

# PLM ve výrobě forem

Bc. Michal Holčák

---

Diplomová práce  
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Holčák**  
Osobní číslo: **T17261**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **PLM ve výrobě forem**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma.
2. Zpracování daného konstrukčního celku dle specifikace bez-výkresové dokumentace, jehož datová struktura bude řízena pomocí systému PLM.
3. Aplikace pravidel moderní výroby na jednotlivých součástech z 3D sestavy.
4. Vyhodnocení přínosů PLM a moderních technologií pro konstrukci a výrobu v nástrojárně.

Rozsah diplomové práce: **cca 60 stran**  
Rozsah příloh: **dle pokynů VDP**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- *Konstruktor: CAD - CAM - PLM - obrábění - 3D tisk - výroba - automatizace* . Praha: Springwinter, 2013-. ISSN 1805-8590.
- **USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKAN. *Industry 4.0: managing the digital transformation* . Cham, Switzerland: Springer, [2018], xviii, 286. Springer series in advanced manufacturing. ISBN 978-3-319-57869-9.**

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství  
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2019**  
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2019**

Ve Zlíně dne 6. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1/</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2/</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3/</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3/</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12.5.2019

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá konceptem moderních způsobů konstruování, jako je bez-výkresová dokumentace v rámci projektu, který je spravován PLM systémem.

Teoretická část diplomové práce je věnována seznámení s různými systémy, které se v dnešní době využívají pro správu dat a nástrojů během návrhu a výrobě různých součástí. Je zde zaveden popis implementace PLM systémů v nástrojárnách.

Praktická část je věnována ukázce konstrukce jednoduché vstříkovací formy. Konstrukce formy je provedena v softwaru NX 12.0, který je spravován softwarem Teamcenter. Na jednotlivé díly vstříkovací formy jsou aplikována pravidla bez-výkresové dokumentace. Po aplikaci PMI kót bylo provedeno nastavení obrábění pro vybrané desky, kde byla aplikována metoda Feature based machining, která je opět provedena v softwaru NX 12.0.

Klíčová slova: PLM systémy, PMI kóty, obrábění, bez-výkresová dokumentace

## **ABSTRACT**

The Diploma thesis deals with the concept of modern construction methods, such as non-drawing documentation within a project, that is managed by PLM system.

The theoretical part of this thesis is devoted to familiarization with various systems, that are used today for data and tool management during construction and production of various components. There is description of implementation PLM systems in tool shops.

The practical part is devoted to the construction of a simple injection mold. The mold construction is implemented in NX 12.0 software, which is managed by Teamcenter. The rules of non-drawing documentation are applied to the individual parts of the injection mold. After applying PMI dimensions, the machining pretting for the selected plates were performed, where was applied Feature based machining method, which is performed in the NX 12.0 software again.

Keywords: PLM systems, PMI dimensions, machining, non-drawing documentation

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Doc. Ing. Ondřeji Bílkovi Ph.D za doporučení dané práce a zprostředkování spolupráce se společností AXIOM TECH a dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jakobovi Černému za odborné vedení a veškerou technickou podporu a především čas, který obětoval při postupném vypracování práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 HISTORIE PLM/PDM</b> .....	<b>12</b>
<b>2 PDM/PLM</b> .....	<b>14</b>
2.1 PDM .....	14
2.1.1 Teamcenter .....	14
2.1.2 Zavádění PDM pomocí Teamcenter Rapid Start .....	15
2.2 PLM.....	15
2.3 FUNKCE PLM.....	16
2.4 VÝHODY PLM.....	16
2.5 MRP .....	17
2.5.1 MRP II.....	17
2.6 ERP.....	18
2.6.1 Výhody ERP pro firmu .....	18
2.6.2 Implementace ERP systému.....	19
2.7 VZTAH PLM A ERP .....	19
2.8 MRL .....	21
2.8.1 Funkce MRL .....	21
2.8.2 Import katalogů od dodavatelů.....	22
2.8.3 Vyhledávač.....	22
2.8.4 Sestavy nástrojů .....	22
2.8.5 Výhody MRL .....	22
<b>3 POSTUP IMPLEMENTACE PLM ŘEŠENÍ V NÁSTROJÁRNĚ</b> .....	<b>24</b>
3.1 BĚŽNÝ POSTUP IMPLEMENTACE PLM SYSTÉMU .....	24
<b>4 BĚŽNÝ STAV V NÁSTROJÁRNĚ</b> .....	<b>25</b>
4.1 POPIS PRŮBĚHU IDEÁLNÍHO STAVU VÝROBY BEZ ŘÍZENÍ POMOCÍ PLM .....	25
4.2 POPIS PRŮBĚHU NEPŘÍZNIVÉHO STAVU VÝROBY .....	25
4.3 MODERNÍ PŘÍSTUP ŘÍZENÍ DAT .....	25
<b>5 INDUSTRY 4.0</b> .....	<b>27</b>
5.1 HISTORIE .....	27
5.2 ZÁKLAD INDUSTRY 4.0 .....	28
5.3 TECHNOLOGICKÉ PRVKY .....	28
5.3.1 Kyber-fyzické systémy (Cyber Physical Systems) .....	28
5.3.2 Internet věcí (Internet of Things – IoT) .....	29
5.3.3 Internet služeb (Internet of Services – IoS).....	29
5.3.4 Internet všeho (Internet of Everything – IoE).....	29
<b>6 POKROČILÉ METODY KONSTRUOVÁNÍ</b> .....	<b>30</b>
6.1 ZAJIŠTĚNÍ KVALITY DAT MEZI KONSTRUKCÍ A TECHNOLOGIÍ.....	30
6.2 BEZ-VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE .....	30
6.2.1 Product manufacturing information (PMI) .....	30
6.2.1.1 Tvorba PMI.....	31
6.2.1.2 2D dokumentace .....	31



6.2.1.3	Další využití PMI.....	32
6.2.2	Face color management (FCM) .....	32
6.3	KVALITA DAT .....	33
6.3.1	Zajištění kvality pomocí DFM .....	34
6.3.2	Funkce DFM .....	34
6.3.3	Kontrolní seznam DFM.....	35
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ .....</b>	<b>38</b>
8.1.1	Uspořádání dat v Teamcentru .....	38
<b>9</b>	<b>NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY .....</b>	<b>42</b>
9.1	NÁVRH DĚLÍCÍ ROVINY .....	43
9.2	NÁVRH TVAROVÝCH DÍLŮ .....	43
9.3	NÁSOBNOST FORMY .....	44
9.4	VYHRAZOVACÍ SYSTÉM .....	45
9.5	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	45
9.6	TEMPERAČNÍ SYSTÉM .....	46
9.7	PODSESTAVY VSTŘIKOVACÍ FORMY .....	47
<b>10</b>	<b>VYUŽITÍ BEZ-VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE.....</b>	<b>50</b>
<b>11</b>	<b>OBRÁBĚNÍ.....</b>	<b>53</b>
11.1	POSTUP OBRÁBĚNÍ OPĚRNÉ DESKY .....	54
11.2	ROZHRANÍ PRO DÍLNU – AUTOMATICKÁ PROPAGACE DAT NAPŘÍČ VÝROBOU .....	61
<b>12</b>	<b>ZMĚNOVÉ ŘÍZENÍ .....</b>	<b>65</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>75</b>

## ÚVOD

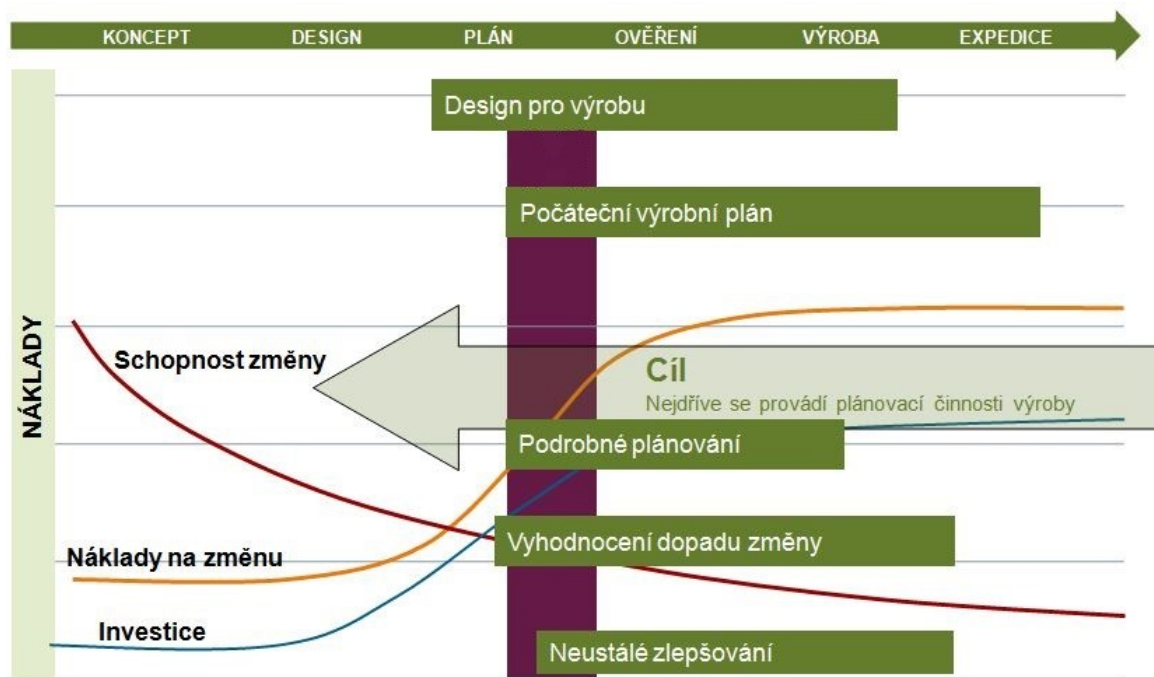
Vzhledem k tomu, že se v konstrukční oblasti už delší dobu využívají aplikace CAD pro počítače a s postupem času se tyto aplikace neustále vyvíjejí a jejich uplatnění stále roste, je stále větší problém s ukládáním všech souborů. Proto vznikly PDM/PLM systémy, které dokážou přehledně uložit data, která se neukládají na pevný disk v počítači, ale jsou uložena do databáze, kde jsou data bezpečně spravována, a nehrozí záměna dat. Tyto systémy také dokážou plánovat výrobu. Jedná se tedy o dokonalé propojení konstrukční oblasti s technologickou. V konstrukci se pro maximální produktivitu využívají moderní způsoby konstruování, jako je bez-výkresová dokumentace. Pro bez-výkresovou dokumentaci se využívá metoda PMI a barevného značení a tudíž odpadá tvorba 2D výkresů. Tyto data se dále dají využít v technologii, kde jsou na základě těchto informací generovány NC programy pomocí metody Feature based machining. Při využití všech těchto metod se zaručí maximální produktivita, značná úspora času a snížení nákladů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE PLM/PDM

První aplikace CAD pro počítače se objevily v 70. letech 20. století a znamenaly revoluční změnu, která se odehrála v práci konstruktérů. V současnosti se CAD využívá prakticky v každém výrobním podniku, který má vlastní konstrukci. Se stále zvyšujícím se využíváním CAD systémů se začala přesouvat z papíru do CAD souborů. Jelikož začal v podnicích velmi rychle narůstat počet CAD souborů, bylo jejich archivování stále těžší. To hrálo významnou roli u vzniku PDM systémů. [1]

PLM systémy nejen, že spravují soubory, ale slouží také pro plánování výroby. Celé plánování výroby je složeno z několika částí. Jako první je během plánování počáteční koncept, který se skládá z počátečních návrhů a náčrtů. Dále je design, kde se vymyslí, jak by měl výsledný produkt vypadat. Následuje výrobní plán, kde se určí množství vyráběných produktů a stanoví se termíny odeslání. Ověření výrobku je krok před výrobou a je nesmírně důležitý, protože odhaluje problémy, které by mohli vzniknout během výroby. V případě odhalení problému je nutné provést změny, které stojí peníze, ale jedná se o částky, které jsou zanedbatelné, protože kdyby nastal problém během výroby, kde jsou už obstarané všechny prostředky, tak by náklady na nápravu byly znatelně vyšší. Takže tyto systémy nám také šetří značnou část financí během sestavování celého výrobního procesu. Jakmile je celý návrh výrobku a samotného procesu ověřen a nejsou žádné problémy, tak může započnout výroba a po úspěšné výrobě může výrobek cestovat k zákazníkovi. [18]



Obr. 1. Rozvržení nákladů pro zavedení výrobku do výroby [18]

## 2 PDM/PLM

Jelikož se dnes v konstrukci a ve výrobě využívají počítače s různými softwary, je nutné, aby nad tím byly řídicí procesy, které zaručí, že data budou přístupné v daný čas osobě, která je má mít v tu danou chvíli na starosti. PDM a PLM systémy zaručují, že nenastane chyba ve výrobě a firma nebude prodělávat finance.

### 2.1 PDM

Product Data Management, česky Řízení výrobních dat je systém určený k řízení dat a s nimi spojených pracovních procesů. PDM systémy zprvu fungovaly jako trezory na výstupní soubory CAD konstruktérů, ale jejich funkce se postupně rozšiřovaly. Uchovávané informace zahrnují CAD modely, výkresy, kusovníky a jiné informace o dílech, produktové specifikace, NC programy, výsledky analýz. Mnohdy se může hovořit, že se jedná o zvyšování kvality a efektivity výroby, zlepšení bezpečnosti spravovaných dat. Jde o to, aby se správné informace dostaly na správné místo ve správný čas. Problémy s řízením informací korelují s velikostí společnosti. [3]

#### 2.1.1 Teamcenter

Teamcenter je celosvětově nejrozšířenější PDM/PLM systém. Přináší osvědčená řešení, která vycházejí z postupů ověřených v praxi a ze standardizovaných procesů, které přináší celou řadu výhod.

Umožňuje vyniknout v následujících oblastech:

1. Vyšší produktivita – Pomocí programu Teamcenter lze získat jednotný zdroj znalostí o výrobcích a procesech, které pocházejí z různých zdrojů. Uživatelé rychle naleznou potřebné informace a čas, který je potřebný k jejich vyhledávání se zkrátí až o 65%. Dále nabízí aplikace, které zlepšují přehled o celém životním cyklu výrobku.
2. Kontrola nad životním cyklem – Teamcenter je jediný PLM systém, který řeší fáze životního cyklu od plánování investic přes vývoj výrobku, výrobu, servis, údržbu až po vyřazení. Pomocí řešení Teamcenter lze lépe pochopit dopad změn a jdou automatizovat běžné procesy v celém životním cyklu.
3. Zlepšení spolupráce – Nejúspěšnější firmy mají pobočky po celém světě, aby snížily náklady a využily příležitosti na mezinárodním trhu. Teamcenter usnadňuje bez-

prostřední komunikaci týmů jejich propojením a sdílením potřebných informací. Týmy jsou schopné vizuálně sdílet informace, lépe komunikovat a dříve zapojovat dodavatele. Celkový vývoj výrobku se může urychlit až o 25 % a zavádění změn se zrychlí až o 30 %. [21]

### 2.1.2 Zavádění PDM pomocí Teamcenter Rapid Start

Vzhledem k tomu, že je před nasazením daného systému potřeba provést řadu konzultací a následně je potřeba vytvářet řešení na míru může nasazení trvat několik měsíců. Jedná se o dobré řešení, ale jen pro společnosti, které na to mají čas. Právě proto je dobré využít Teamcenter Rapid Start, kde získáváme před konfigurovaný PDM systém, který nahrazuje většinu konzultací a při využití se jen potvrdí nevyhnutelné požadavky pro implementaci ze seznamu požadavků a tím je všechno připravené pro samotnou instalaci. Následuje instalace. Zaškolení uživatelů, administrátorů a to vše za méně než 30 dní. PDM je možné dodat, tak rychle protože Teamcenter Rapid Start je před konfigurovaný na základě získaných zkušeností z předchozích řešení. [2]

PDM správné velikosti je:

- Plnohodnotný – podpora vývoje produktu až po jeho dodání.
- Pružný – přizpůsobitelný lidem a procesům.
- Škálovatelný – rozšiřuje se podle toho, jak roste firma.
- Rychlý – rychlé nasazení pro zabezpečení rychlé návratnosti.

## 2.2 PLM

Product Lifecycle Management, česky Řízení životního cyklu výrobku je proces řízení celého životního cyklu výrobku od prvního nápadu přes návrh, konstrukci a výrobu až po servis a likvidaci výrobku. Úkolem je sdružovat lidi, data, podnikové procesy a systémy a pro výrobní podnik i jeho partnery tvoří páteř informací o výrobku. [1] [23]



Obr. 2. Obsah PLM systémů [4]

### 2.3 Funkce PLM

- Bezpečná správa technické dokumentace se stanovenými přístupovými právy.
- Sledování a řízení změn nad touto dokumentací.
- Spolupráce jednotlivých uživatelů a projektových týmů.
- Automatická integrace do většiny moderních CAD systémů (CATIA, NX, SolidWorks, Inventor, AutoCad).
- Integrace pro kancelářské systémy MS Office.
- Přístupy přes webové rozhraní pro vzdálené uživatele.
- Snadnou simulaci výrobních procesů.
- Řízení projektů, zdrojů a jejich vyhodnocování. [22]

### 2.4 Výhody PLM

Využití systému pro řízení životního cyklu výrobků přináší řadu nesporných výhod, kterých bez řešení PLM není možné dosáhnout. Tyto již byly dostatečně zdokumentovány prostřednictvím mnoha případových studií, popisujících praktické nasazení různě koncipovaných PLM systémů v rozdílných podnikových strukturách. Z těch nejdůležitějších můžeme jmenovat například:

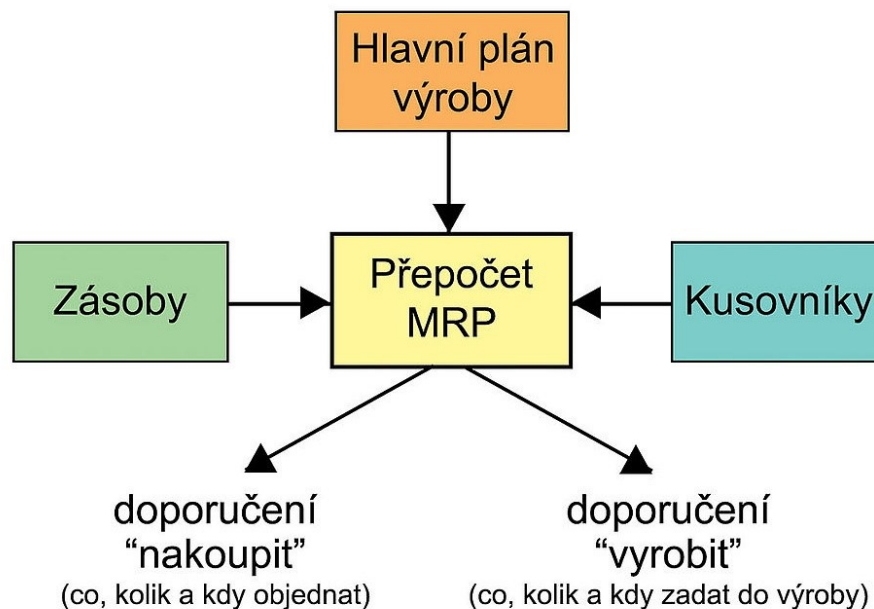
- Zkrácení času nutného pro uvedení nového výrobku na trh.



- Nižší náklady z důvodů redukované potřeby tvorby fyzických prototypů, možnosti využívání již existujících dat, optimalizace pracovních postupů a souběžné spolupráce.
- Zvýšení kvality produkce atd. [4]

## 2.5 MRP

MRP je zkratka pro Material Requirements Planning, česky Plánování materiálových potřeb. Jedná se o způsob řízení, který je založen na plánování materiálových potřeb, které nebere v úvahu další výrobní zdroje a omezení jako je lidská kapacita, kapacita výrobních strojů a podobně. Tento způsob plánování výroby byl dominantní zhruba do roku 1980. Poté byl postupně vytěsňen ucelenějším plánováním MRP II. [6] [24]



Obr. 3. Zjednodušené schéma MRP [7]

### 2.5.1 MRP II

Je vylepšená a rozšířená verze. Byly do ní integrovány další funkce potřebné pro řízení podniku, například podnikové finance, majetek, prodej, personalistika. To bylo v souladu se stále rostoucím významem počítačů ve firmách a výrobci softwaru se rychle přizpůsobili. Systémy MRP II jsou vesměs koncipovány modulárně a tyto další funkce v nich tvoří samostatné moduly. Součástí systému zůstalo i MRP, které bylo vylepšeno o kapacitní plánování. MRP tak, jak bylo výše popsáno, má jeden zřejmý nedostatek. Při plánování výroby totiž nestačí zajistit, že v okamžiku potřeby budou k dispozici všechny materiály.

Aby se materiály daly ve výrobě použít, je ještě nutné, aby v tu chvíli byly v dílně volné potřebné stroje a taky jejich obsluha, tj. kvalifikovaní dělníci. [7] [24]

## 2.6 ERP

ERP je zkratka pro Enterprise Resource Planning, česky Plánování podnikových zdrojů. Obecně řečeno, ERP odkazuje na automatizaci a integraci základních činností společnosti, které jim pomůžou se zaměřit na efektivitu a zjednodušení úspěchu.

ERP systém automatizuje a integruje klíčové podnikové procesy, jako je přijímání objednávek zákazníků, plánování operací, vedení evidence zásob a finanční data. ERP systémy mohou přispět k obrovskému zlepšení účinnosti jakékoliv organizace tím, že:

- Pomáhají při definování obchodních procesů a zajišťují, aby byly dodržovány v celém dodavatelském řetězci.
- Chrání důležitá obchodní data pomocí dobře definovaných rolí a zabezpečení přístupů.
- Umožňují plánovat pracovní čas na základě stávajících objednávek a prognóz.
- Poskytují nástroje na vysokou úroveň služeb pro zákazníky.
- Transformují data do podoby vhodné pro rozhodování. [5]

ERP řešení typicky pokrývá:

- Finance.
- Personalistiku.
- Výrobu a logistiku.
- Marketing a prodej.

### 2.6.1 Výhody ERP pro firmu

Kvalitní ERP může mít pro společnost tyto přínosy:

1. Integrace v rámci všech podnikových procesů – Pro plné využití výhody ERP systému by měl být začleněn do všech aspektů podnikání od prvního kontaktu ze strany zákazníka, přes plánování a rozvrhování, po výrobu a distribuci produktů, které daná společnost vyrábí až po zaúčtování těchto transakcí.
2. Automatizace zvyšuje produktivitu – Díky automatizaci dílčích částí obchodních procesů je ERP dělá rychlejší, účinnější a méně náchylné k chybám. Zaměstnanci se tedy nemusí zatěžovat kontrolou a opravou dat.

3. Zvyšuje celkovou výkonnost – Díky integraci různorodých podnikových procesů, ERP zajišťuje soudržnost, zamezuje zdvojení, diskontinuitu a křížení práce, v různých částech organizace. Celkový pozitivní efekt při integraci podnikových procesů je vysoký výkon organizace.
4. Reporty o kvalitě a analýza výkonnosti – Analýza ERP umožňuje vytvářet finanční a manažerské reporty. Také dokáže provádět výkonnostní analýzu fungování organizace.
5. Integrace v rámci celého dodavatelského řetězce – ERP systém by měl přesahovat pole působení organizace a integrovat i dodavatelský a zákaznický proces tak, aby zajistil plnou účinnost v celém dodavatelském řetězci. [5]

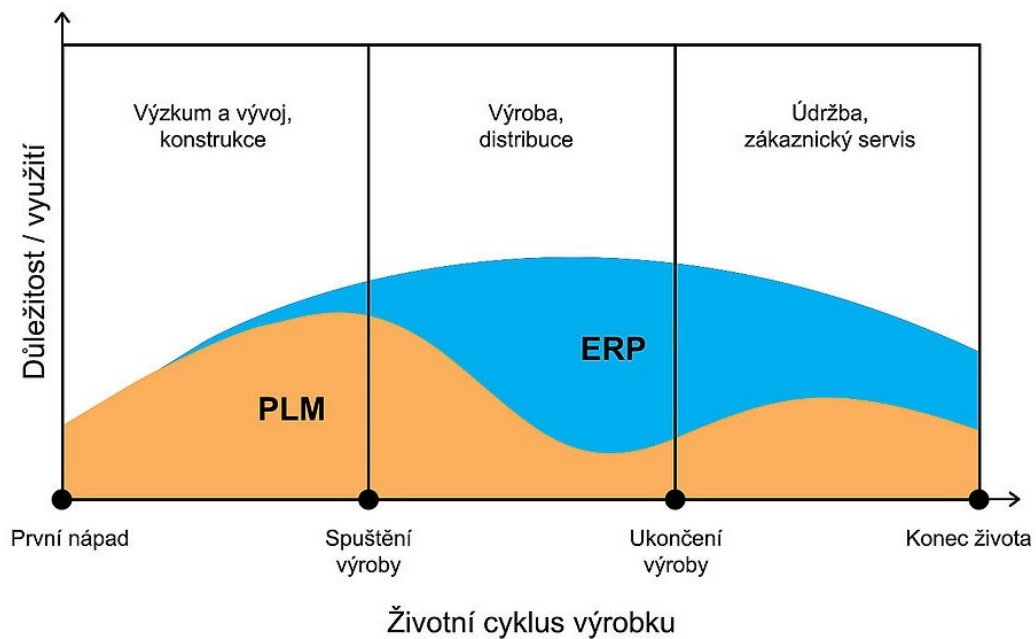
### 2.6.2 Implementace ERP systému

Jelikož ERP systémy svou funkčností pokrývají rozsáhlé business oblasti, představuje jejich implementace komplexní projekt s řadou rizik, které přímo ovlivňují podnikání společnosti, která se pro implementaci rozhodla. Jedná se o velmi nákladnou aktivitu, která může trvat měsíce až roky a přináší širokou škálu zásadních změn. To všechno je nutné si uvědomit při výběru implementačního partnera, protože vztah s takovým partnerem je často zavazující a dlouhodobý.

## 2.7 Vztah PLM a ERP

ERP a PLM plní ve výrobním podniku rozdílné úlohy: PLM určuje, jaký má produkt být, a ERP podniku pomáhá při přeměně této vize ve skutečnost.

Lze to vyjádřit i tak, že systém PLM se stará o veškeré duševní vlastnictví (Intellectual Property, IP) týkající se podnikových produktů a systém ERP se stará o jejich produkci (realizaci) nejefektivnějším možným způsobem, s ohledem na zdroje, čas, odpad materiálu apod., zpravidla provázaně s finančními transakcemi. [25]



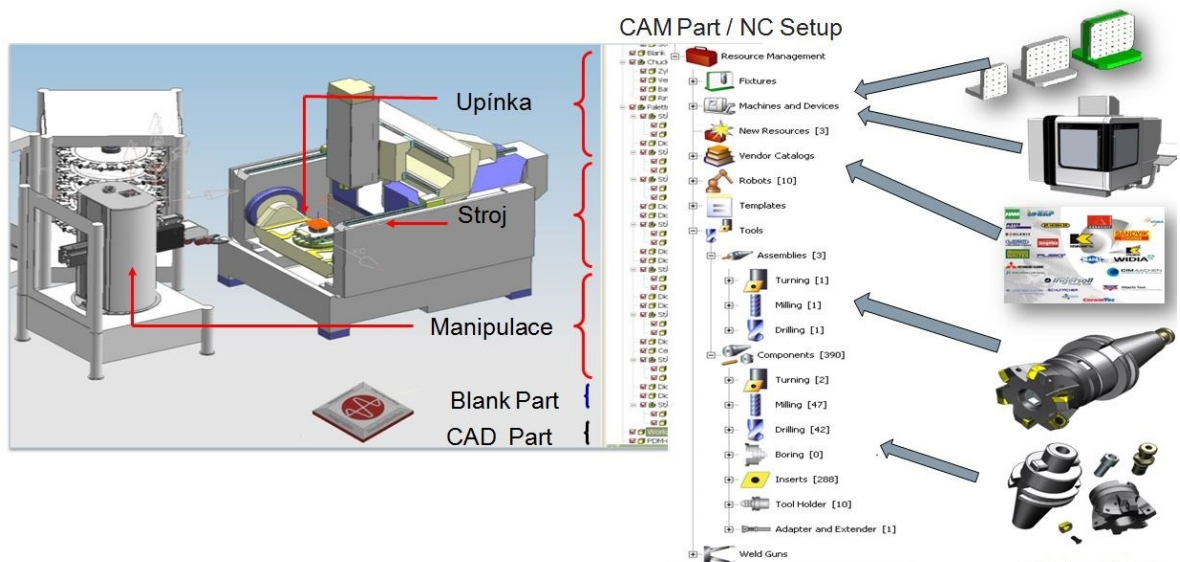
Obr. 4. Vztah PLM a ERP [1]

Obrázek ukazuje, jak se podíl PLM a ERP v průběhu životního cyklu výrobku mění. První úvahy, skici, rozbory a návrhy probíhají ve vývojovém oddělení, využívají podkladů z PLM a ukládají se do jeho databáze. Po schválení přechází práce do konstrukce, užívají se aplikace CAD, a všechny výsledky se uchovávají a spravují v PLM. Jak se výroba přibližuje, začne se uplatňovat i ERP. Je-li třeba, instalují se nové stroje nebo výrobní linky, najímají se noví pracovníci. V předstihu se vybírají dodavatelé a objednávají se položky s delší dodací lhůtou. Někdy se vyrábí a testuje prototyp. Po spuštění a rozběhu výroby většinu podpory zajišťuje ERP, zatímco podíl PLM postupně klesá. Zpočátku lze očekávat častější konstrukční úpravy, s tím, jak se výroba stabilizuje, požadavků na PLM ubývá, ovšem k inovacím dochází neustále. Po ukončení výroby daného produktu se v režii ERP dále vyrábějí náhradní díly a zajišťuje servis pro zákazníky. Dochází k postupnému útlumu, jak se výrobek u zákazníků přestává používat. PLM se v této době využívá hlavně jako zdroj potřebné dokumentace k výrobku. [1]

Panuje shoda v tom, že ze všech systémů a řešení určených pro výrobní podniky jsou ERP a PLM nejdůležitější. PLM hraje hlavní roli při inovaci, vývoji a konstruování produktů, ERP při plánování a řízení procesů během jejich realizace. ERP ovšem plní i další důležité úlohy, které nemají přímý vztah k produktům, v účetnictví, personalistice a obecně ve správě a řízení společnosti. [26]

## 2.8 MRL

MRL je zkratka pro Manufacturing Resource Library, česky Knihovna zdrojů pro výrobu. Řídí všechny součásti a sestavy rezného nástroje, upínky manipulační zařízení, svařovací pistole, katalogy výrobců. Umožňuje importovat nástroj, komponenty z katalogů nebo vytvořit své vlastní komponenty. Systém pomáhá vybrat součásti pomocí vyhledávání a vytvořit 3D modely, které lze využít pro vytvoření dráhy nástroje a ověření kolize v NX CAM softwaru. Numerické řízení programu hledá a vybírá tyto nástroje z knihovny přímo v relaci NX CAM softwaru. MRL také může spravovat širokou škálu dalších údajů o výrobních zdrojích, včetně obráběcích strojů a příslušenství, roboty, svařecí pistole a výrobu procesních šablon. Systém správy knihoven nástrojů poskytuje více než 300 datových tříd komponentů a je k dispozici 70 datových tříd sestav kompletních nástrojů, takže je možné vytvořit a vyhledávat téměř každý představitelný rezný nástroj. [8]



Obr. 5. Ukázka obsahu MRL [15]

### 2.8.1 Funkce MRL

- Sdílené úložiště pro data jsou užitečné pro NC programování a CMM plánování procesů.
- Komplexní uživatelsky definovatelná klasifikace struktury.
- Vytvoří pevné komponenty nástroje, které jsou založeny na vlastnostech nástroje.
- Standardní importování ISO komponentů z katalogu dodavatele.
- Parametrický vyhledávač.

- Integrovaný prohlížeč 2D/3D komponentů.
- Kontrolovaná součást má automaticky doporučené kompatibilní komponenty.
- Plně integrovaná s NX CAM.
- Připojení k jiným systémům prostřednictvím XML import/export. [8]

### 2.8.2 Import katalogů od dodavatelů

Katalogy dodavatelů lze importovat do odděleného oddílu. Pak lze vybrané nástroje z těchto katalogů ukládat spolu s dalšími nástroji zákazníka v dané oblasti, která je oddělená pouze pro nástroje, které se v současné době používají. Tyto vícenásobné katalogy jsou dostupné online. [8]

### 2.8.3 Vyhledávač

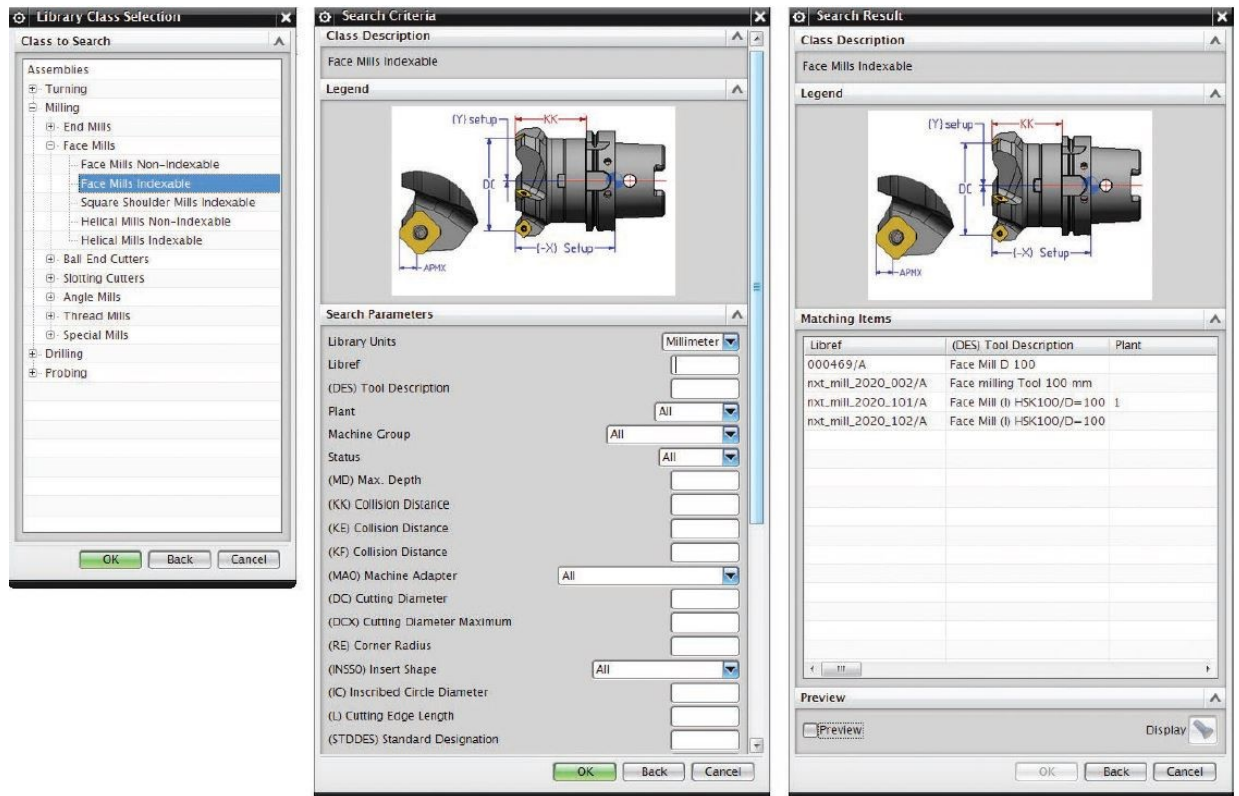
Komponenty lze vyhledávat v rámci třídy nebo podtřídy, dále je možné vyhledávat pomocí vlastností komponentů, jako je délka, průměr řezu, hmotnost, prodejce a materiál. Je možné vyhledávat pomocí zástupných znaků nebo rozsahů. Alternativně mohou být vybrány komponenty z klasifikačního stromu. [8]

### 2.8.4 Sestavy nástrojů

MRL lze využívat k vytváření, úpravě, klasifikování a vyhledávání vlastních zdrojů sestav. Při sestavování komponentů do kompletní sestavy nástrojů je možné během vyhledávání využít filtrování komponentů, aby se zobrazovaly jen kompatibilní komponenty, takže se zabrání nesouladu během montáže. Osvědčené sestavy nástrojů mohou být uloženy a znovu použity, což vede k vyšší produktivitě a zlepšení procesu a kvality. [8]

### 2.8.5 Výhody MRL

- Snadno spravuje nástroje, komponenty a sestavy.
- Zahrnuje katalogy prodejců spolu se složkami uživatelů.
- Ušetří čas při hledání zdrojových dat.
- Vizuálně identifikuje komponenty nástroje pomocí 2D a 3D grafiky.
- Opětovné použití ověřených procesů a zdrojů.
- Snižuje náklady.
- Zabráňuje duplicitě komponentů nástrojů. [8]



Obr. 6. Ukázka vyhledávání a využití v rámci NX CAM [8]

### 3 POSTUP IMPLEMENTACE PLM ŘEŠENÍ V NÁSTROJÁRNĚ

Vzhledem k tomu, že je na světě spousta firem, které vyrábí různé produkty a firmy jsou různě velké, je nutné brát jisté ohledy při implementaci PLM systémů. Každá firma nemusí mít nárok na plnohodnotnou implementaci nebo se PLM systémy nevyužijí vůbec, protože firma je příliš malá a systém by byl naprosto zbytečný.

#### 3.1 Běžný postup implementace PLM systému

Před implementací se musí provést VDA (Value Discovery Audit) analýza, která se provádí ještě v předprodejní fázi. Tato analýza by měla říct, zda je PLM řešení vhodné pro danou firmu. V případě, že má zákazník kladný výsledek, tak je mu doporučena koupě PLM řešení. Následně se udělá kalkulace ceny pro zavedení systému. Po uzavření smlouvy se udělá přesná projektová analýza, která se dělá pomocí interview s jednotlivými pracovníky firmy, kdy každý přesně definuje vstupy a výstupy popřípadě představy o tom jaké jsou procesy v daném oddělení. Dodavatel systému poskytne přesný popis funkcionalit tohoto systému a přednastavených procesů, který bývá následně validován zákazníkem. Zákazníkovi je předložen časový plán implementace. Tento plán většinou začíná samotnou instalací hardware a software vybavení, do jehož nativního prostředí jsou postupně zaváděny specializované procesy na přání zákazníka, které vycházejí z potřeb uvedených v detailní analýze. Tomuto postupu se říká customizace. Jakmile je customizace ve fázi předání k ladění, tak následuje vyškolení klíčového uživatele na straně zákazníka, který následně provede otestování a odladění veškeré funkčnosti. Po tomto testu následuje předání dílčího předávacího protokolu a je přistoupeno ke školení standardních uživatelů. Po dokončení školení jsou uživatelé schopni systém plně využívat a většinou začínají svou práci tím, že do připraveného systému PLM importují data ze svých dosavadních projektů. Po uběhnutí stanovené evaluační doby je projekt ukončen finálním předávacím protokolem.



## 4 BĚŽNÝ STAV V NÁSTROJÁRNĚ

Každá nástrojárna má rozdílné postupy výroby a svůj zaběhlý způsob komunikace mezi jednotlivými vývojovými a výrobními úseky. V případě malých společností je v podstatě zbytečné zavádět modernější přístupy řízení dat, protože komunikace není mezi jednotlivými úseky tak komplikovaná jako ve velkých firmách.

### 4.1 Popis průběhu ideálního stavu výroby bez řízení pomocí PLM

Firma nejdříve obdrží objednávku od zákazníka. V případě, že má firma vlastní konstrukční oddělení nejdříve musí zhotovit výkresovou dokumentaci a poslat na oddělení technologické. Zde je vypracován výrobní postup, který je dodržován během celé výroby. Pokud firma vlastní CNC stroje, tak se zde také vytváří programy pro obrábění. Jakmile jsou všechny výkresy, programy a výrobní postupy schváleny, tak je možné zahájit výrobu. Výrobní hala obdrží dokumentaci a zahájí výrobu tím, že objedná polotovary daného materiálu ze skladu. Sklad obdrží objednávku a nachystá ji. Vše se eviduje v systému. Polotovary ze skladu jsou dopraveny na výrobní halu a výroba může započnout. Během výroby se dodržují kroky přesně podle daného výrobního postupu a po ukončení výroby je nutné poslat produkt na oddělení kontroly, kde se zkontrolují rozměry podle výkresové dokumentace. Pokud během kontroly nebudou nalezeny žádné vady, tak výrobek putuje na sklad, kde je připraven k expedici.

### 4.2 Popis průběhu nepříznivého stavu výroby

Nepříznivý stav výroby nastává v případě, že firma nemá žádný systém, který by propojoval jednotlivé výrobní a skladovací stanoviště. Všechna data jsou předávána buď to elektronickou poštou, nebo jsou předávána přenosnými médii. Tento přenos dat je nevhodný a neefektivní. Problém může nastat již u konstrukce, kde do systému nebudou zavedeny změny ze strany zákazníka a během konstrukce nebudou provedeny požadované konstrukční zásahy. V tomto případě firma bude vyrábět neaktuální produkt a na chybu se může přijít až při kontrole. Následkem je značná ztráta času a financí.

### 4.3 Moderní přístup řízení dat

Moderní přístup řízení dat musí mít přehled o vstupech a výstupech na všech úsecích, kterými projde vyráběný produkt. Jakmile je dobře zpracován přehled vstupů a výstupů je možné uvolňovat data spojená s výrobou. Všechna data jsou uložena v databázi, která je

využívána řídicími procesy a ty můžou například předávat informace uživatelům ve správný okamžik. Dále je možno data blokovat a provádět konstrukční zásahy, aby se pracovalo s aktuálními daty. Jakmile se provedou všechny požadované změny, tak jsou data opět zpřístupněny pro všechny výrobní úseky a může opět započnout výroba.

## 5 INDUSTRY 4.0

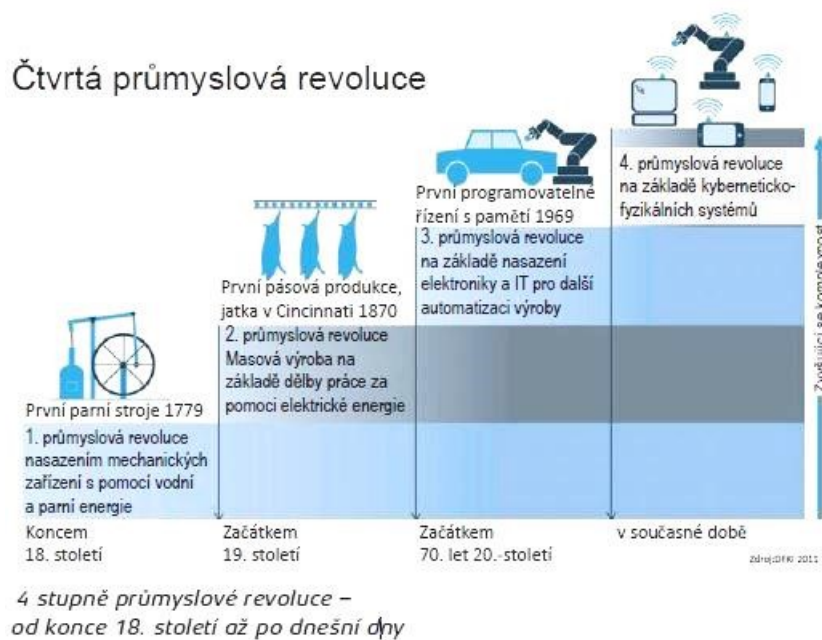
Industry 4.0, česky Průmysl 4.0 je označení pro dnes již celoevropskou iniciativu manažerů velkých evropských firem a vládních činitelů napříč Evropskou unií, které mají „rozhybat“ ve společnosti poptávku po nových moderních spotřebních a průmyslových technologiích a urychlit tak vývoj robotizace a moderních plně automatických řídicích systémů, co nejvíce nezávislých na lidské obsluze.

Pojem Průmysl 4.0 se používá pro tři, vzájemně propojené a ovlivňující se faktory:

1. Digitalizaci a integraci jakéhokoli jednoduchého výrobně-obchodního vztahu až po digitalizaci a integraci komplexních propojených výrobně-obchodních řetězců.
2. Digitalizaci produkce a nabídky služeb.
3. Nové obchodní modely. [9]

### 5.1 Historie

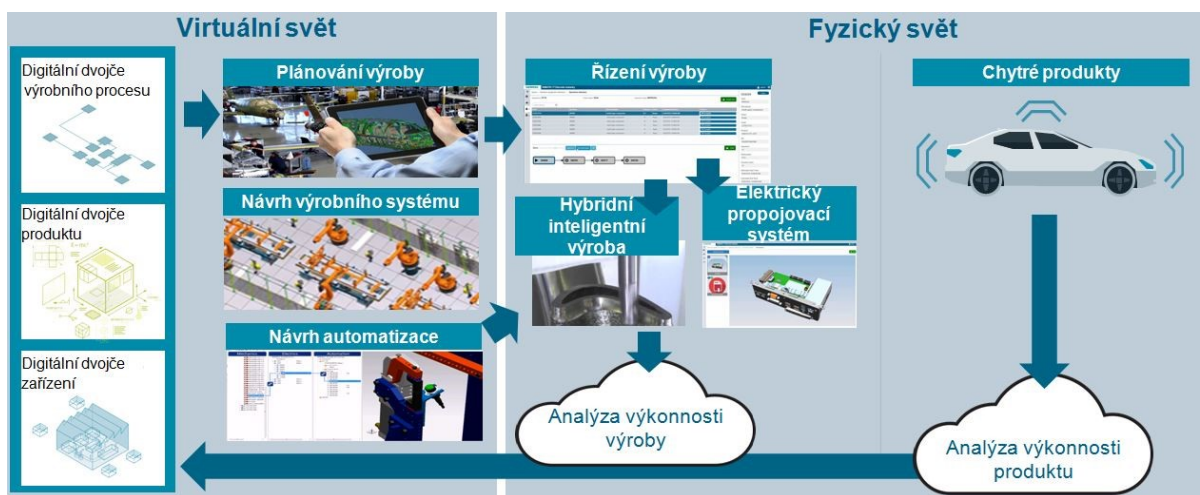
Celý koncept vychází z dokumentu, který byl představen na veletrhu v Hannoveru v roce 2013. Základní vize čtvrté průmyslové revoluce se objevily v roce 2011. Díky této myšlence v budoucnu vzniknou tzv. chytré továrny, které budou využívat kyberneticko-fyzikální systémy. [10]



Obr. 7. Stupně průmyslové revoluce [19]

## 5.2 Základ Industry 4.0

V Industry 4.0 je nutné, aby existoval digitální model samotného výrobku, ale také celé výrobní linky, která je potřebná k výrobě. Během návrhu linky vznikne simulace, která ukáže, zda linka bude fungovat a nenastanou žádné vážné komplikace během zavádění výrobku do výroby. Z výroby jsou sbírána data, která se využívají k optimalizování výroby a při návrhu dalších linek, které se budou v budoucnu využívat. Díky těmto krokům bude následný návrh výrobní linky jednodušší a rychlejší a to všechno spěje k úspoře financí. Všechny získané data jsou využívány pro optimalizaci linky, která ušetří čas. V podstatě se jedná o neustálý koloběh dat, která jsou využívána pro úsporu času.



Obr. 8. Vize digitálních modelů v praxi [17]

## 5.3 Technologické prvky

Mnohé z technologií využívaných v Průmyslu 4.0 se stále nachází před úrovní produktivity. Z hlediska Industry 4.0 jsou klíčové zejména hloubkové strojové učení, strojové učení, chytré roboty, rozšířená realita. [20]

### 5.3.1 Kyber-fyzické systémy (Cyber Physical Systems)

Kyber-fyzické systémy lze označit jako zásadní prvek celého konceptu. Jedná se o systémy, které mají vlastní řídicí jednotku a komunikují pomocí Internetu věcí (IoT) nebo Internetu služeb (IoS). Představují je síť fyzických a výpočetních komponentů. Jde například o výrobní robota, který komunikuje s výrobkem, který k němu přijíždí po výrobní lince. Výrobek robotu sám sděluje, jakou výrobní operaci na něm má provést. Využívání

kyber-fyzických systémů je závislé na dalších technologiích. Zejména těch, které umožňují komunikaci a výměnu dat v systému. [20]

### **5.3.2 Internet věcí (Internet of Things – IoT)**

V případě, že je v kyber-fyzickém systému každá věc virtuálně reprezentovaná v podobě softwarového modulu neboli agenta, pak Internet věcí je komunikační systém těchto agentů. Internet bude rozšířen do většiny každodenně požívaných věcí. Umožňuje vzájemnou komunikaci věcí a jejich interakci s člověkem. Vzhledem k množství sdílených informací, a to nejen v rámci Internetu věcí, je zcela zásadní kvalitní širokopásmová komunikační infrastruktura. [20]

### **5.3.3 Internet služeb (Internet of Services – IoS)**

Jeden z dalších internetů v konceptu Industry 4.0 je internet služeb, který umožní využívání služeb zejména z oblasti informačních technologií na dálku. Zatím je problém, že nejsou vyřešené bezpečnostní otázky, protože odesílaná data budou velmi citlivého charakteru. Internet služeb lze chápat také jako systém podpůrných služeb jako jsou inteligentní dopravní systémy. Ty v sobě integrují informační a telekomunikační technologie a dopravní inženýrství s cílem řídit dopravní procesy a optimalizovat tak přepravní výkony a s nimi související energetickou náročnost. [20]

### **5.3.4 Internet všeho (Internet of Everything – IoE)**

Jde o spojení Internetu věcí a Internetu služeb. Pojem poukazuje na absolutní komunikaci všech prvků systému od výrobních strojů, přes výrobky až po zařízení v domácnosti a osoby. [20]

## 6 POKROČILÉ METODY KONSTRUOVÁNÍ

Vzhledem k tomu, že je ve všech firmách nutné šetřit finance, tak se musí začít už od samého počátku produkce což je konstrukce produktu dané firmy. Během konstruování se využívá velké množství konstrukčních pravidel a metod a tyto metody se nadále zdokonaľují pro úsporu času a financí.

### 6.1 Zajištění kvality dat mezi konstrukcí a technologií

Cílem je zajistit přísun hotových dat technologovi, aby na nich mohl začít pracovat. Z konstrukce musí odcházet data v takovém stavu, aby technolog okamžitě věděl co s danými daty dělat dál. Data musí být srozumitelná a správná, aby technolog nemusel provádět úpravy nebo data poslat zpět na oddělení konstrukce. Ideální stav je, že všechny informace si nese 3D model, který definuje tvar. Tvar je v podstatě nosný prvek. Popisné informace se potom vztahují do 3D modelu. Podmínkou je zjednodušení jak z konstruktérského hlediska, tak z technologického. Data, která se v konstrukci vytvoří, musí mít pro technologa smysl. [11]

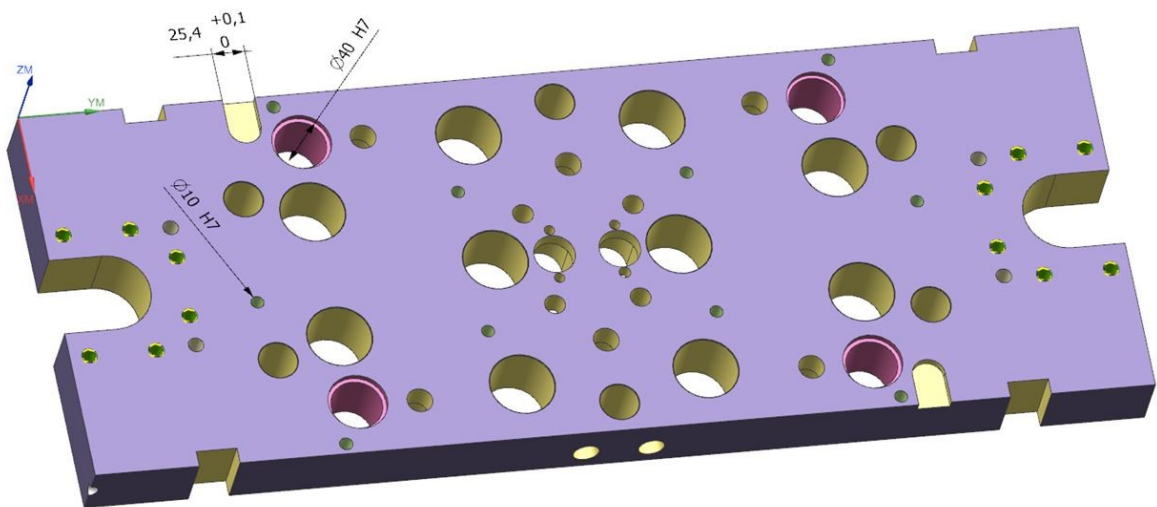
### 6.2 Bez-výkresová dokumentace

Bez-výkresová dokumentace je cesta k rychlejšímu zpracování dokumentace a přitom se zlepší vypovídající hodnota. Jedná se o koncept, při kterém není konstruktérem vytvářen výkres, ať již byl do výroby distribuován papírovou nebo elektronickou formou. Nositel veškerých informací se stává 3D model. Tento koncept sebou nese změnu myšlení. Výkres již není hlavním zdrojem výrobních a konstrukčních dat. Konstruktéři si musí osvojit postup, kdy 3D model udává veškeré informace o tvaru dílu. Odpadá tedy kótování každého rozměru 3D modelu, ale označuje se pouze to, co při výrobě potřebuje specifickou péči. Data o tolerancích tvaru a polohy, drsnostech a dalších specifických prvcích na dílech jsou dodána pomocí metody PMI. [14]

#### 6.2.1 Product manufacturing information (PMI)

Product manufacturing information, česky Informace o modelu. Cílem využití PMI je přenos kompletní sady informací dané součásti přímo do 3D modelu. Je základní metodou pro tvorbu bez-výkresové dokumentace. Tyto informace jsou v podstatě nosným prvkem pro nestandardní doplňující informace. Mohou to být například tolerance rozměrů, tolerance tvaru, tolerance polohy, jakost povrchu. PMI objekty mají výhodu v tom, že se jedná o

standardní formát. Tyto informace jsou využitelné pro vytvoření NC programu obrábění. Konstruktor zde musí dbát na kvalitu dat. Jedná se o velmi výrazné zjednodušení vytváření dokumentací, které jsou potřebné pro výrobu. Kótují se zde pouze ty záležitosti, které mají informaci navíc. Informace, které nemají žádné zpřesnění, jsou definovány tvarem a tím tedy odpadá 2D výkresová dokumentace. Při zavedení bez-výkresové dokumentace je možné ušetřit až 80 % konstrukčního času. V případě nutnosti 2D dokumentace je snadná tvorba výkresů z PMI, kdy jsou zachovány kóty a doplní se zbytek kót. [11]



Obr. 9. Ukázka využití PMI [11]

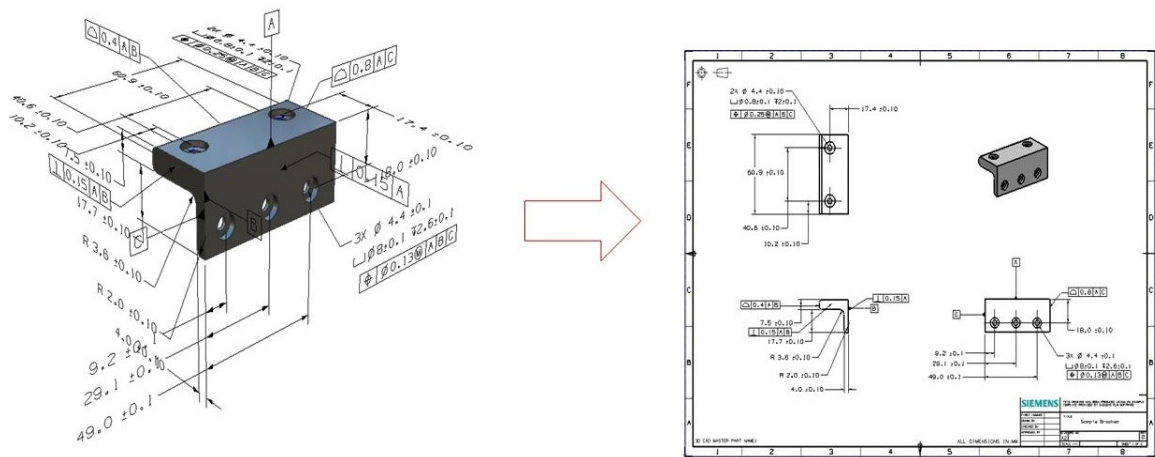
#### 6.2.1.1 Tvorba PMI

PMI je možné vytvářet více způsoby:

- Převzetí kót ze skicáře.
- Manuální tvorba.
- Převzetí z 2D výkresu.
- Import ze STEP.

#### 6.2.1.2 2D dokumentace

Existují případy, kdy je nutné provést 2D výkresovou dokumentaci. V rámci PMI jde o zjednodušení, protože při importování 3D modelu do výkresu si program pamatuje kóty, které byly označeny jako PMI, takže jsou při přenosu zachovány a stačí jen doplnit zbývající kóty výrobku.



Obr. 10. Převod 3D modelu s PMI kótami do 2D výkresu [11]

### 6.2.1.3 Další využití PMI

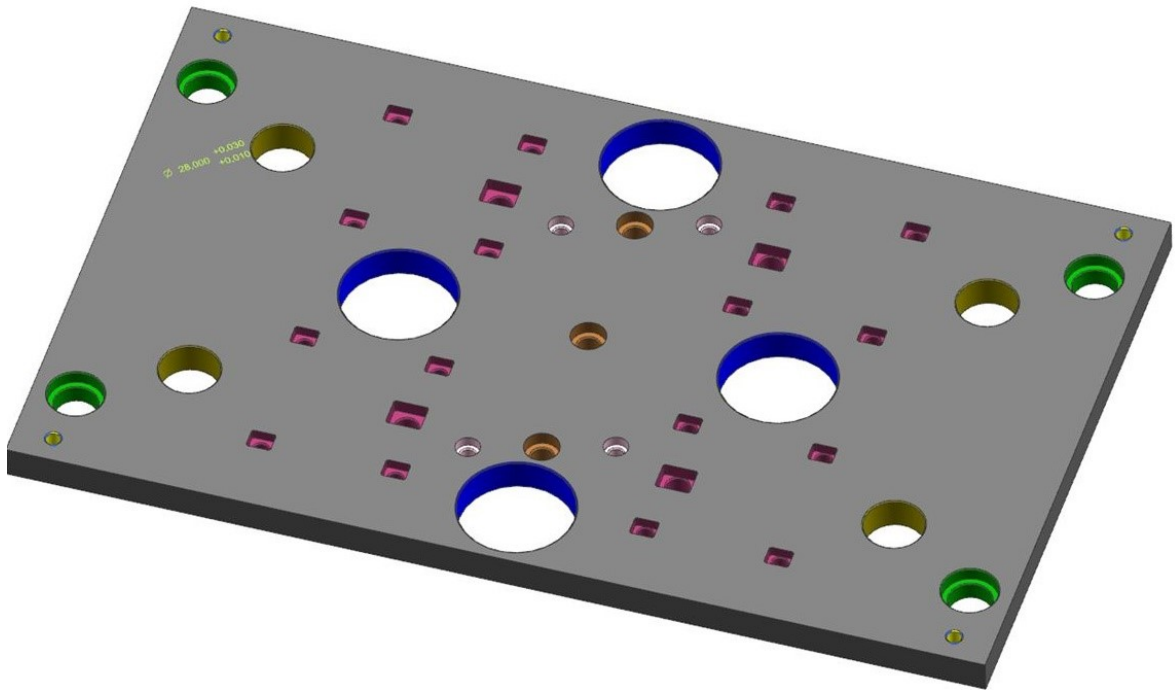
Tento typ kóty se využívá i v jiných oblastech:

- Vizualizace v prohlížeči.
- Programování měřících cyklů (CMM).
- Využití přenášených informací CAM.

### 6.2.2 Face color management (FCM)

Tato metoda je vhodná pro tvorbu desek vstřikovacích forem. Obsahuje tabulku předpřipravených typů objektů, které se na modelu vyberou a ony na základě vybraného typu získají informace. Tyto informace je možné využít při obrábění. Pokud se označí jeden prvek na výrobku, tak se označí všechny prvky, které mají stejné rozměry a tvar. Prvky, které se vyberou, jsou barevně označeny barvou, která byla danému prvku přiřazena. Barevně označené prvky získají z předpřipravené tabulky operaci, kterou bude zhotoven daný tvar s daným rozměrem. Operace mají přednastavené procesní podmínky a nástroj. [11]

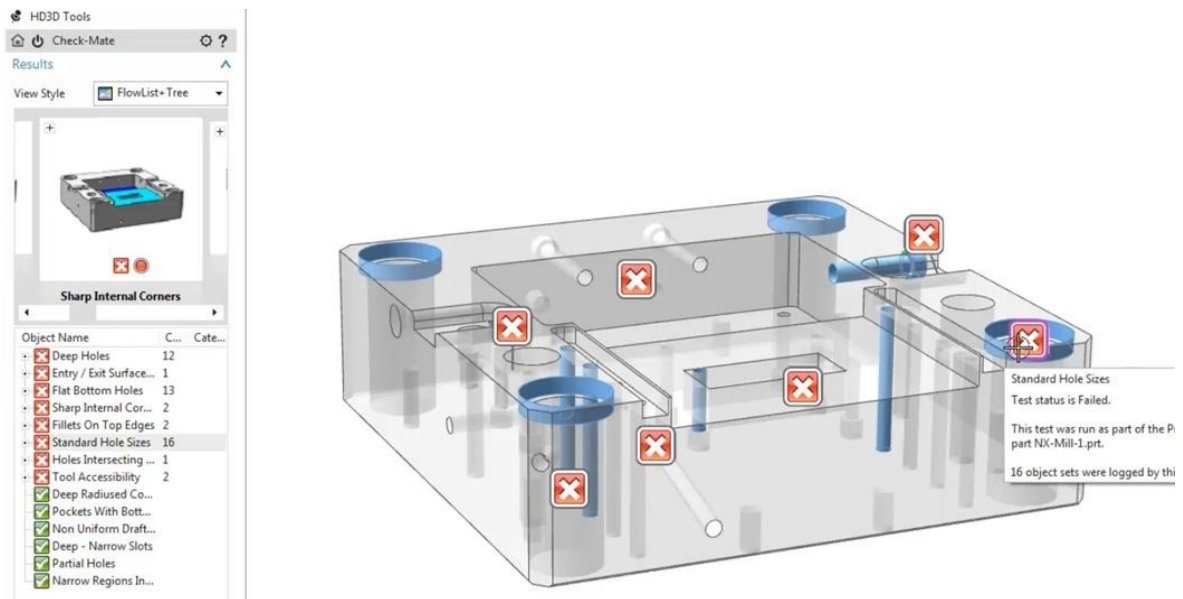




Obr. 11. Ukázka využití FCM [16]

### 6.3 Kvalita dat

Kvalita dat je z pohledu vyrobiteľnosti dílů a z pohledu nákladnosti výroby velmi důležitá. Do programu NX je možno integrovat nástavku DFM (Design For Manufacturing), česky návrh pro výrobu. Tato analýza popisuje schopnost výroby jednotlivých částí modelu. Dokáže odhalit oblasti, které jsou obtížně vyrobiteľné, nebo je jejich výroba příliš nákladná. Zjišťuje problematické oblasti ve fázi návrhu, což snižuje náklady. Při procesu je vždy nutné úzce spolupracovat s odběratelem a s nástrojářem, který je zodpovědný za výrobu formy. Cílem DFM je tedy vytvořit návrh, který splňuje požadavky a přání zákazníka, a který může být následně efektivně realizován. Na základě tohoto návrhu je poté sestavena specifikace formy. [11, 12]



Obr. 12. Ukázka využití DFM pro analýzy [11]

### 6.3.1 Zajištění kvality pomocí DFM

Vzhledem ke specializaci na vstřikování polymerních materiálů a tepelné tvarování je povinností zajistit, aby plastový výrobek vyjel z formy v požadovaném čase, a aby zákazník obdržel přesně stanovené množství v přesně daném čase. Používání správné formy je proto nutností. Návrh formy závisí na konstrukci výrobku i na použitém materiálu. Životní cyklus formy také částečně závisí na konstrukci výrobku. To je důvod, proč je kladen vysoký důraz na proces DFM. [12]

### 6.3.2 Funkce DFM

Proces DFM se skládá ze dvou fází. Během počáteční fáze je vyhodnocován počáteční koncept. Zaměření na klíčovou otázku – která část výrobku pasuje do které části formy (dutina a jádro). Tím se určí, kde na produktu budou viditelné značky a sváry. Je nutné zkontrolovat, zda je dostatek místa pro prostor, odkud budou vypadávat výrobky, kde budou posuvníky, a jak a kdy bude polymer vstřikován. Během druhé fáze jsou podrobněji zkoumány jemnější detaily návrhu produktu. Kontroluje se například struktura v kombinaci s prostorem pro vypadávání výrobků, zda může být polymer správně chlazen, a zda je ocel na nějakém místě tenká.

### 6.3.3 Kontrolní seznam DFM

V každé firmě se vyhodnocují aspekty nutné pro výrobu, které se vyhodnocují se zákazníkem a nástrojářem a jsou vyhodnocovány během procesu DFM. Tyto aspekty jsou nadále využívány pro produkty, které daná firma vyrábí.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

V diplomové práci byly stanoveny následující cíle:

- Vypracování literární studie na dané téma.
- Zpracování daného konstrukčního celku dle specifikace bez-výkresové dokumentace, jehož datová struktura bude řízena pomocí systému PLM.
- Aplikace pravidel moderní výroby na jednotlivých součástech z 3D sestavy.
- Vyhodnocení přínosů PLM a moderních technologií pro konstrukci a výrobu v nástrojárně.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na seznámení s různými systémy, které se využívají pro správu dat a nástrojů během návrhu a výrobě různých součástí. Následuje popis implementace PLM systému v nástrojárnách. Dále obsahuje seznámení s pojmem Industry 4.0. V poslední části jsou řešeny pokročilé metody konstruování, které v konstrukci a ve výrobě znamenají značné snížení času, který je potřebný pro zavedení součásti do výrobního procesu.

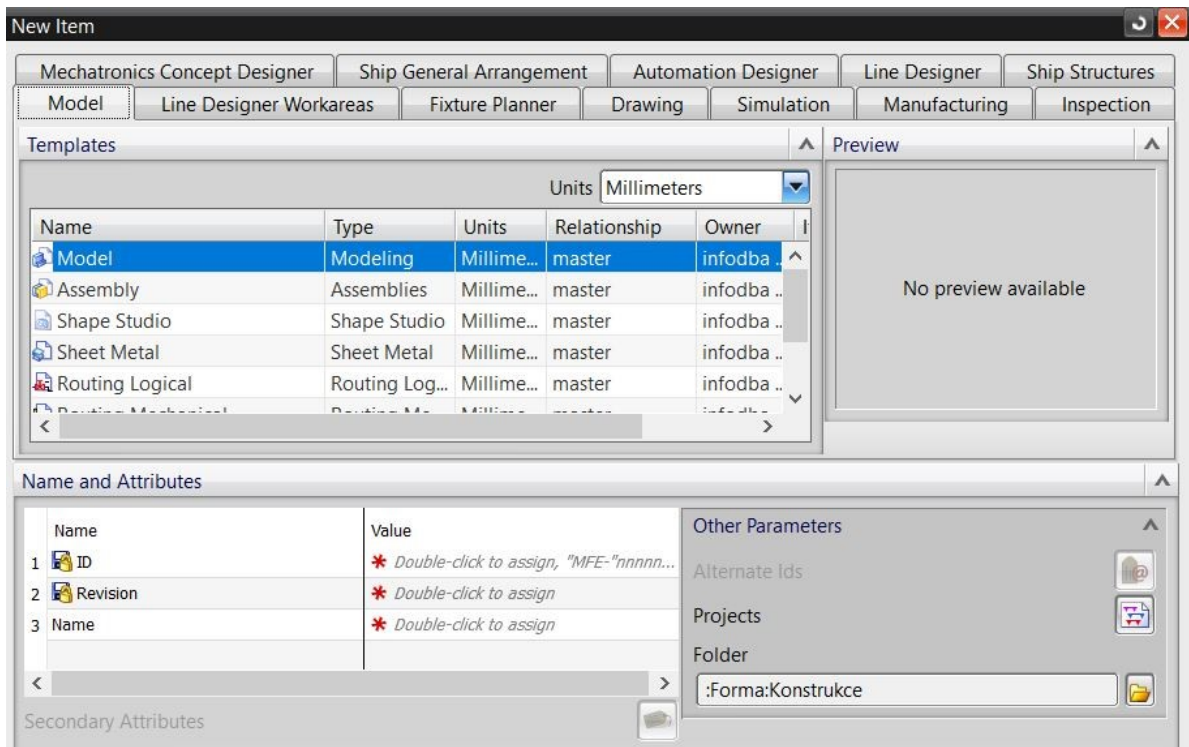
Cílem praktické části je nejdříve návrh jednoduché vstřikovací formy. Konstrukce formy je provedena v softwaru NX 12.0, který je spravován softwarem Teamcenter. Na jednotlivé díly vstřikovací formy jsou aplikována pravidla bez-výkresové dokumentace, kde byla aplikována metoda, která využívá PMI kóty, a dále byly otvory, které vyžadují zvýšenou přesnost označeny barevně. Po aplikaci PMI kót bylo provedeno nastavení obrábění pro vybrané desky, kde byla aplikována metoda Feature based machining, které je opět provedena v softwaru NX 12.0. V závěru praktické části jsou vyhodnoceny přínosy PLM systémů a moderních technologií pro konstrukci a výrobu.

## 8 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ

Veškerá práce, která byla řešena v praktické části diplomové práce, se odehrávala ve virtuálním prostředí, které bylo nainstalováno do počítače. Ve virtuálním prostředí se spouštěl Teamcenter, který spravuje všechny data ze softwaru NX 12.0. Modely byly tedy vytvářeny pomocí NX 12.0, které pracuje naprosto stejně jako by nad tím nebyl žádný jiný proces. Hlavní rozdíl je, že se nic neukládá na pevný disk v počítači, ale všechny data jsou ukládána do databáze. Každý vymodelovaný nebo importovaný díl se v Teamcentru uloží s unikátním identifikačním číslem, které je automaticky vygenerované, dále k této informaci patří označení revize, která se mění s úpravami dílu. Stejně jako část modelování byla v NX 12.0 realizována část nastavení obrábění, kde se využila aplikace Feature based machiningu.

### 8.1.1 Uspořádání dat v Teamcentru

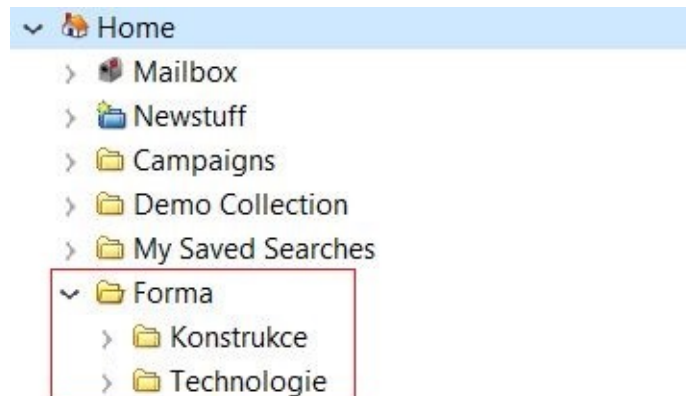
I když jsou data uložena v rámci databáze, tak pro přehlednost a orientaci v projektech se dají v Teamcentru vytvořit složky, které fungují jako kontejnery pro databázová data. Tyto složky slouží pro optické rozdělení, aby v projektu nevznikaly nesrovnalosti. Pracujeme v rámci demo prostředí ve složce projekt forma.



Obr. 13. Zavádění nové položky do sestavy

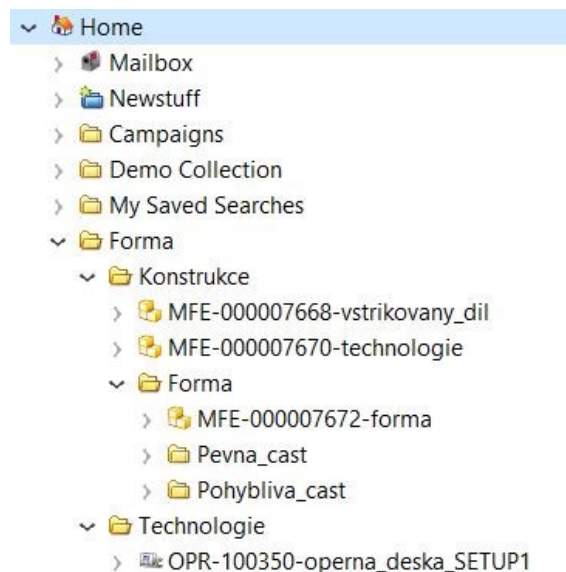
Během zakládání nové položky se volí, zda se jedná o model, sestavu nebo jiný prvek, dále se určí, do které složky se daná položka uloží. Dvojklikem na kolonku ID se automaticky přiřadí identifikační číslo a revize a nakonec se prvek pojmenuje.

Pro účely diplomové práce byla vytvořena demo struktura, kde byly vytvořeny složky, které slouží k optickému rozdělení dat v rámci databáze. Data, která byla vytvořena pro účely diplomové práce, se třídí do dvou základních složek.



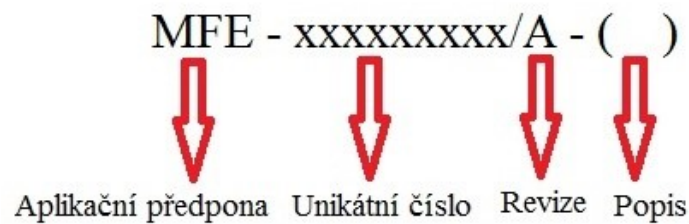
Obr. 14. Základní rozdělení projektu

Jedná se o složky konstrukce a technologie. První složkou je konstrukce, kde jsou vloženy soubory vstřikovaného dílu a složka forma, ve které jsou vloženy všechny soubory, které jsou potřebné pro kompletní návrh vstřikovací formy. Ve složce technologie jsou umístěny soubory, které jsou potřebné pro výrobu součástí formy.



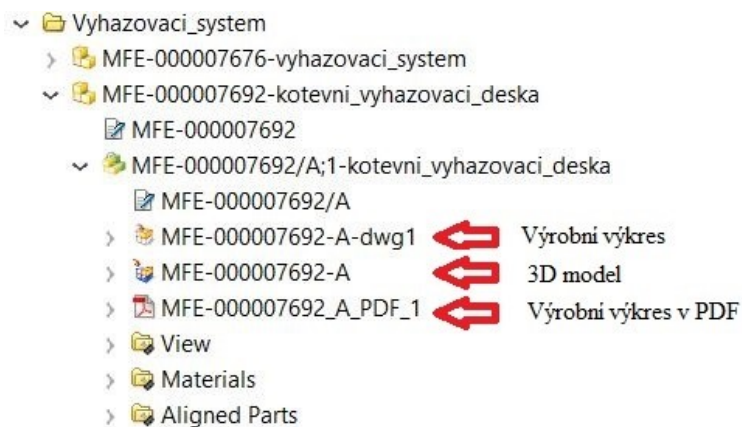
Obr. 15. Rozdělení projektu na konstrukci a technologii

Teamcenter má v sobě zabudované různé druhy položek podle typu toho co to představuje. Obsahuje automatický číslovač, aby bylo podle výchozího nastavení přednastavené, že označení MFE s přiřazeným identifikačním číslem znázorňují konstrukční data a označení OPR s přiřazeným identifikačním číslem znázorňují technologická data. A pod těmito položkami jsou celé datasety, jak 3D model, tak data které znázorňují jeho závislosti.



Obr. 16. Označení prvků

Teamcenter je standardně nastavený tak, že MFE je aplikační předpona, která říká, co daný kontejner obsahuje. Unikátní číslo je generováno z číselníku, který si Teamcenter vede. Revize se mění v případě, že je nutné upravit daný prvek. Popis se udává, jen když je nutné dále specifikovat vlastnosti vytvářených prvků.



Obr. 17. Struktura datasetu 3D modelu

Při rozbalení datasetu se zobrazí další položky, které pod daný dataset patří. Mohou to být například položka s atributy, položka s 3D modelem nebo výkresem ve formátu dwg případně PDF.



- ▼ Pevna\_cast
  - > MFE-000007673-cavity
  - > MFE-000007678-kotevni\_deska
  - > MFE-000007679-upinaci\_deska\_prava
  - > MFE-000007680-izolacni\_deska\_prava
  - > MFE-000007702-vodici\_pouzdro\_Z10\_36x22
  - > MFE-000007699-operna\_deska
  - > MFE-000007711-vodici\_sloupek\_Z00\_46x22x205
  - > MFE-000007719-sroub\_Z31\_5x18
  - > MFE-000007713-stredici\_krouzek\_K100\_110x15
  - > MFE-000007722-vtokove\_pouzdro\_Z511\_18x116x4
  - > MFE-000007724-sroub\_Z31\_12x65
  - > MFE-000007729-valcovy\_kolik\_Z25\_4x10
  - > MFE-000007732-zaslepka\_E2079\_8
  - > MFE-000007731-zaslepka\_E2079\_8
  - > MFE-000007736-pripojka\_Z81\_5x8x0.75
  - > MFE-000007739-O-krouzek\_Z98\_8x2
  - > MFE-000007743-sroub\_Z33\_5x12
  - > MFE-000007675-pevna
- ▼ Pohybliva\_cast
  - > MFE-000007671-CORE
  - > MFE-000007681-kotevni\_deska
  - > MFE-000007683-rozperna\_deska
  - > MFE-000007684-rozperna\_deska
  - > MFE-000007682-operna\_deska
  - > MFE-000007686-izolacni\_deska\_leva
  - > MFE-000007685-upinaci\_deska\_leva
  - > MFE-000007706-stredici\_pouzdro\_Z20\_30x100
  - > MFE-000007712-vodici\_sloupek\_Z00\_27x22x65
  - > MFE-000007714-stradici\_krouzek\_K500\_110x15
  - > MFE-000007718-sroub\_Z31\_5x18
  - > MFE-000007720-sroub\_Z31\_12x135
  - > MFE-000007725-pridrzozac\_vtoku\_Z53\_18x36
  - > MFE-000007728-valcovy\_kolik\_Z25\_4x10
  - > MFE-000007734-zaslepka\_E2079\_8
  - > MFE-000007733-zaslepka\_E2079\_8

*Obr. 18. Soubory pevné a pohyblivé části formy*

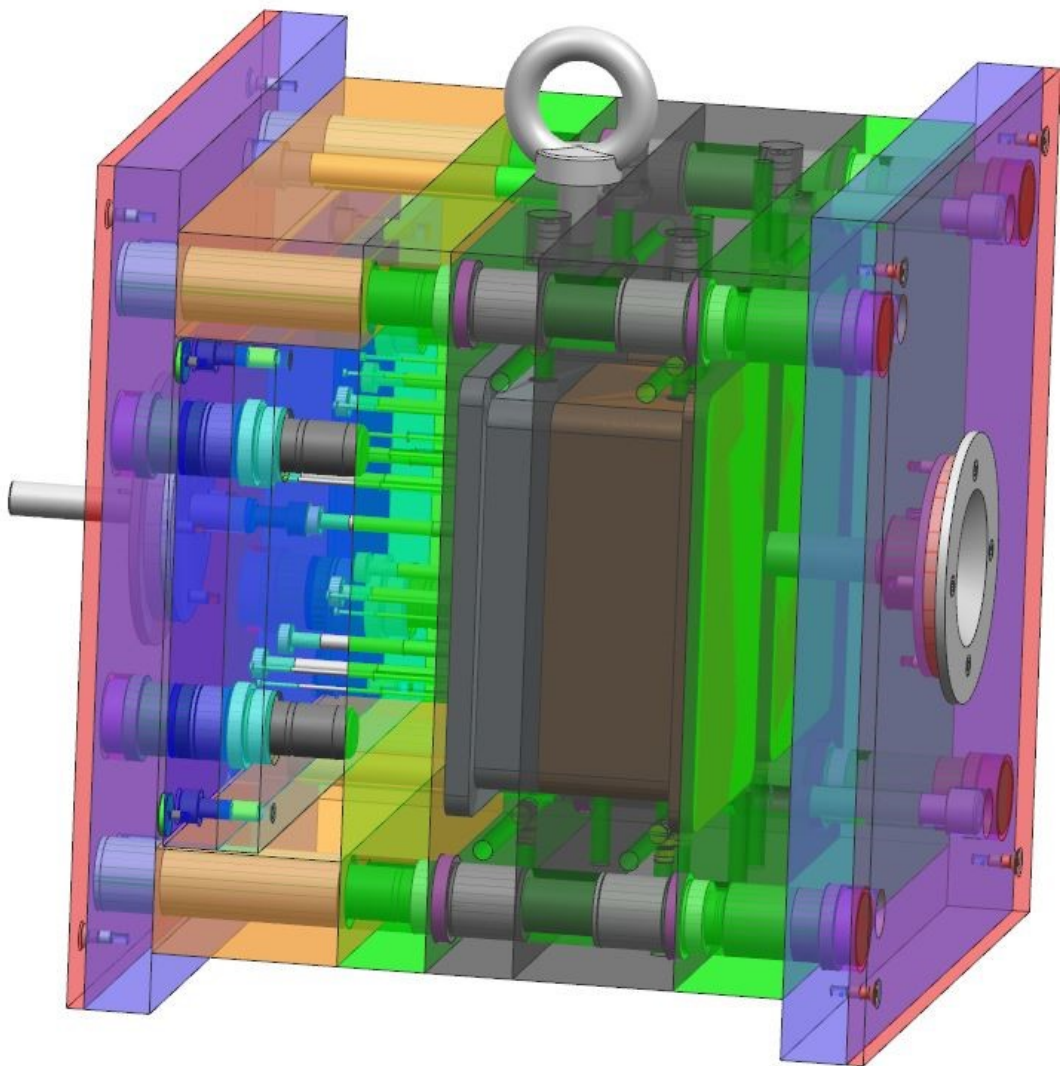
Strukturu rozmístění souborů v Teamcentru je možné udělat stejně jako tomu je ve stromě sestavy v NX 12.0. Základem formy jsou dvě podsestavy a to pevná část a pohyblivá část, která má v sobě ještě jednu podsestavu a to vyhazovací systém. Při rozbalení každé podsestavy se zobrazí seznam použitých dílů s názvy jednotlivých součástí a přiděleným unikátním identifikačním číslem.

Rozdělení složek ve stromě Teamcentru je libovolné pro každého uživatele. Každý jednotlivý uživatel nebo společnost si stanoví pravidla a pořadí své struktury, kterou bude dále využívat.

## 9 NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY

Během konstrukce vstřikovací formy se vycházelo z rozměrů a geometrie výrobku, násobnosti formy a typu vtokového systému. Tvarová dutina je navržena tak, aby bylo odformování co nejjednodušší. Forma musí obsahovat minimální počet dělicích rovin. Rozměry jednotlivých desek formy byly voleny tak, aby splňovaly požadavky na funkčnost formy a aby poskytovaly dostatečné množství prostoru pro všechny součásti a aby měly dostatečnou tuhost. Desky jsou vystředěny vodícími sloupky a do funkčních celků jsou spojeny pomocí šroubů.

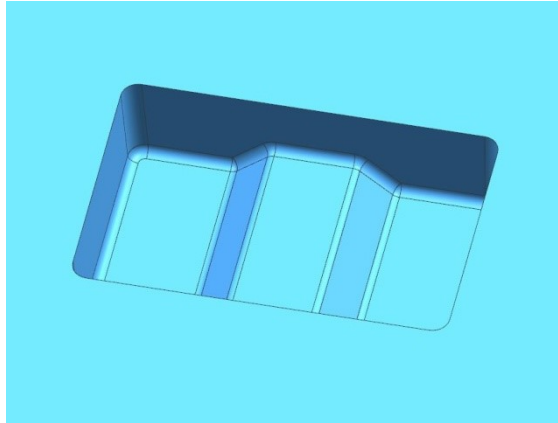
Forma je složena ze 150 jednotlivých dílů. Během konstrukce bylo využito 134 normalizovaných součástek od společnosti HASCO a zbylých 16 součástí jsou desky a tvarové prvky, které je nutné obrábět.



Obr. 19. Kompletní vstřikovací forma

## 9.1 Návrh dělicí roviny

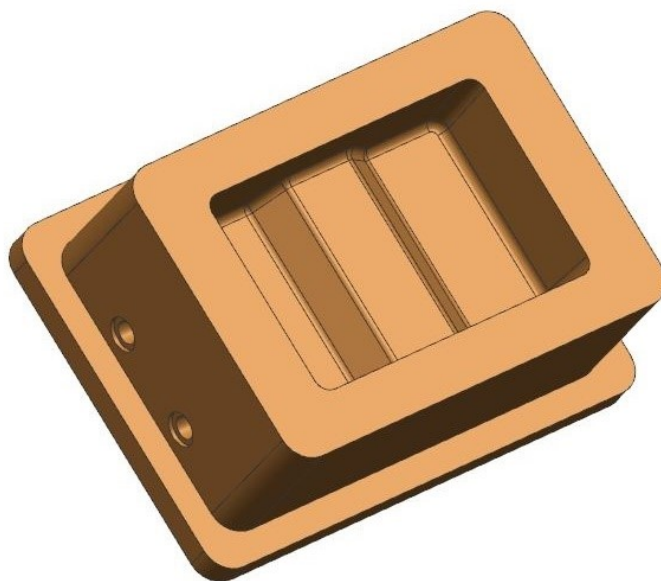
Pro odformování daného výrobku stačí při konstrukci uvažovat jednu dělicí rovinu. Dělicí rovina je rovnoběžná s upínacími deskami formy a k jejímu otevření dojde při otevření formy.



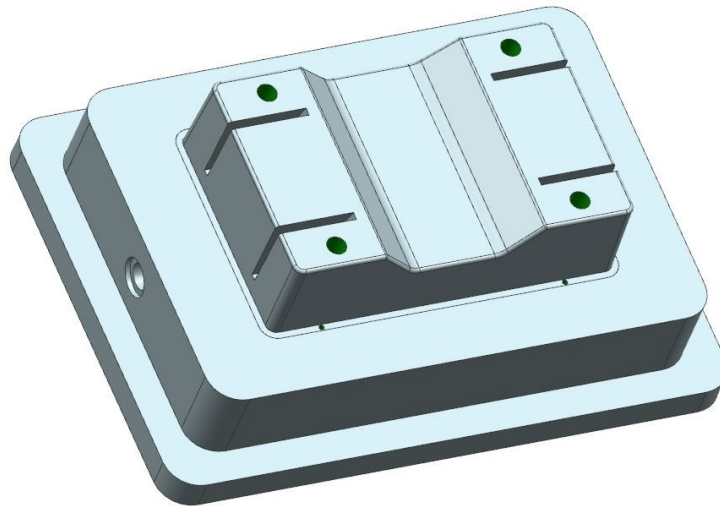
*Obr. 20. Návrh dělicí roviny*

## 9.2 Návrh tvarových dílů

Tvarovou dutinu pro výrobu dílu tvoří celkem dvě části: tvárník a tvárnice. Tvárnice je uložena v pravé části vstřikovací formy, tvárník je uložen v levé části formy. Po otevření formy výrobek zůstane na tvárníku. Pohybem vyhazovacího systému dojde pomocí válcových vyhazovačů k vyhození výrobku a zároveň pomocí přidržovače vtoku je vyhozen vtokový systém.



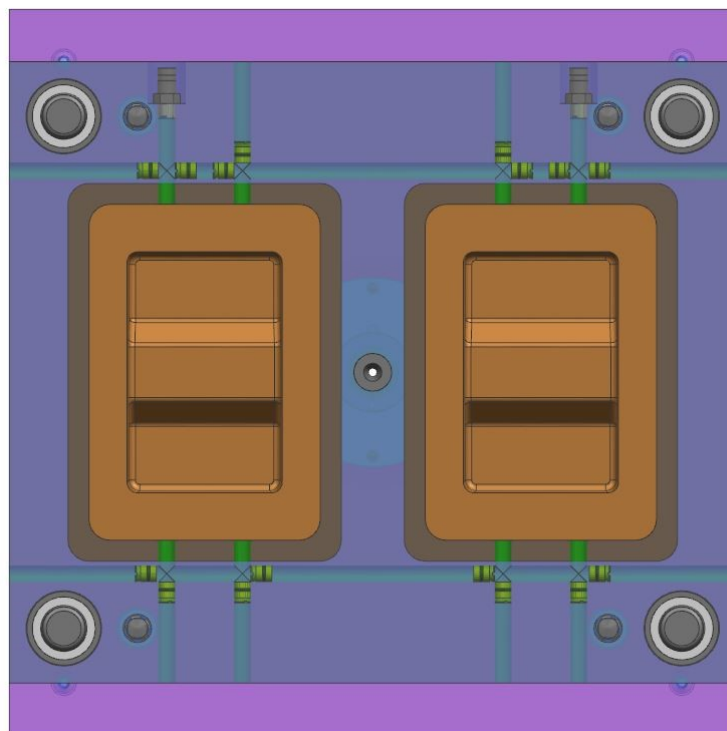
*Obr. 21: Tvárnice*



Obr. 22. Tvárník

### 9.3 Násobnost formy

Násobnost formy udává množství dílů, které lze vyrobit během jednoho vstřikovacího cyklu. Při volbě násobnosti formy je nutné zohlednit velikost a geometrickou složitost tvarové dutiny formy, parametry vstřikovacího stroje a ekonomickou stránku výroby. Pro účely ukázky PLM systému v konstrukci forem byla zvolena dvojnásobná forma.



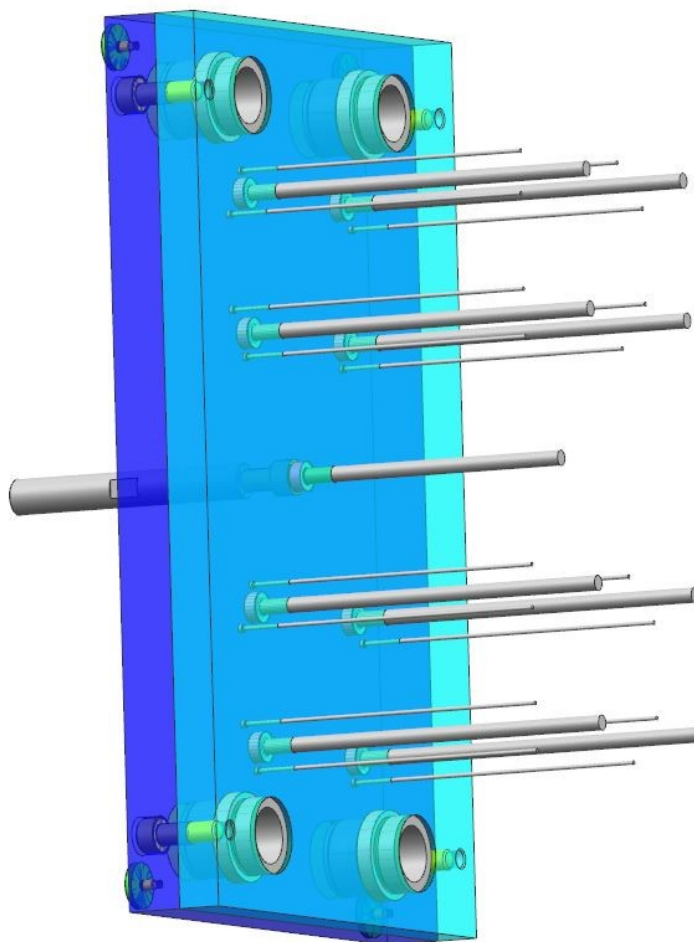
Obr. 23. Násobnost formy

## 9.4 Vtokový systém

Vtokový systém slouží k dopravě taveniny ze vstřikovací trysky do tvarové dutiny formy. Důležité je při návrhu vtokového systému zajistit, aby byla tavenina dopravena do všech tvarových dutin současně. V tomto případě byl zvolen studený vtokový systém. Tento systém je tvořen vtokovou tryskou, lichoběžníkovým rozvodným kanálem a vtokovým ústím. Vtokový systém je opatřen jedním přídržovačem vtoku. Při otevření dělící roviny se vtokové ústí oddělí od výrobku a celý vtok zůstane díky přídržovačům vtoku na levé straně formy, odkud bude vyhozen pohybem vyhazovacího systému.

## 9.5 Vyhazovací systém

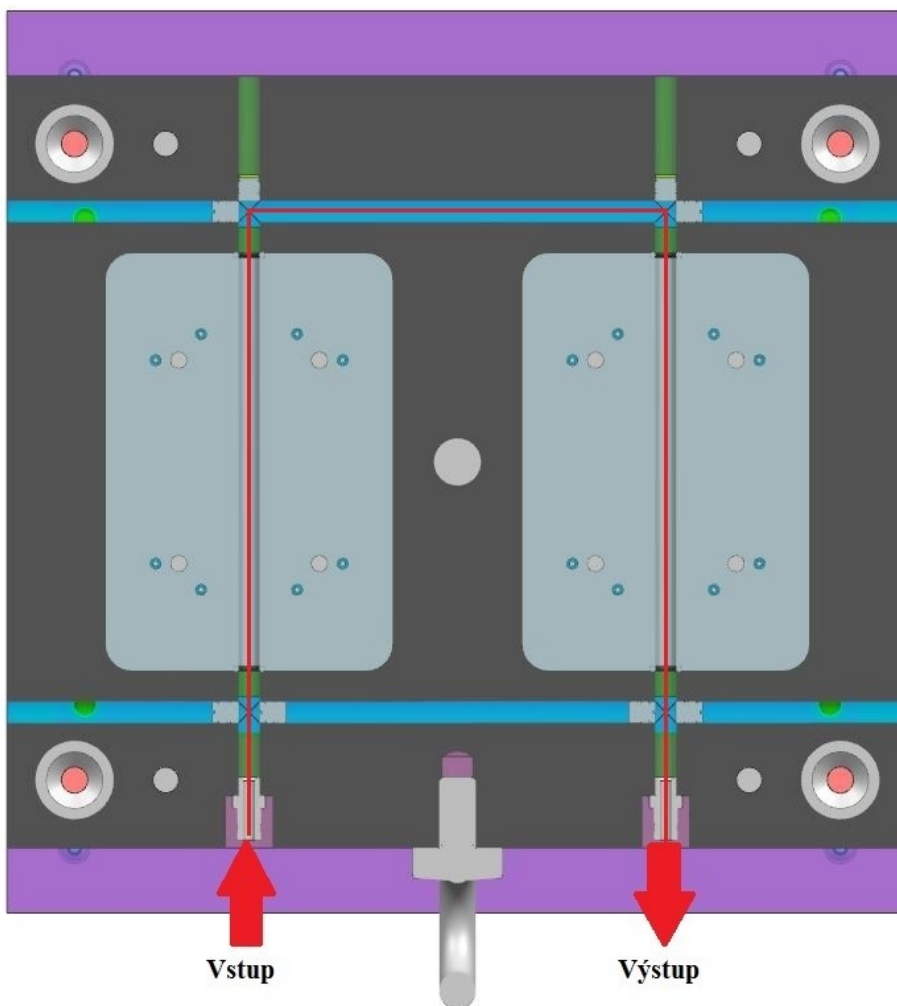
Vyhazovací systém vyhazuje výrobek z levé tvarové dutiny formy. Tento proces je uskutečněn pomocí válcových vyhazovacích kolíků, které jsou umístěny na žebrech a na ploše výrobku. Vyhazovací kolíky jsou uloženy ve vyhazovacích deskách, které jsou ovládány táhlem vyhazovačů.



Obr. 24. Vyhazovací systém

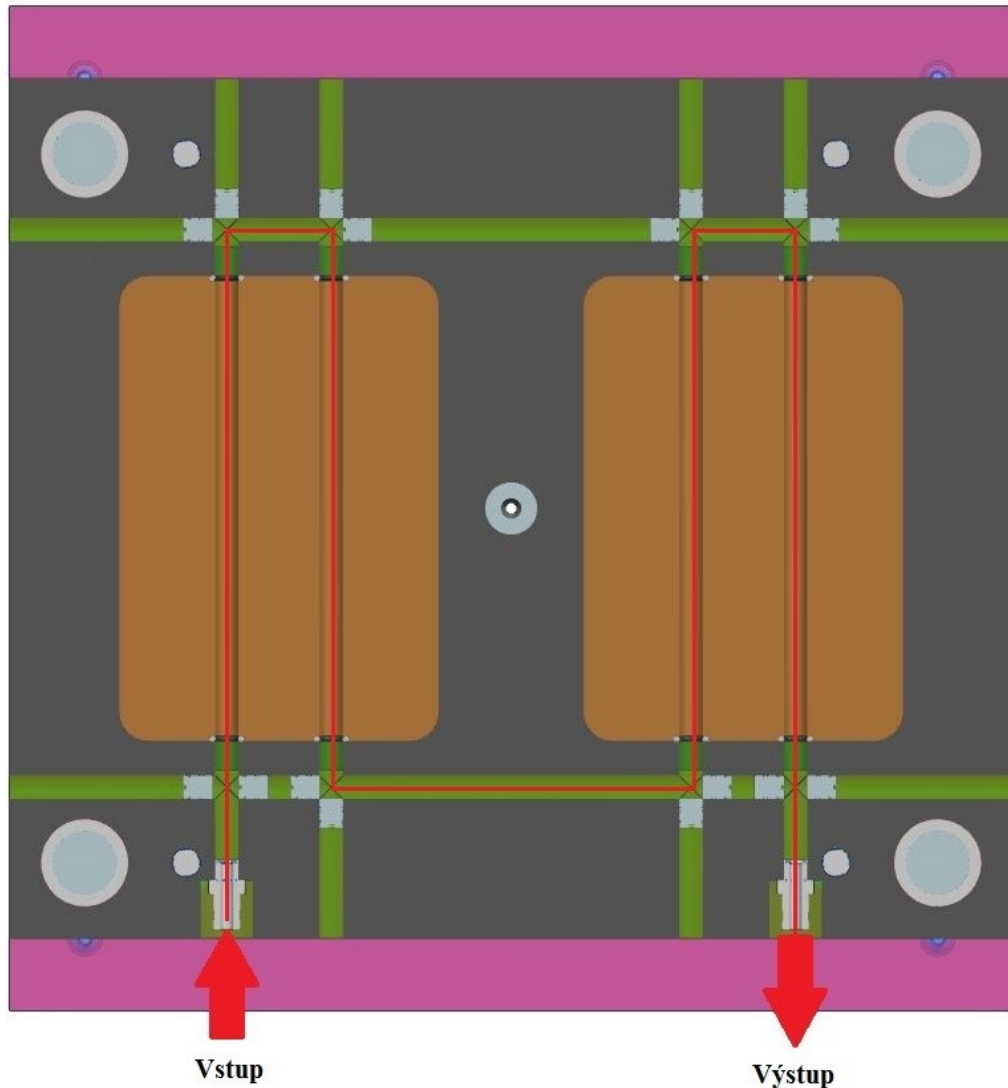
## 9.6 Temperační systém

Temperační systém slouží k odvodu tepla z desek formy, které jim bylo předáno polymerní taveninou. Ve tvárnici byl navržen systém vrtaných kanálů, kterými bude vedeno temperační médium. Průměr všech kanálů je 8 mm. Tvárnice obsahuje jeden temperační okruh a tvárník taktéž obsahuje jeden okruh. Oběhový systém je uzavřen pomocí ucpávek. Oba temperační okruhy jsou zakončeny koncovkami pro nasazení hadic od temperační jednotky. Koncovky mají na jednom konci závit, který je zašroubován do kotevní desky. Všechny koncovky jsou zapuštěny do kotevní desky, aby během manipulace s formou nedošlo k poškození koncovek nebo jiných komponentů. Těsnost mezi deskami v místech, kde se napojují jednotlivé části temperačních kanálů na sebe je zajištěna pomocí těsnících kroužků, protože by mohlo dojít k úniku temperačního média mezi desky formy. V nejhorším možném případě by se temperační médium mohlo dostat až do dutiny formy a mohlo by dojít k znehodnocení výrobku.



Obr. 25. Temperace tvárníku



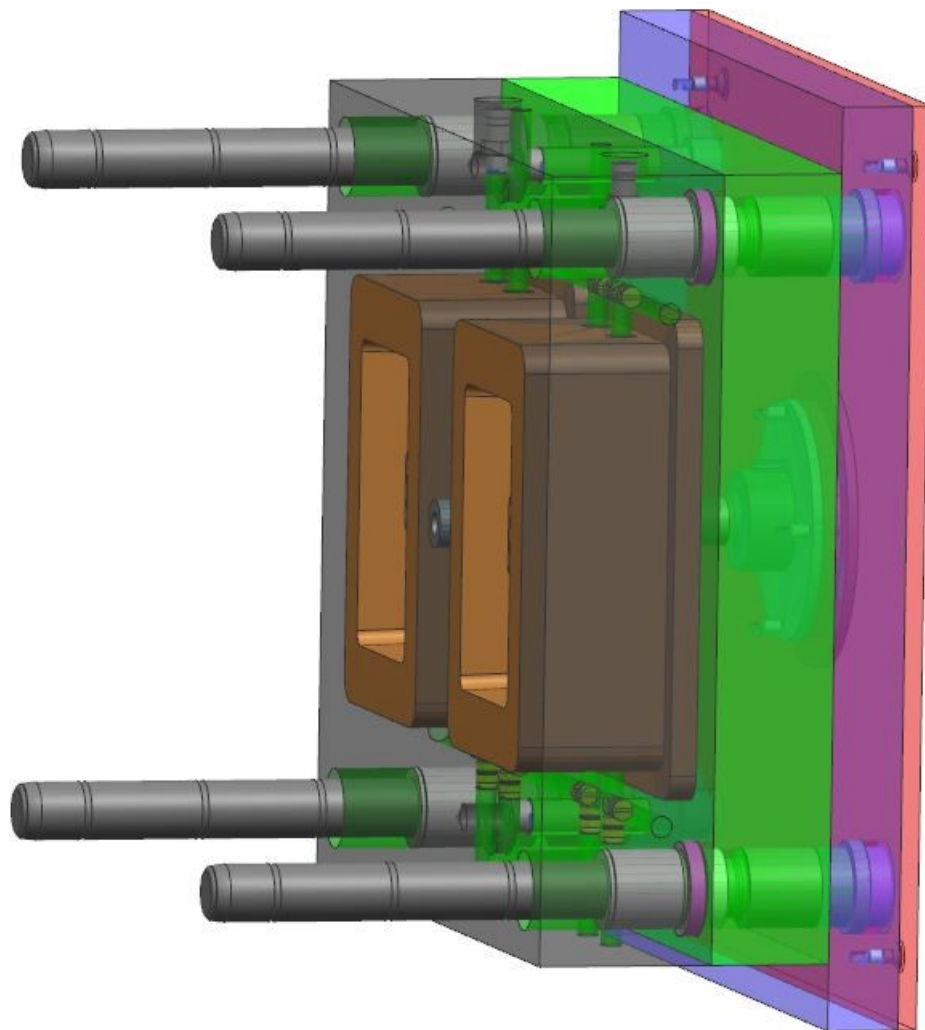


Obr. 26. Temperace tvárnice

### 9.7 Podsestavy vstřikovací formy

Vstřikovací forma je tvořena třemi hlavními částmi. Jedná se o pravou stranu, levou stranu a vyhazovací systém.

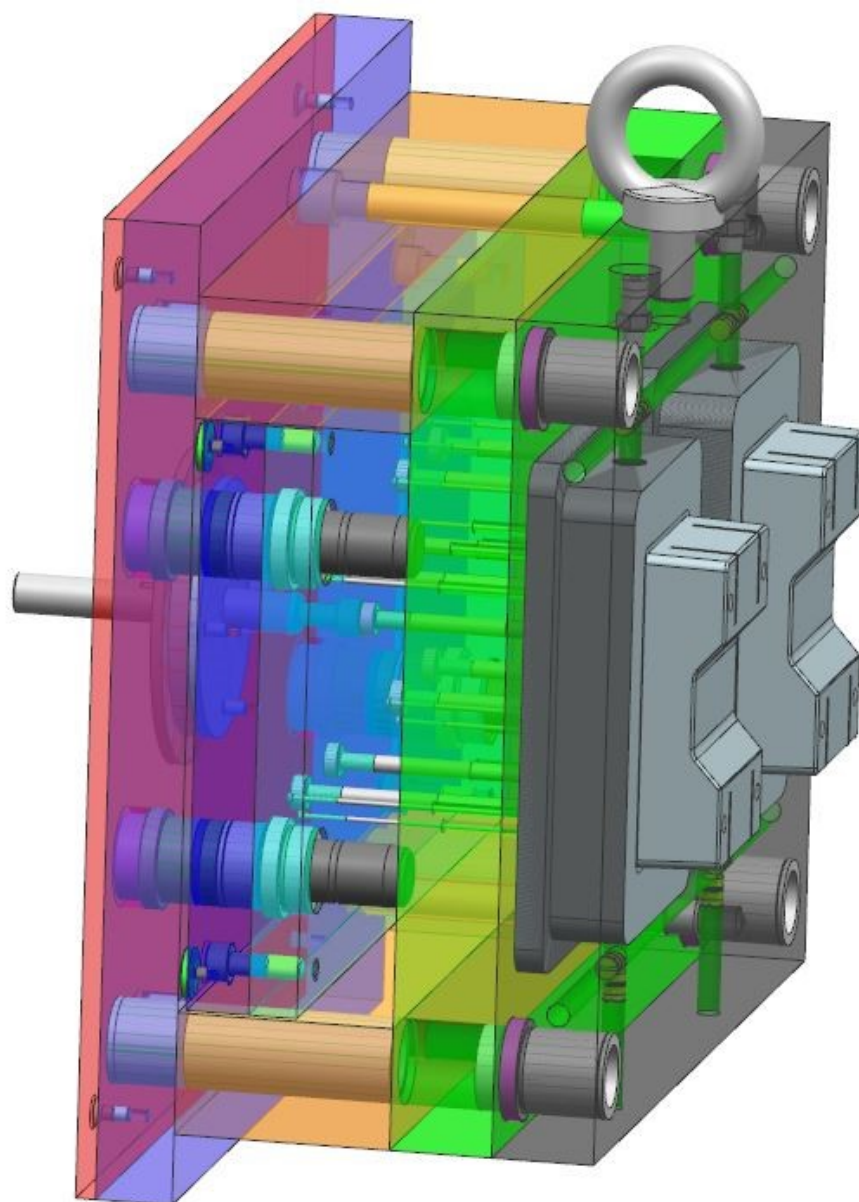
Pravá vstřikovací část se skládá ze čtyř vzájemně propojených desek. Izolační deska o nízké tepelné vodivosti odděluje formu od vstřikovací jednotky, upínací deska slouží k upnutí formy k pevné části vstřikovacího stroje, dále je v ní uložen středící kroužek a vtoková tryska. Dále je opěrná deska, která umožňuje uložení tvárnic do kotevní desky.



*Obr. 27. Pravá strana vstřikovací formy*

V levé kotevní desce je uložen tvárník, mezi tvárníkem a tvárnicí vzniká dělicí rovina. Ve tvárníku je lichoběžníkový rozvodný kanál, který rozvádí taveninu do tvarových dutin. Tvárník je v levé kotevní desce uložen pomocí levé opěrné desky, na které navazují rozpěrné desky. Rozpěrné desky vytvářejí prostor potřebný pro posuv vyhazovacích desek, ve kterých je uložena soustava válcových vyhazovacích čepů a přídržovačů vtoku. V levé upínací desce je uložen středící kroužek a táhlo vyhazovačů. Vzájemné vystředění jednotlivých částí levé strany formy je zajištěno pomocí středící trubky.

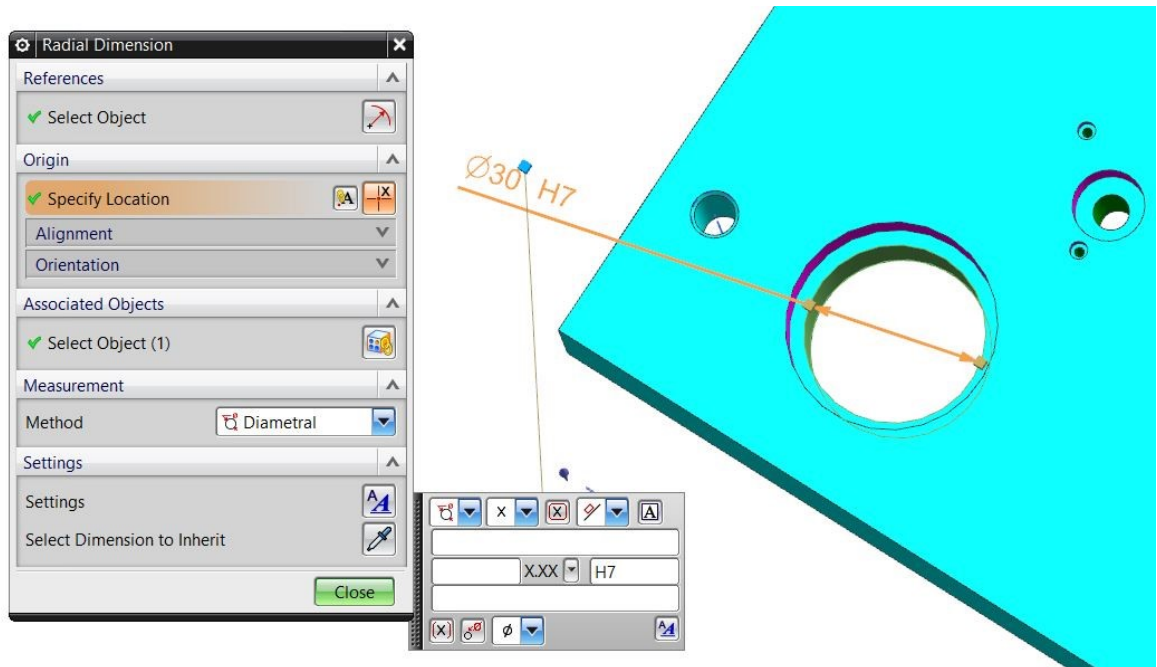




*Obr. 28. Levá strana vstříkovací formy*

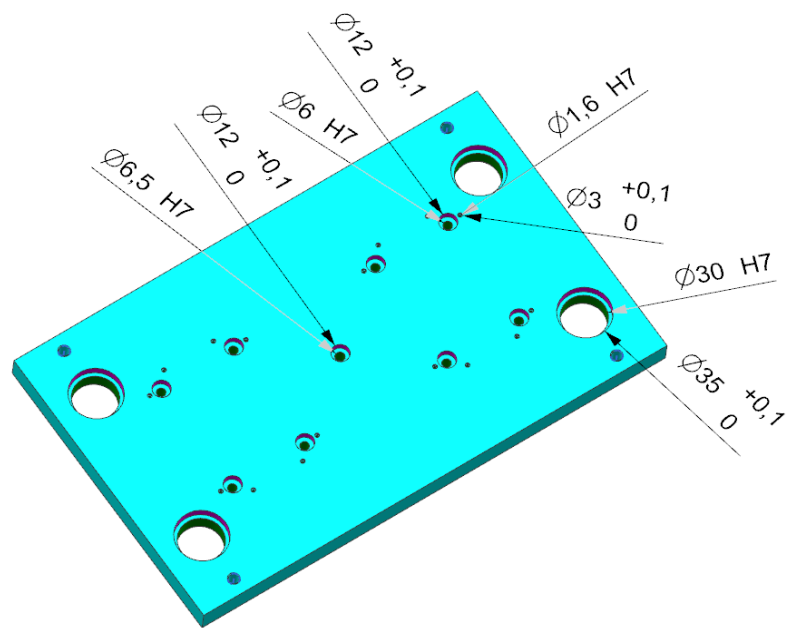
## 10 VYUŽITÍ BEZ-VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

Pro bez-výkresovou dokumentaci byla zvolena metoda PMI. Jedná se o základní metodu pro tvorbu bez-výkresové dokumentace. Cílem využití PMI je přenos kompletní sady informací dané součásti přímo do 3D modelu. Tyto informace jsou v podstatě nosným prvkem pro nestandardní doplňující informace. Jedná se například o tolerance rozměrů, tolerance tvaru, tolerance polohy, jakost povrchu. Výhoda PMI objektů je, že se jedná o standardní formát. Informace jsou využitelné pro vytvoření NC programu pro obrábění pomocí Feature based machining. Je nutné, aby konstruktér dbal na kvalitu dat. Jedná se o velmi výrazné zjednodušení vytváření dokumentací, které jsou potřebné pro výrobu. Kótují se zde pouze ty záležitosti, které mají informaci navíc. Informace, které nemají žádné zpřesnění, jsou definovány tvarem a tím tedy odpadá 2D výkresová dokumentace. Během vytváření bez-výkresové dokumentace pomocí metody PMI jsme schopni v řádu minut zhotovit dokumentaci potřebnou pro výrobu dané součásti. V případě celé sestavy vstřikovací formy je možné mít data potřebná pro výrobu během desítek minut. Oproti tomu v případě provádění kompletní výkresové dokumentace je možné, že při tvorbě jedné složitější formy stráví konstruktér desítky hodin.

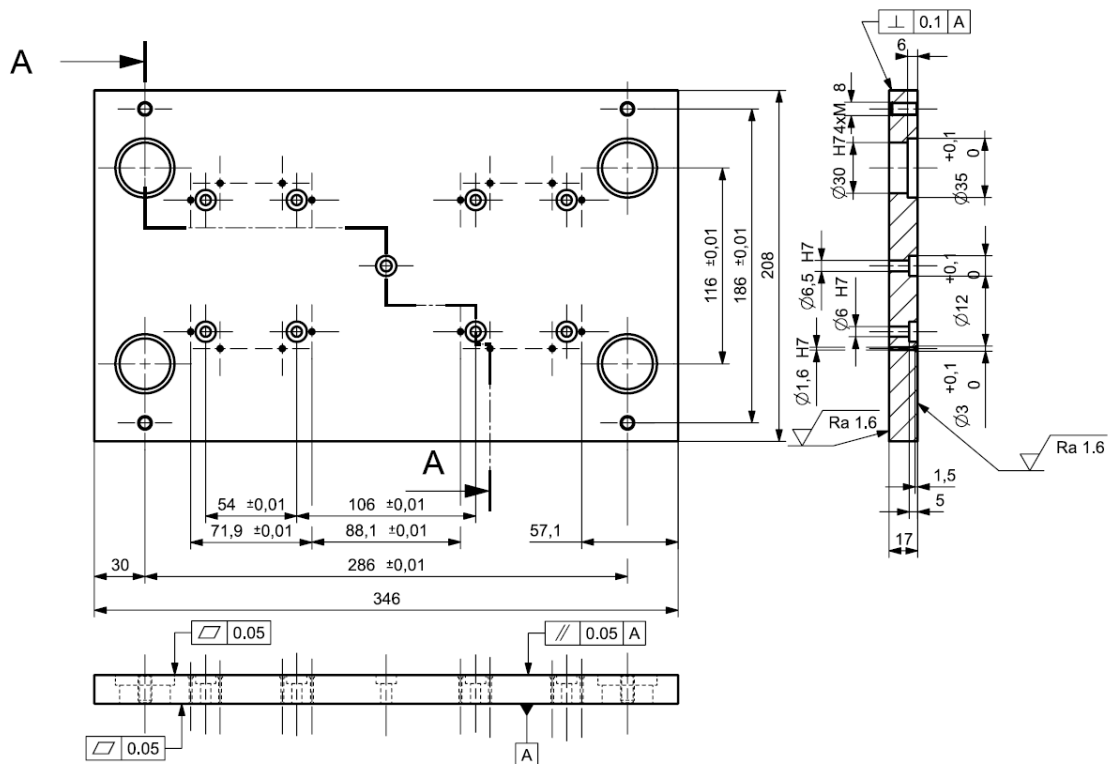


Obr. 29. Zadávání PMI kót

Zadávání PMI kót se provádí v pomoci funkce Radial dimension, kde se vybere jeden otvor, který bude zakótován, a k tomuto otvoru se poté připojí ostatní otvory se stejným rozměrem. Dále je možné přidávat ke kótám tolerance.



Obr. 30. Ukázka PMI dokumentace pro kotevní desku vyhadzovacího systému



Obr. 31. Náhled na 2D výkresovou dokumentaci pro kotevní desku vyhadzovacího systému

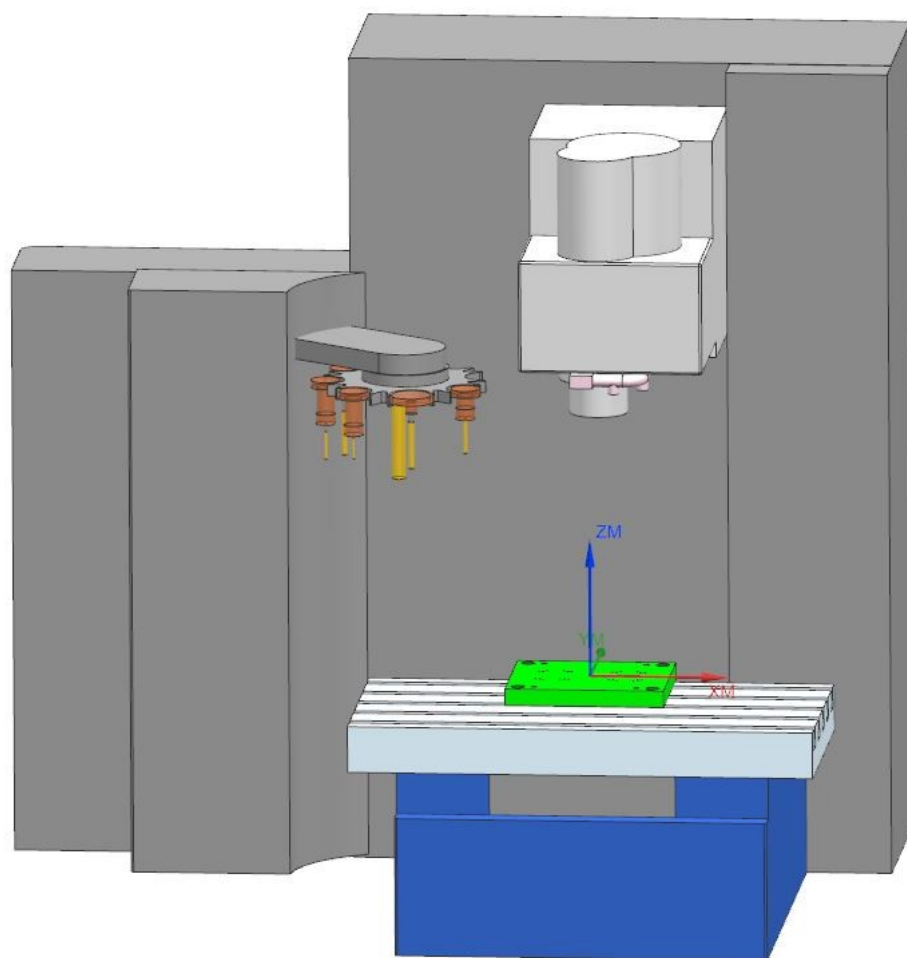
Pro srovnání bez-výkresové dokumentace a 2D výkresové dokumentace poslouží kotevní vyhadzovací deska vyhadzovacího systému. Kde byla zhotovena bez-výkresová dokumentace, ale také 2D výkres. Jak je vidět na obrázcích, tak na bez-výkresové dokumentaci jsou

zakótovány pouze otvory, které mají nějaký tolerovaný rozměr, protože všechny ostatní rozměry si uchovává 3D model. Na 2D výkresu musí být zakótovány všechny rozměry, které jsou potřebné pro výrobu dané součásti. Bez-výkresová dokumentace pomocí metody PMI zabrala na konkrétní desce přibližně 7 minut. Oproti tomu vytvoření 2D výkresu stejné desky zabralo přibližně hodinu práce. Rozdíl mezi tvorbou těchto dvou dokumentací je 53 minut. V případě tvorby dokumentace pro celou sestavu je možné, že se pomocí bez-výkresové dokumentace ušetří 80 % času.

Některé firmy využívají metodu FCM, která je vhodná pro výrobu desek vstřikovacích forem nebo střižných nástrojů. Obsahuje tabulku předpřipravených typů objektů, které se na modelu vyberou a ony na základě vybraného typu získají informace. Tyto informace je možné využít při obrábění. Pokud se označí jeden prvek na výrobku, tak se označí všechny prvky, které mají stejné rozměry a tvar. Prvky, které se vyberou, jsou barevně označeny barvou, která byla danému prvku přiřazena. Barevně označené prvky získají z předpřipravené tabulky operaci, kterou bude zhotoven daný tvar s daným rozměrem. Operace mají přednastavené procesní podmínky a nástroj. [11]

## 11 OBRÁBĚNÍ

Pro nastavení procesu obrábění byla v softwaru NX 12.0 využita aplikace Manufacturing. Byl použit modul dvou a půl osého obrábění, který obsahuje funkci Feature based machining. Tato aplikace umožňuje automaticky rozpoznat prvky a na základě šablony nástrojů a šablony technologií dokáže vygenerovat NC program, který se využívá pro obrábění daných součástí. Z knihovny, kterou poskytuje software NX 12.0 byla importována 3-osá frézka, která simuluje reálný stroj, který by byl využit pro obrábění v reálném prostředí. Na upínací desku byla pomocí vazeb přichycena opěrná deska.



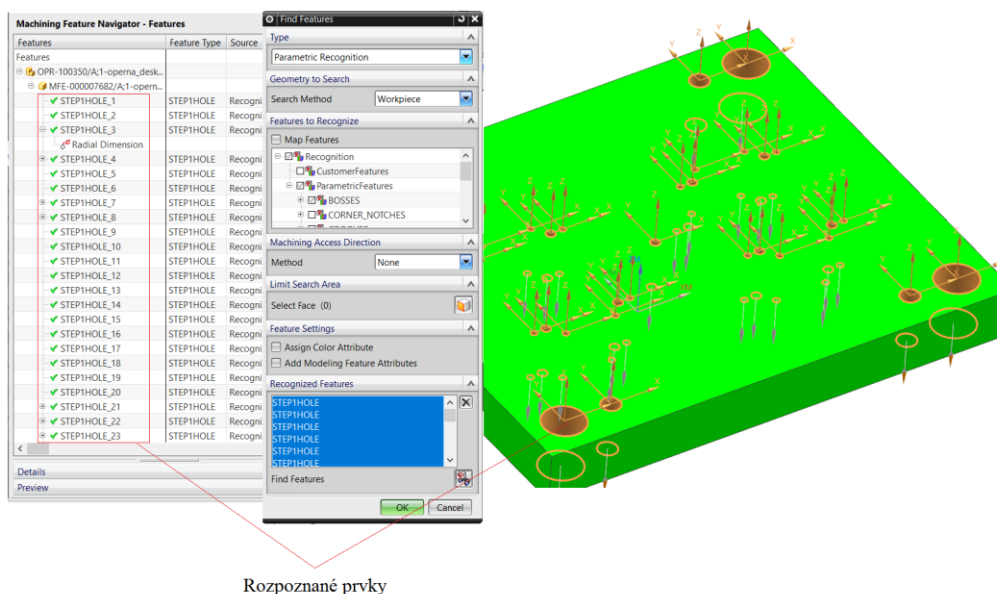
*Obr. 32. Ukázka stroje s upnutou opěrnou deskou*

Pro srovnání ručního nastavení celého procesu obrábění a metody automatického generování, která funguje pomocí zavedení PMI kót a nastavení barevného označení zpřesněných rozměrů byla zvolena opěrná deska. NC program pro opěrnou desku byl tvořen pomocí funkce Feature based machining, Jako první program rozporná geometrie na díle. Dále aplikuje různé pravidla, jako jsou PMI kóty a barvy, tím vznikne seznam rozpoznávaných

prvků. Jako druhé se na seznamu rozpoznaných prvků se snaží aplikovat z knihovny obráběcích pravidel, kde jsou zavedené postupy výroby děr. Na základě jednotlivých operací se snaží vybrat z knihovny nástrojů, jestli má reálný optimální nástroj. Trajektorie pohybu nástrojů jsou vygenerovány automaticky. Při využití této metody je technolog schopný vytvořit NC program za 5 minut. Oproti tomu program, který musí technolog od základu vytvořit sám, zahrnuje zvolení všech optimálních nástrojů, označení všech otvorů a prvků, které je nutné obrobit a nastavení všech procesních podmínek. Ruční programování zabere přibližně hodinu práce. Rozdíl mezi těmito metodami je 55 minut. V případě vytváření NC programů pro všechny desky formy je možné ušetřit přibližně 85 % času. U tvarových dílů, kde Feature based machining nelze využít je úspora času nižší. Je zde hodně operací a je mnohem složitější vytvořit dokumentaci. Obrábění se musí nastavovat ručně, kde je nutné tvary hrubovat a poté dokončovat popřípadě obrobek připravit na jinou operaci než je frézování.

## 11.1 Postup obrábění opěrné desky

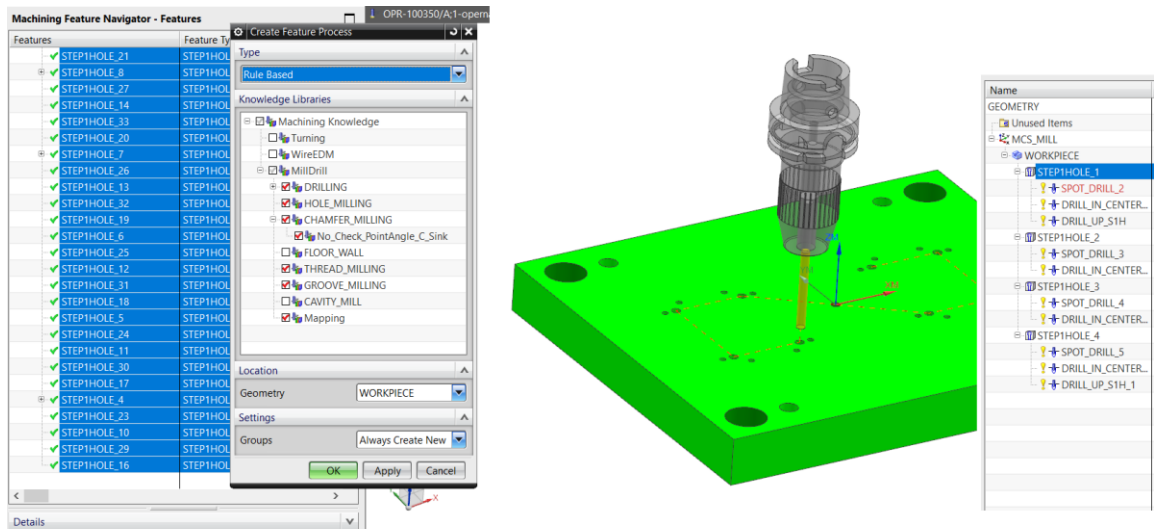
NC program pro obrábění opěrné desky byl vytvořen pomocí metody Feature based machining, který automaticky z knihovny vyhledal nástroje, vygeneroval trajektorie pohybu a procesní podmínky nástroje pro jednotlivé otvory dané desky. Aby došlo k nejkratšímu možnému výrobnímu času, jsou trajektorie pohybu nástroje vygenerovány tak, aby nástroj urazil co nejkratší možnou vzdálenost.



Rozpoznané prvky

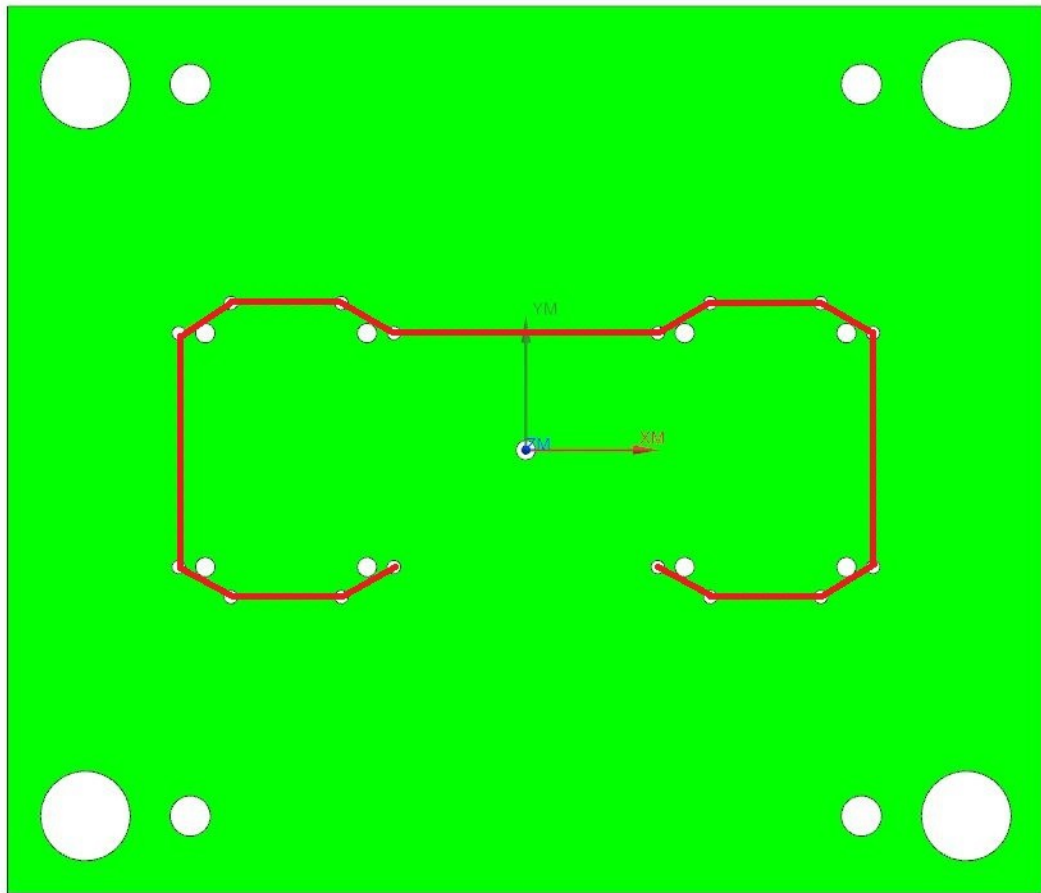
Obr. 33. Rozpoznání prvků

Jako první je na výrobku nutné najít všechny otvory, které se budou obrábět pomocí Feature based machiningu. Pro nalezení všech otvorů se využívá funkce Find features, která najde všechny otvory a označí je. Na označených prvcích se využije funkce Create feature process



Obr. 34. Tvorba procesu prvku

Funkce Create feature process používá z vybrané knihovny pravidel znalosti o obrábění k automatické tvorbě operací pro vybrané prvky.



Obr. 35. Trajektorie pro vrtání děr o průměru 4,5 mm

Tab. 1. Výpis nástrojů pro výrobu opěrné desky

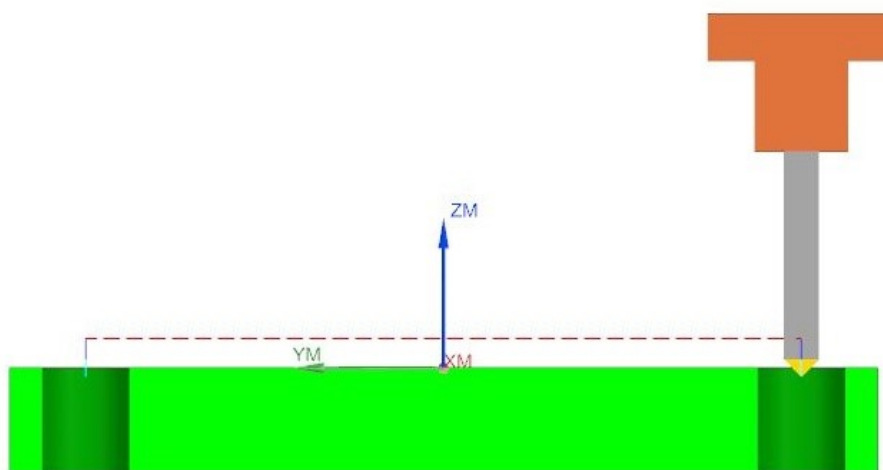
Otvor	Nástroj	Upínací systém	Průměr D [mm]	Délka L [mm]
Ø30H7	Středící vrták	Kleštinový upínač HSK 63/107	12	77
	Vrták	Weldon EPB HKS 63/110	29,6	130
	Vystružovací tyč	HSK 63 upínač pro vyvr-távací tyč	30	200
Ø13,5	Středící vrták	Kleštinový upínač HSK 63/107	12	77
	Vrták	Kleštinový upínač HSK 63/107	13,5	127
Ø4,5	Středící vrták	Kleštinový upínač HSK 63/107	12	77
	Vrták	Kleštinový upínač HSK 63/107	4,5	55
Ø6,5	Středící vrták	Kleštinový upínač HSK 63/107	12	77
	Vrták	Kleštinový upínač HSK 63/107	6,5	81



Tab. 2. Řezné podmínky

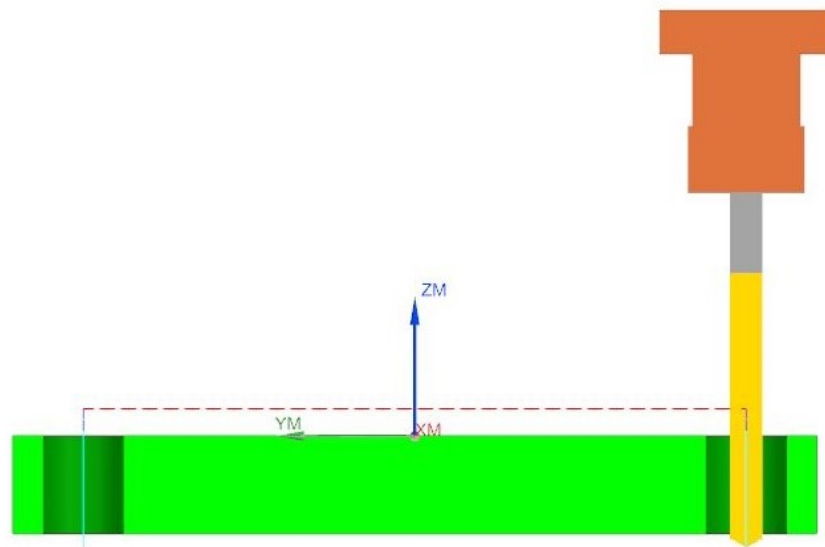
Operace	Posuv $f_z$ [mm/ot]	Řezná rychlost $v_c$ [m/min]	Otáčky [ot/min]
Vavrtávání	0,1	120	3180
Vrtání Ø 13,5	0,32	185	4360
Vrtání Ø 4,5	0,15	141	9970
Vrtání Ø 6,5	0,2	185	9060
Vrtání Ø 29,6	0,16	210	2260
Vystružování Ø30H7	0,015	100	1060

Řezné podmínky byly voleny podle doporučení výrobce. Pro obrábění byly vybrány nástroje od společnosti SECO.



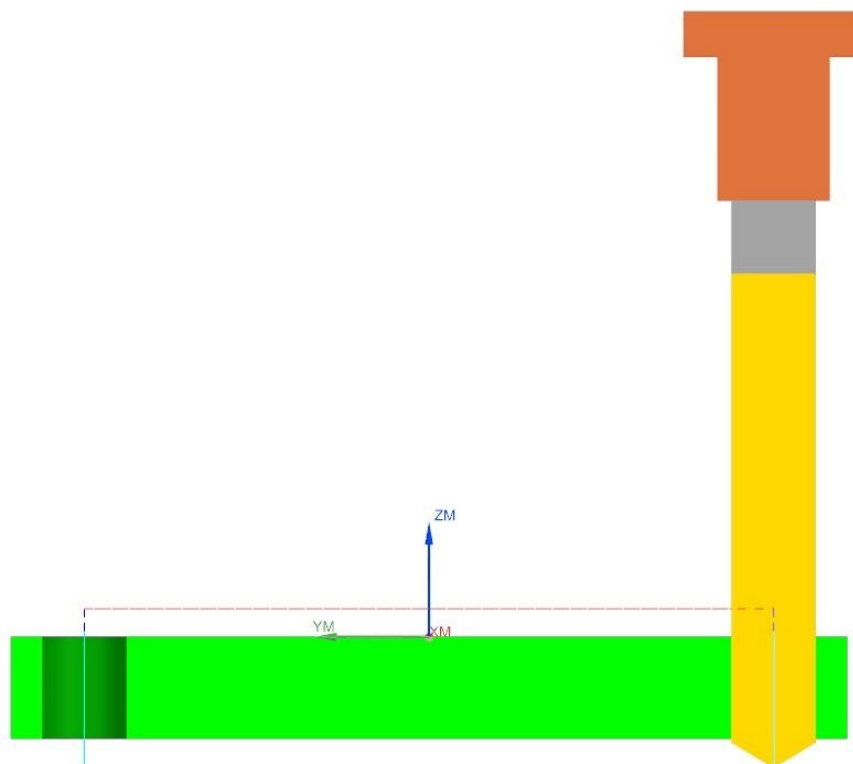
Obr. 36. Navrtání středícího důlku do opěrné desky

Jakmile je vytvořen program, který je možné zkontrolovat simulací přímo v softwaru NX12.0 je možné zahájit výrobu daného dílu. Nejdříve jsou obrobena všechny středící důlky, které jsou zhotoveny pomocí středícího vrtáku o průměru 12 mm a délce 77 mm. Jakmile jsou všechny středící důlky hotové, tak se můžou začít obrábět všechny otvory, které mají přidělené své nástroje. Pro ukázkou je vybrána díra Ø30H7. Postup výroby všech ostatních otvorů je v podstatě stejný.



*Obr. 37. Vrtání otvoru do opěrné desky*

Po navrtání následuje vrtání otvoru skrz celou opěrnou desku vrtákem o průměru 12 mm a délce 130 mm.



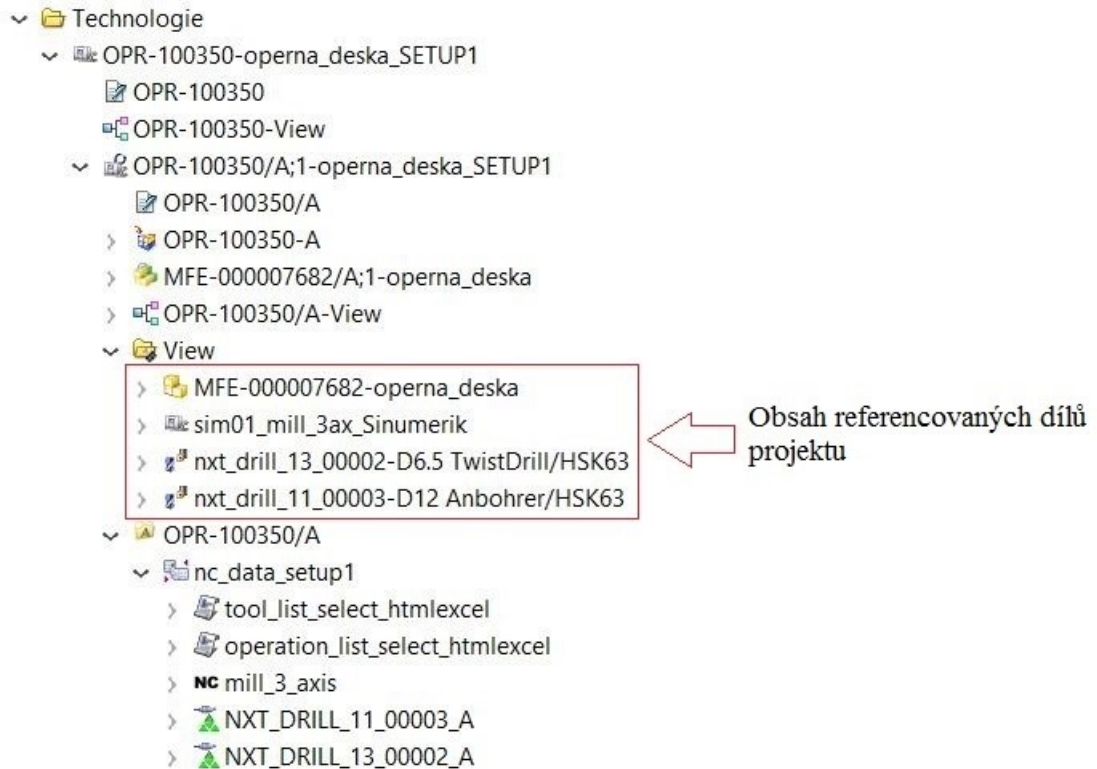
*Obr. 38. Vystružování otvoru v opěrné desce*

Jakmile jsou vyvrtány všechny otvory, tak následuje vystružování na přesný rozměr  $\text{Ø}30\text{H}7$ .

Name	G...	Path	Tool	Geometry	Time
GEOMETRY					00:08:43
Unused Items					00:00:00
MCS_MILL					00:08:43
WORKPIECE					00:08:43
STEP1HOLE					00:01:43
! SPOT_DRILL	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE	00:00:14
! DRILL_IN_CENTER...	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE	00:00:43
! DRILL_UP_S1H	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE	00:00:45
STEP1HOLE_1					00:03:10
! SPOT_DRILL_1	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE_1	00:00:30
! DRILL_IN_CENTER...	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE_1	00:02:40
STEP1HOLE_2					00:02:00
! SPOT_DRILL_2	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE_2	00:00:28
! DRILL_IN_CENTER...	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE_2	00:01:32
STEP1HOLE_3					00:01:50
! SPOT_DRILL_4	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE_3	00:00:15
! DRILL_IN_CENTER...	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE_3	00:00:45
! DRILL_UP_S1H_1	X	✓	UGT03...	STEP1HOLE_3	00:00:50

Obr. 39. Navigátor operací pro opěrnou desku

Vytvoří se postprocessing, kde vznikne NC kód, který se uloží do Teamcentru. Dále je možné udělat simulace, kde se zjistí, zda nedojde ke kolizím a zjistí se doba potřebná k obrobení.



Obr. 40. Struktura datasetu pro operaci 1

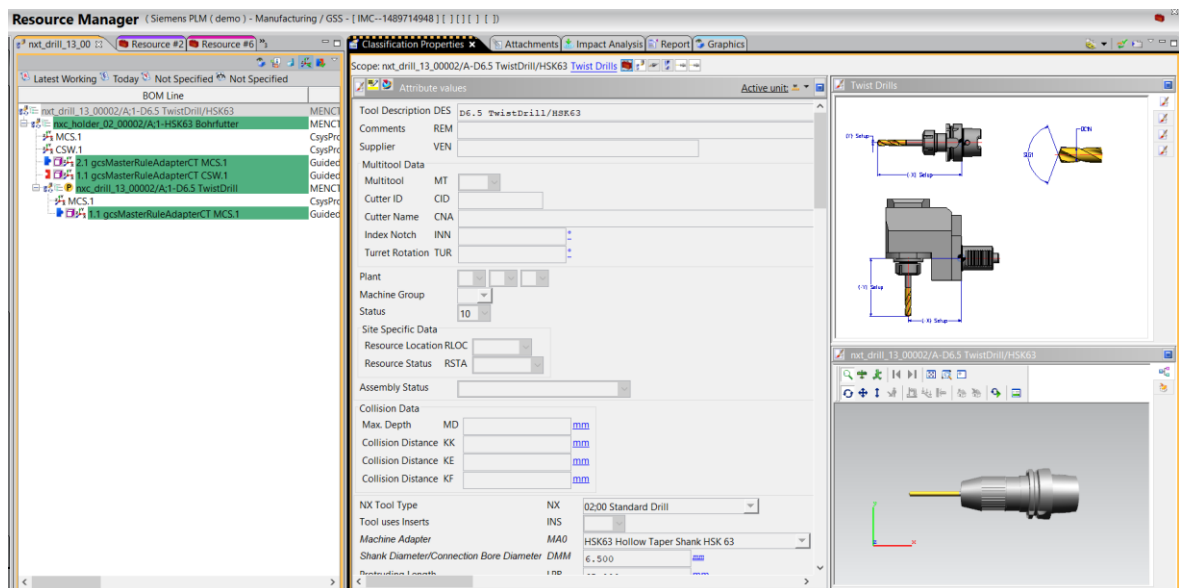
Struktura datasetu pro operaci 1 obsahuje referencované díly a pod záložkou view je vidět, že byl využit dataset z konstrukce, který se nazývá opěrná deska, dále byl z knihovny strojů využit 3-osý obráběcí stroj a byly použity nástroje, které jsou uloženy v rámci Teamcentru a aplikace MRL.



Obr. 41. Náhled na nástroj

V Resource manageru je možné otevřít správu nástroje, která obsahuje všechna potřebná data o nástroji. Je možné si zobrazit jednotlivý díl nástroje jako je samotný vrták nebo jeho držák anebo se zobrazí celá sestava, tak jak je využívána. Na tyto data má přístup obsluha

stroje, seřizována, programátor, nákupní oddělení. Data je možné načíst pomocí Teamcentru.



Obr. 42. Správa nástroje

## 11.2 Rozhraní pro dílnu – automatická propagace dat napříč výrobou

Tomuto rozhraní se říká Shop floor connect. Jelikož jsou všechna data spravována pomocí prostředí Teamcenter, tak se nabízí možnost sdílet veškerá data, jako jsou vypočetované NC kódy, seřizovací dokumenty a poznámky jednoduchým webovým rozhraním přímo na dílnu. Další úroveň tohoto propojení je, že je možné s tímto systémem propojit i stroj, kdy je obsluha fyzicky schopna poslat data z Teamcentru přímo na stroj. Tímto se maximálně eliminuje možnost chyby, že by se použila nesprávná data na nesprávném dílci. Data se neukládají na disk, ale jsou uložena ve struktuře v Teamcentru. Když se uživatel připojí přes Shop floor connect a vyhledá unikátní číslo operace, na které má pracovat v rámci výrobního plánu, tak se mu zobrazí veškerá data, která potřebuje k obrobení daného dílu. Jedná se o stále o stejná data, která jsou uložena v databázi, to znamená, že nedojde k žádné duplikaci dat. Všechny tyto informace poskytuje technolog a obsluha stroje tedy jen upne polotovar do stroje a pak už jen stačí spustit program. Velkou výhodou je, že se tyto data neukládají na disk, takže nedojde k záměně NC programů a obsluha má vždy přístupný jen ten program, který si nese své vlastní identifikační číslo.

		Uživatel:	DNC - DNC / DNC	CAM Revision	OPR-100350/A-operna_deska_SETUP1
		Teamcenter server:	siemensdc	CAD Revision	MFE-000007682/A-operna_deska
		Pracoviště:	Sandbox		
Přehled		Číslo položky	OPR-100350	Revize položky	A
NC Program		Jméno položky	operna_deska_SETUP1		
ShopDoc		Popis	OPR-100350		
		Stav			
		Vlastník	Siemens PLM (demo)		
		Poslední modifikace	Siemens PLM (demo)		
		Datum vytvoření	26-Apr-2019 05:14		
		Datum modifikace	07-May-2019 07:26		
Blog					
Získat data					
Hlavní menu					

Obr. 43. Položky přístupné pro obsluhu stroje

Jakmile je zadáno identifikační číslo operace, tak se obsluze stroje vyhledá přehled o dané operaci, NC program a Shop Doc.

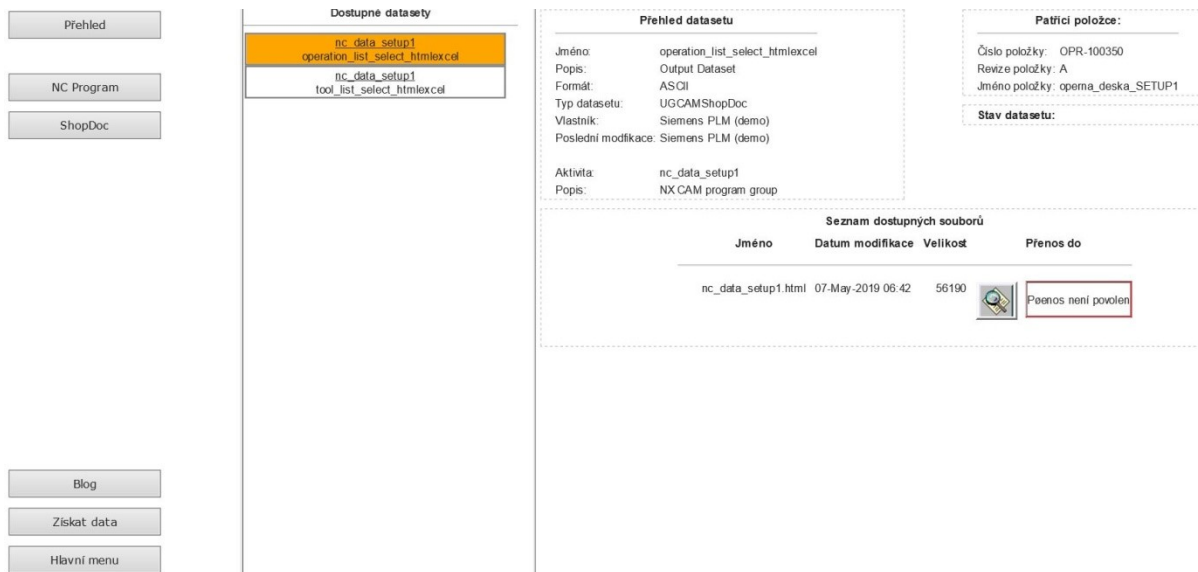
```

N10 ;Start of Program
N20 ;
N30 DEF REAL _camtolerance
N40 DEF REAL _X_HOME, _Y_HOME, _Z_HOME
N50 DEF REAL _F_CUTTING, _F_ENGAGE, _F_RETRACT
N60 ;
N70 G40 G17 G710 G90 G60 G601 FNORM
N80 ;Start of Path
N90 _camtolerance=.06
N100 _X_HOME=0.0 _Y_HOME=225.425 _Z_HOME=606.425
N110 ;
N120 ;Operation : SPOT_DRILL
N130 ;
N140 TRAFOOF
N150 SUPA G0 Z=_Z_HOME D0
N160 SUPA G0 X=_X_HOME Y=_Y_HOME D1
N170 ;First Tool
N180 T="NXT_DRILL_11_00003_A"
N190 M6
N200 MSG("DRILL_METHOD")
N210 TRAFOOF
N220 SUPA G0 Z=_Z_HOME D0
N230 SUPA G0 X=_X_HOME Y=_Y_HOME D1
N240 ;Initial Move
N250 TRAFOOF
N260 G54
N270 G0 X-53. Y-39. Z10. S0 D1 M3
N280 F251.
N290 MCALL CYCLE81(10.,0.,3.,-3.)
N300 X-53. Y-39.
N310 X-107.
N320 Y39.
N330 X-53.
N340 X0.0 Y0.0
N350 X53. Y-39.
N360 X107.
N370 Y39.
N380 X53.
N390 MCALL
N400 ;End of Path
N410 SUPA G0 Z=_Z_HOME D0

```

Obr. 44. Ukázka NC programu

Jestliže se otevře možnost NC program, tak se zobrazí kompletní program dané operace a obsluha stroje může nahlédnout na jednotlivé věty G kódu.



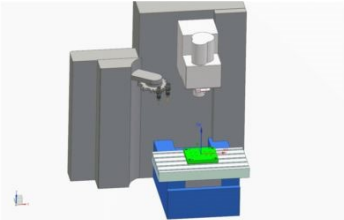
Obr. 45. Záložka Shop Doc



Po rozbalení možnosti Shop Doc se zobrazí 2 možnosti. První z možností je zobrazení listu operací, které budou prováděny. Druhá možnost je výpis nástrojů, které budou využity pro obrábění.

Page : 1 of 1

SIEMENS

### Program Sheet

Part name:	A	Drawing name:	-
Unit:	MM	Part number:	-
Pictures :			
Description :			

Index	Operation Name	Type	Program	Machine Mode	Tool Name	Tool Path Time in Minutes	Path Image
1	SPOT_DRILL	Drilling	SPOT_DRILL_1	DRILL	NXT_DRILL_11_0003_A	0.47	
2	DRILL_IN_CENTER_S1H	Drilling	DRILL	DRILL	NXT_DRILL_13_0002_A	1.54	

Author : user

Checker : user

Date : Tue May 7 15:41:48 2019

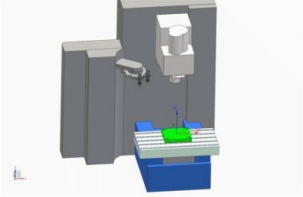
Obr. 46. List operací

List operací obsahuje názvy operací, typ operací, programy, název stroje, název nástroje a čas potřebný k provedení dané operace.

Page : 1 of 1

SIEMENS

### Tool Sheet

Part name: A	Drawing name: -
Unit: MM	Part number: -
Pictures :	Description :
	

Tool Number	Tool Name	Tool Description	Tool Diameter	Adjust Register	Cutcom Register	Flute Length	Tool Ext. Length	Holder Description	Tool Path Time in Minutes	Operation Name
2	NXT_DRILL_11_000_03_A	D12 Anbohrer/HSK63	12.0000	1	1	12.0000	50.0000		0.47	SPOT_DRILL
1	NXT_DRILL_13_000_02_A	D6.5 TwstDrill/HSK63	6.5000	1	1	62.0000	65.0000		1.54	DRILL_IN_CENTER_S1H

Author : user

Checker : user

Date : Tue May 7 15:42:02 2019

#### Obr. 47. List použitých nástrojů pro seřazení nástrojů

Výpis nástrojů obsahuje název nástroje, popis daného nástroje, rozměry nástroje, operaci, ve které je nástroj využit a stejně jako v listu operací je zde zaznamenán čas potřebný k provedení jednotlivých operací.

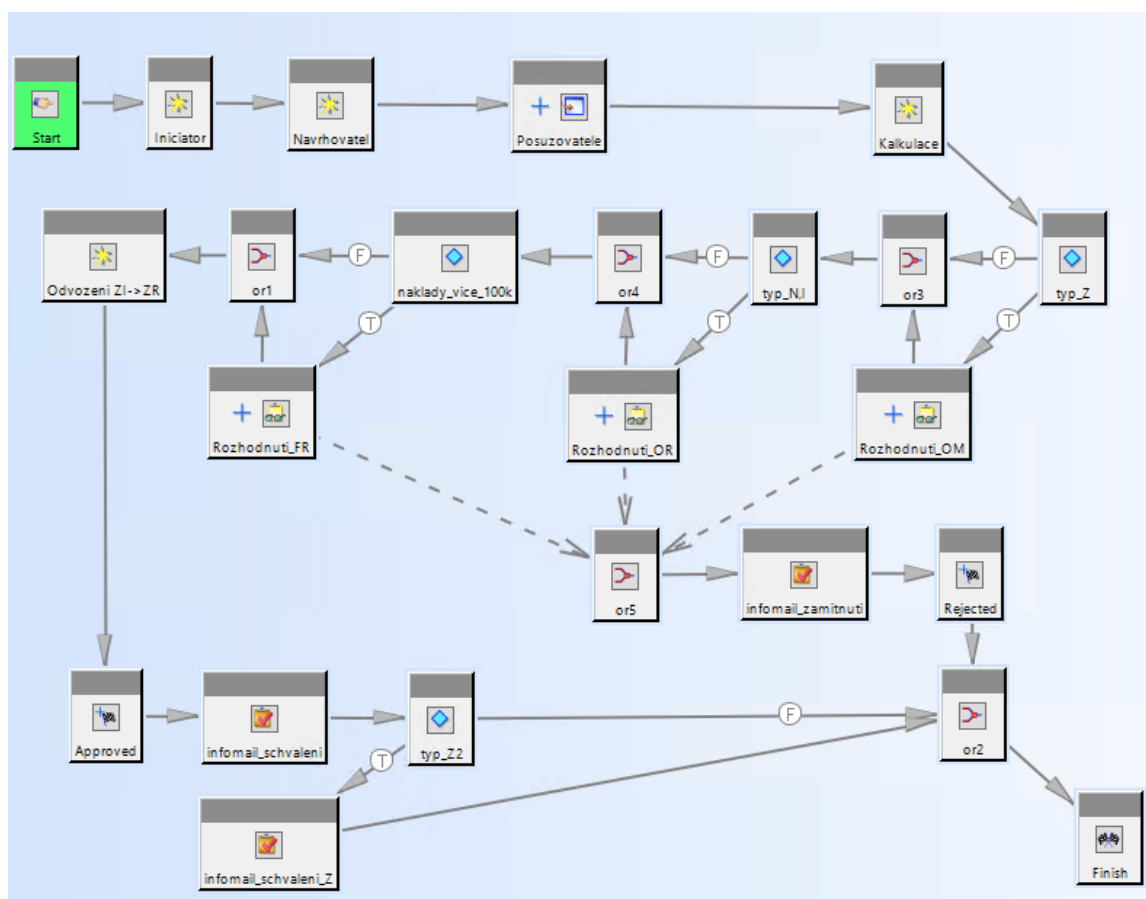
Toto jsou základní šablony, které jsou uživatelsky nastavitelné. Každá firma si to nastaví podle svých pravidel na základě jejich dat.

Rozdíl mezi PLM řešením a základním řešením je, že jsou data ukládána do přehledné struktury, která se dá kdykoliv využít k nahlédnutí na jednotlivé prvky. Pokud se nevyužívá PLM řešení, tak se data ukládají do složek, které se mohou následně zaměnit, a to by mohlo způsobit problém při výrobě, protože by se vyrábělo něco, co se nemá. Dalším rozdílem je, že se všechno děje automaticky, kdy uživatel nemusí zadávat cestu do nějaké složky na disku.



## 12 ZMĚNOVÉ ŘÍZENÍ

Změnové řízení je, že během práce na nějakém projektu je nutné provést změnu a je potřeba rozhodnout co všechno se bude dít, aby ve výrobě nedošlo k tomu, že by se vyráběl neaktuální produkt. Je potřeba zastavit všechna navazující data a tím se zamezí neoprávněnému zásahu. Vytvoří se nová revize, kdy se fyzicky všechno zkopíruje a dá se tomu index B a v každém projektu je napsané, že každá součástka nebo celá sestava nebo celý produkt je v dané revizi. Je možné zrevidovat celou sestavu nebo jen některé díly. Díly nacházející se v revizi jsou viditelné, ale jsou označeny jako neaktuální. Přínosem je to, že se eliminuje vznik chyb.



Obr. 488. Ukázka procesu změnového řízení

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo předvedení konceptu moderních způsobů konstruování, jako je bez-výkresová dokumentace v rámci projektu, který je spravovaný PLM systémem. Dále bylo předvedeno, že se nejednalo pouze správu konstrukce, ale veškerých výrobních dat pro daný dílec. To znamená, že byla spravována technologická data, knihovna nástrojů, veškeré NC programy, výrobní dokumentace. Konstrukce byla provedena v softwaru NX 12.0, který byl spravován softwarem Teamcenter. Postup konstrukce se nelišil od zavedených postupů při neřízené instalaci CAD. Jediným rozdílem bylo, že veškeré soubory nebyly ukládány do složek na pevném disku, ale byly uloženy do databáze Teamcenter. Každý vymodelovaný nebo importovaný díl se v Teamcentru uložil s unikátním identifikačním číslem, které je automaticky vygenerované. Během práce se v tomto pracovním prostředí neobjevovaly žádné problémy s chybějícími daty. Práce v základním rozhraní Teamcentru není složitá a dá se s tímto softwarem pracovat i bez rozsáhlejšího zaškolení. Velkým benefitem při práci v rámci tohoto systému bylo, že odpadla veškerá činnost spojená s ukládáním a pojmenováváním dat. Vše probíhalo v rámci přednastaveného prostředí. Aby tento koncept byl posunut na vyšší úroveň, bylo rozhodnuto, že veškerá dokumentace bude zpracována pomocí zásad bez-výkresové dokumentace, kdy se využila technologie PMI kót a barevného označení na 3D modelech. Nejenom, že bylo ušetřeno obrovské množství času tím, že se nevytvářela 2D výkresová dokumentace, ale bylo také dokázáno, že se data dají využít v technologii. Pomocí PMI kót byla vytvořena přehlednější dokumentace, protože je tam kóta daného prvku jenom jednou a k ní jsou asociované všechny ostatní objekty. Jakmile byla konstrukce hotová, tak se plynule přešlo na technologickou část, která se odehrává ve stejném pracovním prostředí. V této části byla snaha maximalizovat využití toho, co bylo zadáno v konstrukci pro vygenerování NC programu. Proto byla využita funkce Feature based machining, která opět umožnila velký nárůst produktivity. Vzhledem k tomu, že u jednotlivých dílů se NC program nemusel vytvářet ručním zadáváním, bylo ušetřeno velké množství času, u složitých dílů samozřejmě programátorovi neodpadne standardní vytváření NC programu, ale čas ušetřený při programování standardních prvků může věnovat detailnějšímu vyladění složitých 5-ti osých operací. Dalším benefitem je, že jakýkoliv soubor, který byl vygenerován je automaticky přidán do příslušných datasetů. Data tudíž nemohou být vložena tam, kam nepatří a to zaručí, že se bude vyrábět správný díl, správným postupem a ve správný čas. Navazující funkčnost přináší propojení až do dílny, kdy pomocí Shop floor connectu přenášíme výrobní dokumenty a

NC data přímo až na stroj pomocí jednoduchého webového rozhraní. Distribuce těchto dat se děje automaticky na základě čísla z výrobního postupu. Při vytváření výrobní dokumentace byla průměrná úspora času 80 % při využití PMI kót a barevného označení. V případě vytváření NC programů pomocí Feature based machiningu je možné ušetřit přibližně 85 % času. U tvarových dílů, kde je vyžadován větší podíl práce programátora, je úspora času nižší.

V této práci byla popsána jen určitá část řešení. Teamcenter je systém obsahující mnoho rozšíření, která mohou mít další možnosti jak se na data dívat z různých pohledů. Navazující oblast, která by byla vhodná ke zpracování dat je využití tzv. modulu Scheduler. Další integrace tohoto modulu do demo prostředí by rozšířila a vyplnila nutnost využívat externí program pro plánování konstrukce a přípravy výroby.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Řízení životního cyklu výrobku [online]. [cit. 2019-01-15].  
Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Řízení\\_životního\\_cyklu\\_výrobku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Řízení_životního_cyklu_výrobku)
- [2] LENČÁK, Peter. *Teamcenter – úvod* [online]. Bratislava, 2018  
[cit. 2019-01-15]. Dostupné z:  
[https://itscz.wistia.com/medias/9tico3xnvk?fbclid=IwAR2MVSDoCuXbKkLFFwGMi8TL-IQJF0esB6tmzOP0\\_2kpfmktmZmmhSA75yk](https://itscz.wistia.com/medias/9tico3xnvk?fbclid=IwAR2MVSDoCuXbKkLFFwGMi8TL-IQJF0esB6tmzOP0_2kpfmktmZmmhSA75yk)
- [3] SystemOnLine. *PDM nebo ERP?* [online].  
[cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/pdm-nebo-erp.htm>
- [4] PLM. *PLM – Product Lifecycle Management* [online].  
[cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <http://plm.konstrukter.cz/definice-plm/>
- [5] BLUE DYNAMIC. *Co je ERP – Enterprise resource planning?* [online].  
[cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://bluedynamic.cz/co-je-erp-enterprise-resource-planning/>
- [6] Managementmania. *MRP (Material Requirements Planning)* [online].  
[cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/material-requirements-planning>
- [7] Plánování potřeby materiálu [online]. [cit. 2019-01-21]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/PIC3A1novC3A1n3AD\\_potC599eby\\_materiC3A1lu](https://cs.wikipedia.org/wiki/PIC3A1novC3A1n3AD_potC599eby_materiC3A1lu)
- [8] SIEMENS. *Manufacturing Resource Library and MRL connect for NX* [online].  
[cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://www.prolim.com/wp-content/uploads/2017/11/Manufacturing-Resource-Library-and-MRL-Connect-for-NX.pdf>
- [9] COMPAS. *I4.0 Teoretický základ* [online]. [cit. 2019-01-21].  
Dostupné z: <https://www.compas.cz/industry-4-0/352-i4-0-teoreticky-zaklad>

- [10] Průmysl 4.0 [online]. [cit. 2019-01-21]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmysl\\_4.0#cite\\_note-aktualne-1](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmysl_4.0#cite_note-aktualne-1)
- [11] AXIOM TECH. 4. *Webinář – Automatizace konstrukce a obrábění* [online].  
[cit. 2019-01-21]. Dostupné z:  
<https://www.youtube.com/watch?v=OqHHmsCHnnE&feature=youtu.be>
- [12] Rompagroup. *DFM* [online]. [cit. 2019-01-24]. Dostupné z:  
<https://www.rompagroup.cz/novinky/dfm-vyhodnocovani-vyrobitelnosti-u-navrhu-produktu.aspx>
- [13] DPS elektronika od A do Z. *Design for manufacturing: pravidla DFM* [online].  
[cit. 2019-01-24]. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/vyvoj/id:12033/design-for-manufacturing-pravidla-dfm>
- [14] AXIOM TECH. *Efektivní proces přípravy výroby ve společnosti Forez* [online].  
[cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://www.axiomtech.cz/25850n-efektivni-proces-pripravy-vyroby-ve-spolecnosti-forez>
- [15] Siemens PLM Software. *Manufacturing resource library*. [cit. 2019-02-02].
- [16] Siemens PLM Software. *Mold and die machining*. [cit. 2019-02-02].
- [17] Siemens PLMSoftware. *Driving the digital enterprise for discrete industries*.  
[cit. 2019-02-02].
- [18] Siemens PLM Software. *Extending PLM to manufacturing*. [cit. 2019-02-02].
- [19] BARTECH. 4. *Průmyslová revoluce začíná* [online].  
[cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <http://bartech.cz/nezarazene/4-prumyslova-revoluce-zacina/>
- [20] HLAVATÝ, ŠTĚPÁN. *Průmysl 4.0 a strategie MSP* [online]. Olomouc, 2018  
[cit. 2019-02-02]. Dostupné z: [https://theses.cz/id/p7zx7f/2018\\_M15092\\_HLAVATY.pdf](https://theses.cz/id/p7zx7f/2018_M15092_HLAVATY.pdf)
- [21] TPVgroup. *Výhody řešení Teamcenter* [online].  
[cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.tpvgroup.cz/vyhody-reseni-teamcenter/>
- [22] SystemOnLine. *PLM systémy pro řízení životního cyklu výrobku* [online].  
[cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/plm-systemy-pro-rizeni-zivotniho-cyklu-vyrobku.htm>

- [23] DIMITRIS, Kiritsis. *Objectives and Cornerstones* [online]. [cit. 2019-01-28].  
Dostupné z:  
[https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpCLPLCMU8/cid:kt009LK0Q1/viewerType:khtml//root\\_slug:closed-loop-product-life/url\\_slug:what-is-plm?b-q=PLM&sort\\_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=5&b-sort-on=default&b-content-type=all\\_references&include\\_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=PLM](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpCLPLCMU8/cid:kt009LK0Q1/viewerType:khtml//root_slug:closed-loop-product-life/url_slug:what-is-plm?b-q=PLM&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=5&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=PLM)
- [24] WHITEING, Tony. *Manufacturing logistic* [online]. Dostupné z:  
[https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpHLSCMV08/cid:kt00A54IT2/viewerType:khtml//root\\_slug:handbook-logistics-supply/url\\_slug:relationship-between?b-q=MRP&sort\\_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=6&b-sort-on=default&b-content-type=all\\_references&include\\_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=MRP](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpHLSCMV08/cid:kt00A54IT2/viewerType:khtml//root_slug:handbook-logistics-supply/url_slug:relationship-between?b-q=MRP&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=6&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no&view=collapsed&zoom=1&q=MRP)
- [25] Jos Voskuil's Weblog. *Conecting PLM and ERP* [online]. Dostupné z:  
<https://virtualdutchman.com/2008/07/20/connecting-plm-and-erp-1/>
- [26] BROWN, Jim. *Issue in Focus: The Integrated ERP-PLM Stratedy* [online]. Tech-Clarity, Inc 2010. Dostupné z: [http://tech-clarity.com/documents/Tech-Clarity\\_IssueinFocus\\_ERP\\_PLM\\_Strategy.pdf](http://tech-clarity.com/documents/Tech-Clarity_IssueinFocus_ERP_PLM_Strategy.pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PLM	Product Lifecycle Management – řízení životního cyklu výrobku.
PDM	Product Data Management – řízení výrobních dat.
ERP	Enterprise Resource Planning – plánování podnikových zdrojů.
CAD	Computer Aided Design – počítačem podporované navrhování.
CAM	Computer Aided Manufacturing – počítačem podporovaná výroba.
MRP	Material Requirements Planning – plánování potřeby materiálu.
MRL	Manufacturing Resource Library – knihovna zdrojů pro výrobu.
VDA	Value Discovery Audit – audit zjišťování hodnoty.
CNC	Computer Numeric Control – počítačem řízený obráběcí stroj.
NC	Numeric Control – číslicové řízení.
IoT	Internet of Things – internet věsí.
IoS	Internet of Services – internet služeb.
IoE	Internet of Everything – internet všeho.
PMI	Product Manufacturing Information – informace o modelu.
FCM	Face Color Management – správa barev.
DFM	Design For Manufacturing – design pro výrobu.
FBM	Feature Based Machining – obrábění na bázi funkcí.
CMM	Coordinate Measuring Machine – stroj pro koordinaci souřadnic.
ISO	International Organization for Standardization – Mezinárodní norma.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Rozvržení nákladů pro zavedení výrobku do výroby [18] .....	13
Obr. 2. Obsah PLM systémů [4] .....	16
Obr. 3. Zjednodušené schéma MRP [7] .....	17
Obr. 4. Vztah PLM a ERP [1] .....	20
Obr. 5. Ukázka obsahu MRL [15] .....	21
Obr. 6. Ukázka vyhledávání a využití v rámci NX CAM [8] .....	23
Obr. 7. Stupně průmyslové revoluce [19] .....	27
Obr. 8. Vize digitálních modelů v praxi [17] .....	28
Obr. 9. Ukázka využití PMI [11] .....	31
Obr. 10. Převod 3D modelu s PMI kótami do 2D výkresu [11] .....	32
Obr. 11. Ukázka využití FCM [16] .....	33
Obr. 12. Ukázka využití DFM pro analýzy [11] .....	34
Obr. 13. Zavádění nové položky do sestavy .....	38
Obr. 14. Základní rozdělení projektu .....	39
Obr. 15. Rozdělení projektu na konstrukci a technologii .....	39
Obr. 16. Označení prvků .....	40
Obr. 17. Struktura datasetu 3D modelu .....	40
Obr. 18. Soubory pevné a pohyblivé části formy .....	41
Obr. 19. Kompletní vstřikovací forma .....	42
Obr. 20. Návrh dělicí roviny .....	43
Obr. 21: Tvárnice .....	43
Obr. 22. Tvárník .....	44
Obr. 23. Násobnost formy .....	44
Obr. 24. Vyhazovací systém .....	45
Obr. 25. Temperace tvárníku .....	46
Obr. 26. Temperace tvárnice .....	47
Obr. 27. Pravá strana vstřikovací formy .....	48
Obr. 28. Levá strana vstřikovací formy .....	49
Obr. 29. Zadávání PMI kót .....	50
Obr. 30. Ukázka PMI dokumentace pro kotevní desku vyhazovacího systému .....	51
Obr. 31. Náhled na 2D výkresovou dokumentaci pro kotevní desku vyhazovacího systému .....	51



---

Obr. 32. Ukázka stroje s upnutou opěrnou deskou .....	53
Obr. 33. Rozpoznání prvků.....	54
Obr. 34. Tvorba procesu prvku .....	55
Obr. 35. Trajektorie pro vrtání děr o průměru 4,5 mm .....	56
Obr. 36. Navrtání středícího důlku do opěrné desky .....	57
Obr. 37. Vrtání otvoru do opěrné desky .....	58
Obr. 38. Vystružování otvoru v opěrné desce .....	58
Obr. 39. Navigátor operací pro opěrnou desku.....	59
Obr. 40. Struktura datasetu pro operaci 1 .....	60
Obr. 41. Náhled na nástroj.....	60
Obr. 42. Správa nástroje .....	61
Obr. 43. Položky přístupné pro obsluhu stroje .....	62
Obr. 44. Ukázka NC programu .....	62
Obr. 45. Záložka Shop Doc .....	63
Obr. 46. List operací .....	63
Obr. 47. List použitých nástrojů pro seřízení nástrojů.....	64
Obr. 48. Ukázka procesu změnového řízení .....	65

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Výpis nástrojů pro výrobu opěrné desky .....	56
Tab. 2. Řezné podmínky .....	57

## SEZNAM PŘÍLOH

PI CD ROM obsahuje:

- Diplomová práce