



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**STUDIE ŘÍZENÍ ŽIVOTNÍHO CYKLU
PRODUKTU V PODNIKU**

THE STUDY OF PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT IN AN ENTERPRISE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Pavel Kříž

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Ing. Pavel Kříž**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce: **prof. Ing. Marie Jurová, CSc.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Studie řízení životního cyklu produktu v podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Dosažení udržitelného rozvoje podniku při navýšení produktivity práce při stávajících technologiích.
Zajištění konkurenční přednosti podniku.

Cíle diplomové práce:

Hodnocení současného stavu PLM se zaměřením na:

- výrobní program
- výrobní systém
- organizace procesního řízení zakázky

Vytipování podstatných nedostatků současného stavu

Návrh teoretických přístupů pro změnu OŘV

Sestavení systému PLM k zabezpečení růstu produktivity

Zhodnocení přínosů a podmínek realizace řešení

Seznam doporučené literatury:

FIALA, P. Modelování a analýza produkčních systémů. Praha: Professional Publishing, 2002. 259 s. ISBN 80-86419-19-3.

GREGOR, M. a kol. Dynamické plánovanie a riadenie výroby. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 284 s. ISBN 80-7100-607-6.

MAŠÍN, J., VYTLAČIL, M. Cesty k vyšší produktivitě. Liberec: IPI, 1996. 254 s. ISBN 80-902235-0-8.

SLACK, N., S. CHAMBERS a R. JOHNSTON. Operations management. 6th ed. Harlow, England: Financial Times Prentice Hall, 2010. 686 s. ISBN 978-0-273-73046-0.

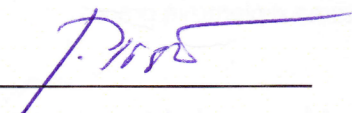
RASTOGI, M. Production and operation management. Bangalore: University science press, 2010. 168 s. ISBN 978-938-0386-812.

VYTLAČIL, M., MAŠÍN, J. a STANĚK, M. Podnik světové třídy. Liberec: IPI, 1997. 276 s. ISBN 80-902235-1-6.

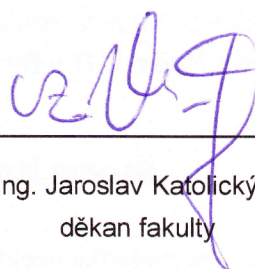
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 2. 10. 2017





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá udržitelným rozvojem podniku se zaměřením na PLM systém v prostředí průmyslového podniku. V teoretické části je popsán životní cyklus produktu (PLM), jeho nároky a přínosy se zaměřením na oblast mechatroniky. Následná analýza současného IT prostředí podává informace, které slouží jako podklad pro úpravu stávajícího systému tak, aby se eliminovaly úzká místa štíhlé výroby podniku, zamezilo se plýtvání a bylo dosaženo udržitelného rozvoje firmy při použití stávajících technologií.

Klíčová slova

PLM, informační prostředí, řízení procesů, mechatronika

ABSTRACT

The thesis explores sustainable development of a company focusing on PLM system in the environment of an industrial company. In the theoretical part the life-cycle of a product (PLM) is described as well as its demands and benefits focusing on the area of mechatronics. The following analysis of current IT environment gives information which is used as the basis for adjustments of the current system in a way to eliminate narrow places of the slim production of the company, avoid wasting and achieve sustainable development of the company while using current technologies.

Key words

PLM, information environment, process management, mechatronics

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KŘÍŽ, P. *Studie řízení životního cyklu produktu v podniku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 60 s. Vedoucí práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Studie řízení životního cyklu produktu v podniku vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Ing. Pavel Kříž

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji své vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za odborné vedení práce a za cenné rady a připomínky. Dále děkuji své rodině za trpělivost a podporu při psaní této práce. Poděkování patří také panu Ing. Antonínu Sedláčkovi za poskytnutí informací potřebných k vypracování této práce. V neposlední řadě i vedoucím některých oddělení, kteří mi také poskytli informace.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH	7
ÚVOD	9
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	11
1.1 Životní cyklus výrobku	11
1.1.1 Struktura životního cyklu projektu (vývojové fáze)	12
1.1.1.1 Metody a procesy vývoje produktu	13
1.1.1.2 Softwarové inženýrství	16
1.2 Řízení životního cyklu výrobku	19
1.2.1 Pojem PLM	19
1.2.2 Nároky kladené na PLM	20
1.2.3 Hlavní fáze PLM	22
1.2.4 Přínosy PLM	23
1.2.4.1 Růst obrátu a zisku	24
1.2.4.2 Snížení jednotkových výrobních nákladů	25
1.2.4.3 Snížení režijních nákladů	25
1.2.5 Úspěch a neúspěch projektů	25
1.3 PLM a mechatronika	27
1.3.1 Oblasti PLM v mechatronice	30
2 VÝROBNÍ PROGRAM	34
3 VÝROBNÍ SYSTÉM	41
4 PROCESNÍ ŘÍZENÍ ZAKÁZKY	43
4.1 Informační prostředí	43
4.2 Řízení procesů	45

4.2.1	Objednávky a jejich vyřízení.....	46
4.2.1.1	Vyřízení standardním způsobem.....	46
4.2.1.2	Vyřízení s nutnou podporou konstrukce	47
4.2.2	Návrh a vývoj	47
4.2.3	Sestavení	48
4.2.4	Seřízení	48
4.2.5	Změny	49
4.2.6	Kontrola.....	49
4.2.7	Servis	50
4.2.8	Vyřazení z provozu.....	50
5	NÁVRH ŘEŠENÍ	51
	ZÁVĚR.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	60
	SEZNAM TABULEK.....	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

Začalo to v 18. století parním strojem, pokračovalo rozvíjející se elektrifikací a vyvrcholilo v 21. století nástupem digitalizace – s tím vším souvisí stále prudší rozvoj průmyslu, do kterého jsou ve stále větší míře zapojovány moderní technologie. Spolu s rostoucí poptávkou a rychlým tempem změn na poli rozvoje vědy a techniky souvisí také ustavičně stupňující se nároky na vývoj, výrobu a distribuci výrobků ve všech odvětvích průmyslu. Ukazuje se, že dříve používané postupy již nemohou v některých oblastech obstát a z hlediska konkurenceschopnosti je nutné hledat nová sofistikovanější řešení. V rámci rozvinuté ekonomiky se totiž zákazníci stávají stále náročnějšími, pokud jde o kvalitu a dodací lhůty. Pokud dnešní společnosti chtějí získat a udržet si konkurenční výhody, je nezbytně nutné řídit se dvěma hlavními směry:

- Zlepšovat vnitřní a vnější efektivitu a snižovat všechny podružné náklady.
- Zlepšovat neustále inovace produktu, procesu, struktury a také i celé organizace.

Tímto způsobem se životní cyklus výrobku a management s ním spojený stávají nezbytnými rozhodujícími aspekty a vytvářejí problematiku zaměřenou na produkt. Všechny procesy, které souvisejí s produktem, se samy rozvíjejí. To vše pak tvoří komplikovaný cyklus, který začíná pochopením trhů a pokračuje návrhem produktů a procesů, provozem a distribučním řízením přes hranice jedné firmy.

Jedním ze skutečně efektivních nástrojů podporujících inovativnost, produktivitu a konkurenceschopnost je cílené využití řízení životního cyklu produktu (Product Lifecycle Management - zkráceně PLM). Jedná se do určité míry o fenomén moderní doby, jehož využití by se v některých oborech dalo označit i za nezbytné. Pojem PLM může být konzervativními firmami přehlížen, popř. může být jeho efekt bagatelizován. Dochází také někdy k nesprávnému pochopení toho, co skutečně řízení životního cyklu výrobku znamená.

Tato práce si klade za cíl provedení studie řízení životního cyklu produktu v podniku a názorné zobrazení využití PLM. V teoretické části práce jsou shrnuty důvody k použití PLM systémů a taktéž je rozebráno, jaké jsou na ně kladeny nároky a jak lze přesně určit úspěšnost využití PLM systému v podniku. Zvláštní

prostor je věnován PLM v oblasti mechatroniky, neboť v této oblasti se pohybuje i zkoumaná společnost.

Začátek praktické části se věnuje analýze současného prostředí a komunikačních technologií společnosti TESCAN, která se věnuje vývoji i výrobě elektronových mikroskopů a je jedním ze světových lídrů v tomto odvětví. Je zde popsán stávající výrobní program, který zároveň uvádí do problematiky elektronových mikroskopů.

V části zabývající se výrobním systémem jsou popsány možnosti výroby jednotlivých dílů v rámci vnitropodnikové dílny, umístění jednotlivých pracovišť, jejich zdánlivé nevýhody a zároveň i klady z nich vycházející. Je zde i nastíněn výrobní systém při sestavování zařízení, jeho následném seřizování, ožívování a v neposlední řadě konzervaci pro expedici.

Pro zvýšení efektivity je zásadní analýza vnitropodnikové komunikace, tedy dvou firemních systémů používaných v podniku: systém pro správu technické dokumentace PDM a celopodnikový systém QAD, jejich provázanost a komunikace mezi vývojovými odděleními a částí zabývající se plánováním a výrobou. Informační tok je posuzován v průběhu celého procesu výroby produktu od zpětné vazby poskytnuté zákazníky, přes výrobu, aktivní životní cyklus, až po vyřazení z provozu.

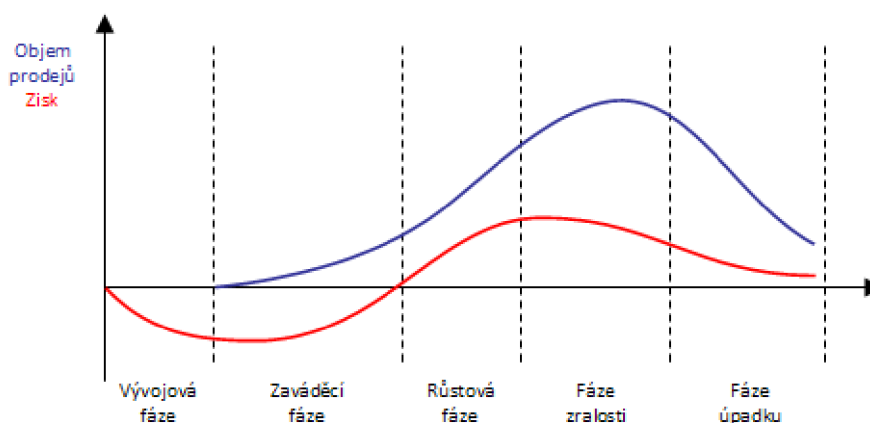
Na základě výše zmíněných analýz jsou vytipována úzká místa v rámci podniku a proveden takový návrh na úpravy PLM, aby bylo dosaženo zvýšení efektivity daných procesů a tím i celého podniku.

V podniku je systém PLM již na takové úrovni, který vyhovuje dnešním požadavkům na správu a zpětnou vazbu, proto je možné s ním dále pracovat a upravovat jeho možnosti.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1.1 Životní cyklus výrobku

Jakýkoliv výrobek nebo služba prochází postupně jistým životním cyklem. Během něj může být daná služba nebo daný výrobek postupně různě vylepšován a inovován. S životním cyklem jsou pak také spojeny prodeje i výnosy, s jejichž vytrvale sestupnou tendencí pak souvisí i případný konec životního cyklu. Vztah mezi objemem prodeje a ziskem je znázorněn dvěma s-křivkami na Obr. 1.1 [1].



Obr. 1.1 Životní cyklus výrobku - vztah mezi objemem prodeje a ziskem. [1]

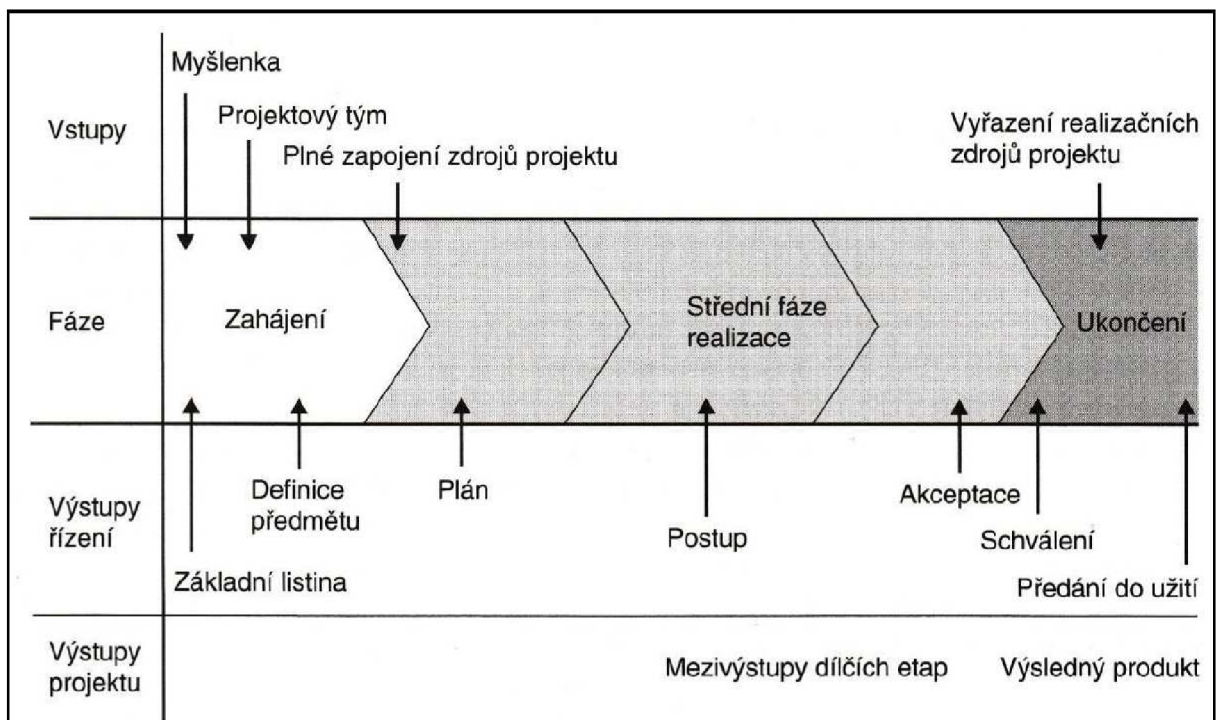
Model znázorněný na Obr. 1.1 ohraničuje pět různých fází života produktu. Jsou to [1]:

- **Vývojová fáze** – dochází k vývoji výrobku, který zatím nebyl uvolněn na trh, proto je také v této fázi zisk zatím záporný a kladné jsou pouze náklady.
- **Zaváděcí fáze** – výrobek je postupně uváděn na trh, s čímž také souvisí postupný nárůst objemů prodeje i zisku, přičemž druhý jmenovaný je však stále ještě záporný.
- **Růstová fáze** – spolu se stále narůstajícím objemem prodeje se zvyšuje i zisk, který se překlápí do kladných hodnot.

- **Fáze zralosti** – objem prodejů produktu ještě stále roste a ke konci fáze začíná postupně stagnovat, u zisku již dochází k pozvolnému poklesu z důvodu snižování ceny produktu.
- **Fáze úpadku** – je charakterizována poklesem objemů prodeje i zisků.

1.1.1 Struktura životního cyklu projektu (vývojové fáze)

Prvotní fází životního cyklu výrobku je fáze vývojová, jak již bylo řečeno v předchozí kapitole. Ta sestává z několika etap, které dohromady tvoří projekt. Tyto etapy lze seřadit do postupného časového sledu, typicky viz Obr. 1.2. V jednotlivých etapách projektu jsou postupně zapojovány zdroje od myšlenkových vstupů a plánů, až po plné využití materiálních prostředků [2].



Obr. 1.2 Rozložení fází životního cyklu projektu. [2]

Životní cykly projektu uvedené na Obr. 1.2 potom vymezují typ práce, který je v dané etapě nutno vykonat, výstupy z této etapy i jejich ověřování a hodnocení a v neposlední řadě také interakce v jednotlivých etapách, které se do daného projektu zapojují [2].

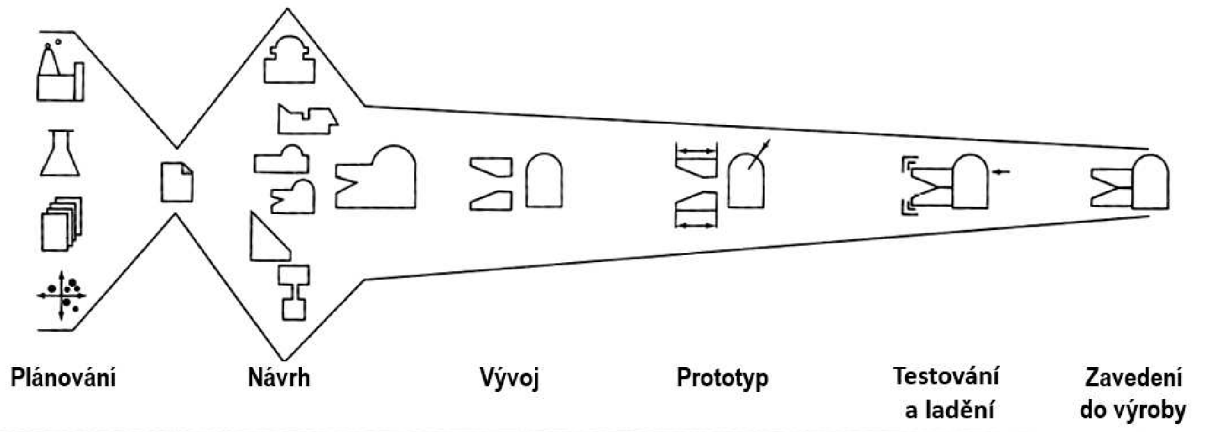
Jednotlivé fáze projektu lze rozdělit na [2]:

- **Konceptuální návrh** – jsou stanovovány cíle projektu, možná rizika, a je prováděn odhad času nutného k realizaci.
- **Definice projektu** – vzniká upřesněním konceptuálního návrhu, probíhá diversifikace cílů s využitím dostupných znalostí a dovedností, stanovení zdrojů, plán nákladů, vytváření podrobných časových plánů realizace.
- **Realizace** – v této fázi dochází k vlastní tvorbě projektu, vzniká projektová dokumentace a je nutné řídit jednotlivé informační proudy, subdodávky a interní i externí výkony, a provádět kontrolu kvality.
- **Operační období** – je fáze, kdy je předmět projektu využíván a začleněn do systémů organizace společnosti uživatele, dále jsou pak hodnoceny ekonomické, ekologické a sociální dopady a je prováděno srovnávání s první fází projektu ve snaze o reflexi využitelnou pro další eventuální budoucí projekty.
- **Vyřazení projektu** – v této závěrečné fázi je prováděna podpora projektu a zároveň je zjišťováno, jestli hotový projekt odpovídá původně stanoveným požadavkům a cílům; poté je uzavřena výsledná dokumentace a prováděn závěrečný audit.

Kroky v procesu vývoje produktu jsou spíše intelektuální a organizační, než fyzické a jsou závislé na kreativitě účastníků celého procesu. Vývoj takového produktu obsahuje několik aspektů, neobsahuje pouze systematický proces výroby produktu, ale také aspekty týkající se využití více technologií, organizační zaměření na řízení rozvoje produktů ve větších organizacích.

1.1.1.1 **Metody a procesy vývoje produktu**

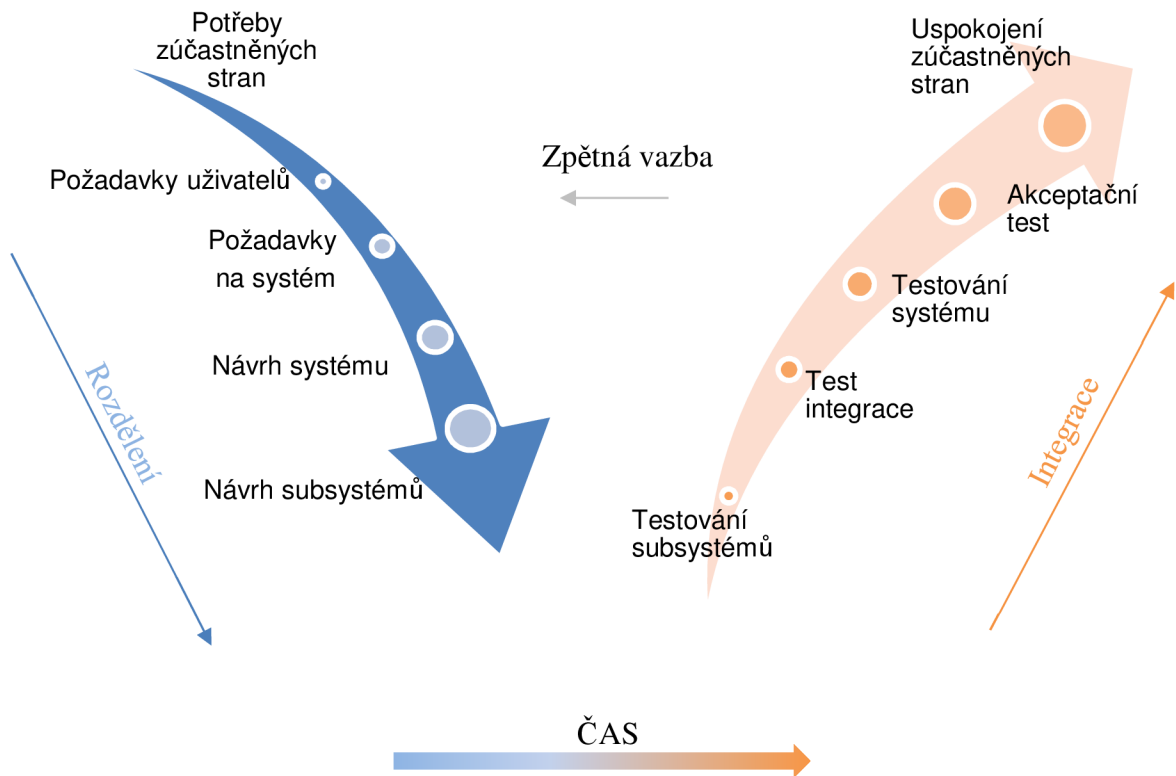
V literatuře můžeme najít několik metodologií vývoje produktu [3]. Tyto metody se obvykle zaměřují na vývoj produktu, který má svůj základ ve strojním inženýrství. Metody se zaměřují na jednotlivé kroky, ve kterých se shromažďují poznatky o potřebách zákazníka, následně se vezmou v úvahu a vytvoří se produkt, který je prodáván na trhu. Tento proces podle Ulricha a Eppingera je prezentován na Obr. 1.3.



Obr. 1.3 Proces vývoje produktu dle Ulricha a Eppingera. [4]

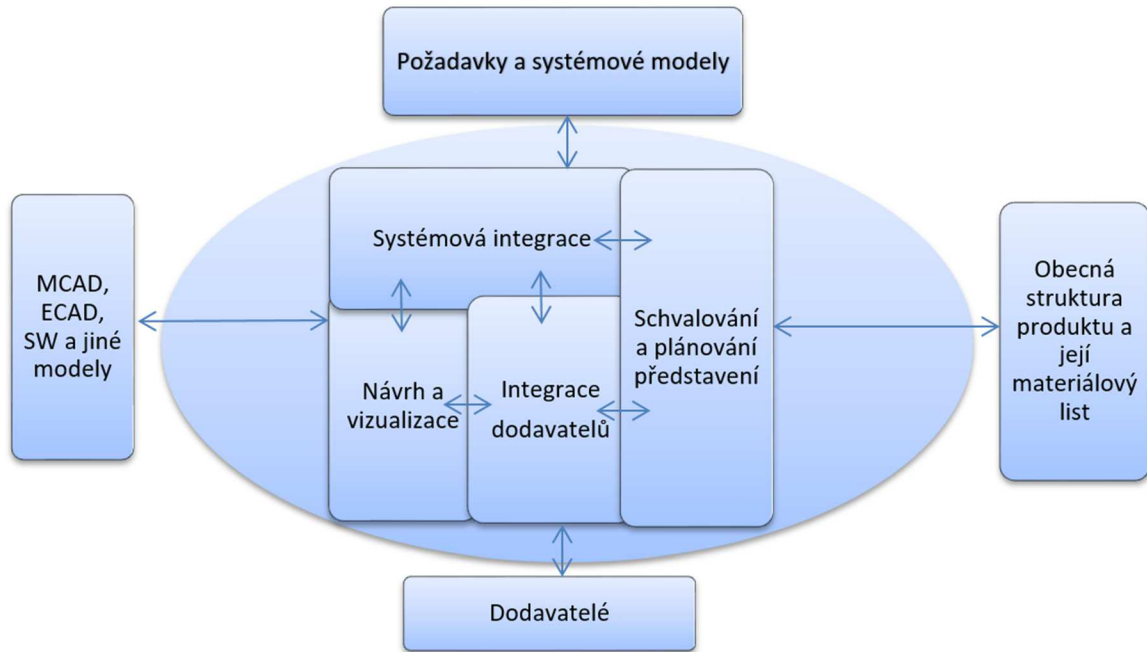
V armádním a leteckém průmyslu byla vyvinuta další metodologie pro vývoj produktu, systémové inženýrství (SE). V této metodologii je vše charakterizováno jako systém a subsystém. Tyto systémy mohou být popsány užitím předmětů, vlastností a vztahů [5]. Systém inženýrského procesu je často zobrazován ve tvaru písmene V. V-model slouží k ilustraci rozsahu a definovaných požadavků a ukazuje, jak jsou testovány subsystémy a systémy na základě těchto definic rozsahu a požadavků.

Ve standardu VDI 2206 je popsán obecný návod na vývoj podle V-modelu. Tento standard vznikl v Německu za účelem zpřesnění celkového procesu vývoje mechatronických systémů. Vývoj vychází z požadavků na systémy a subsystémy v levé části. Ve spodní části V-diagramu je prováděn vývoj řešení specifický pro danou oblast. V pravé části je zjišťována integrace systému, zda produkt funguje tak, jak je popsáno zpětnou vazbou na levou část.



Obr. 1.4 Proces vývoje produktu – V-model.

Systémové modelování produktů [6] představuje zpřístupnění mechatronických dat o produktu vývojovým aktivitám. Obr. 1.5 znázorňuje rozsah procesu, tedy systémovou integraci, návrh a vizualizaci, schválení a plánování, uvolňování a integraci dodavatelů a jejich vztah ke klíčovým informačním prvkům.



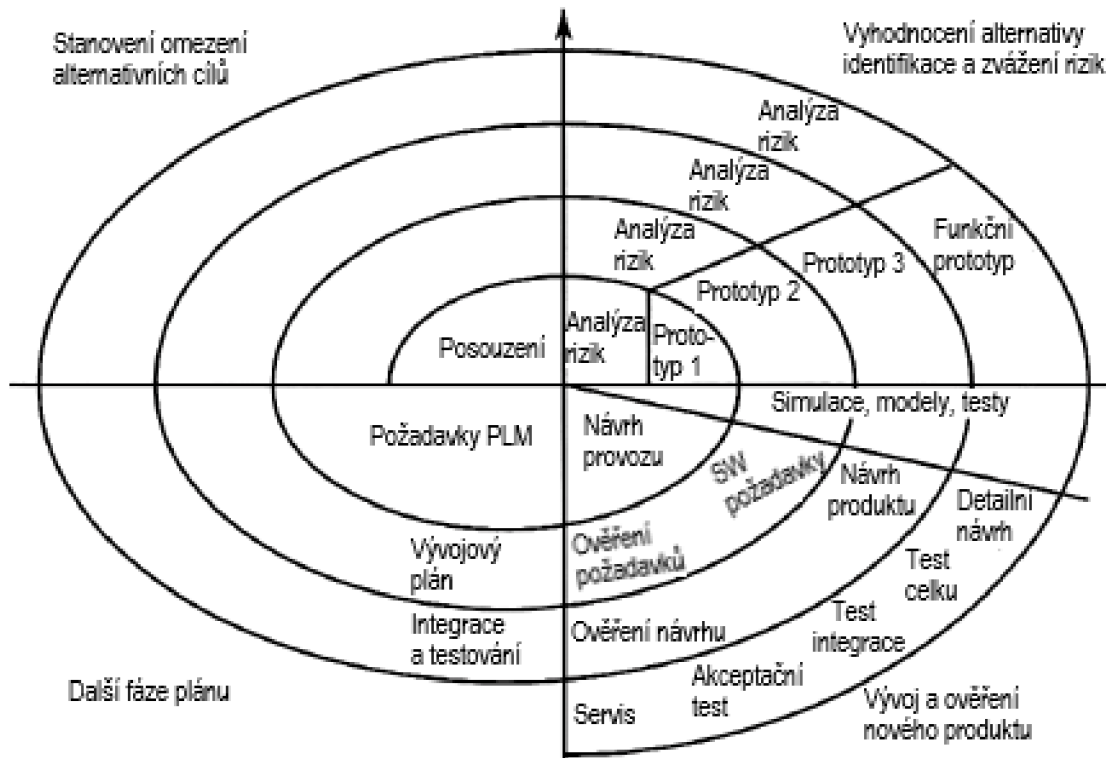
Obr. 1.5 Systémové modelování produktů.

1.1.1.2 Softwarové inženýrství

Ve srovnání s výše popsanými metodami vývoje produktu se softwarové inženýrství vyvinulo ze samostatné oblasti s vlastními metodami a prioritami. Softwarové projekty se od ostatních liší několika způsoby [7]. Produkt je například nehmátatelný, což znamená, že neexistuje žádný fyzický produkt ani žádný fyzický proces s výjimkou dokumentace, která informuje o tom, že projekt se vyvíjí. Neexistuje žádný definovaný standardizovaný proces, a přesto došlo k pokroku ve standardizaci. Pokroky v softwarovém inženýrství jsou rychlé, a proto je obtížné najít rutinu a standardizaci ve vývoji. Ačkoli existují rozdíly, existuje také velký potenciál pro změnu koncepcí vývoje mezi disciplínami [8]. Softwarové inženýrství je vysoce iterativní a umožňuje velké množství testů a prototypů během vývojového procesu.

Model nazvaný waterfall, tzv. vodopád, je proces obsahující kroky, které se navzájem překrývají. Rozděluje se na definici požadavků, návrh systému a softwaru, implementaci a testování, integraci a testování systému, provoz a údržbu. Tyto fáze se překrývají a informace zjištěné v předchozím kroku jsou zdrojem pro krok následující. Tento model je však nepružný a může dojít k vývoji softwaru, který nesplňuje požadavky zákazníka.

Další model je nazvaný Spirála. Díky použití iterací je více pružný a z velké části eliminuje rizika. Proces je založen na generickém modelu, kde je vývojový krok reprezentován smyčkou. Spirála začíná ve středu a postupuje směrem ven, viz Obr. 1.6.



Obr. 1.6 Softwarové inženýrství – model spirála. [9]

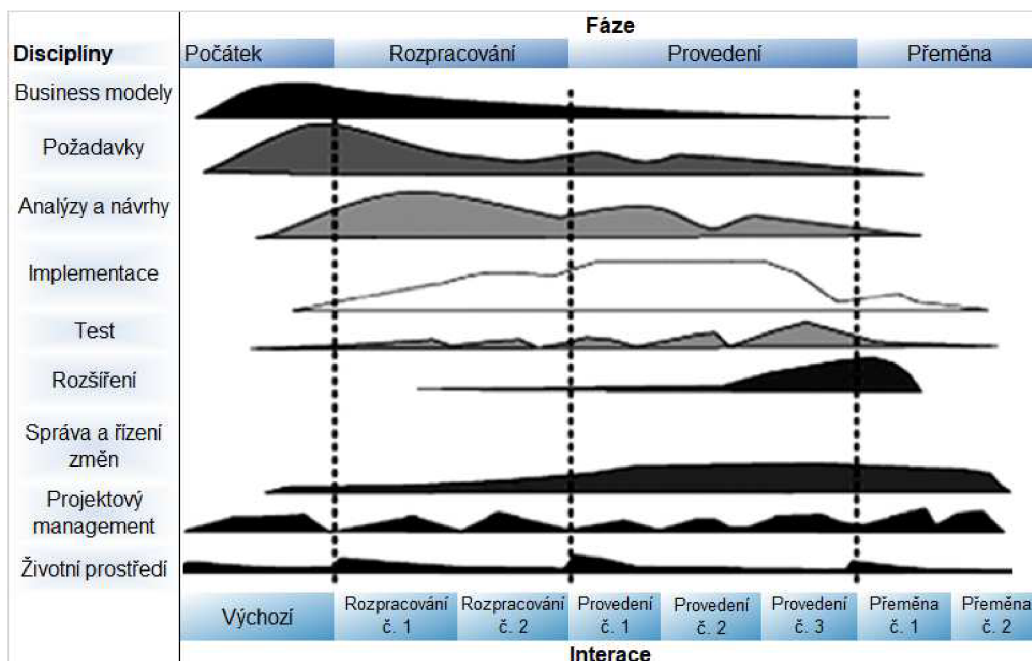
Rozdíly ve vývoji běžných produktů jsou více zřejmé v modelu spirály. Neustálý vývoj prototypů a iterací mezi požadavky managementu, simulace, srovnávání atd., komplikuje sladění postupu softwarového vývoje s tradičním procesem vývoje produktu.

Je několik způsobů, jak se prototypy používají ve vývoji softwaru. Jako příklad prototypových metod je evoluční vývoj, kde je funkční prototyp vyvíjen a vylepšován podle požadavků zákazníka v průběhu času. Prototypy ve vývoji softwaru umožňují rychle vyhodnotit software a jeho chování, aby bylo možné ověřit nebo vyzkoušet technické řešení [7]. Prototyp může být použitý pro konkrétní aplikaci pro modelování chování, nebo jako jádro využitý pro další vývoj.

Jeden formalizovaný proces, který byl v průběhu posledních let vyvinut společností Rational Software, která je nyní součástí IBM. Nazývá se Rational Unified Process (RUP) (Obr. 1.7).

RUP je založen na následujících myšlenkách [10]:

- **Iterativní vývoj softwaru** - Umožňuje řídit rizika už na počátku procesu a tak zabraňuje chybám.
- **Řízení požadavků** - systematické řízení požadavků pomáhá zefektivnit vývojový proces. Většina požadavků, s výjimkou těch nejjednodušších, je identifikována a zohledněna během procesu iteračního vývoje.
- **Architektura vytvořená z dílčích částí** - Umožňuje prohlížet skladbu softwaru z několika úhlů založených na rolích ve skupině vyvíjející software.
- **Vizuální softwarové modely** – většinou s využitím jazyka UML je vývojovým týmem využíváno modelování k vizualizaci, specifikaci, vytváření a dokumentování struktury a chování architektury softwarového systému.
- **Kontrola změn** – jsou řízené změny prováděné během softwarového projektu; výsledky vznikající na konci každé iterace jsou řazeny do pořadí z důvodu odhalení chyb v budoucích verzích softwaru.



Obr. 1.7 RUP proces. [10]

1.2 Řízení životního cyklu výrobku

Vývoj produktů může stále více zohledňovat vkus a požadavky zákazníků v neustále kratším čase. Související inženýrská práce se pak stává důležitější, naopak neefektivnost ve výrobní a distribuční části je eliminována.

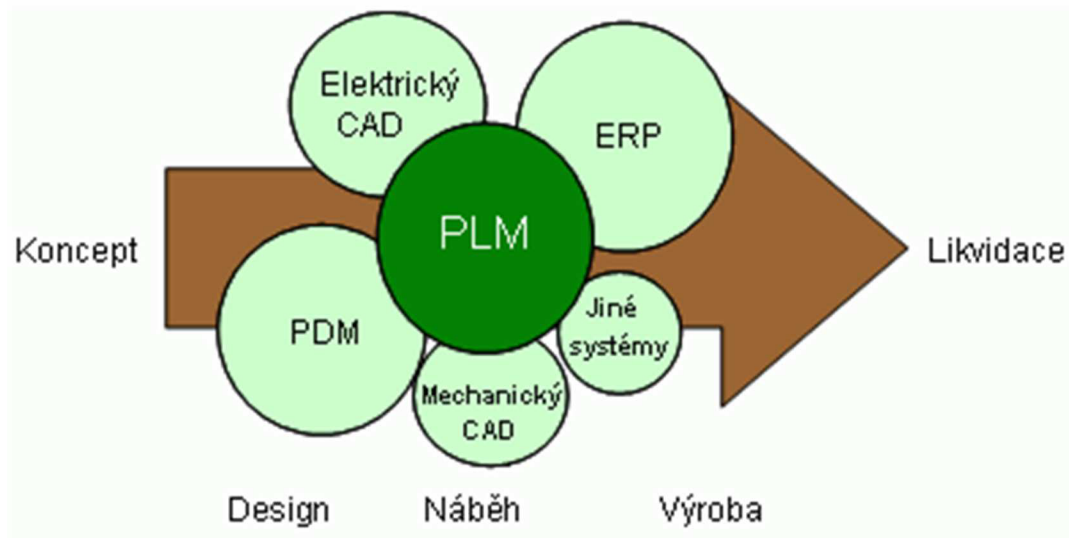
Samotný produkt musí splňovat vysoké nároky nejen na spolehlivost, ale i na související služby, příznivou cenu nebo dostupnost. V souvislosti s požadavky je nutné, aby se podniky zaměřovaly na své základní schopnosti s cílem zlepšovat efektivitu a naopak snižovat neefektivitu. Všechny činnosti prováděné v rámci produktové řady musí být pak s cílem zvyšování příjmů koordinovány a efektivně řízeny. Pro uskutečnění takové koordinace, produktového inženýrství a výrobních procesů je nezbytným základem komunikační propojenost napříč jednotlivými metodami i nástroji a prostředími. Tento nový typ integrujícího paradigmatu se nyní rozvíjí pod akronymem Product Lifecycle Management, zkráceně (dále v textu) PLM.

1.2.1 Pojem PLM

Řízení životního cyklu produktu (Product Lifecycle Management - PLM) je proces, s jehož pomocí výrobní podniky vytvářejí, popisují, řídí a sdílí informace o svých produktech od vzniku konceptu až po jejich likvidaci, a to jak interně, tak s partnery v dodavatelských řetězcích [11].

Proces PLM je zobrazen na Obr. 1.8, ze kterého je zcela zřejmé, že PLM pokrývá všechny fáze životního cyklu produktu, kterými jsou [11]:

- Koncept.
- Konstrukce (design) – CAD.
- Náběh – PDM.
- Výroba – ERP a další systémy, např. CRM.
- Likvidace.



Obr. 1.8 Rozložení fází životního cyklu projektu. [11]

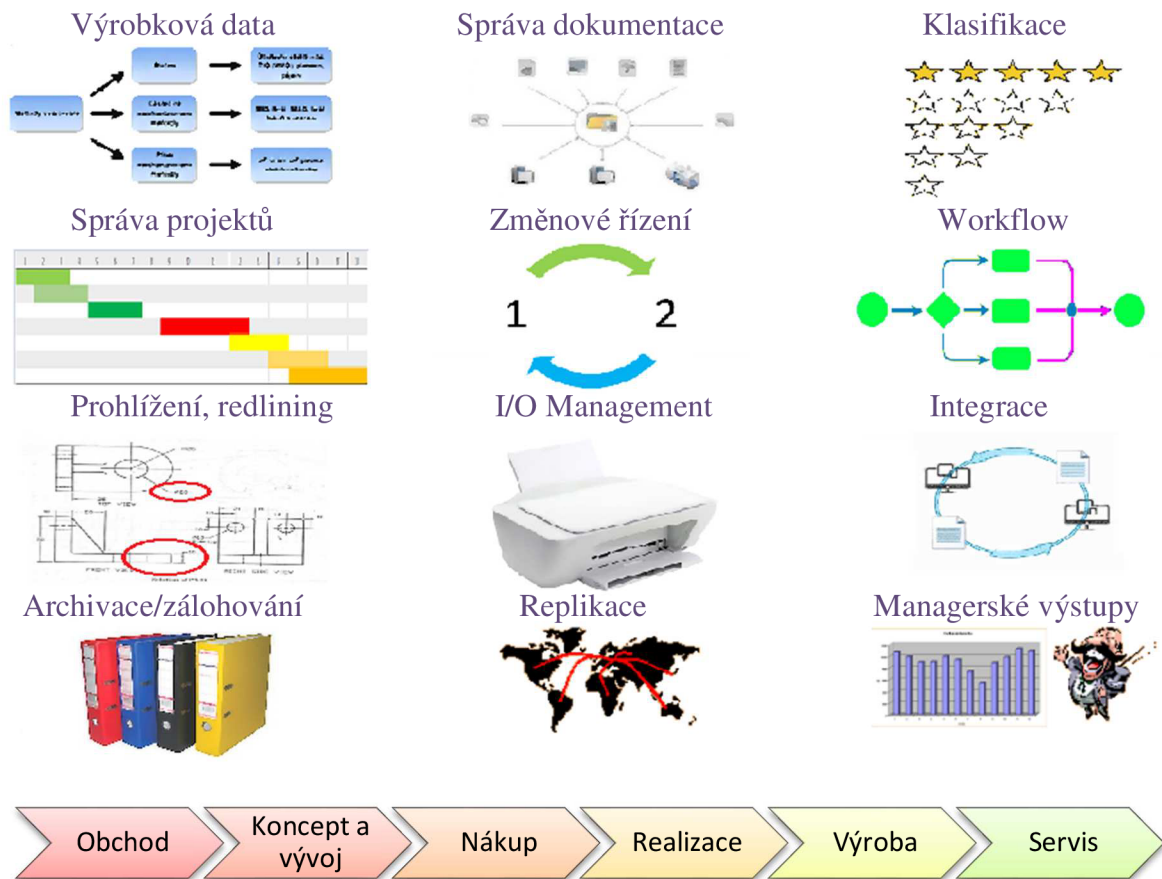
Základním úkolem PLM je řízení informací ze všech systémů a programů, které jsou vytvářeny v průběhu celého životního cyklu výrobku. PLM umožňuje správu technické a průvodní dokumentace o výrobku během celé zakázky, jako i začleňování do konstrukčních CAD nástrojů. Není to však pouze software, ale ucelené systémové řešení [12].

Dle [13] lze říci, že PLM pokrývá pět základních oblastí:

- Systémový inženýring (SE).
- Management produktu a portfolia (PPM).
- Počítačem podporované konstruování (CAD).
- Plánování výroby (MPM).
- Řízení dat o produktech (PDM).

1.2.2 Nároky kladené na PLM

Na PLM systémy je samozřejmě kladeno značné množství různorodých požadavků. Ty nejdůležitější jsou shrnuty na Obr. 1.9.



Obr. 1.9 Požadavky kladené na PLM systémy. [8]

Výrobními daty se rozumí především kusovníky. Jejich automatická tvorba vede k významné úspoře času i redukci množství chyb. Všechna výrobní data musí být následně spravována a centrálně dostupná, přičemž musí být pomocí filtrů stanoveny možnosti přístupu k datům a jejich úpravám. Aby bylo možné v jednotlivých datech efektivně vyhledávat, musí být data roztríděna na základě různých klasifikací.

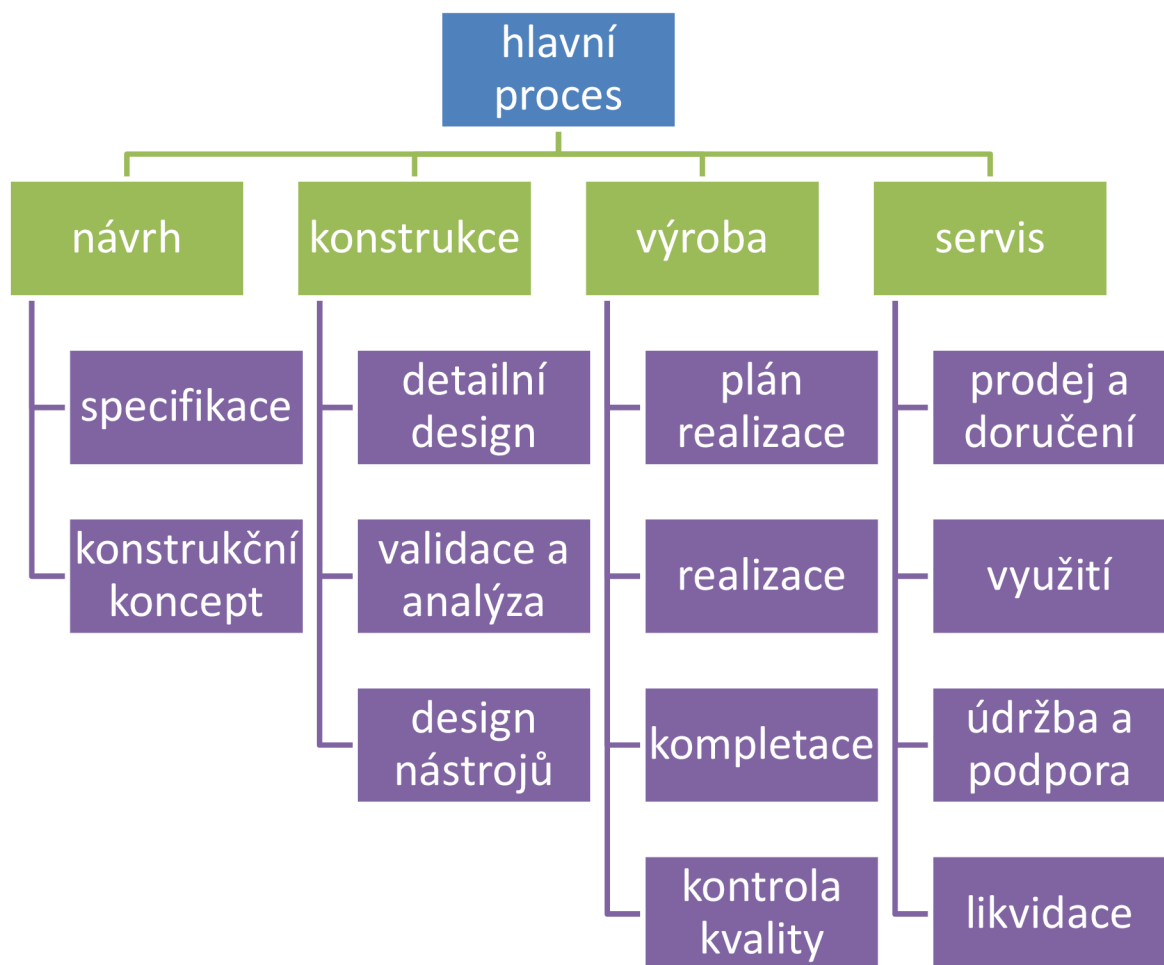
Pomocí vhodného workflow musí být umožněno prohlížení a redlining, aby k datům mohli přistupovat i uživatelé bez nainstalovaných CAD aplikací. Stejně tak workflow musí umožňovat řízení změn a celkovou správu projektů, aby bylo možné online sledovat plnění různých dílčích úkolů a neustále na daný vývoj reagovat. S tím souvisí i požadavek na manažerské výstupy, které umožňují efektivněji stanovovat cíle společnosti a odhalovat problémy.

PLM systém musí být integrován tak, aby spolupracoval se všemi důležitými aplikacemi využívanými ve společnosti, a aby bylo možné jej používat ve všech pobočkách společnosti. Musí umožňovat správu vstupů a výstupů, např. digitalizaci

papírové dokumentace. Zcela nezbytná je funkce archivace a zálohování všech důležitých dat.

1.2.3 Hlavní fáze PLM

PLM pokrývá všechny fáze vývoje nového produktu. Na Obr. 1.4 je schematické zobrazení všech úkolů, které ve všech fázích PLM probíhají [11]. Toto schéma částečně také vychází z normy ČSN ISO 15226 [3], která popisuje životní cyklus specifický pro podnik.

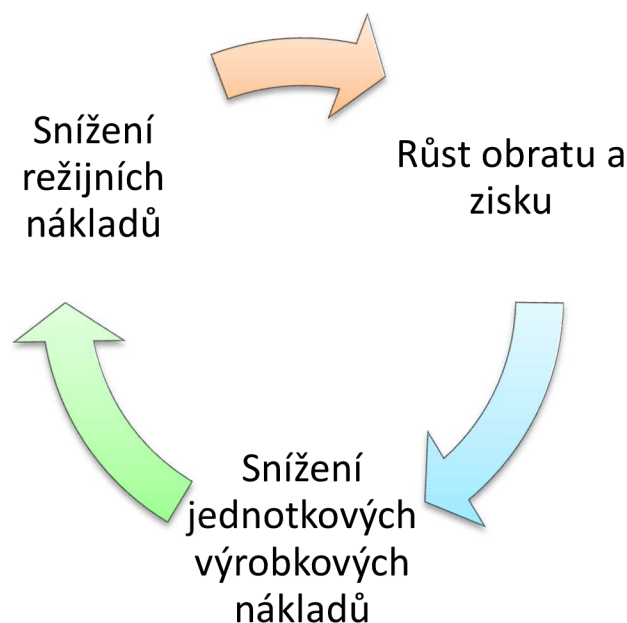


Obr. 1.10 Fáze PLM a jednotlivé úkoly.

1.2.4 Přínosy PLM

PLM umožňuje hlouběji porozumět tomu, jak jsou veškeré produkty navrhovány, vyráběny a jak probíhá jejich servis a údržba. Centralizované ukládání veškerých dat a informací umožňuje efektivnější a produktivnější práci. Hlavní přínosy lze rozdělit do tří kategorií, viz Obr. 1.11.

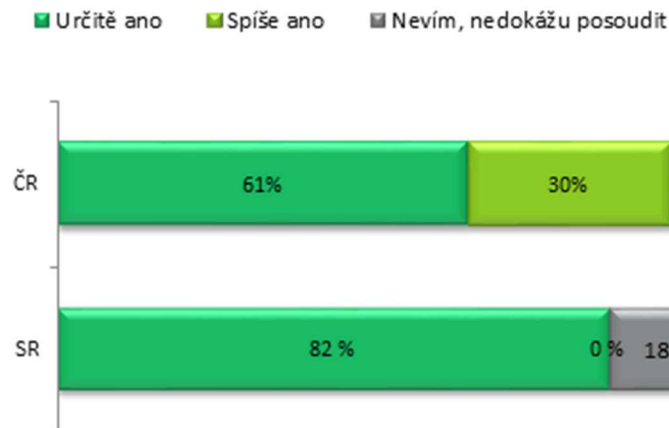
Některé podniky jsou schopny na základě efektivního využívání PLM zkrátit dobu uvedení produktu na trh až o 75% [11], což jim pak dává samozřejmě strategickou výhodu nad ostatními firmami.



Obr. 1.11 Hlavní přínosy PLM.

Průzkum prováděný výzkumným projektem PLM Monitor jednoznačně prokázal, že naprostá většina podniků využívajících PLM je spokojena a doporučila by jeho využití i ostatním firmám v oboru [6].

**Doporučil/a byste zavedení PLM systému
i jiným firmám ve vašem oboru?**



Obr. 1.12 Výsledky ankety prováděné ve firmách využívajících PLM. [6]

1.2.4.1 Růst obrátu a zisku

K žádanému růstu obrátu a zisku dochází především ze dvou důvodů, kterými jsou zkracování doby vývoje a zkracování doby, ve které je zpracovávána a přepracovávána produktová dokumentace [11].

Protože PLM umožňuje online přístup ke všem potřebným informacím, hromadné provádění změn, revizí a použití již existujících položek v nových návrzích, velmi výrazně pak šetří čas všech vývojářů, konstruktérů a dalších pracovníků podílejících se na práci na produktu. Ke zkrácení doby vývoje také přispívá to, že PLM poskytuje stále aktuální kusovníky s cenami položek [11].

Automatizovaný proces zpracování produktové a změnové dokumentace lze považovat za jeden z nejdůležitějších kladů PLM. Odpadá tak nutnost shromažďování velkého množství dokumentů i časově náročné komunikace pomocí zpráv [3]. Stěžejní je také např. výrazně rychlejší generování kusovníků [12].

1.2.4.2 Snížení jednotkových výrobních nákladů

Ke snižování jednotkových výrobních nákladů přispívá zejména růst výrobních zkušeností, snížená nutnost přepracovávání výrobků a také větší soustředěnost na samotnou práci [11].

Značně urychlené uvedení produktu na trh má za následek možnost prodlužovat výrobní série a získávat tak rychleji výrobní zkušenosti a tím pádem i rychleji snižovat náklady [11].

Jelikož jsou všechny změny, kontroly i schválení prováděny v reálném čase online, není nutné být zatěžován zdlouhavou prací s papírovou dokumentací. Ze stejného důvodu také dochází k větší soustředěnosti na samotnou práci a ke snižování intenzity dotazů, které vývojáře zdržují od efektivní práce [11].

1.2.4.3 Snížení režijních nákladů

Ke snižování režijních nákladů dochází zejména vlivem snižování nákladů administrativních a také např. vlivem jednoduššího plnění legislativy, včetně té, která je zaměřena na dopady produktů na životní prostředí [11].

Dopad snížení administrativní zátěže nejlépe dokládá příklad, uváděný v [11]. Oproti manuálnímu řízení dokumentace, kdy jedna osoba provádějící analýzy změn a administrativu zvládne práci 8-12 konstruktérů, lze s efektivním využitím PLM tento počet konstruktérů zvýšit na 20 i více.

PLM systémy umožňují automaticky vytvářet výpočty nutné pro přesnější zprávy o dopadech na životní prostředí, a kvalitní automaticky vytvářenou dokumentací produkovat vhodné podklady např. pro audity třetími stranami apod. [11].

1.2.5 Úspěch a neúspěch projektů

Chceme-li projekt úspěšně implementovat, je nezbytně nutné být obeznámen se všemi důležitými jevy, které toto ovlivňují. Důvody úspěchu i neúspěchu projektů jsou shrnuty v Tab. 1.1 [7].

Tab. 1.1 Důvody úspěchů a neúspěchů projektů. [7]

Důvody úspěchu	[%]	Diskutabilní projekty	[%]	Neúspěšné projekty	[%]
1. Zájem uživatelů	15,9	1. Nezájem uživatelů	12,8	1. Neúplné požadavky	13,1
2. Podpora vrcholného managementu	13,9	2. Neúplné požadavky	12,3	2. Nezájem uživatelů	12,4
3. Jasně požadavky	13	3. Mění se požadavky	11,8	3. Nedostatek zdrojů	10,6
4. Správný plán	9,6	4. Nedostatek podpory	7,5	4. Nerealistická očekávání	9,9
5. Realistická očekávání	8,2	5. Technologická nekompetence	7	5. Nedostatek podpory	9,3
6. Postupné „milestones“	7,7	6. Nedostatek zdrojů	6,4	6. Mění se požadavky	8,7
7. Kompetentní tým	7,2	7. Nerealistická očekávání	5,9	7. Nedostatky v plánování	8,1
8. Vlastnictví	5,3	8. Nejasné cíle	5,3	8. „již nebylo potřeba“	7,5
9. Jasná vize a cíle	2,9	9. Nerealistický časový rámec	4,3	9. Nedostatky v IT managementu	6,2
10. Tvrdá práce a zaujetí	2,4	10. Nové technologie	4,3	10. Technologická ngramotnost	4,3

Z výše uvedené Tab. 1.1 jednoznačně vyplývá, že nejdůležitějšími faktory, které rozhodují o úspěchu či neúspěchu projektu, jsou jednoznačně zájem uživatelů a přesné a úplné stanovení požadavků. Dalšími výrazně důležitými faktory jsou pak podpora vrcholného managementu a dostatek zdrojů. Zvláště na tyto faktory je tedy nutné brát zřetel při zavádění PLM.

1.3 PLM a mechatronika

Mechatronické produkty, jako např. moderní auta, se rychle rozvíjejí a obsahují stále více částí, které jsou řízeny elektronikou a softwarem. Tradiční mechanická část, jako je brzdový systém, byl realizován hydraulicky trubkami od brzdového pedálu k bubnům nebo diskům připojených ke kolům. V moderních autech jsou však počítače připojeny k brzdám, aby počítaly tření mezi pneumatikou a vozovkou, vzdálenost od vozidla před ním a rychlost auta. Se zvyšující se složitostí a komplexností, relativně jednoduchá věc, jako je kolo auta (Obr. 1.13), by mohlo být doplněno dalšími a dalšími funkcemi, jako je zavěšení, brzdy a elektrický motor pro pohon v rámci jednoho celku tvořícího kolo.

S příchodem elektromobilů na trh se kola změnila ještě více (Obr. 1.14), kde je v kole implementován motor a prostor, kde byl původně umístěn spalovací motor je nyní úložným prostorem nebo je využitý pro umístění baterií.



Obr. 1.13 Kolo kombinující mechaniku, elektroniku a software. [14]



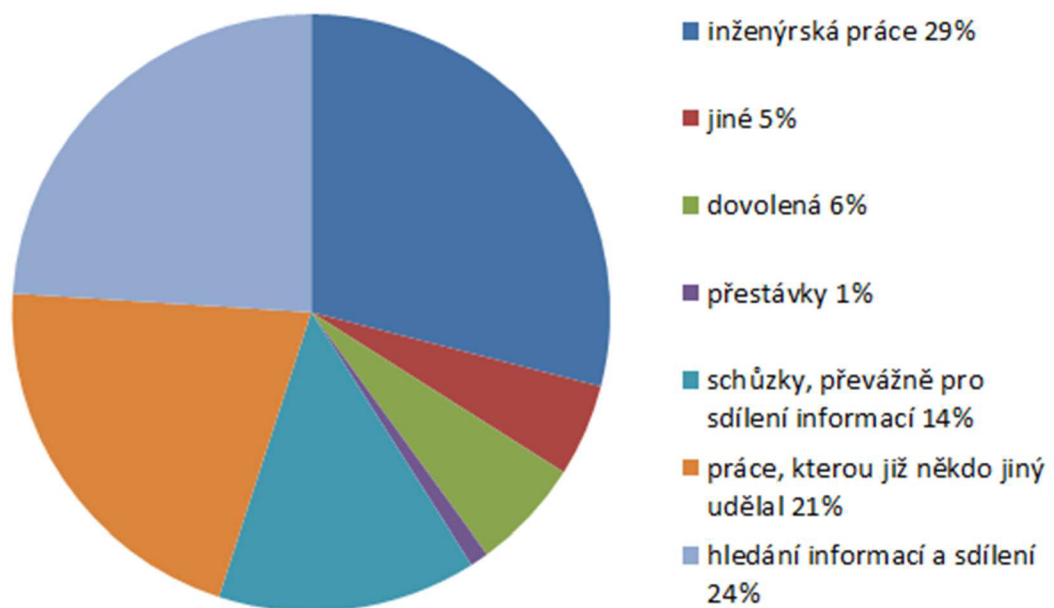
Obr. 1.14 Kolo používající elektromobily. [15]

Firmy zabývající se výrobou, mají obvykle specializovaná oddělení. Tato oddělení si v průběhu času vytvořila vlastní postupy a systémy pro správu dat pro usnadnění práce v jejich oblasti. Konstrukční oddělení bylo zaměřeno na organizaci výkresové dokumentace a od konce šedesátých let se začaly k této práci používat počítače jako databáze výkresů, které se později vyvinuly v PDM systémy. V průběhu několika let se PDM systémy rozvinuly a podporují funkce jako procesní řízení a management řízení pro konstrukční disciplíny. Návrh mechanické části byl stěžejní v tradičních

výrobních firmách, jako například v automobilovém průmyslu a po dokončení jeho návrhu byly následně přidány i elektrické díly a elektroinstalace.

Software a elektronika jsou ve výrobních firmách úzce spjaté disciplíny. Elektronika byla čistě analogově ovládaná, ale v průběhu posledních desetiletí se elektronika se softwarem stala nedílnou součástí. Vývoj softwaru a elektroniky byl charakterizován souběžně existujícími řešeními, která jsou obtížně říditelná v PDM systémech. Pro podporu vývoje softwaru byl vyvinut systém správy softwaru (SCM), který byl oddělený od systémů PDM. Postupně bylo více funkcí realizováno prostřednictvím elektrických a softwarových řešení, původní konstrukční uspořádání a jejich správa dokumentů vedla k problémům v organizaci. Multidisciplinární úkoly, jako technické změny, se pak stávají obzvláště kritické. Například návrh podvozku auta není jen otázkou otvorů v karoserii, ale celého mechatronického systému, který učinil technické změny nákladnějšími a časově náročnějšími.

Interdisciplinární spolupráce je důležitá pro efektivní správu dat v mechatronickém životním cyklu výrobku, zejména tam, kde se jedná o heterogenní technologie, nástroje a pracovní postupy. Neefektivní správa informací způsobuje, že inženýři věnují více času informačnímu managementu než inženýrské a vývojové práci. Obr. 1.15 naznačuje, jak inženýři tráví čas.



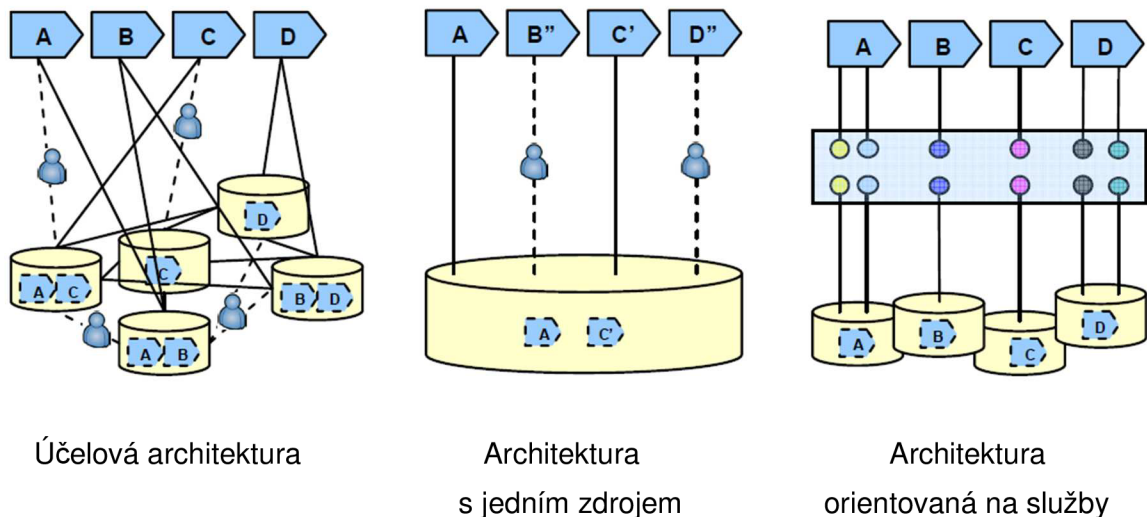
Obr. 1.15 Časové využití inženýrské práce. [16]

Tato studie ukázala, že jen jedna třetina času vývojářů byla vynaložena na úkoly, které přímo přispívají k vývoji produktu. Nesoulad mezi dominantním konstrukčním oddělením a skutečností, že stále více funkcí je realizováno softwarem řízenou elektronikou ukázalo, že různá oddělení (disciplíny) uvnitř společností již nejsou nezávislými ostrovy, kde má každé oddělení svůj vlastní IT systém – to už nefunguje. Rozmanitost starších nástrojů a systémů IT ztěžuje spolupráci a sdílení informací, spolupráci, která je důležitá při souběžné práci např. provádění technických změn a řízení typů produktů.

V průběhu času bylo vytvořeno několik informačních systémů na sobě závislých, kde bylo mnoho informací pevně zakódováno. Je obtížné dosáhnout jednotného softwarového prostředí, jelikož systémy a řešení informačních technologií jsou rozděleny na vývojovou část a ostatní oddělení. Integrace rozvoje na několika odděleních tvořených tisíci zaměstnanci vyžaduje výkonné IT nástroje a systémy, kde jsou informace okamžitě přístupné a lze je také ihned upravit. Tento koncept je součástí nástroje PLM (Product Lifecycle Management). Příklady PLM architektur jako je řešení s jedním uložištěm nebo architektura orientovaná na služby SOA (service-oriented architecture), je znázorněn na Obr 1.16.

PLM není vybavení, které by si firmy koupili a začali jej používat jako spoustu dalších IT nástrojů. Je to do jisté míry nástroj, který mají všechny firmy a vždy měly. Jedná se převážně o rozšiřování a uspokojování potřeb společností v rámci řízení informací v průběhu času. Zavedení PLM je tedy spíše změnou informačního managementu a krokem směrem k lepšímu řízení informací. Zavedení je tedy také o organizační změně a řízení znalostí. Tradiční počáteční projekt se skládá z fáze plánování, fáze implementace a nakonec fáze použití. Aby bylo možné vhodně navrhnout systémy PLM pro použití v reálném průmyslovém prostředí, pochopení způsobu, jakým jsou plánovány, zaváděny a používány, je zásadní.

Složitější mechatronický vývoj v porovnání s vývojem mechanických produktů vyžaduje systémy správy informací, ve které se funkce správy dat – např. správa změn a správa konfigurace - netýká pouze jedné specifické disciplíny, ale dalších disciplín a případně i podniků. Je to však více než technická výzva, je třeba zvážit i organizační a vývojové procesy, aby bylo možné efektivně pracovat na mechatronickém vývoji.



Obr. 1.16 Architektury pro integraci. [17]

Výzvy integrace systémů PLM do mechatronického produktu mají mnoho rozměrů. Na jedné straně je třeba zvážit podnikatelskou perspektivu a to, co je nejlepší pro podnikání, procesy řízení podniku, produkt, zisk a konkurenceschopnost jako strategickou investici. Další strana se týká perspektivy uživatele, schopnosti konstruktérů pracovat efektivně, podpory softwarových nástrojů a systémů, které potřebují, aby byli efektivní, inovativní a spokojení s pracovními podmínkami. Jako o kombinaci uživatelské a obchodní perspektivy lze mluvit o organizačním řízení změn. To má zásadní význam na identifikaci pohonů změn a zlepšení zapojení různých vrstev týkající se podnikatelské perspektivy. Třetím aspektem, který je třeba zvážit je technická realizace návrhu, tedy nákladově efektivní IT systémy, které mohou podporovat jak obchodní, tak i uživatelskou perspektivu. Zvolení komerčních produktů nebo řešení na míru by mělo být zváženo z pohledu jak uživatele, tak i investičních nákladů kladených na podnik. V průmyslu ani výzkumu zatím nebylo prokázáno, jak úspěšně integrovat mechatronický vývoj do systémů PLM.

1.3.1 Oblasti PLM v mechatronice

Existuje několik oblastí výzkumu, ve kterých je důležité provést analýzu PLM. Systém PLM má fungovat jako rozbočovač pro systémy a nástroje pro vývoj produktů, zvyšuje spolehlivost a usnadňuje výměnu údajů o produktech. Podpora mechatronického vývoje je nezbytná, jak již bylo zmíněno výše, v průmyslu, zejména

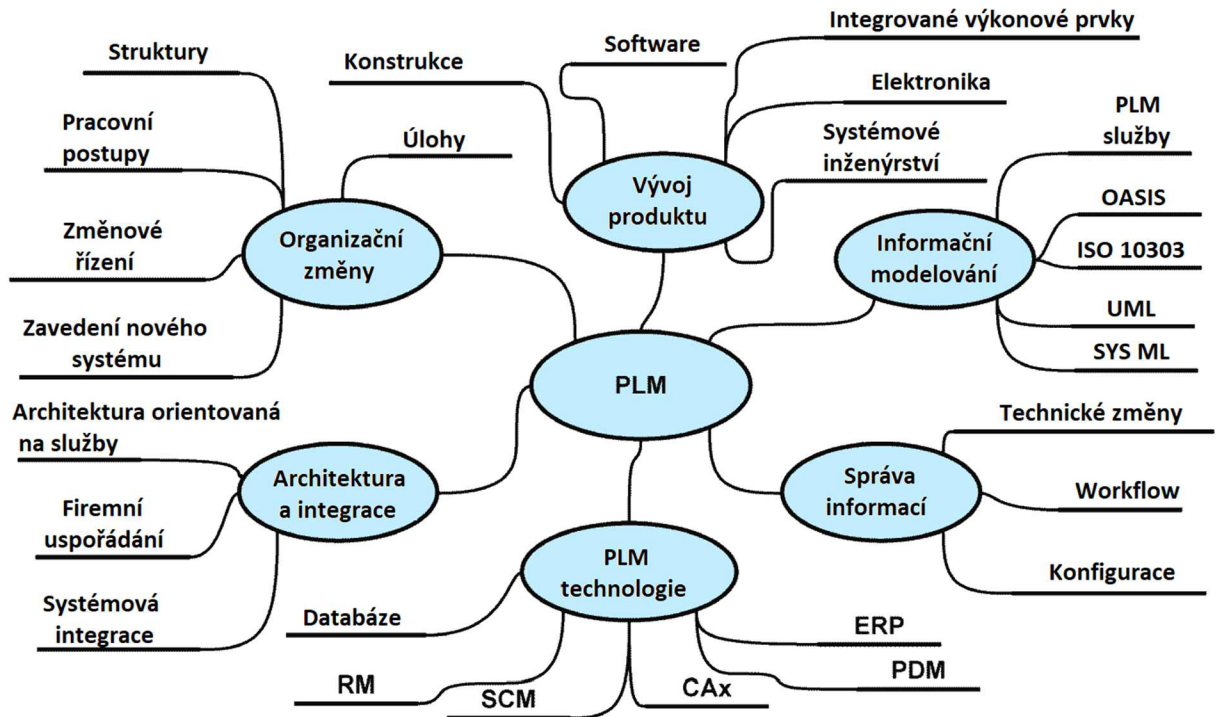
v automobilovém a leteckém, protože stále více a více funkcí je realizováno pomocí softwaru. Vzhledem k tomu, že samotný systém správy informací je používán napříč společnostmi, jsou důležité organizační a procesní oblasti. U pracovních postupů, podpůrných nástrojů a řízení informací je třeba mít na paměti, aby byly také integrovány do vývoje produktů.

Informace o PLM jsou často kombinací několika heterogenních systémů, které se používají v mechatronickém vývoji a je nezbytné provést změny a navrhnout alternativní procesy. Vzhledem k tomu, že mechatronická oblast zahrnuje mnoho disciplín v rámci společnosti, což je předpokladem k vytvoření transparentních informací, které lze interpretovat několika inženýrskými nástroji napříč celou společností. Oblasti blízké oblasti výzkumu (obr. 1.17) jsou uvedeny v následujících odstavcích.

Oblast teoretického návrhu obsahuje způsob, jak úspěšně rozvíjet vývoj produktů [1]. Toto je relevantní pro výzkum PLM, protože samotné PLM musí podporovat způsob, jakým inženýři pracují. Procesy v rámci systémů PLM musí být zároveň přizpůsobitelné předpokladům společností a zajišťovat integritu informací.

V průmyslu byly vyvinuty standardy, které usnadňují spolupráci uvnitř společnosti i ve spolupráci s dalšími podniky. Standard související s oblastí PLM je nazýván STEP (Standard for Exchange of Product Data) vyvinutý společností ISO za účelem usnadnění výměny údajů o produktu. Také standardy pro návrh softwaru OMG (Object Management Group), UML a SysML, prokázaly svoji použitelnost pro systémy PLM. Zároveň existují standardy pro komunikaci v rámci systému PLM nebo mezi dodavateli, např. standard OASIS. Rovněž platí standard služeb OMG PLM.

Mechatronika je oblast technologie, zahrnující především mechaniku, elektrotechniku a elektroniku s podporou počítačového řízení. Rozmanitost ve vývojových procesech a podpora nástrojů v těchto oborech činí skutečnou integraci mechatronických informací velmi složitou. Výzkum PLM v oblasti mechatroniky se zaměřuje především na integraci mezi systémy SCM a PDM [2], což znamená preferenci integrace do databázové vrstvy před vrstvou inženýrských nástrojů. Předpokládá se, že taková integrace systémů usnadňuje spolupráci ohledně informací o produktu.



Obr. 1.17 Výzkumná oblast PLM. [18]

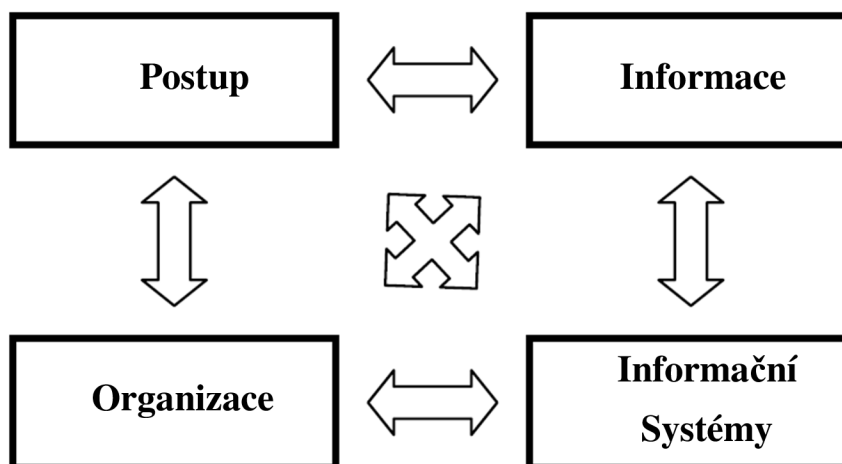
Pod pojmem PLM je zahrnuto několik inženýrských nástrojů a systémů pro správu informací, které slouží pro zpracování a správu produktů. Řízení požadavků (RM), PDM a CAx jsou jen některé z nich. Klasická integrace CAD a PDM byla zajímavá, ale tato oblast je ve firmách hojně používaná. Výzkum se ale posouvá do oblastí mechatronické integrace, integrace dodavatelů i do oblasti zaznamenávání informací o produktu během celé jeho životnosti. Jako největší problém se v této oblasti jeví složitost konfigurace mechatronického produktu a obtíže s dohledáváním technických změn. [11]

Správa informací se stará o veškeré informace, které jsou vytvořeny a užívány uvnitř společnosti i mezi společnostmi. Pro účely tohoto výzkumu je zajímavé dozvědět se více o workflow a o procesu vývoje produktů uvnitř společnosti. V dnešní době počítačových systémů se informace ukládají do databází, které zároveň samy o sobě představují oblast výzkumu.

Od doby, kdy velké společnosti pokrývají pomocí PLM celý vývoj, mají nejen technické inovace lepší zpětnou vazbu. Organizační a obchodní aspekty jsou také

důležité a v oblasti změnového řízení bylo provedeno mnoho výzkumů, byl představen nový systém a způsob, jakým by se měly maximalizovat výhody tohoto IT systému.

Podle [19], může být na správu informací nahlíženo ze čtyř pohledů. Tyto pohledy jsou: postup, informace, organizace a informační systémy (Obr. 1.18). Tyto čtyři pohledy jsou na sobě vzájemně závislé a změna v jakémkoli z nich by měla dopad na PLM systém jako na celek.



Obr. 1.18 Čtyři pohledy na PLM systém. [19]

2 VÝROBNÍ PROGRAM

TESCAN ORSAY HOLDING, a.s. je jedním z předních světových dodavatelů přístrojové techniky a vědeckých zařízení. Firma se zaměřuje na oblasti vědy o materiálech, živé přírodě i na forenzní a polovodičový průmysl.

Z malé firmy zabývající se drobnou elektronikou se za více jak čtvrt století změnila na firmu zabývající se vývojem a výrobou elektronových mikroskopů. Společnost TESCAN v současné době zaměstnává více než 400 zaměstnanců v rámci 12 dceřiných společností rozmístěných po celém světě s mateřskou společností sídlící v Brně.

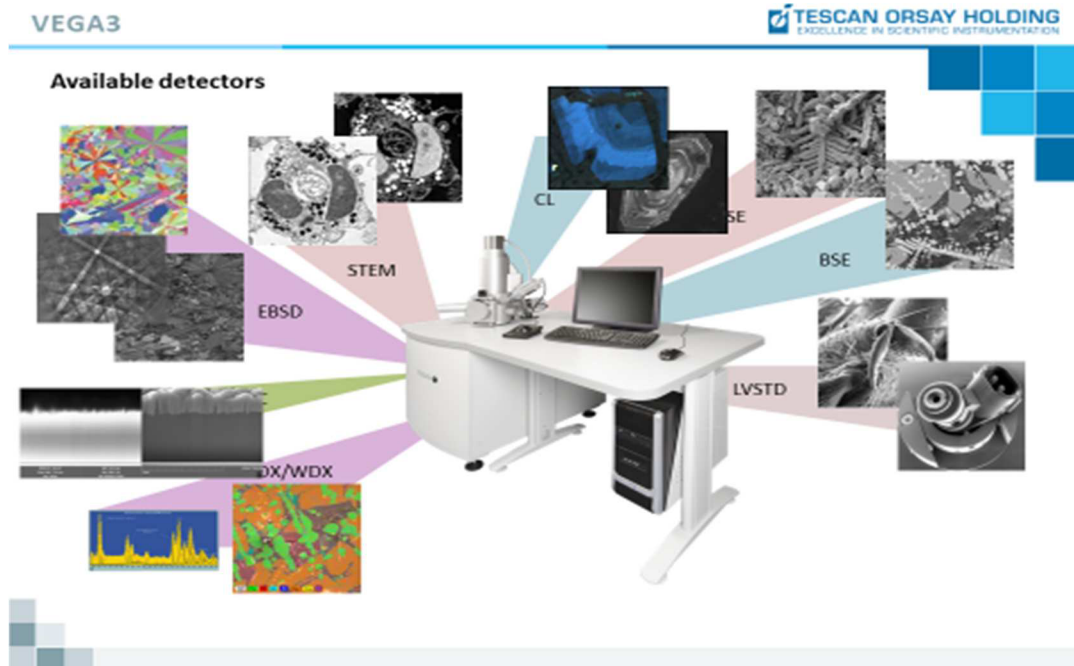
Její klíčovou dceřinou společností, na kterou je tato práce zaměřená, je společnost TESCAN Brno, s.r.o., která zajišťuje vývoj a výrobu celé společnosti. Naopak mateřská společnost zajišťuje ekonomické a správní řízení.

TESCAN Brno s.r.o., která má v současné době 270 zaměstnanců, se zabývá vývojem, výzkumem a výrobou řady rastrovacích a transmisních elektronových mikroskopů a vyznačuje se tím, že zařízení vyrábí na míru podle potřeb a přání zákazníka. To je také jeden z důvodů, proč výroba není podobná automobilovému průmyslu, ale každý kus je do jisté míry originálem. Na Obr. 2.1 níže je znázorněna produktová řada třetí generace:

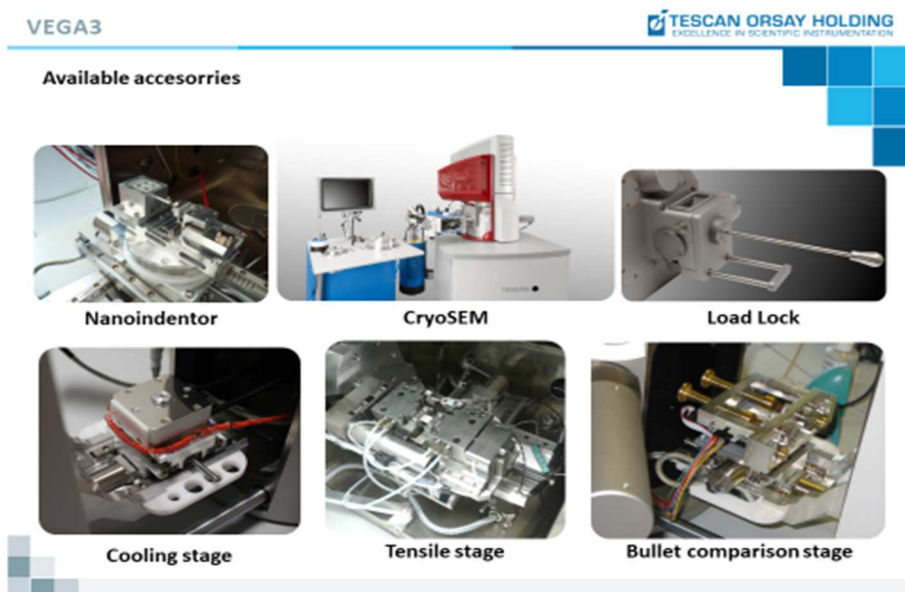


Obr. 2.1 Produktová řada výrobků. [20]

Jednotlivé vyrobené mikroskopy se mohou lišit podle velikosti komory a podle použitých detektorů a příslušenství, které je společnost schopna nabídnout. Pro ilustraci je toto zobrazeno na příkladu typu VEGA3.

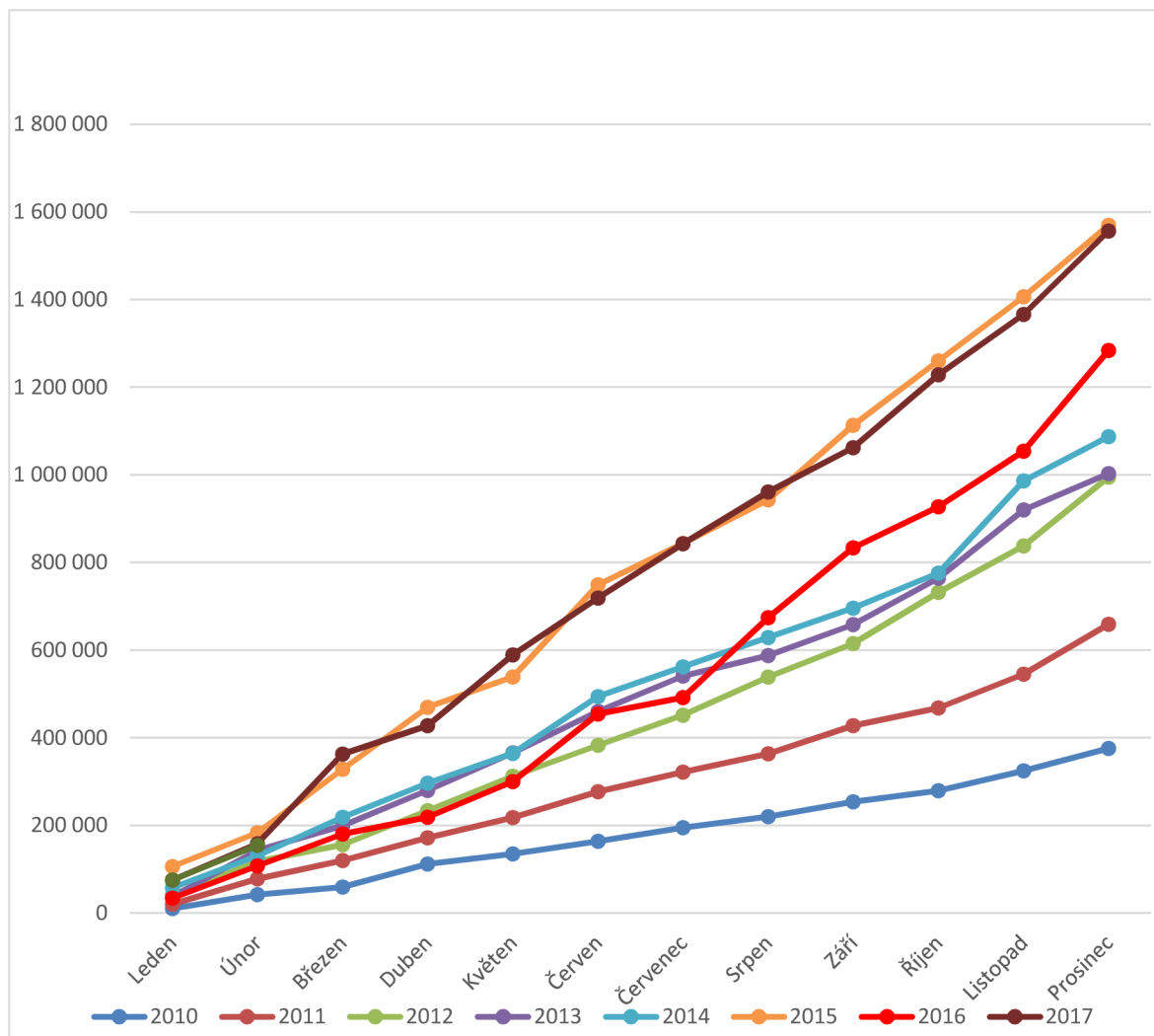


Obr. 2.2 Typy možných detektorů u mikroskopu VEGA3. [20]



Obr. 2.3 Typy nabízených příslušenství u mikroskopu VEGA3. [20]

V dnešní době společnost pracuje na nové generaci mikroskopů, nazvaných řadou S, které posouvají možnosti práce se zařízením o kus dál. Tato nově nastupující generace má ambice znovu nastartovat meziročně stále rostoucí tržby společnosti a dosáhnout cíle získat větší část trhu. Na následujícím obrázku je vidět vývoj tržeb, který má stále rostoucí tempo, s výjimkou roku 2016, kdy nastal v celém období útlum.



Obr. 2.4 Vývoj tržeb v závislosti na prodaných zařízeních.

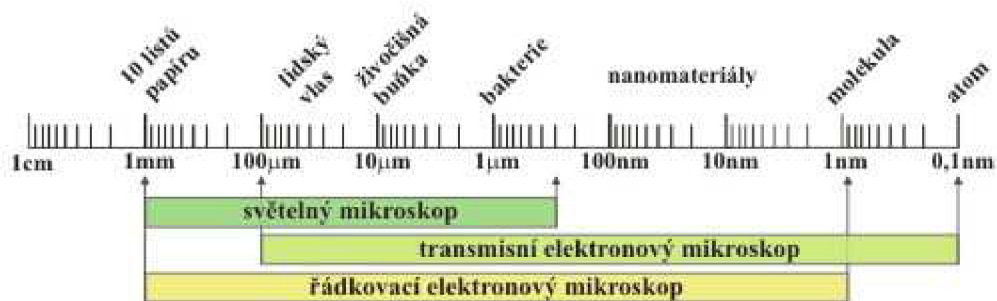
V závislosti na konfiguraci zařízení se pořizovací cena pohybuje od cca 5 000 000 Kč, což odpovídá low-end mikroskopu pro nejjednodušší aplikace, až po cenu více než desetinásobnou v závislosti na konfiguraci a příslušenství.

Je zřejmé, že celkové tržby zásadně ovlivňuje složitost zařízení, tedy čím vyšší cena, tím vyšší tržby. V této souvislosti jen menšina složitějších zařízení typu dual-beam SEM mikroskopů, které se hojně využívají v polovodičovém průmyslu, tvoří většinu tržeb, potažmo i zisku společnosti.

Pro upřesnění teorie, jak funguje elektronový mikroskop, je na místě krátké osvětlení toho, na čem je celý proces založen.

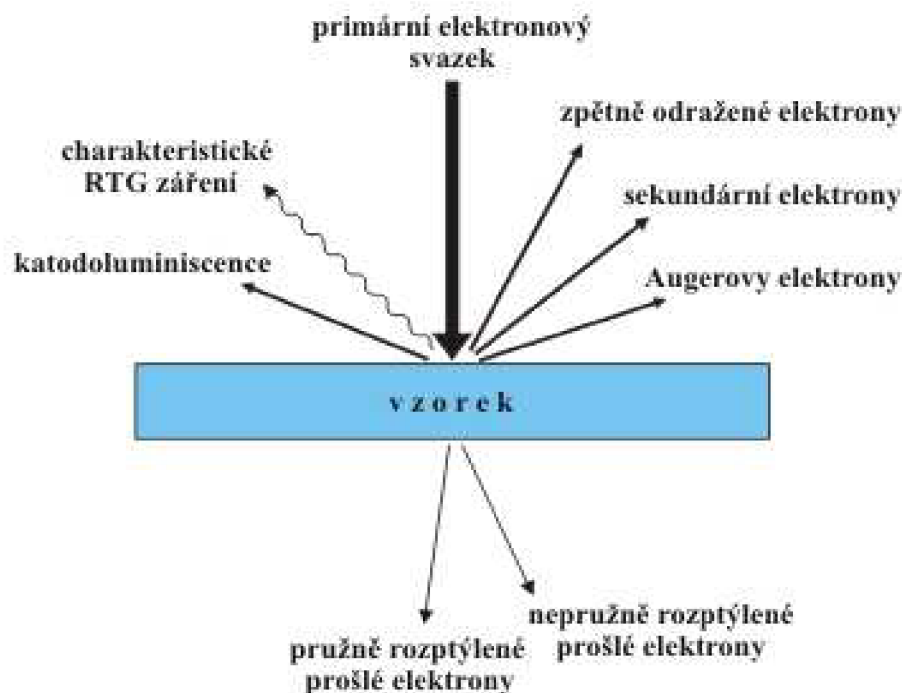
Elektronové mikroskopy jsou v zásadě optické přístroje, které se liší od klasického optického mikroskopu tím, že místo světelného svazku používají elektrony

urychlované elektrickým polem a místo skleněných čoček jsou použity čočky elektromagnetické. Pozorovaný vzorek i svazek elektronů je obklopen vakuem, aby nedocházelo k interakcím elektronů s atmosférou, která ovlivňuje dráhu letících elektronů. Moderní světelný mikroskop má zvětšení asi 1000x a umožňuje oku rozlišit objekty 0,0002 mm vzdálené. Většího zvětšení nebylo možné dosáhnout díky vlnové délce světla. Zásadní rozdíl mezi optickým a elektronovým mikroskopem je mezní rozlišovací schopnost, která odpovídá vlnové délce použitého záření. Při porovnání elektronového záření, jež má vlnovou délku (~0,01–0,001 nm), s vlnovou délkou viditelného světla (400-700 nm), je zřejmé, že zařízení pracující s elektrony umožňují dosáhnout mnohem vyššího rozlišení, viz Obr. 2.5 níže [21].



Obr. 2.5 Rozsah velikosti objektů pozorovaných jednotlivými typy mikroskopů. [21]

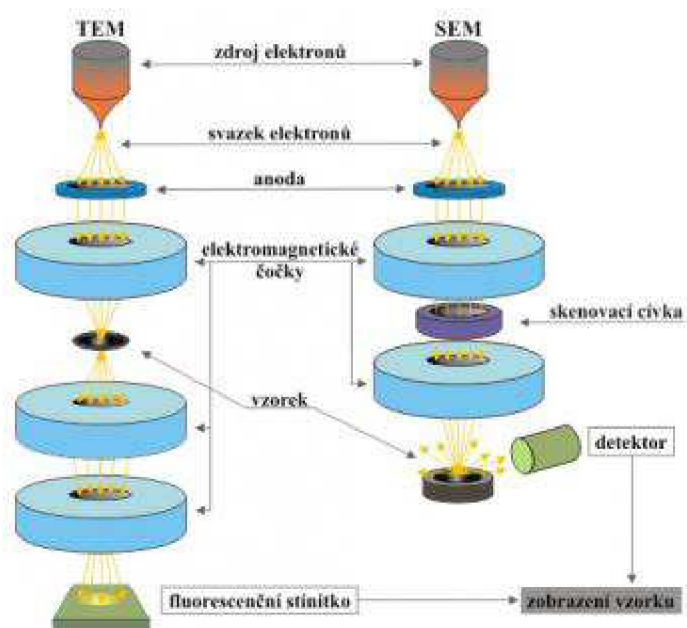
Elektronové mikroskopy jsou nedílnou součástí mnoha laboratoří, kde jsou používány k vyšetření biologických materiálů, vzorků biopsie, kovů, krystalických struktur, vlastností různých povrchů, k analýze chemického složení a dalších vlastností prvků. V současnosti mají elektronové mikroskopy využití i mimo výzkum. Používají se i jako součást výrobních linek v polovodičovém průmyslu nebo ve forenzních laboratořích. V závislosti na zkoumané vlastnosti, aby bylo možné požadované informace získat, musí mít mikroskop nainstalovaný vhodný analyzátor, např. při zkoumání chemického složení látky je používán detektor charakteristického rentgenového záření, které vzniká při dopadu elektronového svazku na vzorek [21].



Obr. 2.6 Dopad elektronů na vzorek. [21]

Mikroskopy pracující s elektronovým svazkem se dají rozdělit do dvou skupin, skenovací elektronový mikroskop (SEM), který využívá pro detekci a vykreslení obrazu sekundární, resp. zpětně odražené elektrony. Devizou toto typu mikroskopu je možnost zkoumání velkých vzorků. Druhý typ elektronového mikroskopu se nazývá transmisní elektronový mikroskop (TEM), který pracuje s tenkými vzorky (10-500 nm), kterými elektrony proniknou a získají tak informace o struktuře. Tento typ zařízení je oproti SEM přesnější, rozlišovací schopnost je pod hranicí nanometrů. Náročná příprava vzorků je velkou nevýhodou tohoto typu mikroskopu.

Oba typy SEM i TEM pracují se soustavou elektromagnetických čoček, které schematicky popisuje Obr. 2.7.



Obr. 2.7 Srovnání schématu optické soustavy SEM a TEM. [21]

3 VÝROBNÍ SYSTÉM

V obecné rovině lze popsat výrobní systém jako způsob přeměny vstupů na výstupy pomocí transformačního procesu za účelem vzniku přidané hodnoty. Přidaná hodnota je to, co zvyšuje daný systém v poměru k ostatním činnostem. Systém nám tak pomáhá dělat věci správně.

V dnešní době již výrobní systém není vnímán jako „blackbox“ systém, ale klade důraz na informační a materiálové toky, na propojení se zákazníky a dodavateli i na podněty od okolního prostředí. Cílem je vytvořit štíhlý výrobní systém, kde je zajištěn efektivní tok materiálu nebo informací a snížit či eliminovat plýtvání, jako jsou nevyužité prostory, budovy, zmetkovitost, informační šum atd.

TESCAN jako největší zaměstnavatel městské části Brno - Kohoutovice, který se zabývá vývojem a výrobou elektronových mikroskopů, disponuje několika budovami, které jsou od sebe vzdálené cca 5 km, ve kterých probíhá výroba i vývoj.

Výrobní dílna, věnující se výrobě vývojových dílů i částí pro sériovou výrobu, sídlí ve starší budově, která částečně slouží ke skladovacím účelům. Dílna je rozdělena na výrobní část a zámečnickou. První zmíněná obsahuje sklad materiálu, část pro přípravu polotovarů a obráběcí stroje různých úrovní automatizace, od ručně řízených konvenčních strojů, přes stroje s číslicovým odměřováním, CNC soustruhy a frézky, až po CNC obráběcí centra.

Složitost vyráběných dílů se odráží v obtížnosti jejich výroby. Jednodušší díly jsou vyráběny na konvenčních strojích – soustruzích, frézkách, vyvrtávačkách atd. a složitější díly se vyrábí na obráběcích centrech. Je tomu tak z důvodu efektivního využití časů strojů pro zajištění minimálních prostojů, s výpočtem a případným určením, na jakém stroji jaký typ dílu vyrobit – např. hřídel je možné vyrobit na konvenčním soustruhu, na číslicově řízeném soustruhu nebo víceosém obráběcím centru.

Ve druhé části výrobní dílny je umístěna zámečnická dílna spolu s menšími pracovišti, jako je měřicí pracoviště nebo laser. Zámečníci mají k dispozici celou řadu nástrojů nutnou pro jejich práci i přípravky, které jim práci usnadňují. Obě pracoviště na sebe navazují, takže vyrobený díl, který je třeba odjehlit nebo ověřit správnost rozměrů, je přesunut na sousední pracoviště.

Z hlediska ergonomie na pracovišti je smíšené osvětlení. Z každé strany budovy vstupuje dovnitř dostatečné množství denního světla podpořené umělým osvětlením. Pracovníci ve výrobě tak mají dostatečné množství světla, které tvoří jednu část ergonomických podmínek.

Budova, ve které je umístěna dílna je vzdálena od budovy, ve které probíhá montáž a seřízení. Mezi oběma budovami je nezbytný informační a materiálový tok, který je z hlediska jejich vzdálenosti určitou nevýhodou. V novější z budov společnosti probíhá elektrická výroba, montáž, seřízení a balení.

Po vyrobení ve vlastní dílně nebo výrobě u externího dodavatele jsou díly očištěny podle několika úrovní pečlivosti v závislosti na tom, do jakého prostředí je konkrétní součást montována a následně uloženy do skladu. Sklad v nové budově tvoří místo, kde se setkávají pracovníci z výroby, montáže i části seřízení, a proto je umístěna vhodně mezi těmito třemi pracovišti. Pro účely montáže jsou díly vyskladňovány na určitý projekt v momentě, kdy jsou potřeba (Just In Time), aby zbytečně nezabíraly montážní prostor dělníkům.

Montáž využívá k práci jak nářadí, přípravky, tak i zařízení na první otestování. Každý z pracovníků má svoji sadu nářadí a vlastní pracovní prostor, který je dostatečně osvětlen, klimatizován a zároveň splňuje požadavky bezpečnosti práce z hlediska hluku a tím jsou tato pracoviště vhodná pro produktivní práci.

V pracovním prostoru finalizace a montáže klíčových dílů mikroskopu jsou vyžadovány speciální podmínky, kde je dodržována nízká vlhkost vzduchu, dostatečně robustní podlaha pro snížení přenosu vibrací a s nainstalovaným přívodem plynu, elektrické energie, internetu i koncovka pro připojení vývěvy. Každé pracoviště má separátní přístup k těmto zdrojům. Při ožívování a nastavování zařízení mají pracovníci vlastní sadu základního nářadí, speciální nářadí je společné.

Seřízený mikroskop je zakonzervován a zabalen do přepravních beden, které splňují náročné přepravní podmínky nákladní letecké přepravy a připravený pro převoz k zákazníkovi.

4 PROCESNÍ ŘÍZENÍ ZAKÁZKY

V této kapitole je uveden popis informačního prostředí firmy TESCOAN Brno, s.r.o., tedy dceřiné společnosti, ve které jak jsem již zmiňoval, probíhá výzkum, vývoj a výroba zařízení. Při popisu je kladen důraz na správu dokumentace, komunikaci mezi jednotlivými odděleními a pochopení procesů probíhajících uvnitř firmy. Tyto podklady poskytli zástupci jednotlivých oddělení se souhlasem vedení firmy.

Po celém světě má společnost TESCOAN velkou síť dceřiných společností a distributorů, mezi kterými probíhá ve větší či menší míře informační tok. Výměna informací probíhá pomocí programu CRM, kde jsou zadávány informace o zakázkách, ať už se týkají konfigurace zařízení nebo její úpravy nebo servisních zásahů.

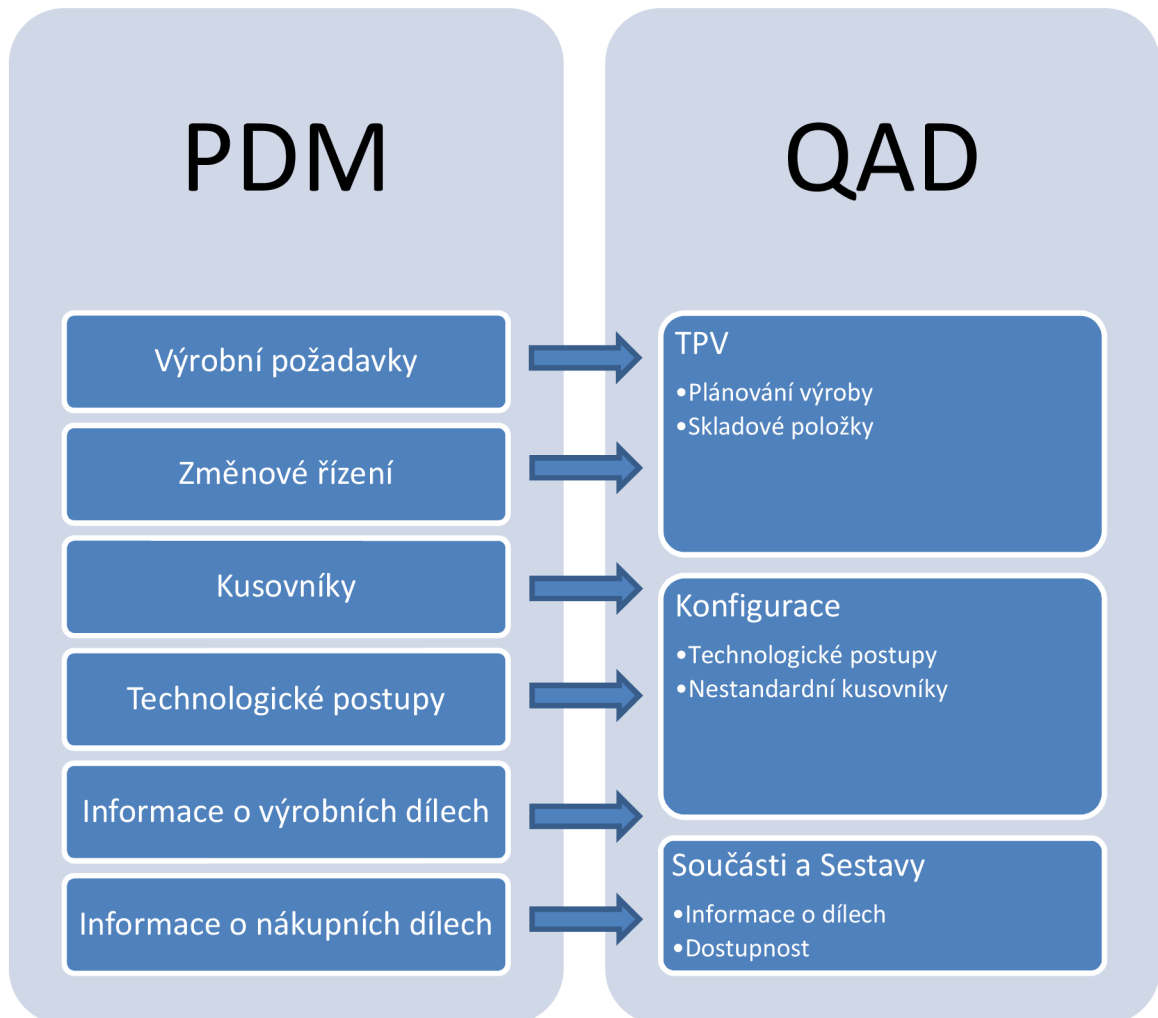
Dceřiné společnosti mohou zároveň komunikovat a sdílet informace pomocí informačního systému QAD, který bude podrobněji popsán níže. Společnosti tak mají okamžitý přístup k položkám, místo časově a organizačně náročnějšího dotazování přes e-mailovou komunikaci.

4.1 Informační prostředí

V rámci podniku TESCOAN Brno s.r.o. je používáno několik systémů pro každodenní práci v jednotlivých odděleních. Jako celopodnikový informační systém (ERP) je používán QAD. Oddělení konstrukce, technologie a hardwaru používá pro správu technické dokumentace systém PDM. PDM je používán výhradně pro podporu vývoje, QAD pak pro plánování a řízení výroby, ale také jako nástroj pro finanční a controllingové řízení celé holdingové společnosti. Vývojová oddělení pracující s PDM mají přístup zároveň i do QAD, i přestože je většina potřebných dat mezi systémy sdílena. Doplňková data, jako jsou např. status a počet dostupných dílů na skladě nebo jejich obsazenost, jsou zatím stále přístupná pouze v rámci jednoho programu.

Mezi oběma systémy existuje spojení – integrace, díky které jsou v obou systémech udržována aktuální data. Některá oddělení používají další programy

pro správu dat v rámci jejich části vývoje, která jsou většinou separovaná od obou zmíněných systémů.



Obr. 4. 1 Propojení PDM s QAD.

Jak je vidět z obrázku, informační tok je pouze jednosměrný, tak, aby v celopodnikovém systému byly veškerá potřebná data. V rámci zjednodušení a zvýšení komfortu uživatelů systému PDM byly navrženy změny, kdy se základní informace o množství položek na skladě, ceně, informacích o dodavateli a obrátkovosti budou propisovat i zpětně z QAD do softwaru pro vývojáře.

Každá položka má v QAD přiřazený status odpovídající danému stavu, podle kterého je s ní zacházeno. Položky jsou v první řadě děleny na nákupní a výrobní a následně jsou jednotlivými statusy rozděleny do následujících základních kategorií:

- Položka založená nekompletní.
- Položka založená v PDM nekompletní.
- Položka vývojová.
- Položka sériové výroby.
- Položka nahrazená.
- Položka ukončená.
- Položka vyřazená.

Položky v systému mají i další statusy, které jsou používány v rámci oddělení logistiky pro přehlednější rozdělení.

Nákupní součásti a jejich naskladňování je řízeno v QADu. Vyráběné součásti jsou spravovány v PDM. Mezi systémy dochází průběžně k přenosu dat tak, aby byla v obou systémech aktuální data.

V QAD jsou umožněny aktuální náhledy skladových zásob, aktuální fáze výrobního procesu součástí nebo sestav, jejich sestavení a testování. Díky tomu mají vývojová oddělení okamžitý přehled o součástech, které mohou použít.

Ostatní dokumentace je ukládána primárně na síťovém sdíleném serveru, výjimečně na lokálních počítačích. Přístup k datům je řízen v rámci práv uživatelů operačního systému. Dokumentace se tedy nachází na jednom místě a je možné k ní přistupovat téměř odkudkoliv v rámci firmy.

Archivování dokumentace je také sekundárně realizováno zakládáním dokumentů v papírové podobě v centrálním archivu sériové dokumentace v rámci firmy, výjimečně na odděleních dokumentaci náležití.

Tisk výkresové dokumentace je v rámci konstrukčního oddělení automatizován, ale dokumentace v rámci firmy není evidována v systému.

4.2 Řízení procesů

Objednávkové procesy nejsou řízeny informačním systémem, v této souvislosti bude nastíněna praxe vytváření a zpracování i jednotlivých procesů.

4.2.1 Objednávky a jejich vyřízení

Objednávky jsou přijímány obchodním oddělením v elektronické formě, výjimečně i v papírové podobě. Na základě konzultace zákazníka s distributorem je specifikována konfigurace mikroskopu a poté distributor předá specifikace požadovaných vlastností mikroskopu pomocí systému CRM na zakázkové oddělení firmy. Po přijetí objednávky pracovník oddělení nákupu vytvoří požadavek – tzv. projekt v systému QAD, aby na projektu mohli pracovat i další oddělení. Společně s produktovými specialisty jsou sladěny požadavky zákazníka s možnostmi a využitím potenciálu požadovaného zařízení.

Podle složitosti rozlišujeme dvě varianty možného zpracování obchodního požadavku:

- Vyřízení standardním způsobem.
- Vyřízení s podporou konstrukce.

4.2.1.1 Vyřízení standardním způsobem

Pokud objednávka mikroskopu obsahuje standardní zařízení, detektory a příslušenství, které je již založené v systému, je požadavek vyřízen jen pomocí systému QAD. Veškerou potřebnou dokumentaci pro výrobu a sestavení vytvoří oddělení logistiky na základě pokladů z oddělení zakázek a podkladů z vývoje. Jedná se zejména o:

- Kusovník celé sestavy.
- Montážní postupy.
- Softwarové vybavení.

Zařízení je následně vyrobeno, sestaveno, finalizováno a expedováno zákazníkovi.

4.2.1.2 Vyřízení s nutnou podporou konstrukce

Pokud je požadavek zákazníka nestandardní, přesune se zadání požadavku z produktových specialistů na produktové specialisty vývoje, kteří zjišťují informace o možnosti realizace od jednotlivých vývojářů a stanoví, zda jsou požadavky zákazníka realizovatelné. Pokud je konfigurace splnitelná, logistika vývoje zařídí potřebné podklady pro výrobu. Pokud díly nejsou zdokumentované, pověřený konstruktér navrhne požadované součásti v PDM a vytvoří výkresovou dokumentaci. Pro výrobu nově vzniklého dílu zavedeného v PDM je požadavek automatickým procesem při schvalování překopírován do systému QAD, aby další oddělení mohly součásti zadat do výroby.

Systém zpracování, respektive schvalování výkresové dokumentace v rámci konstrukčního oddělení je automatický. Schválená dokumentace je následně zpracována oddělením logistiky a zadána do výroby.

4.2.2 Návrh a vývoj

Jak již bylo zmíněno, v rámci firmy probíhá nejen výroba, ale je zde i velké vývojové oddělení, které pracuje nejen na zlepšování stávajících produktů, ale zároveň se vyvíjí nové.

Návrhem a vývojem se rozumí procesy řízení, provádění a ověřování návrhu výrobku s cílem uspokojit potřeby zákazníků. Oddělení marketingu provádí průzkum trhu s cílem definice požadavků zákazníků s ohledem na nejmodernější poznatky o produktech souvisejících s předmětem podnikání společnosti.

Marketing předává informace vedení. Vedení pak dává pokyn jednotlivým oddělením vývoje - fyziky, aplikací, hardwaru, softwaru a konstrukce pro řešení úkolů, které souvisí s poznatkem získaným zpětnou vazbou od zákazníků. Jednotlivá oddělení mezi sebou spolupracují, např. fyzikální část zajistí výpočty v rámci fyzikální podstaty, konstrukční část zajistí mechanické prvky, hardwarová část poskytne elektrické komponenty, jehož řízení vytvoří software.

Zástupci jednotlivých oddělení, kteří na projektu pracují, jsou zodpovědní za jejich část od návrhu, přes výrobu až po testování prototypu.

Veškerá práce konstrukce a hardwaru je ukládána do systému PDM a po smontování, seřízení a odladění je společně s technologií vytvořen montážní a technologický postup.

4.2.3 Sestavení

Podle montážních postupů jsou jednotlivé celky sestaveny a postupně montovány do větších celků na rám mikroskopu. V průběhu montáže je každý mikroskop testován pro minimalizování skrytých chyb. V závislosti na složitosti sestavovaného přístroje se doba montáže liší.

Informace o výsledcích testování namontovaných částí a případných problémech, které se během montáže vyskytly, jsou zapsány do složky, tzv. rodného listu, ve kterém jsou zapsány základní informace o daném zařízení. Po sestavení a otestování konstrukčního celku je sestava přesunuta na další pracoviště, kde je tzv. oživována.

4.2.4 Seřízení

Sestavený celek je přesunut do čistých prostor, kde je doplněn o zásadní části, např. tubus, manipulátor a další příslušenství, které je náchylné na okolní podmínky.

Po připojení všech zbylých částí jsou celky vzájemně propojeny a připojeny ke zdroji napětí. Oživení probíhá podle manuálu, který je specifický pro každý typ přístroje. Pokud je součástí mikroskopu nestandardní periferie, která ještě nebyla použita, probíhá oživení v kooperaci s vývojovým oddělením. Opět je průběh sestavení zapsán do složky putující se zařízením.

Otestovaný přístroj je rozebrán a zabalen do beden připravených k přepravě, protože se jedná o drahé zařízení, jsou součástí i indikátory z důvodu neopatrné manipulace. V závislosti na destinaci, do které je mikroskop odeslán, je zvolen typ přepravy – pozemní nebo letecká.

Jakmile je zařízení dopraveno na místo určení, servisní technik zapojí a znovu oživí celé zařízení. Součástí oficiálního předání přístroje je i zaškolení uživatelů, aby

s mikroskopem mohli operovat v základním rozsahu. V manuálu jsou pak popsány další možnosti práce pro využití celého potenciálu zařízení.

4.2.5 Změny

Změny představují úpravu odchylek dokumentace vytvářené v podniku. Návrh na změnu podává jakýkoliv zaměstnanec, když zjistí nedostatky ve výkresové dokumentaci nebo ve funkčnosti. Při zjištění nedostatků může navrhnout inovaci. Předkládá jej odpovědnému vývojáři, který po konzultaci o možnostech řešení s předkládajícím návrh posoudí a součást modernizuje. Případně může zaměstnanec podat návrh na vedoucího daného oddělení nebo přímo poslat návrh řediteli vývoje.

V případě, že konstruktér provede konstrukční změny, předá dokumentaci na dílnu pro zahájení výroby prototypu. Vyrobená součást putuje na očištění, aby ji bylo možné dál použít ve vakuovém prostředí, pokud je do ní určen. Zabalená součást je odeslána zpět konstruktérovi pro sestavení a otestování.

V případě úspěšného otestování se součást přesune do sériové výroby a technologie vytvoří potřebné dokumenty nebo upraví stávající dokumentaci. O změně jsou pak automaticky informována i další oddělení.

4.2.6 Kontrola

Všechny vyrobené nebo upravované díly procházejí vstupní kontrolou, která má za úkol odhalit odchylky od požadovaných rozměrů, materiálu nebo funkcí uvedených na výkrese. Případné nesrovnalosti se řeší s dodavatelem, případně s oddělením, které si díly objednalo. Toto oddělení kontroluje i díly půjčené pracovníkem v rámci firmy, zabývá se i reklamacemi nefunkčních dílů, případně jejich odpisem. Všechny zmíněné situace se zaznamenávají v systému QAD, aby byla zachována aktuálnost dat, jejich množství i případné komplikace, které slouží jako podklad pro následnou komunikaci s dodavatelem za účelem zlepšení jeho služeb. V krajním případě dokumentace slouží jako podklad pro rozvázání spolupráce.

4.2.7 Servis

V průběhu životnosti zařízení je poskytována záruční i pozáruční oprava. V případě, že je se zařízením problém, kontaktuje zákazník distributora, který se zákazníkem definuje problém a zaznamená ho do CRM systému, aby byla závada dokumentována. Pokud je to možné, pokusí se distributor zařízení uvést do provozu, případně problematickou část pošle na posouzení a opravu do společnosti TESCAN Brno. Pokud si distributor se zjištěním problému neporadí, je k zařízení vyslán vysoce kvalifikovaný servisní technik z brněnské dceřiné společnosti. Tyto případy jsou důkladněji dokumentovány pro vyhodnocování slabých, respektive problematických částí jako podklady pro inovaci.

Mezi servisní zásahy patří i výjimečné případy, kdy zákazník požaduje zlepšení parametrů mikroskopu, což často znamená vylepšení hlavních částí v takové míře, že je třeba je nahradit. V takovém případě je zařízení odesláno zpět do společnosti TESCAN Brno, zanalyzováno, provedena náhrada nezbytných částí, nastaveno a odesláno zpět.

Životnost zařízení je plánována na 10 let, během nichž je poskytována podpora zařízení ve formě náhradních dílů, nicméně i po této době je možné mikroskopy servisovat.

4.2.8 Vyřazení z provozu

Po vyřazení z provozu jsou podobné druhy zařízení recyklovány, nebo upraveny do takové míry, kdy slouží jinému účelu, než pro který byly vyrobeny. Firma nemá informace o tom, co děje se zařízením poté, co je zákazníkem vyřazeno z provozu. Existují případy, kdy jsou zařízení přeprodány dalšímu zájemci, který jej využívá ke stejnému účelu. Pokud by zákazník chtěl elektronový mikroskop ekologicky zlikvidovat, měl by tento proces být relativně jednoduchý.

Přístroj se skládá z části z elektroniky, kterou je možné recyklovat a získat zpět cenné kovy. Téměř všechny další díly jsou pak kovové, což je možné nechat v kovošrotu vykoupit. Plastové díly, stůl i židle, jež jsou v celém objemu materiálu zanedbatelné, nejspíše skončí na skládce. Celkově lze ale říci, že toto zařízení je téměř celé možné recyklovat a použít znovu jiným způsobem.

5 NÁVRH ŘEŠENÍ

V obecné rovině je každý podnik založen za účelem vytváření zisku, který je vytvářen skrze přidanou hodnotu. Mnohdy je možné dosáhnout úspěchu pouze tehdy, když bude firma lepší než její konkurent. Dodávat levněji, kvalitněji a hlavně dříve a flexibilněji. Právě proto je důležité správně nastavit informační, organizační a hmotné toky napříč podnikem tak, aby byla složka přidané hodnoty co nejlepší. V tomto případě se pojem výrobní systém zdá zastaralý, ale jedná se o flexibilní štíhlý systém, resp. štíhlý výrobní systém.

Štíhlý výrobní systém má za cíl zajistit podniku tvorbu přidané hodnoty s vyšší efektivitou, což znamená nastavit systém tak, aby byl zajištěn efektivní tok materiálu a informací v kombinaci s eliminací plýtvání. [22]

Efektivní tok účelných informací, které je možné systémově zpracovat, je pro firmu páteří záležitostí a je to zároveň i slabé místo v dnešní době, kdy je kladen důraz na stále větší automatizaci procesů. Informační tok z vývoje směrem do výroby je nezbytný, ale je třeba i koordinovat kapacity výroby, aby se předcházelo situacím, kdy požadavky převyšují výrobní možnosti, resp. dodací lhůty nejen interní výroby, ale i externích dodavatelů specifických dílů.

Životní cyklus dílu zahrnuje i jeho úpravy v době jeho aktivního používání. Konstrukce nebo technologie pracující v programu PDM mají povědomí o probíhajících změnách, vývojových aktivitách na daném díle, ale protože se tyto informace nepropisují do QAD, výroba o těchto změnách dozví až ve chvíli, kdy je potřeba poptat výrobu upraveného dílu. Výroba má naplánovaný odbyt starých dílů, ale systémově se začínají tvářit, že jsou nepoužitelné, protože byly v kusovnících nahrazeny novějšími. Podle programu by se měly naskladněné díly odstranit, což by nebylo hospodárné. Naopak situace, kdy by výroba dostávala informace o probíhající úpravě dílů s tím, že je třeba snížit poptávku po stávajících dílech z důvodu náhrady za nový, by zamezilo výše popsané situaci. Dosluhující díly by byly dobrány a zároveň by se postupně navýšila výroba nově vzniklého dílu a celý proces by byl systémově zastřešený.

Je třeba pamatovat i na situaci, kdy by změnovaný artikl byl v tomto stavu na stálo. Výroba by tak plánování nemohla optimalizovat a díl by se stal velmi drahým.

Informace o vývojové práci na dílu je třeba doplnit i o časový údaj, po jehož uplynutí se díl bude znovu plánovat ekonomickým způsobem.

Vývojové díly se zadávají do výroby jen v potřebném množství s tím, že není zřejmé, zda se v budoucnu zavedou do sériové výroby. Otestované funkční vývojové díly vhodné pro běžnou výrobu by získaly status sériové výroby, aby plánování a výroba měla možnost tyto díly objednávat do zásoby.

S touto problematikou úzce souvisí i výroba vývojových dílů určených pro testování a vývojovou činnost. Objednávání součástí pro vývoj bylo realizováno oddělením logistiky vývoje, které bylo tímto procesem značně vytíženo, a některé díly čekaly na zpracování delší dobu. Nahrazením zadávání požadavků pracovníkem logistiky za systémový nástroj se ušetřil čas tohoto oddělení, zrychlilo se objednávání veškerých dílů a informace o stavu objednávky jsou dostupné v systému. Tato nová procesní činnost již byla implementována do systému, je ve fázi testování a zatím se stále pracuje na jejím vylepšení, aby bylo možné dosáhnout co nejvyšší automatizace.

Dalším úzkým místem procesů v podniku, kde je prostor pro zlepšení, je oblast kontroly dílů. V ideálním případě by oddělení kontroly mělo věnovat pozornost a kontrolovat všechny aspekty každého z dílů. Zkontrolovat veškeré kóty na všech součástech, které přes toto oddělení procházejí, by bylo velmi časově náročné a často i obtížně realizovatelné. Kontrolovány jsou převážně jen funkční rozměry, které mají vliv na funkci celku, aby bylo docíleno zefektivnění tohoto úzkého místa na úkor snížení pravděpodobnosti odhalení nepřesností od dokumentace.

Použitím 3D skenovacího nástroje by se zásadně urychlila kontrola dílů a snížil by se vliv lidského faktoru. Dnešní ruční přenosné skenery měří v řádech setin až tisícín milimetru, což převyšuje požadavky na kontrolu přesnosti. Díl je během skenování možné otáčet tak, aby byl naskenován ze všech stran. Následně je model s naskenovaným dílem porovnán a program vyhodnotí nepřesnosti. Pokud nejsou nepřesnosti v rámci tolerancí, program na neshodu upozorní. Nevýhodou skeneru jsou díly s vnitřními neprůchozími hlubokými otvory a dutinami, kam kamera skeneru nevidí. Tyto místa jsou pak třeba zkontrolovat ručně.

Existují i skenery, které v sobě kombinují bezkontaktní technologii a zároveň obsahují kontaktní část se safírovou kuličku, kterou je možné měřit i méně přístupná

místa. V rámci kontroly v TESCANu by byl dostačující skener vybavený optickou technologií. Množství, které by bylo třeba měřit ručně, je malé procento.

ZÁVĚR

Základem pro návrh zvýšení efektivity PLM systému společnosti TESCAN spočívá v provedení analýzy stávajícího prostředí. Zmíněná firma se zabývá vývojem a výrobou elektronových mikroskopů a je v tomto odvětví světovým hráčem. Znázornění komplikovanosti nabízených zařízení objasňuje příklad možných konfigurací pro jeden typ mikroskopu. Při analýze PLM je také důležité znát firemní strategii, kterou chce získat větší část trhu, a spočívá ve snaze přizpůsobovat se přáním zákazníka.

Po zavedení modernějšího PLM systému jsou postupně zaváděny moduly, které zvyšují efektivitu ve firmě a v kombinaci, jak se společnost rozrůstá, roste i náročnost interních procesů.

V práci je dále popsán výrobní systém společnosti. Brněnská dceřiná společnost zajišťující vývoj a výrobu je rozmístěna do dvou budov, což má své stinné stránky, ale v souvislosti s výrobou a nastavováním přesných přístrojů je i určitou devizou. Je zde popsáno výrobní zázemí firmy. Tedy jak díly, tak i mechanická a elektrická montáž a čisté prostory uzpůsobené pro seřizování mikroskopů.

Následující část se věnuje organizaci procesního řízení zakázky, respektive popisu informačních a materiálových toků v rámci firmy. Tento proces je popsán od získání informace od distributora, který slouží téměř ve všech případech jako jediný spojovací článek pro komunikaci mezi společností a zákazníkem. Je zde zastoupen informační tok při realizaci zakázky od koordinace jednotlivých oddělení, objednání potřebného materiálu, přes montáž, seřízení a expedici, až po zprovoznění u zákazníka, servisní podporu, pozáruční servis a podporu v rámci celé životnosti zařízení.

Během analýzy jednotlivých toků firmou bylo zjištěno několik procesů, které nejsou dostatečně optimalizovány, a bylo by třeba se na tyto části systému zaměřit. Na základě analýzy procesů bylo navrženo několik změn v předávání informací mezi vývojem a výrobou, které sníží plýtvání a zároveň zrychlí dostupnost dílů na skladě.

Převážně první zmíněný proces vhodný pro zlepšení je svázaný s PLM systémem společnosti. Systém PLM v rámci podniku je moderní komplexní systém, který splňuje požadavky především na sdílení dat v rámci celé nadnárodní korporace. Ač je systém

komplexní a splňuje stále více požadavků na automatizaci díky doplňkovým modulům, které jsou postupně dokupovány, stále má jistá omezení.

Jako nedostatečný se informační tok mezi vývojem a výrobou jeví v případě výroby vývojových dílů určených pro testování a vývojovou činnost. Vytvoření doplňku pro objednávání dílů zadáváním do systému, který předává informace mezi výše zmíněnými odděleními firmy, zlepšuje přehlednost a dostupnost informací o datu dodání. Tento doplněk je ve fázi testování, kdy je snaha dosáhnout co nejvyšší automatizace. Analýzou prvního kvartálu 2018 bylo zjištěno, že cca jen 50% dílů z celkového množství 276 platných požadavků pro vývoj bylo vyrobeno a dodáno ve stanoveném termínu. Do včas nedodaných dílů spadají i případy, kdy bylo posunuto datum dodání až po objednání, z důvodu aktualizace informací od dodavatele i přetížení vlastní výroby. Nadále se intenzivně pracuje na snížení podílu nesplněných včasných dodávek, aby byl podíl práce lidského faktoru minimální. Ukazuje se, že nově zavedený proces s využitím implementovaného doplňku napomáhá snížit poměr nedodaných dílů pro vývoj včas a zatím jde o krátké období pro vyhodnocení efektivnosti. Zvýšení produktivity oddělení logistiky vývoje je zřejmé, ale není měřeno, protože práce tohoto oddělení spadá do režie vývoje.

Dále je důležité zlepšit hospodárnost nakupovaných dílů na sklad tak, aby při přechodu na novou verzi používaných dílů došlo k úplnému vyčerpání zásob stávajících dílů a nebylo třeba likvidovat zásoby již dosluhujícího dílu, protože jsou ihned objednána velká množství nových dílů. Toho bude dosaženo zvýšením počtu stavů položek tak, aby reflektovaly operace jako změnování nebo plynulé nahrazování dílů. Realizace této části je naplánována do konce roku 2018.

Stejně tak i úzké místo kontroly výrobků bude řešeno, aby se zamezilo plýtvání a zvýšila se celková efektivita a udržitelnost růstu firmy při stávajících technologiích.

Pro zlepšování společnosti je nezbytné po provedení změny procesů provést analýzu se zaměřením na změněný proces a výsledky porovnat s předchozím stavem. Analýza provedená v této práci odhalila několik úzkých míst, na které je třeba se zaměřit. Sníží se tím plýtvání, zvýší se celková efektivita a udržitelnost růstu firmy při stávajících technologiích.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Životní cyklus výrobku nebo služby (Product or Service Lifecycle). *ManagementMania* [online]. Wilmington, 2017, 4. 1. 2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/zivotni-cyklus-vyrobku-sluzby>
- [2] SVOZILOVÁ, A. *Projektový management*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. 380 s. ISBN 978-80-247-3611-2.
- [3] ČSN ISO 15226 (013020) A Technická dokumentace - Model životního cyklu a přiřazení dokumentů. Praha: Český normalizační institut, 2003. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [4] TAHA, Zahari, Hassan ALLI a Salwa Hanim Abdul RASHID. Users Involvement in New Product Development Process: A Designers' Perspectives. *Industrial Engineering and Management Systems* [online]. 2011, 10(3), 191-196 [cit. 2018-05-05]. DOI: 10.7232/iems.2011.10.3.191. ISSN 1598-7248. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/263628526_Users_Involvement_in_New_Product_Development_Process_A_Designers'_Perspectives
- [5] BLANCHARD, Benjamin S. a W. J. FABRYCKY. *Systems engineering and analysis*. 3rd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c1998. ISBN 978-013-1350-472.
- [6] Osvěta v oblasti řízení životního cyklu výrobku je potřebná v ČR i na Slovensku. *PLM monitor* [online]. Nový Jičín: DYTRON, 2015, 24. 7. 2015 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.plmmonitor.cz/srovnani-plm-v-cr-a-sr/>
- [7] The Standish Group International. *The Standish Group Report: Chaos* [online]. In: . Chicago, 1995, s. 8-10 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://www.projectsart.co.uk/white-papers/chaos-report.pdf>
- [8] MAREŠ, Pavel. *Kam kráčí PLM?*. Bítov, 2006.
- [9] *Software Engineering*, 6th edition. Chapters 1,3 Slide 1 *Software Engineering Software Engineering* [online]. In: . Sommerville 1995/2000 (Modified by Spiros Mancoridis 1999), s. 23 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://slideplayer.com/slide/2613816/>

- [10] KRUCHTEN, Philippe. Rational Unified Process, The: An Introduction, 3rd Edition. Dec 10, 2003. Addison-Wesley Professional, 2004. ISBN 0-321-19770-4.
- [11] Řízení životního cyklu produktu. InnoSupport - Supportin Innovation in SME [online]. Rostock-Warnemünde, 2010 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: http://www.innosupport.net/uploads/media/6_4_PLM_04.pdf
- [12] DYTRON s.r.o. Co je to PLM. PLM monitor [online]. Nový Jičín, 2015 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.plmmonitor.cz/co-je-plm/>
- [13] BROWN, Jim. The Integrated ERP-PLM Strategy: Closing the Loop on Product Innovation. Tech-Clarity [online]. 2010, , 3 - 9 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: http://tech-clarity.com/documents/Tech-Clarity_IssueinFocus_ERP_PLM_Strategy.pdf
- [14] LEPISTO, Christine. Michelin Unveils Active Wheel in Affordable Electric Car. In: Treehugger [online]. 2008, s. 1 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.treehugger.com/cars/michelin-unveils-active-wheel-in-affordable-electric-car.html>
- [15] RIMELL, Will. New in-wheel electric tech set to enter production later this year. Workshop Magazine: The Publication For Garage Professionals [online]. 2018, 1 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://workshopmagazine.co.uk/2018/01/05/new-wheel-electric-tech-set-enter-production-later-year/>
- [16] SAAKSUVUORI, Antti a Anselmi IMMONEN. Product lifecycle management with 4 tables. 2nd ed. Berlin [etc.]: Springer, 2005. ISBN 978-354-0269-069.
- [17] ZIMMERMAN, T., J. MALMQVIST a A. ČATIĆ. Implementing PLM in Practice - Findings from an Empirical Study in the Commercial Vehicle Industry [online]. In: . [cit. 2018-05-06].
- [18] BERGSJÖ, Dag. Product lifecycle management: architectural and organisational perspectives. 2009. Göteborg: Department of Product and Production Management, Chalmers University of Technology, 2009. ISBN 978-917-3852-579.

- [19] SVENSSON, D. Towards Product Structure Management in Heterogeneous Environments. Göteborg, Sweden, 2003. Doctoral Thesis. Chalmers University of Technology.
- [20] TESCAN Products 2017. TESCAN ORSAY HOLDING, 2017.
- [21] JÄGER, A. a V. GÄRTNEROVÁ. Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů aneb jak vypadá jejich struktura. In: Fyzikální ústav Akademie věd ČR, v. v. i. [online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/popularizace/elektronovym-mikroskopem-do-nitra-materialu-aneb-jak-vypada-jejich-struktura>
- [22] MM Průmyslové spektrum: Výrobní systém: budoucnost nebo přežitek? 2016, 2016(4).

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/ Symbol	Popis
RUP	Rational Unified Process – formalizovaný proces vývoje softwaru
PLM	Product Lifecycle Management – životní cyklus produktu
CAD	Computer Aided Design - počítačem podporované konstruování
PDM	Product Data Management - řízení dat o produktech
ERP	Enterprise Resource Planning - plánování podnikových zdrojů
CRM	Customer Relationship Management – nástroj pro řízení vztahů se zákazníky
SE	Systems Engineering - systémový inženýring
PPM	Product and portfolio management - management produktu a portfolia
MPM	Manufacturing process management - plánování výroby
SCM	Supply Chain Management - Systém správy softwaru
SOA	Service Oriented Architecture – Architektura orientovaná na služby
STEP	Standard for Exchange of Product Data – standardizovaný formát pro předávání souborů mezi různými firmami
UML	Unified Modeling Language – grafický jazyk pro vizualizaci, specifikaci, navrhování a dokumentaci programových systémů
SysML	Systems Modeling Language – jazyk používaný v rámci softwarového inženýrství
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards – Organizace na prosazování norem pro strukturované informace
OMG	Object Management Group – standard pro návrh softwaru
RM	Recipe Management - Management vytváření a správy kmenových dat pro procesní výrobu
CAX	Computer Aided – název pro programy začínající CA. Jako například CAD, CAE, CAM,...
CAM	Computer Aided Manufacturing - počítačem podporovaná výroba

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Životní cyklus výrobku - vztah mezi objemem prodejů a ziskem. [1]	11
Obr. 1.2 Rozložení fází životního cyklu projektu. [2].....	12
Obr. 1.3 Proces vývoje produktu dle Ulricha a Eppingera. [4]	14
Obr. 1.4 Proces vývoje produktu – V-model.	15
Obr. 1.5 Systémové modelování produktů.	16
Obr. 1.6 Softwarové inženýrství – model spirála. [9]	17
Obr. 1.7 RUP proces. [10]	18
Obr. 1.8 Rozložení fází životního cyklu projektu. [11].....	20
Obr. 1.9 Požadavky kladené na PLM systémy. [8]	21
Obr. 1.10 Fáze PLM a jednotlivé úkoly.	22
Obr. 1.11 Hlavní přínosy PLM.	23
Obr. 1.12 Výsledky ankety prováděné ve firmách využívajících PLM. [6].....	24
Obr. 1.13 Kolo kombinující mechaniku, elektroniku a software. [14]	27
Obr. 1.14 Kolo používající	27
Obr. 1.15 Časové využití inženýrské práce. [16]	28
Obr. 1.16 Architektury pro integraci. [17]	30
Obr. 1.17 Výzkumná oblast PLM. [18].....	32
Obr. 1.18 Čtyři pohledy na PLM systém. [19]	33
Obr. 2.1 Produktová řada výrobků. [20].....	35
Obr. 2.2 Typy možných detektorů u mikroskopu VEGA3. [20]	36
Obr. 2.3 Typy nabízených příslušenství u mikroskopu VEGA3. [20]	36
Obr. 2.4 Vývoj tržeb v závislosti na prodaných zařízeních.	37
Obr. 2.5 Rozsah velikosti objektů pozorovaných jednotlivými typy mikroskopů. [21] ..	38
Obr. 2.6 Dopad elektronů na vzorek. [21].....	39
Obr. 2.7 Srovnání schématu optické soustavy SEM a TEM. [21]	40
Obr. 4.1 Propojení PDM s QAD.....	44

SEZNAM TABULEK

Tab 1.1 Důvody úspěchů a neúspěchů projektů	26
---	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Časová osa zásadních událostí společnosti TESCOAN
Příloha 2	TESCAN Product Overview