit základnu instalovaných produktů novými modely a nabídnout v rámci aktualizovaného portfolia zákazníkům vhodnou alternativu.

ZÁVĚR

Předmětem práce byla analýza servisní činnosti s přihlédnutím na dobu poskytované servisní podpory a možností jejího prodloužení pro zvýšení dosahovaných výnosů.

V první části práce byly popsány základní koncepty holistického přístupu k životnímu cyklu produktů. Tedy co je chápáno produktem, jejich variabilita, produktová data a jejich formy, architektura produktových databází a zároveň co je chápáno životním cyklem. Důraz je v této části kladen především na produktová data a základní moduly PDM.

Dále jsou v práci prezentovány výzvy, se kterými se potýkají průmyslové podniky, přičemž jsou představeny příklady případových studií z letectví a farmacie. Historický vývoj letectví značně přispěl k rozvoji PLM a jako takový je stále zdrojem nových inovativních přístupů a poskytuje jasný pohled na to, kterým směrem se bude přístup k managementu životního cyklu produktů rozvíjet v budoucnosti. Farmacie naopak nastiňuje využití i v oborech se zcela jinou koncepcí produktu a ukazuje, že využití není limitováno vysokou technickou složitostí.

Poslední část práce je soustředěna na servisní činnost a poprodukční podporu produktů. Jádrem bylo vytvoření datového modelu a jeho analýza, na základě, které byly vyvozeny závěry, týkající se prodlužování servisních kontraktů pro 33 analyzovaných systémů, jejichž zastoupení v základně instalovaných produktů se významně lišilo. Výsledkem analýzy servisních komponent je rozhodnutí neprodužovat servisní kontrakty, jelikož nemůže být zabezpečeno naplnění servisní činnosti v plném rozsahu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ACARE, 2010. ACARE Advisory Council for Aeronautics Research in Europe.

ADAM, Martin, Stephan SCHÄFFLER a Anna BRAUN, 2014. How lean management tools are supported by erp-systems: An overview. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation* [online]. **8**, 45–52 [vid. 2023-03-18]. ISSN 21954976. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-07055-1_5/COVER

BARRIOS, Piers, Christophe DANJOU a Benoit EYNARD, 2022. Literature review and methodological framework for integration of IoT and PLM in manufacturing industry. *Computers in Industry* [online]. **140**, 103688 [vid. 2022-10-19]. ISSN 0166-3615. Dostupné z: doi:10.1016/J.COMPIND.2022.103688

ERP RESEARCH, [b.r.]. *QAD Systems Review, Cost, Modules & Functionality* [online] [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.erpresearch.com/en-us/qad-erp>

FRAGA, Alvaro Luis, Marcela VEGETTI a Horacio Pascual LEONE, 2020. Ontology-based solutions for interoperability among product lifecycle management systems: A systematic literature review. *Journal of Industrial Information Integration* [online]. **20**. ISSN 2452414X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jii.2020.100176

GAO, Jx, Hayder AZIZ, Pg MAROPOULOS, Wm CHEUNG, J X GAO, P G MAROPOULOS a W M CHEUNG, 2010. International Journal of Computer Integrated Manufacturing Application of product data management technologies for enterprise integration Application of product data management technologies for enterprise integration [online]. [vid. 2022-10-23]. ISSN 1362-3052. Dostupné z: doi:10.1080/0951192031000115813

GIRIDHARAN, John a R. SRINIVASA, 2021. PHARMACEUTICAL PRODUCT LIFE CYCLE MANAGEMENT-A COMPREHENSIVE REVIEW. *International Journal of Pharmacy* [online] [vid. 2023-04-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/354851918_PHARMACEUTICAL_PRODUCT_LIFE_CYCLE_MANAGEMENT-A_COMPREHENSIVE_REVIEW

HABIB, Hassan, Rashid MENHAS a Olivia MCDERMOTT, 2022. Managing Engineering Change within the Paradigm of Product Lifecycle Management. *Processes*

2022, Vol. 10, Page 1770 [online]. **10**(9), 1770 [vid. 2023-04-15]. ISSN 2227-9717. Dostupné z: doi:10.3390/PR10091770

HEIN, Todd, Balakrishnan ARVINDH, Gulati HARDEEP a Winkler MICHAEL, 2012. Improving clinical development & manufacturing processes in pharmaceutical R&D organizations Product Lifecycle Management for the Pharmaceutical Industry. *Product Lifecycle Management for the Pharmaceutical Industry*.

CHAUHAN, Divya a Nusrat KHAN, 2013. Integration of Project-Product Lifecycle in Pharmaceutical Industry. [online]. [vid. 2023-04-22]. Dostupné z: <http://imsear.searo.who.int/handle/123456789/149346>

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. ISBN 978-80-247-5717-9.

KROPSU-VEHKAPERÄ, Hanna, Harri HAAPASALO, Janne HARKONEN a Risto SILVOLA, 2009. Product data management practices in high-tech companies. *Industrial Management and Data Systems* [online]. **109**(6), 758–774 [vid. 2023-01-04]. ISSN 02635577. Dostupné z: doi:10.1108/02635570910968027/FULL/XML

MAŘÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku* [online]. Praha: Management Press [vid. 2023-05-07]. ISBN 978-80-7261-440-0. Dostupné z: <https://search.mlp.cz/cz/titul/prumysl-4-0/4260546/>

MAS, F., R. ARISTA, M. OLIVA, B. HIEBERT, I. GILKERSON a J. RIOS, 2015. A Review of PLM Impact on US and EU Aerospace Industry. *Procedia Engineering* [online]. **132**, 1053–1060 [vid. 2022-10-21]. ISSN 1877-7058. Dostupné z: doi:10.1016/J.PROENG.2015.12.595

MAS, Fernando, Rebeca ARISTA, Manuel OLIVA, Bruce HIEBERT a Ian GILKERSON, 2021. An updated review of PLM impact on US and EU aerospace industry. *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2021 - Proceedings* [online]. [vid. 2023-04-15]. Dostupné z: doi:10.1109/ICE/ITMC52061.2021.9570205

MAS, Fernando, Jose Luis MENENDEZ, Manuel OLIVA, Jose RIOS, Alejandro GOMEZ a Victor OLMOS, 2014. IDMU as the collaborative engineering engine: Research experiences in airbus. *2014 International Conference on Engineering,*

Technology and Innovation: Engineering Responsible Innovation in Products and Services, ICE 2014 [online]. [vid. 2023-04-15]. Dostupné z: doi:10.1109/ICE.2014.6871594

MEESHI, Mahesh M., Vinayak N. KULKARNI, V. N. GAITONDE, G. Jangali SATISH a B. B. KOTTURSHETTAR, 2021. A review on PLM platform deployment in aerospace industries. *AIP Conference Proceedings* [online]. **2358**(1), 100011 [vid. 2023-04-15]. ISSN 0094-243X. Dostupné z: doi:10.1063/5.0057962

MICROSOFT, 2023. *What is CRM? | Microsoft Dynamics 365* [online] [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://dynamics.microsoft.com/en-us/crm/what-is-crm/>

MICROSOFT, [b.r.]. *Sales Overview – Dynamics Sales Solutions | Microsoft Dynamics 365* [online] [vid. 2023-05-07]. Dostupné z: <https://dynamics.microsoft.com/en-us/sales/overview/>

MISIUREK, Bartosz, 2016. Standardized work with TWI: Eliminating human errors in production and service processes. *Standardized Work with TWI: Eliminating Human Errors in Production and Service Processes* [online]. 1–191 [vid. 2023-05-07]. Dostupné z: doi:10.1201/B19696

MORSHEDZADEH, Iman, Jan OSCARSSON, Amos NG, Manfred JEUSFELD a Janne SILLANPAA, 2018. Product lifecycle management with provenance management and virtual models: an industrial use-case study. *Procedia CIRP* [online]. **72**, 1190–1195 [vid. 2022-10-19]. ISSN 2212-8271. Dostupné z: doi:10.1016/J.PROCIR.2018.03.157

ORACLE, [b.r.]. Improving clinical development & manufacturing processes in pharmaceutical R&D organizations Product Lifecycle Management for the Pharmaceutical Industry.

PALOS, Salla, Arto KIVINIEMI a Johanna KUUSISTO, 2014. Future perspectives on product data management in building information modeling. *Construction Innovation* [online]. **14**(1), 52–68 [vid. 2023-01-04]. ISSN 14714175. Dostupné z: doi:10.1108/CI-12-2011-0080/FULL/HTML

PRASAD, Biren, 1997. Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product Development. *Prentice-Hall international series in industrial and systems engineering* [online]. **II**(April) [vid. 2023-04-15]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.1.4710.1527

PRZYBYLO, Aleksander, 2017. PLM forensics: Understanding the design evolution and intent by following the trail of change. *International Journal of Product Lifecycle Management* [online]. **10**(4), 375–383 [vid. 2023-04-15]. ISSN 17435129. Dostupné z: doi:10.1504/IJPLM.2017.090331

QAD INC., 2018. QAD Solution Guide. **35**, 37–42.

QAD INC., 2023. *About QAD | Company Profile* [online] [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.qad.com/about>

SAAKSVUORI, Antti a Anselmi IMMONEN, 2008. Product lifecycle management (third edition). *Product Lifecycle Management (Third Edition)* [online]. 1–253 [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-78172-1/COVER

SAP, [b.r.]. *Co je to datový sklad?* [online] [vid. 2023a-05-01]. Dostupné z: <https://www.sap.com/cz/products/technology-platform/datasphere/what-is-a-data-warehouse.html>

SAP, [b.r.]. *What is product lifecycle management (PLM)? | SAP Insights* [online] [vid. 2023b-04-14]. Dostupné z: <https://www.sap.com/insights/what-is-product-lifecycle-management.html>

SEAL, D, 2018. The System Engineering 'V'–Is it Still Relevant in the Digital Age? *gpdisonline.com* [online]. [vid. 2023-04-15]. Dostupné z: https://gpdisonline.com/wp-content/uploads/2018/09/Boeing-DanielSeal-The_System_Engineering_V_Is_It_Still_Relevant_In_the_Digital_Age-MBSE-Open.pdf

SCHULTE, PETER., 2019. *COMPLEX IT PROJECT MANAGEMENT: 16 steps to success*. B.m.: CRC PRESS. ISBN 978-0367395001.

SIEMENS INDUSTRY SOFTWARE B.V., 2019. *Siemens Software* [online] [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/country/engage/topic/teamcenter-czech/26578>

STARK, John, 2020. Product Lifecycle Management (Volume 1) [online]. Decision Engineering [vid. 2022-10-16]. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-28864-8

STRELETS, D. Y., S. A. SEREBRYANSKY a M. V. SKURIN, 2019. A digital approach to aircraft product lifecycle management. *Proceedings of 2019 12th International Conference "Management of Large-Scale System Development", MLSD 2019* [online]. [vid. 2023-04-15]. Dostupné z: doi:10.1109/MLSD.2019.8911020

TERZI, Sergio, Abdelaziz BOURAS, Debashi DUTTA, Marco GARETTI a Dimitris KIRITSIS, 2010. Product lifecycle management - From its history to its new role. *International Journal of Product Lifecycle Management* [online]. **4**(4), 360–389 [vid. 2022-10-19]. ISSN 17435129. Dostupné z: doi:10.1504/IJPLM.2010.036489

THERMO FISHER SCIENTIFIC, 2021. Corporate Social Responsibility Report [online]. 23–42 [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: thermofisher.com/csr

THERMO FISHER SCIENTIFIC, 2022. *About | Thermo Fisher Scientific* [online] [vid. 2023-01-04]. Dostupné z: <https://corporate.thermofisher.com/content/tfcorpsite/us/en/index/about.html>

THERMO FISHER SCIENTIFIC BRNO S.R.O., 2021a. *Corporate Social Responsibility* [online] [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://corporate.thermofisher.com/content/tfcorpsite/us/en/index/corporate-social-responsibility.html>

THERMO FISHER SCIENTIFIC BRNO S.R.O., 2021b. *Veřejný rejstřík a Sbírka listin* [online]. [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-detail?dokument=68262235&subjektId=684870&spis=694768>

VALENTINA GECEVSKA, TEODORA STOJANOVA a BOJAN JOVANOVSKI, 2013. PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT TOOLS 1-3. UNIVERSITY SS.CYRIL AND METHODIUS IN SKOPJE, FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING KARPOS 2 BB, SKOPJE, MACEDONIA. *International Journal of Engineering*. **11**. ISSN 1584 - 2665.

VAN WIJK, Dimitri, Benoît EYNARD, Nadège TROUSSIER, Farouk BELKADI, Lionel ROUCOULES, Guillaume DUCCELLIER, D VAN WIJK, B EYNARD, N

TROUSSIER, F BELKADI, L ROUCOULES a G DUCELLIER, 2009. Integrated Design and PLM Applications in Aeronautics Product Development [online]. [vid. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://hal.science/hal-00784552>

VOLTA E SOUSA, Lúcia, Ricardo GONÇALVES, José C. MENEZES a António RAMOS, 2021. Analytical Method Lifecycle Management in Pharmaceutical Industry: a Review. *AAPS PharmSciTech* [online]. **22**(3), 1–14 [vid. 2023-04-23]. ISSN 15309932. Dostupné z: [doi:10.1208/S12249-021-01960-9/FIGURES/8](https://doi.org/10.1208/S12249-021-01960-9/FIGURES/8)

WIESNER, Stefan, Mike FREITAG, Ingo WESTPHAL a Klaus Dieter THOBEN, 2015. Interactions between Service and Product Lifecycle Management. *Procedia CIRP* [online]. **30**, 36–41 [vid. 2022-10-19]. ISSN 2212-8271. Dostupné z: [doi:10.1016/J.PROCIR.2015.02.018](https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2015.02.018)

ZANTOUT, Hind a Farhi MARIR, 1999. Document management systems from current capabilities towards intelligent information retrieval: an overview. *International Journal of Information Management* [online]. **19**(6), 471–484 [vid. 2022-10-21]. ISSN 0268-4012. Dostupné z: [doi:10.1016/S0268-4012\(99\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S0268-4012(99)00043-2)

ZHAN, Xianghui a Xiaoda LI, 2013. Methods of mapping model data to teamcenter. *Proceedings - 2013 4th International Conference on Digital Manufacturing and Automation, ICDMA 2013* [online]. 783–786 [vid. 2023-03-18]. Dostupné z: [doi:10.1109/ICDMA.2013.186](https://doi.org/10.1109/ICDMA.2013.186)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Význam
<i>PLM</i>	Product lifecycle management / Management životního cyklu produktu
<i>PDM</i>	Product data management / Management produktových dat
<i>EDM</i>	Engineering data management / Management inženýrských dat
<i>BOM</i>	Bill of Material / Kusovník
<i>CAD</i>	Computer aided design / Počítačem podporované projektování
<i>ERP</i>	Enterprise resource planning / Podnikové plánování zdrojů
<i>CRM</i>	Customer relation management / Management vztahů se zákazníky
<i>LAN</i>	Local area network / Lokální počítačová síť
<i>WAN</i>	Wide area network / Rozlehlá počítačová síť

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pět fází životního cyklu produktu (SAP [b.r.])	17
Obrázek 2: Struktura datového skladu (SAP [b.r.]).....	24
Obrázek 3: Příklad životního cyklu v letectví z pohledu trhu (ACARE 2010)	32
Obrázek 4: Porovnání komplexity výrobku v rámci vybraných odvětví (Mas et al. 2021)	33
Obrázek 5: Vývojový postup léčiv (Hein et al. 2012)	39
Obrázek 6: Úspěšnost zavedení nových produktů (hodnoty uvedené v grafice jsou v procentech) (Hein et al. 2012)	43
Obrázek 7: Vývojový tok nového produktu (Hein et al. 2012)	44
Obrázek 8: Firemní logo (Thermo Fisher Scientific 2022)	49
Obrázek 9: Vizualizace prostředí QAD	54
Obrázek 10: Vizualizace prostředí Microsoft Dynamics.....	55
Obrázek 11: Vizualizace prostředí Siemens Teamcenter	57
Obrázek 12: Struktura výrobní organizace	61
Obrázek 13: Vizualizace stromové struktury.....	69
Obrázek 14: vývojový diagram tvorby finálního souhrnu komponent.....	72

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přibližný počet dílů různých produktů (adaptováno z (Stark 2020))

Tabulka 2 Příklad struktury kusovníku (adaptováno z (Stark 2020))

Tabulka 3: Formát tabulky klíčových komponent

Tabulka 4: Stromová struktura sestav

Tabulka 5: Výňatek finalizované tabulky komponent

Tabulka 6: Výňatek finalizované tabulky komponent – pokračování

SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Příloha 1: Přehled vývoje jednotlivých generací PLM

Příloha 1: Přehled vývoje jednotlivých generací PLM (Mas et al. 2015)

	GENERACE 0	GENERACE 1	GENERACE 2	GENERACE 3
	1960	1990	2005	Budoucnost
PERSONÁL/DOVEDNOSTI	Soustružníci	Inženýři	Concurrent Engineering	Collaborative Engineering
INŽENÝRSKÉ VSTUPY	Vstup na základě formulářů	Product Data Management (PDM)	Hlavní definice produktu (MPD)	Integrovaný digitální model (IDMU)
KONFIGURACE PRODUKTU	Výslovná konfigurace	Multi-konfigurace	Mono-konfigurace	Konfigurace podle vzorku (Označení ocasu, MSN)
MODELOVÁNÍ	Fyzické modely	Základní simulace	Pokročilé simulace	Kompletní virtuální výroba
VÝROBA	Manuální práce, šablony	Automatizace, NC, CIM	Rozšířený podnik (EE)	Digitální továrna
PLM NÁSTROJE	Aplikace vlastního vývoje	Upravené komerční aplikace vlastního vývoje (COTS)		Software jako služba (SaaS)
INFRASTRUKTURA	Hlavní systémy	Pracovní stanice (UNIX)	Osobní počítače (Windows)	Bez rozdílu: PC, tablet, telefon, virtualizace.
INFORMAČNÍ MODEL	Základní plochy a 2D výkresy	3D modely drátových rámců, plochy a 2D výkresy	3D modely pevných těles, definice založená na modelech (MBD)	Inženýrství založené na znalostech (KBE)
FORMÁT DATOVÉHO MODELU	Vlastní formát			Mezinárodní standardy
DATA EXCHANGE FORMAT	Omezená výměna dat	IGES, SET a DXF	Vlastní formát	Mezinárodní standardy
LONG TERM ARCHIVING (LOTA)	Neexistující, v papírové podobě	STEP (ISO 10303)		Mezinárodní standardy