

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: P2301      Strojní inženýrství

Studijní obor:      2302V019 Stavba strojů a zařízení

## **DISERTAČNÍ PRÁCE**

Teorie a metodika návrhu technických produktů se zaměřením na zvýšení  
efektivity výrobních procesů

Autor:                      **Ing. Martin Kopecký**

Školitel:                    **prof. Ing. Stanislav Hosnedl, CSc.**

Akademický rok 2019/2020

## **PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ**

Předkládám tímto k hodnocení a obhajobě disertační práci zpracovanou na Katedře konstruování strojů Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci:

### **Teorie a metodika návrhu technických produktů se zaměřením na zvýšení efektivity výrobních procesů**

vypracoval samostatně, pod vedením a odborným dohledem školitele s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v soupisu bibliografických citací, který je součástí této práce.

Datum: 27.9.2019

podpis

## **VYJÁDŘENÍ KE VZNIKU DISERTAČNÍ PRÁCE:**

Předložená disertační práce vznikla v rámci projektu: SGS-2016-012 Komplexní podpora konstruování technických zařízení III. ZČU, Plzeň 1.4.2016 -31.12.2018. Student je autorem Disertační práce z 100 %, což činí 5 % z celkového projektu.

Dále byly při tvorbě Disertační práce využity znalosti a zkušenosti z projektů, na jejichž řešení se student po dobu svého studia podílel:

- Biometrické signály – jejich snímání, vyhodnocování a přenos ve zdravotnickém a pečovatelském prostředí.  
Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO): 1.1.2011 – 31.12.2013
- Optimalizace multidisciplinárního navrhování a modelování výrobního systému virtuálních firem.  
Grantová agentura České republiky (GAČR): 1.1.2008 – 31.12.2011
- SGS-2012-063 Integrovaný návrh výrobního systému jako metaprojektu s multidisciplinárním přístupem a využitím prvků virtuální reality.  
ZČU, Plzeň: 1.4.2012 – 31.12.2014

Potvrzení o účasti studenta na těchto projektech je uvedeno v přihlášce k obhajobě disertační práce v příloze a).

Datum: 27.9.2019

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat mému školiteli prof. Ing. Stanislavu Hosnedlovi, CSc. za možnost dlouholeté spolupráce v oblastech výzkumu-výuky-průmyslové praxe, za jeho odborné rady, konzultace, připomínky a především trpělivost při tvorbě této práce.

Děkuji také katedře konstruování strojů a katedře průmyslového inženýrství a managementu za možnost práce na výzkumných projektech a získávání nových poznatků pro potřeby této DisP. Dále děkuji odborníkům z průmyslové praxe a firmám, ve kterých jsem měl možnost získávat cenné praktické poznatky a zkušenosti, využitelné pro potřeby této práce.

Nakonec děkuji rodině a manželce za jejich podporu a trpělivost během procesu tvorby DisP.

## ANOTACE

<b>AUTOR</b> - STUDENT DSP	Příjmení vč. titulů <b>Ing. Kopecký</b>	Jméno <b>Martin</b>
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	<b>Stavba strojů a zařízení</b>	
<b>ŠKOLITEL</b>	Příjmení vč. titulů <b>prof. Ing. Hosnedl, CSc.</b>	Jméno <b>Stanislav</b>
<b>PRACOVÍŠTĚ</b> <b>ŠKOLITELE</b>	<b>Katedra konstruování strojů</b> <b>Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni</b>	
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>Disertační práce</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	<b>Teorie a metodika návrhu technických produktů se zaměřením na zvýšení efektivity výrobních procesů</b>	

Fakulta: **Fakulta strojní**  
Katedra: **Katedra konstruování strojů**  
Rok odevzdání: **2019**

### Počet stran (A4 a ekvivalentů A4)

<b>Celkem</b>	152	<b>Textová část</b>	152	<b>Grafická část</b>	0
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMATU, CÍLŮ, POZNATKŮ A PŘÍNOSŮ PRÁCE</b>	<p>Disertační práce je zaměřena na problematiku zvýšení efektivity návrhu technických produktů využívaných v montážních procesech.</p> <p>První část obsahuje obecné teoretické poznatky ohledně způsobů inovací výrobních procesů. Jako teoretická a metodická podpora pro tyto inovace jsou zde uplatněny poznatky Engineering Design Science and Methodology a poznatky na bázi Design for X.</p> <p>Druhá část popisuje teoretické a metodické poznatky ohledně výrobních přípravků a zařízení se zaměřením na montážní přípravky a zařízení.</p> <p>Poslední část se je zaměřena na návrh metodiky pro navrhování montážních přípravků a zařízení a zhodnocení její aplikace a přínosy.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Inovace procesu, EDSM, DfX, výrobní přípravky a zařízení, montážní přípravky a zařízení, specifikace požadavků

## ANNOTATION

<b>AUTHOR - DSP STUDENT</b>	Surname, incl. ac. degrees <b>Ing. Kopecký</b>	Name <b>Martin</b>
<b>FIELD of STUDY</b>	<b>Construction of Machines and Equipment</b>	
<b>SUPERVISOR</b>	Surname, incl. ac. degrees <b>prof. Ing. Hosnedl, CSc.</b>	Name <b>Stanislav</b>
<b>INSTITUTION of SUPERVISOR</b>	<b>Department of Machine Design Faculty of Mech. Engineering, University of West Bohemia</b>	
<b>TYPE of WORK</b>	<b>Dissertation</b>	
<b>TITLE of WORK</b>	<b>Theory and methodology for the design of technical products focused on to increase the efficiency of production processes</b>	

Faculty: **Faculty of Mechanical Engineering**  
 Department: **Department of Machine Design**  
 Year of submission: **2019**

### Number of pages (A4 and A4 equivalents)

<b>Total</b>	152	<b>Textual part</b>	152	<b>Graphical part</b>	0
--------------	-----	---------------------	-----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION of DIRECTION, TOPIC, GOALS, RESULTS and CONTRIBUTIONS of WORK</b>	<p>Dissertation is focused on to increase efficiency the engineering design process of technical products, which are used at assembly processes.</p> <p>First part contains theoretical background about innovation of production processes. Theoretical and methodological support is based on Engineering Design Science and Methodology and also on Design for X approach.</p> <p>Second part contains theoretical and methodological knowledge about production jigs and devices with focused on assembly jigs and devices.</p> <p>Last part is focused on proposal of own methodology for design of assembly jigs and devices. There are evaluated implementation and application this methodology.</p>
<b>KEY WORDS</b>	Process Innovation, EDSM, DfX, Production jigs and devices, Assembly jigs and devices, Specification of Requirements

## ANNOTATION

<b>AUTOR, STUDENT des DSP</b>	Nachname einschl. Titel <b>Ing. Kopecký</b>	Name <b>Martin</b>
<b>STUDIENBEREICH</b>	<b>Konstruktion von Maschinen und Einrichtungen</b>	
<b>BETREUER</b>	Nachname einschl. Titel <b>prof. Ing. Hosnedl, CSc.</b>	Name <b>Stanislav</b>
<b>ARBEITSPLATZ- BETREUER</b>	<b>Katheder für Maschinenbau Maschinenbaufakultät, Westböhmische Universität</b>	
<b>ART der ARBEIT</b>	<b>Dissertation</b>	
<b>TITEL der ARBEIT</b>	<b>Theorie und Methodik des Vorschlags der Technischen Produkte mit Schwerpunkt Effektivitätssteigerung in den Produktionsprozessen.</b>	

Fakultät: **Maschinenbaufakultät**  
 Katheder: **Katheder für Maschinenbau**  
 Jahr der Übergabe: **2019**

### Anzahl von Seiten (A4 und Äquivalent der A4 )

<b>Total</b>	152	<b>Textteil</b>	152	<b>Grafikteil</b>	0
--------------	-----	-----------------	-----	-------------------	---

<b>KURZBESCHREIBUNG des FOKUS, des THEMAS, der ZIELE, der ERGEBNISSE und der VORTEILE von ARBEIT</b>	<p>Die Dissertationsarbeit ist auf die Problematik der Effektivitätssteigerung des in den Montageprozessen verwendeten Vorschlags der technischen Produkte eingerichtet.</p> <p>Erster Teil umfasst allgemeine theoretische Einsichten, bezüglich Innovationsweise der Produktionsprozesse. Als theoretische und methodische Unterstützung für diese Innovationen wurden hier die Engineering Design Science and Methodology Erkenntnisse und Erkenntnisse auf der Basis Design for X angewendet.</p> <p>Der zweite Teil beschreibt theoretische und methodische Einsichten bezüglich der Produktionsvorrichtungen und Einrichtungen, orientiert auf die Montagevorrichtungen und Einrichtungen.</p> <p>Der letzte Teil ist auf den Vorschlag der Methodik der Montagevorrichtungen und Einrichtungen und auf die Auswertung deren Applikationen und Beiträge eingerichtet.</p>
<b>SCHLÜSSELWÖRTER</b>	<p>Prozessinnovation, EDSM, DfX, Produktionsvorrichtungen und Einrichtungen, Montagevorrichtungen und Einrichtungen, Anforderungsspezifikation</p>

## Obsah

Seznam obrázků .....	4
Seznam tabulek .....	6
Seznam zkratk .....	7
Úvod .....	9
1 Východiska disertační práce .....	10
2 Inovace .....	17
2.1 Inovace produktů (produktová inovace) .....	19
2.2 Inovace procesů (procesní inovace) .....	20
2.3 Vztahy mezi produktovou a procesní inovací a jejich hodnocení .....	21
3 Engineering design science and methodology .....	24
3.1 Technický produkt v Teorii technických systémů .....	25
3.2 Model životního cyklu technického produktu jako série TrfS .....	26
3.3 Vlastnosti technických produktů .....	28
3.3.1 Taxonomie vlastností TS .....	29
3.4 Specifikace požadavků na vlastnosti navrhovaného technického produktu .....	30
3.5 Konstrukční struktury technických produktů .....	33
3.5.1 Černá skříňka .....	33
3.5.2 Funkční struktura .....	33
3.5.3 Orgánová struktura .....	33
3.5.4 Stavební struktura .....	34
3.6 Obecný model postupu konstruování na bázi TTS .....	35
4 Design for X .....	37
4.1 Design for Assembly – Konstruování se zaměřením na montáž .....	40
4.1.1 Principy DfA na bázi instrukcí .....	41
4.1.2 Ukázkový příklad použití principů DfA .....	42
4.2 Design for Manufacturing (DfM) - Konstruování se zaměřením na výrobu .....	43
4.2.1 Principy DfM na bázi instrukcí .....	43
4.2.2 Ukázkové příklady použití principů DfM (DfMA) .....	44
5 Aplikace teoretických poznatků a jejich shrnutí .....	45
5.1 Aplikace teoretických poznatků do oblasti průmyslové praxe .....	45
5.2 Aplikace teoretických poznatků do oblasti výuky .....	51
5.3 Shrnutí teoretických poznatků .....	53

6	Výrobní proces.....	55
6.1	Inovace výrobního procesu .....	58
6.1.1	Operátor Člověk a způsoby jeho inovace .....	58
6.1.2	Operátor Technický systém a způsoby jeho inovace .....	59
6.1.3	Operátor Aktivní a reaktivní prostředí a způsoby jeho inovace .....	59
6.1.4	Operátor Informační systém a způsoby jeho inovace .....	59
6.1.5	Operátor Manažerský systém.....	59
7	Výrobní přípravy a zařízení .....	60
7.1	Charakteristika výrobních přípravků a zařízení, jejich taxonomie .....	60
7.2	Stavební struktura výrobních přípravků a zařízení.....	62
7.3	Vlastnosti výrobních přípravků a zařízení .....	62
7.3.1	Funkční charakteristiky vlastností z hlediska provozu .....	62
7.3.2	Časové charakteristiky vlastností z hlediska rychlosti procesů.....	64
7.3.3	Nákladové charakteristiky vlastností z hlediska hospodárnosti .....	64
7.4	Poznatky pro návrh a hodnocení výrobních přípravků a zařízení .....	64
7.4.1	Přípravná fáze .....	65
7.4.2	Fáze návrhu .....	66
7.5	Analýza problémů při řešení výrobních přípravků a zařízení .....	67
7.6	Potřeba specifikace požadavků pro výrobní přípravy a zařízení .....	71
7.7	Nové směry a trendy pro návrh výrobních přípravků a zařízení .....	72
8	Montážní přípravy a zařízení.....	74
8.1	Montážní činnosti a jejich taxonomie .....	75
8.2	Analýza uplatnění montážních přípravků a zařízení ve výrobním procesu .....	77
9	Zkušenosti s návrhem montážních přípravků a zařízení a jejich zhodnocení .....	79
9.1	Ukázky praktických příkladů.....	80
10	Shrnutí teoreticko-metodických poznatků .....	86
10.1	Stanovení cíle disertační práce .....	87
10.2	Stanovení hypotéz pro dosažení cíle disertační práce .....	88
10.3	Předpokládané přínosy disertační práce.....	88
11	Metodika návrhu montážních přípravků a zařízení .....	89
12	Fáze přípravná .....	94
12.1	Analýza zadání.....	95
12.2	Analýza požadavků.....	97
12.3	Požadavky na vlastnosti MPaZ - obecné informace .....	100
13	Specifikace požadavků pro montážní přípravy a zařízení .....	101
13.1	Ukázka specifikace požadavků .....	103
14	Fáze návrhu .....	105
14.1	B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ.....	105
14.2	C. HODNOCENÍ a ROZHODNUTÍ .....	109



---

14.3	D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ.....	111
14.4	E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZRPACOVÁNÍ INFORMACÍ .....	113
14.5	F. ZOBRAZOVÁNÍ.....	114
14.6	G. KONTROLOVÁNÍ.....	114
14.7	X. ŘÍZENÍ.....	115
15	Validace navržené metodiky.....	116
15.1	Případová studie pro přípravné montážní činnosti - příprava nářadí .....	117
15.2	Případová studie pro přizpůsobovací montážní činnosti – úprava povrchu .....	120
15.3	Případová studie pro manipulační montážní činnosti – upínání/odepínání .....	126
15.4	Případová studie pro spojovací montážní činnosti – šroubování.....	129
15.5	Případová studie pro kontrolní montážní činnosti – měření tvaru, zkoušení funkce .....	131
15.6	Případová studie pro ostatní montážní operace – balení .....	134
15.7	Zhodnocení navržených MPaZ .....	137
16	Další směry výzkumu/plánované aplikace metodiky .....	138
17	Závěrečné hodnocení .....	140
17.1	Naplnění hypotéz stanovených pro dosažení cíle DisP .....	141
17.2	Vize pro další výzkum .....	142
	Soupis bibliografických citací využitých (publikací citovaných v textu) .....	143
	Seznam publikovaných prací doktoranda .....	148
	Přílohy 1 – 7.....	i

## Seznam obrázků

Obrázek 2-1 Uzavřený Inovační model [zdroj Autor] .....	18
Obrázek 2-2 Otevřený Inovační model [zdroj Autor] .....	19
Obrázek 2-3 Základní schéma modelu Six Sigma a Design for Six Sigma [zdroj Autor].....	21
Obrázek 3-1 Základní struktura „mapy“ EDSM na bázi Teorie technických systémů (TTS) [Hosnedl 2017] .....	25
Obrázek 3-2 Obecný model TrfS s Transformačním procesem (TrfP) [Hosnedl 2018].....	26
Obrázek 3-3 Životní cyklus (LC) technického systému jako série TrfP a příslušných TrfS [Hosnedl 2017] .....	27
Obrázek 3-4 Princip definování stavu vlastnosti [Hosnedl 2017].....	29
Obrázek 3-5 Obecný hierarchický systém TS [Hosnedl 2017] .....	30
Obrázek 3-6 Ukázka software pro Specifikace požadavků a hodnocení vlastností [Hosnedl 2015] .....	31
Obrázek 3-7 Ukázka hodnocení konkurenceschopnosti TS [Hosnedl 2015] .....	31
Obrázek 3-8 Zobrazení orgánových struktur židlí zajišťujících požadované funkce [Hosnedl 2017] .....	33
Obrázek 3-9 Morfologická matice pro hledání variant orgánových struktur [zdroj Autor] .....	34
Obrázek 3-10 Zobrazení výsledných stavebních struktur pro orgánové struktury na obr. 3-8 [Hosnedl 2017] ..	34
Obrázek 3-11 Základní struktura teoreticky (TTS) podloženého OMPK [Hosnedl 2017] .....	36
Obrázek 4-1 Využití metod DfX v mapě poznatků EDSM [zdroj Autor] na základě předlohy [Hosnedl 2017] .....	37
Obrázek 4-2 Ukázka intuitivní taxonomie metod DfX [Clarkson&Eckert 2005] .....	39
Obrázek 4-3 Vztah mezi tříděním vlastností TS a tříděním poznatků DfX a PoX [Hosnedl 2018] .....	40
Obrázek 4-4 Stávající stavební struktura TS - plynový hořák [Sasiadek 2016] .....	42
Obrázek 4-5 Inovovaná stavební struktura plynového hořáku s využitím metodiky DfA [Sasiadek 2016] .....	43
Obrázek 4-6 Součást vyrobená technologií obrábění vs. součást vyrobená technologií tváření [Mašín 2012] ....	44
Obrázek 4-7 Postupná inovace držáku jmenovek dle DfM a DfA [Koukolský 2011] .....	44
Obrázek 5-1 CAD modely finálního řešení: konstrukční (vlevo), designérské řešení (vpravo) [zdroj Autor] .....	50
Obrázek 5-2 Vyrobený EDI modul: samotný modul (vlevo), „stack“ provedení (vpravo) [zdroj Mega 2019].....	50
Obrázek 5-3 Analýza kritických vlastností – souhrnná tabulka [zdroj Autor].....	51
Obrázek 5-4 Analýza kritických vl. – ukázka řešení vybraného problému pro kritickou vl. [zdroj Autor] .....	52
Obrázek 5-5 Přehledné zobrazení postupu řešení DisP a vazby mezi jednotlivými částmi [zdroj Autor] .....	54
Obrázek 6-1 Obecné schéma definice výrobního procesu [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2018].....	55
Obrázek 6-2 Taxonomie výrobního procesu [zdroj Autor].....	56
Obrázek 6-3 Taxonomie výrobních procesů z hlediska výrobní technologie [zdroj Autor].....	57
Obrázek 6-4 Transformační systém výrobního procesu dle předlohy [Hosnedl 2018] .....	58
Obrázek 7-1 Taxonomie výrobních přípravků a zařízení [zdroj Autor].....	61
Obrázek 7-2 Taxonomie základních prvků výrobních přípravků a zařízení [zdroj Autor].....	63
Obrázek 7-9 Ukázka uživatelského manuálu pro kontrolní přípravek [dostupné online na tecnomatrix.com] ...	72
Obrázek 8-1 Transformační systém montážního procesu [Hosnedl 2015] .....	74
Obrázek 8-2 Taxonomie montážních činností [zdroj Autor] .....	76
Obrázek 9-1 Navržený MP (vlevo), poškozený MP v testovacím provozu (vpravo) [zdroj Autor] .....	80
Obrázek 9-2 Upravený přípravek na základě výsledků testování a přezkoumání zadání [zdroj Autor] .....	81
Obrázek 9-3 Pozice montážního zařízení při první montáži na stroj [zdroj Autor] .....	82
Obrázek 9-4 Upravené montážní zařízení ve správné pozici na stroji [zdroj Autor] .....	83
Obrázek 9-4 Náprava manipulačního vozíku [zdroj Autor] .....	83
Obrázek 9-6 Vyztužený profil, který je „podvařený“ U profilem [zdroj Autor] .....	84
Obrázek 9-7 Zamítnutý návrh MP (vlevo), vyrobený MP na montážní lince (vpravo) [zdroj Autor].....	85
Obrázek 10-1 Zobrazení dalšího postupu řešení DisP a vazby mezi jednotlivými částmi [zdroj Autor].....	87
Obrázek 11-1 Životní cyklus montážního přípravku a zařízení [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2017] .....	89
Obrázek 11-2 Obecný model návrhu MPaZ [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2017] .....	91
Obrázek 11-3 Rozšířená přípravná fáze při návrhu MPaZ [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2017] .....	93
Obrázek 12-1 Vývojový diagram aktivit pro činnost A. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU [zdroj Autor] .....	94
Obrázek 12-2 Vývojový diagram aktivit pro analýzu zadání [zdroj Autor] .....	95
Obrázek 12-3 Vývojový diagram aktivit pro analýzu požadavků [zdroj Autor] .....	97
Obrázek 13-1 Vztah mezi životním cyklem TS a vlastnostmi TS - upraveno dle předlohy [Hosnedl 2018].....	101
Obrázek 13-1 Ukázka specifikace požadavků pro návrh MP/MZ [zdroj autor] .....	104
Obrázek 14-1 Vývojový diagram aktivit pro činnost B, HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ [zdroj Autor] .....	105

Obrázek 14-2 Vývojový diagram aktivit pro koncepční návrh [zdroj Autor] .....	106
Obrázek 14-3 Vývojový diagram aktivit pro konstrukční návrh [zdroj Autor].....	108
Obrázek 14-4 Vývojový diagram aktivit pro činnost C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ [zdroj Autor] .....	109
Obrázek 14-5 Vývojový diagram aktivit pro činnost D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ [zdroj Autor] .....	111
Obrázek 14-6 Ukázka Ganttova diagram pro návrh MP/MZ [zdroj Autor] .....	115
Obrázek 15-1 Vybrané montážní činnosti pro ověření metodiky při návrhu vybraných MPaZ [zdroj Autor] .....	116
Obrázek 15-2 Ocelový kotouč (vlevo); ukázka linky pro přepravu kotoučů (vpravo) [zdroj Autor] .....	117
Obrázek 15-3 Manipulační zařízení pro ocelové disky [zdroj Autor] .....	118
Obrázek 15-4 Manipulační zařízení pro ocelové disky [zdroj Autor] .....	119
Obrázek 15-5 Rozměry karkasy (vlevo); podoba reálné karkasy (vpravo) [zdroj Autor].....	120
Obrázek 15-6 Schematické zobrazení výrobní linky [zdroj Autor] .....	121
Obrázek 15-7 Vyznačené plochy pro dodatečnou emulgaci karkasy [zdroj Autor] .....	121
Obrázek 15-8 Prostorové uspořádání pracoviště pro montáž kapalné směsi na karkasy [zdroj Autor] .....	123
Obrázek 15-9 Pohled na koncepční řešení MZ pro dodatečnou emulgaci karkasů [zdroj Autor].....	123
Obrázek 15-10 Pohled na koncepční řešení MZ pro dodatečnou emulgaci karkasů [zdroj Autor].....	124
Obrázek 15-11 Generické složky heterogenního technického produktu [zdroj Hosnedl 2018] .....	125
Obrázek 15-12 Stoh pěnových sedáků (vlevo); rozměrová varianta sedáku (vpravo) [zdroj autor] .....	126
Obrázek 15-13 Zobrazení výsledného tvaru vybroušeného sedáku [zdroj autor] .....	127
Obrázek 15-14 Koncepční a konstrukční řešení upínací desky [zdroj autor] .....	128
Obrázek 15-15 Vyrobená upínací deska (vlevo); navržená úprava (vpravo) [zdroj autor].....	128
Obrázek 15-16 Konstrukční návrh montážního zařízení pro montáž šroubů do sedačky [zdroj autor] .....	130
Obrázek 15-17 Montážní přípravek umístěný na montážní lince [zdroj autor] .....	131
Obrázek 15-18 Kontrolní MZ pro kontrolu zadního sedáku v automobilu [zdroj autor].....	133
Obrázek 15-19 Sedák, který je kontrolován v navrženém MZ [zdroj autor] .....	133
Obrázek 15-20 Základní rozměry pro výchozí stav [zdroj autor] .....	134
Obrázek 15-21 Základní popis MZ pro balení [zdroj autor] .....	136
Obrázek 15-22 Zobrazení základních funkcí MZ [zdroj autor] .....	136
Obrázek 16-1 Ukázka znalostní báze v prostředí MS Excel [zdroj autor] .....	138
Obrázek 16-2 Ukázka všeobecných informací uvedených o skupině kontrolních MPaZ [zdroj autor] .....	139
Obrázek 16-3 Ukázka kontrolních MPaZ [zdroj autor] dle předlohy [dostupné online na jbn.cz] .....	139

## Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Specifikace operátoru ČLOVĚK [zdroj autor] .....	11
Tabulka 1-2 Specifikace operátoru TECHNICKÝ SYSTÉM [zdroj autor] .....	12
Tabulka 1-3 Specifikace operátoru PROSTŘEDÍ [zdroj autor] .....	12
Tabulka 1-4 Specifikace operátoru INFORMAČNÍ SYSTÉM [zdroj autor] .....	13
Tabulka 1-5 Specifikace operátoru MANAŽERSKÝ SYSTÉM [zdroj autor].....	14
Tabulka 1-6 Nevýhody a rizika související s montážními přípravky a zařízeními [zdroj autor] .....	16
Tabulka 2-1 Vazby mezi produktovou a procesní inovací [zdroj Autor] dle předlohy od [Počta 2012] .....	21
Tabulka 2-2 Inovační trajektorie pro obecný případ [zdroj Autor] .....	22
Tabulka 5-1 Hodnocení klíčových vlastností/charakteristik pro varianty 1 až 3 [zdroj autor] .....	46
Tabulka 5-2 Hodnocení vyrobiteľnosti a montáže pro varianty 1 až 3 [zdroj autor].....	47
Tabulka 5-3 Hodnocení klíčových vlastností/charakteristik pro varianty 4 až 6 [zdroj autor] .....	48
Tabulka 5-4 Hodnocení vyrobiteľnosti a montáže pro varianty 4 až 6 [zdroj autor].....	49
Tabulka 11-1 Revize požadavků v průběhu návrhu MPaZ [zdroj autor] .....	92
Tabulka 11-2 Symboly pro vývojové diagramy [zdroj autor] .....	92
Tabulka 12-1 Popis procesů pro činnost A. Upřesnění úkolu [zdroj autor].....	95
Tabulka 12-2 Popis procesů pro předdefinovaný proces analýzy zadání [zdroj autor].....	96
Tabulka 12-3 Popis procesů pro předdefinovaný proces analýzy požadavků [zdroj autor].....	99
Tabulka 13-1 Taxonomie vlastností pro MPaZ na základě EDSM [zdroj autor] .....	102
Tabulka 14-1 Popis procesů pro činnost B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ [zdroj autor] .....	106
Tabulka 14-2 Popis procesů pro KONCEPČNÍ NÁVRH [zdroj autor] .....	108
Tabulka 14-3 Popis procesů pro KONSTRUKČNÍ NÁVRH [zdroj autor].....	109
Tabulka 14-4 Popis procesů pro C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ [zdroj autor] .....	111
Tabulka 14-5 Popis procesů pro D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ [zdroj autor] .....	113
Tabulka 14-6 Popis způsobů pro E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ [zdroj autor] .....	113
Tabulka 14-7 Popis způsobů pro činnosti F. ZOBRAZOVÁNÍ [zdroj autor] .....	114
Tabulka 14-8 Popis způsobů pro činnost G. KONTROLOVÁNÍ [zdroj autor].....	114
Tabulka 14-8 Popis způsobů pro činnost X. ŘÍZENÍ [zdroj autor] .....	115
Tabulka 15-1 Zhodnocení [zdroj autor].....	137
Tabulka 16-1 Vysvětlivky pro ikony uvedené v základní „mapě“ znalostní báze [zdroj autor] .....	138

## Seznam zkratek

Zkratka	Význam
5S	Metoda pro štíhlou výrobu: Seiri (rozděl) – Seiton (setříd) – Seiso (uspořádej) – Seiketsu (zdokumentuj) – Shitsuke (dodržuj)
AREnv	Operátor aktivní a reaktivní prostředí
CAD	Computer Aided Design – Počítačem podporované konstruování
CAFD	Computer Aided Fixture Design – Počítačová podpora návrhu přípravků
CAM	Computer Aided Manufacturing – Počítačem podporovaná výroba
CNC	Computer Numerical Control – Počítačem řízený stroj
DfX	Design for X – Konstruování pro X (X = vlastnost)
DfA	Design for Assembly – Konstruování se zaměřením na montáž
DfM	Design for Manufacturing – Konstruování se zaměřením na výrobu / výrobitelnost
DfMA	Design for Manufacturing and Assembly
DisP	Disertační práce
EDI	Proces Elektrodeionizace
EDSM	Engineering Design Science and Methodology – Konstrukční věda a metodika
FEM	Finite Element Method – Metoda konečných prvků
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis – Analýza možného výskytu a vlivu vad
HA	Hodnotová analýza
HuS	Operátor lidí/živé systémy
INDUSTRY 4.0	Čtvrtá průmyslová revoluce
IS	Operátor informační systém
JIT	Just in Time – metoda „právě včas“
KANBAN	Metoda štíhlé výroby na principu cedulí/karet
LC	Life Cycle – Životní cyklus
MP	Montážní přípravek / montážní přípravky
MDesP	Methodical of Engineering Design Processes – Metodika pro konstruování
MgS	Operátor manažerský systém
MPaZ	Montážní přípravky a zařízení
MZ	Montážní zařízení
OMPK	Obecný model postupu konstruování
PDCA	Plan-Do-Check-Act nebo též Demingův cyklus
PDM	Product Data Management – Řízení výrobních dat
PLM	Product Life Cycle Management – Řízení životního cyklu produktu
PoX	Predikce vlastnosti „X“
SAP	System Application Product – Informační systém pro řízení informací a dat v podniku
SMED	Single Minute Exchange of Die – Systematický proces pro minimalizaci časů
SDZ	Státní doktorská zkouška
TDesSp	Theory of Engineering Design Process – Teorie konstrukčních systémů k procesům
TDesSs	Theory of Engineering Design Systems – Teorie konstrukčních systémů ke strukturám
ToC	Theory of Constraints – Teorie omezení
TRIZ	Těorija rešenja izobretatělskich zadač - Tvorba a řešení inovačních zadání
TrfP	Transformační proces

TrfS	Transformační systém
TQM	Total Quality Management
TP	Technický produkt
TPM	Total Productive Maintenance – Totálně produktivní údržba
TS	Technický systém
TTS	Teorie technických systémů
TTSp	Teorie technických systémů k procesům
TTSs	Teorie technických systémů ke strukturám
V&V	Věda a výzkum
VPaZ	Výrobní přípravky a zařízení
VSM	Value Stream Mapping – mapování toku hodnot
WOIS	Wiederspruchorientierte Innovationsstrategie – Inovační strategie orientovaná na protiřečení

## Úvod

Inovace výrobních procesů patří po inovaci produktů mezi stěžejní druhy inovací v inovačním procesu. Inovace výrobních procesů mohou být různého charakteru a zaměření, např. zvyšování efektivity práce, redukce neproduktivních časů a plýtvání, řešení problémů zásobování a logistiky výrobních pracovišť a další. Jednou z dalších možností je aplikace/nasazení technických produktů označených v této DisP jako výrobní přípravky a zařízení, pomocí nichž lze zvýšit efektivitu a kvalitu a zajistit požadovanou bezpečnost daného výrobního procesu. Jelikož problematika výrobních procesů je velice obsáhlá a jednotlivých druhů výrobních procesů je celá řada, je tato DisP blíže zaměřena na výrobní proces montáže. V montážních procesech jsou pro jejich inovaci využívány technické produkty, které jsou v této DisP uvedeny pod pojmem MONTÁŽNÍ PŘÍPRAVKY A ZAŘÍZENÍ. Předložená disertační práce je zaměřena na problematiku zvýšení efektivity návrhu/konstrukčního procesu těchto zařízení. Disertační práce je rozdělena do tří částí, popisujících tuto problematiku z hlediska teoretického a metodického.

První část obsahuje východiska, která vedla autora DisP ke zpracování tohoto tématu a představuje téma montážních přípravků a zařízení. Poté následují obecné teoretické poznatky ohledně inovací, druhů inovací a způsobů inovací výrobních procesů. Jako teoretická a metodická podpora pro řešení zvolených inovací byly zvoleny poznatky Engineering Design Science and Methodology (EDSM) a metodické poznatky na bázi Design for X.

Druhá část popisuje teoretické a metodické poznatky ohledně výrobních přípravků a zařízení s následným zaměřením na montážní přípravky a zařízení. Jsou zde shrnuty základní metodické informace týkající se taxonomie a stavební struktury těchto technických produktů včetně obecných poznatků pro jejich návrh a kontrolu. Tyto metodické poznatky jsou využity v následující části DisP.

Poslední část je zaměřena na návrh metodiky pro navrhování montážních přípravků a zařízení ve vazbě na poznatky EDSM. Na základě obecného modelu postupu konstruování jsou vytvořeny metodické pokyny/instrukce pro správnou a efektivní tvorbu specifikace požadavků a následné činnosti zaměřené na návrh/konstrukci montážních přípravků a zařízení (MPaZ).

## 1 Východiska disertační práce

Předložená disertační práce (DisP) je zaměřena na problematiku návrhu technických produktů využívaných v montážním procesu, jakožto jednoho z klíčových procesů ve výrobním procesu. V tomto procesu jsou používány specifické technické produkty, s jejichž pomocí lze zvyšovat efektivitu a kvalitu tohoto procesu pro dosažení požadovaných vlastností výsledného produktu (montážního celku). Tyto specifické technické produkty jsou v práci označovány pojmem montážní přípravy a zařízení (MPaZ). Mezi nejčastěji používané technické produkty toho typu patří přípravky, manipulátory, upínače, držáky, stojky, polohovadla, šablony, podavače, a mnohé další. Jejich využití je závislé na konkrétní montážní operaci, popř. kombinaci montážních operací.

Důvody pro volbu montážního procesu, a s ním spojenou konstrukci montážních přípravků a zařízení pro téma této disertační práce, jsou rozděleny do následujících pěti oblastí uvedených v Tab. 1 až Tab. 5. Zde vybrané oblasti mají základ v Teorii technických systémů, kde jsou uváděny pod pojmem OPERÁTOR v případě, že montážní přípravek či zařízení je používáno pro daný montážní proces. Základy Teorie technických systémů (TTS) jsou uvedeny v [Hubka&Eder 1988]. Aktuální poznatky ohledně této teorie lze nalézt v [Hosnedl 2019]. Tato teorie je detailněji popsána v kapitole 3 této DisP.

Mezi tyto operátory patří:

- ČLOVĚK: znalosti a zkušenosti autora této DisP a jejich uplatnění pro výzkum v oblasti montážních přípravků a zařízení
- TECHNICKÝ SYSTÉM: montážní přípravky a zařízení a jejich přínosy pro montážní proces
- PROSTŘEDÍ: vliv montážních přípravků a zařízení na své okolí (blízké i vzdálené – aktivní a reaktivní)
- INFORMAČNÍ SYSTÉM: specifikace informačních zdrojů a jejich využití jako zdroj informací pro tuto DisP
- MANAŽERSKÝ SYSTÉM: přínosy montážních přípravků a zařízení jako zpětná vazba pro řízení inovačního procesu vývoje technických produktů včetně jejich výrobního procesu

Zde uvedené operátory Tabulka 1-1 až *Tabulka 1-5* jsou uzpůsobeny pro proces tvorby DisP a ovlivňují směr a cíl této práce. Pro každý operátor je v několika bodech uveden jeho význam a souvislost s touto disertační prací. Informace uvedené v jednotlivých operátorech popisují autorův pohled na tuto problematiku na základě jeho zkušeností a znalostí získaných po dobu doktorského studia.



<b>ČLOVĚK</b>	
<b>Znalosti a zkušenosti z průmyslové praxe</b>	Aplikace znalostí a zkušeností s konstruováním montážních přípravků a zařízení, které autor získal během své desetileté praxe při spolupráci na projektech s průmyslovými podniky, mezi něž patří např.: LINET s r.o., Schwarzmüller s r.o., Mega a.s., SmartMotion s r.o. a další
<b>Znalosti a zkušenosti z výuky</b>	Aplikace znalostí a zkušeností získaných s výukou interdisciplinárních studentských projektů na tématech týkajících se montážních zařízení, které zadávaly firmy z průmyslové praxe, mezi něž patří např.: Astos Machinery a.s, ENGEL CZ s.r.o. Zkušenosti a znalosti byly získány rovněž odbornými konzultacemi se zaměstnanci těchto firem (technický ředitel, vedoucí konstrukce, konstruktéři, projektoví manažeři atd.), při hledání konstrukčního řešení pro zadaná témata.
<b>Znalosti a zkušenosti z výzkumné činnosti</b>	Aplikace znalostí a zkušeností získaných prací ve výzkumných centrech a katedrách fakulty strojní, kde jsem měl možnost řešit vědecko-výzkumné projekty různého charakteru. Dále také poznatky získané spoluprací se zahraničními univerzitami. <u>Výzkumná centra a katedry fakulty strojní</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FORTECH – Forming Technology</li> <li>• RTI – Regionální Technologický Institut</li> <li>• KKS - Katedra konstruování strojů</li> <li>• KPV - Katedra průmyslového inženýrství a managementu</li> </ul> <u>Zahraniční univerzity</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• THD – Technische Hochschule Deggendorf</li> <li>• UZG – University of Zielona Góra</li> </ul>
<b>Znalosti a zkušenosti z výzkumné činnosti (pokračování)</b>	
<b>Aplikace v průmyslu</b>	Na základě znalostí a zkušeností z výše uvedených oblastí byly navrženy montážní přípravky a zařízení, které byly nasazeny v průmyslových podnicích v jejich výrobních procesech. Pro autora toto byla, je a do budoucna bude cenná/cenné: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zpětná vazba</li> <li>• Poučení se z chyb</li> <li>• Zkušenosti a znalosti pro budoucí konstrukci montážních přípravků a zařízení</li> </ul>

Tabulka 1-1 Specifikace operátoru ČLOVĚK [zdroj autor]

<b>TECHNICKÝ SYSTÉM</b>	
<b>Bezpečnost práce</b>	Uplatnění MPaZ ve výrobních procesech zvyšuje bezpečnost práce a výrazně snižuje riziko poranění – jeden ze základních požadavků při návrhu takovýchto zařízení.
<b>Ergonomie a nemoci z povolání</b>	Uplatnění MPaZ pro ergonomicky navržené montážní pracoviště přispívá ke snížení fyzické námahy pracovníků. Přináší tak větší komfort a zlepšení pracovních podmínek, což má dopad i na zvýšení produktivity práce. Proto, aby bylo dosaženo těchto přínosů, je samozřejmě nutné, aby navržené MPaZ také splňovaly podmínky ergonomie, tj. aby práce s nimi nebyla fyzicky náročná. Takto navržené montážní pracoviště včetně MPaZ slouží jako vhodná prevence proti nemocem z povolání.

<b>Hygienické limity</b>	Požadavky na pracovní prostředí vycházející z hygienických norem lze splnit nasazením montážních přípravků a zařízení do montážního procesu. Tím lze docílit splnění hygienických limitů na fyzickou práci, hluk, teplotu a další. Tyto limity jsou dány dle platné legislativy v ČR, týkající se ochrany zdraví.
<b>Efektivita</b>	Nasazení montážních přípravků a zařízení kromě výrazného (pozitivního) vlivu na člověka má pozitivní dopad i na celkovou efektivitu výrobního procesu hlavně z těchto hledisek <ul style="list-style-type: none"> <li>• zvýšení produktivity</li> <li>• eliminace chyb a zmetkovitosti</li> <li>• eliminace režijního materiálu</li> <li>• snížení provozních nákladů na danou montážní operaci</li> <li>• další specifické pozitivní přínosy dle konkrétního montážního procesu</li> </ul>
<b>Opakovatelnost výroby</b>	Z hlediska opakovatelnosti výroby je nejefektivnější výroba sériová. Právě v sériové výrobě jsou montážní přípravky a zařízení nezbytnou součástí výrobních linek zajišťující jejich hospodárnost, efektivnost a také kvalitu výsledného technického produktu.

Tabulka 1-2 Specifikace operátoru TECHNICKÝ SYSTÉM [zdroj autor]

<b>PROSTŘEDÍ</b>	
<b>Blízké okolí → firmy v Plzeňském kraji</b>	Borská pole, firmy zde výhradně zaměřeny na výrobní procesy, obzvláště montáž. Zájem ze strany těchto firem o montážní zařízení.
<b>Široké okolí → firmy v České republice</b>	Dle nejrůznějších studií, článků a statistik je ČR stále vnímána jako tzv. „montážní stát“. Tato situace se postupně zlepšuje (podniky s vlastním vývojem, inovační start-upy...), ovšem proces montáže má stále ve výrobních podnicích svůj nezastupitelný význam.
<b>Outsourcing pro malé a střední firmy</b>	Poptávka velkých výrobních podniků po outsourcingu montážních přípravků a zařízení od malých a středních firem. Pro tyto firmy, které nemají dostatečně vybudované výrobní portfolio jako hlavní zdroj příjmů, může být konstrukce, výroba a dodání montážních zařízení na zakázku vhodný zdroj příjmů. Souvisí také s následujícím bodem – nedostatek vývojových kapacit.
<b>Nedostatek vývojových kapacit</b>	Ve firmách, které jsou primárně zaměřeny na inovaci produktů, aby uspěly na konkurenčním trhu, jsou kapacity konstruktérů a vývojářů využity na inovace produktového portfolio. Takto jim chybí kapacity na konstrukci zařízení pro inovaci výrobního procesu a poptávají tyto služby externě.
<b>Lidské zdroje (úřady práce, agentury)</b>	Nedostatek operátorů výroby, snaha o jejich nahrazení na dané pozici montážním přípravkem či zařízením, aby jejich kapacitu bylo možné využít na jiné pozici, kde montážní zařízení není nebo se jedná o úplně jiný druh činnosti než montáž.

Tabulka 1-3 Specifikace operátoru PROSTŘEDÍ [zdroj autor]

<b>INFORMAČNÍ SYSTÉM</b>	
<b>Inovace</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studium problematiky inovací, tvorba odborných článků během doktorského studia</li> <li>• SDZ zaměřená na téma inovací [Kopecký 2012]</li> <li>• tvorba e-booku zaměřeného na inovace a znalostní management [Vacek&amp;Kopecký 2013]</li> </ul>
<b>Aplikace teorií a metodik pro konstruování</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engineering Design Science and Methodology - EDSM</li> <li>• Stage gate proces</li> <li>• Design for X se zaměřením na DFM a DFA</li> </ul>
<b>Rešerše literatury zaměřené na konstruování výrobních přípravků a zařízení</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Odborné publikace zaměřeny především na obráběcí přípravky a zařízení. Montážní přípravky a zařízení popisovány okrajově.</li> <li>• Existence katalogů a teorií popisujících základní stavbu přípravků (popis, z čeho se přípravky skládají)</li> <li>• Neexistuje konkrétní metodika pro návrh montážních přípravků a zařízení</li> </ul>
<b>Kvalifikační práce</b>	<p>Rešerše úspěšně obhájených Disertačních prací na KKS 2011-2019                      → Zaměřeno především na produktové inovace</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstrukce a simulace tvářecích strojů a dopravní techniky</li> <li>• Kompozitní materiály</li> <li>• Mechatronika</li> </ul> <p>Tato Disp je zaměřena kromě produktových inovací také na inovace procesní, respektive na to, jak může konstrukční proces reálně přispět ke zvýšení efektivity výroby.</p>

Tabulka 1-4 Specifikace operátoru INFORMAČNÍ SYSTÉM [zdroj autor]

<b>MANAŽERSKÝ SYSTÉM</b>	
<b>Inovace výrobního procesu</b>	<p>Nasazení MPaZ do výrobního procesu přináší tyto výhody pro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• racionalizaci pracovišť: omezení plýtvání, neproduktivních časů,</li> <li>• systémy řízení jakosti – zlepšení procesu kontroly kvality, včetně monitoringu chybně vyrobených dílů (OK vs NOK díly)</li> <li>• normování procesů: přehled o času potřebném pro montážní operaci → produktivita práce a její řízení</li> <li>• hygienické limity, ergonomii a bezpečnost</li> <li>• řízení inovací a jejich vyhodnocení: monitoring návratnosti investice do montážního zařízení</li> </ul>
<b>Inovace produktové</b>	<p>V procesu inovace produktu je potřeba paralelně řešit i případnou konstrukci MPaZ pro montáž inovovaného produktu. Během tohoto procesu je potřeba vždy prověřit následující:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• navrženou inovaci produktu lze realizovat bez montážních přípravků a zařízení nebo lze využít stávající montážní přípravky a zařízení</li> <li>• proveditelnost konstrukce montážních přípravků a zařízení pro inovovaný produkt není složitá nebo zbytečně komplikovaná</li> <li>• konstrukční řešení inovovaného produktu v krajním případě lze upravit pro potřeby návrhu montážních přípravků a zařízení</li> <li>• možnost rozdělení montáže dané inovované části do více „jednodušších“ přípravků či zařízení</li> </ul>

<p><b>Podnět pro inovaci produktu</b></p>	<p>Využívání montážních přípravků a zařízení může sloužit jako zdroj podnětů pro produktové inovace. Pro získání podnětů je nutný sběr informací (zpětné vazby) od pracovníků v montážním procesu. Tyto informace poté slouží jako zdroj pro inovaci samotných montážních přípravků a zařízení, nebo jako zdroj pro inovaci konstrukčního řešení daného produktu.</p>
<p><b>Fluktuace pracovníků</b></p>	<p>Z hlediska řízení lidských zdrojů je využití montážních přípravků a zařízení v montážním procesu výhodné z následujících důvodů:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• se správným zaškolením obsluhy pro práci s MPaZ by měl být redukován proces tvorby chybných kusů v montážním procesu</li> <li>• přesun pracovníků mezi různými montážními operacemi (odbourávání stereotypní práce, získávání zkušeností na různých montážních operacích, zastupitelnost pracovníků pro různé montážní operace, odborný růst)</li> </ul>
<p><b>Q – T – C                  kvalita-náklady-čas</b></p>	<p>Ukazatel pro management podniku, který musí prokázat, že nasazení montážních přípravků a zařízení ve výrobním procesu přispělo k redukcí nákladů na daný výrobní proces → při dosažení požadované kvality v požadovaném času. Tyto faktory úzce souvisí i s poznatky z Tab. 2, oddíl efektivita</p>

Tabulka 1-5 Specifikace operátoru MANAŽERSKÝ SYSTÉM [zdroj autor]

Faktory uvedené v *Tabulka 1-1* až *Tabulka 1-5* poskytují celkový přehled, proč je na problematiku montážních přípravků a zařízení zaměřena tato DisP.

Využití montážních přípravků a zařízení v montážním procesu je dle operátora TECHNICKÝ SYSTÉM velice výhodné. Ovšem je také potřeba uvést i rizika a nevýhody, které přináší aplikace montážních přípravků a zařízení do montážního procesu. Proto při volbě, zda pro danou montážní operaci se vyplatí využít montážní přípravek či zařízení, by měly výhody vždy přesahovat nad nevýhodami. Následující tabulka shrnuje základní nevýhody a rizika, které mohou nastat.

<b>NEVÝHODY A RIZIKA MONTÁŽNÍCH PŘÍPRAVKŮ A ZAŘÍZENÍ</b>	
<b>Porucha přípravku</b>	<p>Pokud během montážního procesu nastane porucha používaného montážního přípravku či zařízení, kterou nelze okamžitým servisním zásahem odstranit nebo použít „náhradní“ zařízení, může dojít k zastavení montážní linky, což přináší finanční ztráty a nedodržení plánu výroby.</p>
<b>Servis a údržba</b>	<p>Pro dlouhodobé zajištění správné funkce a životnosti montážního přípravku je potřeba jeho/jejich pravidelná údržba a servis (pokud se nejedná o reklamaci pro dodavatele). Pro tyto činnosti je potřeba mít rovněž kvalifikovaný personál, a s tím spojené náklady na něj.</p>
<b>Pozdní termín dodání</b>	<p>Pokud dodavatel dodá požadovaný montážní přípravek nebo zařízení později, než bylo v plánu, opět je plán výroby v ohrožení.</p>
<b>Zranění obsluhy</b>	<p>Nekvalitně zpracovaný a z hlediska bezpečnosti nevhodně navržený montážní přípravek/zařízení přináší velké riziko pro obsluhu: ostré hrany, ostré rohy, úzké mezery, nezakryté pohyblivé části, nevhodná izolace kabeláže apod. Mají obvykle za následek zranění obsluhy</p>
<b>Skladování a likvidace</b>	<p>Každý MPaZ, které není využito pro dané montážní pracoviště (nebo se jedná o náhradní zařízení v případě, že by došlo k poruše aktuálně používaného zařízení) je potřeba skladovat, tj. mít k dispozici potřebné prostory „navíc“ pro jejich bezpečné uskladnění.</p> <p>Po skončení potřebné životnosti montážního přípravku následuje jeho částečná nebo úplná likvidace. Částečnou likvidací je myšleno využití stávajících komponent pro další přípravky či jejich prodej. Úplná likvidace znamená kompletní demontáž a likvidaci komponent (sešrotování).</p> <p>Skladování a likvidace MPaZ přináší pro podnik vynaložení dalších finančních prostředků na tyto procesy.</p>
<b>Úprava současného pracoviště/úprava prostorového uspořádání</b>	<p>Uzpůsobení/příprava daného montážního pracoviště/montážní linky pro správnou funkci montážního přípravku/zařízení. Tato příprava může evokovat např. následující aktivity</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• změna prostorového uspořádání daného pracoviště/linky</li> <li>• instalace elektrické přípojky, stlačeného vzduchu, tj. instalace kabeláže, trubek a hadic</li> <li>• zajištění správného zásobování díly</li> <li>• další aspekty vyplývají z konkrétní aplikace montážního přípravku</li> </ul>
<b>Lidský faktor</b>	<p>Pokud se nejedná o plně automatický montážní přípravek nebo zařízení, které je kompletně zakrytované a obsluha se s takovýmto zařízením nedostane do přímého kontaktu, mohou nastat případy „neočekávaného“ poškození přípravku. Bohužel riziko úmyslného poškození a znehodnocení přípravku, aby došlo k jeho odstavení z daného pracoviště a obsluha tak po dobu opravy nemusela pracovat, není nikterak výjimečný jev. Dalším negativním faktorem je také rozkrádání jednotlivých částí přípravku (elektronické a pneumatické komponenty, nářadí aj.), pokud to podmínky daného montážního pracoviště umožní.</p>

<b>Testovací provoz</b>	Předpokladem pro úspěšný provoz přípravku v montážním procesu je jeho důkladné otestování před jeho uvolněním do „ostrého“ provozu. Mohou nastat případy, kdy je testovací provoz vynechán/přeskočen a přípravek je nasazen přímo do „ostrého“ provozu. V tomto případě musí být jeho funkce 100%. Pokud tomu tak není a montážní přípravek nebo zařízení není zcela nebo částečně funkční, vznikají problémy, které je zapotřebí urgentně řešit.
<b>Ostatní</b>	Další nenadálé/neplánované/neovlivnitelné případy během provozu montážních přípravků a zařízení, které způsobují kritické situace

Tabulka 1-6 Nevýhody a rizika související s montážními přípravky a zařízeními [zdroj autor]

Aby mohla být problematika konstruování montážních přípravků a zařízení řešena efektivně a účinně, je třeba nejprve teoreticky porozumět samotné podstatě výrobního, respektive montážního procesu. V následujících teoretických poznátcích jsou uvedeny způsoby, jak lze inovovat výrobní procesy s primárním zaměřením na inovaci montážních procesů. V těchto procesech budeme chtít dosáhnout zvýšení efektivity, kvality, bezpečnosti a dalších klíčových faktorů pro daný montážní proces s využitím (nasazením) stávajících inovovaných, či nových montážních zařízení.

Následující kapitola je zaměřena na základní teorii související s problematikou inovací, jejím cílem je poskytnout základní přehled o problematice inovací a možnostech/způsobech jejího uplatnění pro řešenou problematiku této DisP.

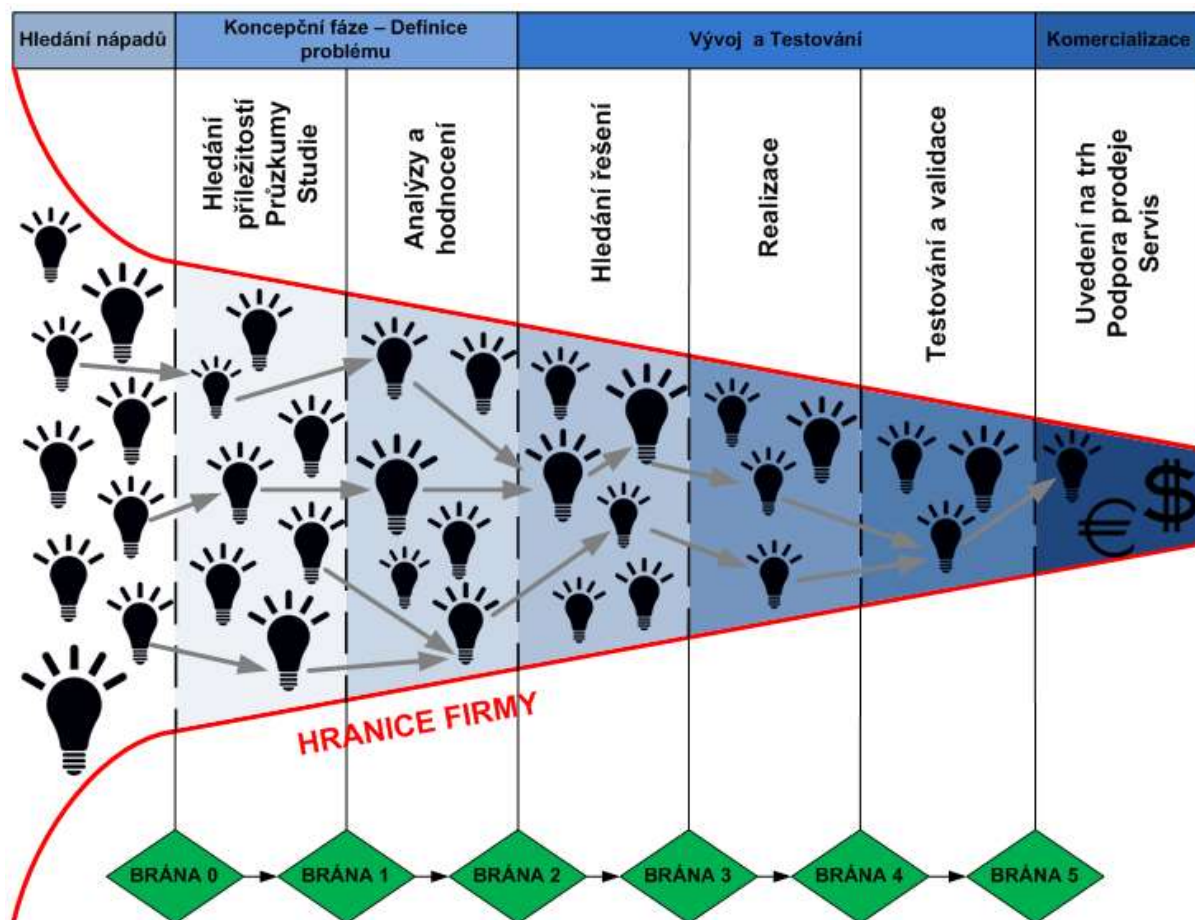
## 2 Inovace

Problematika inovací je aktuálním celosvětovým tématem, kterým se zabývá široká škála autorů, a informace lze čerpat z velkého množství odborných knih, výzkumných prací, příspěvků ze sborníků, z odborných časopisů atd. Do výběru známých publikací na toto téma lze zařadit tyto publikace [Bessant&Tidd 2007], [Cooper 2005], [Christensen 1997] a [Christensen 2003]. Mezi české publikace a práce zabývající se inovační problematikou patří zejména [Kosturiak 2008], [Masin 2006], [Vacek 2008] a [Valenta 2001].

Samotná inovace a s ní související inovační potenciál podniku je jedním z klíčových faktorů pro úspěch na trhu. Životní cykly produktů se neustále zkracují a nové/inovované produkty jsou na trh uváděny ve zkracujících se intervalech. Produkty, které uvádějí podniky na trh, musí být konkurenceschopné a navíc si najít „cestu“ k zákazníkovi, či zákazník „cestu“ k nim. Jedná se o produkty inovované ze stávajícího produktu nebo o vývoj zcela nového produktu. Tento inovační proces může probíhat různými způsoby. Jedním z nejznámějších způsobů popisující proces inovace je tzv. inovační trychtýř, též známý jako „innovation funnel“ [Christensen 2003]. Obecně je tento trychtýř rozdělen do několika etap a má za cíl vybrat z řady nápadů na začátku ten/ty nejlepší, které jsou poté řešeny s cílem jejich komercializace na trhu.

Zde uvedený model inovačního trychtýře koresponduje s tzv. procesem fází a bran, kterým se autor této práce zabýval během svého studia a který je detailněji popsán v písemné práci ke státní doktorské zkoušce (SDZ) - [Kopecký 2012], na niž navazuje tato DisP. Model je zde rovněž rozdělen do několika fází od hledání nápadů až po komercializaci inovovaného produktu. Mezi jednotlivé fáze je vložen rozhodovací proces (brána), ve kterém je hodnoceno, zdali daný inovační projekt je vhodný dále řešit, nebo je třeba ho ukončit. Tímto způsobem se firma může zaměřit jen na ty inovační projekty s potřebným potenciálem a potlačit ty, které za dané situace nemusí přinést firmě očekávané výsledky. Takto lze eliminovat případné ztrátové investice v podobě nákladů a vynaloženého času. Inovační trychtýř je v této disertační práci zobrazen dvěma způsoby jako uzavřený inovační model *Obrázek 2-1* a otevřený inovační model *Obrázek 2-2*.

Princip obou těchto způsobů inovací vychází z [Chesbrough 2014]. Uzavřený inovační model je historicky starším přístupem k inovacím. Princip je založen na tom, že inovace vznikají v dané společnosti, zaměstnanci mají dobré nápady a dokážou vytvořit kvalitní inovace. Firma bez problémů tímto přístupem mohla na trhu fungovat.

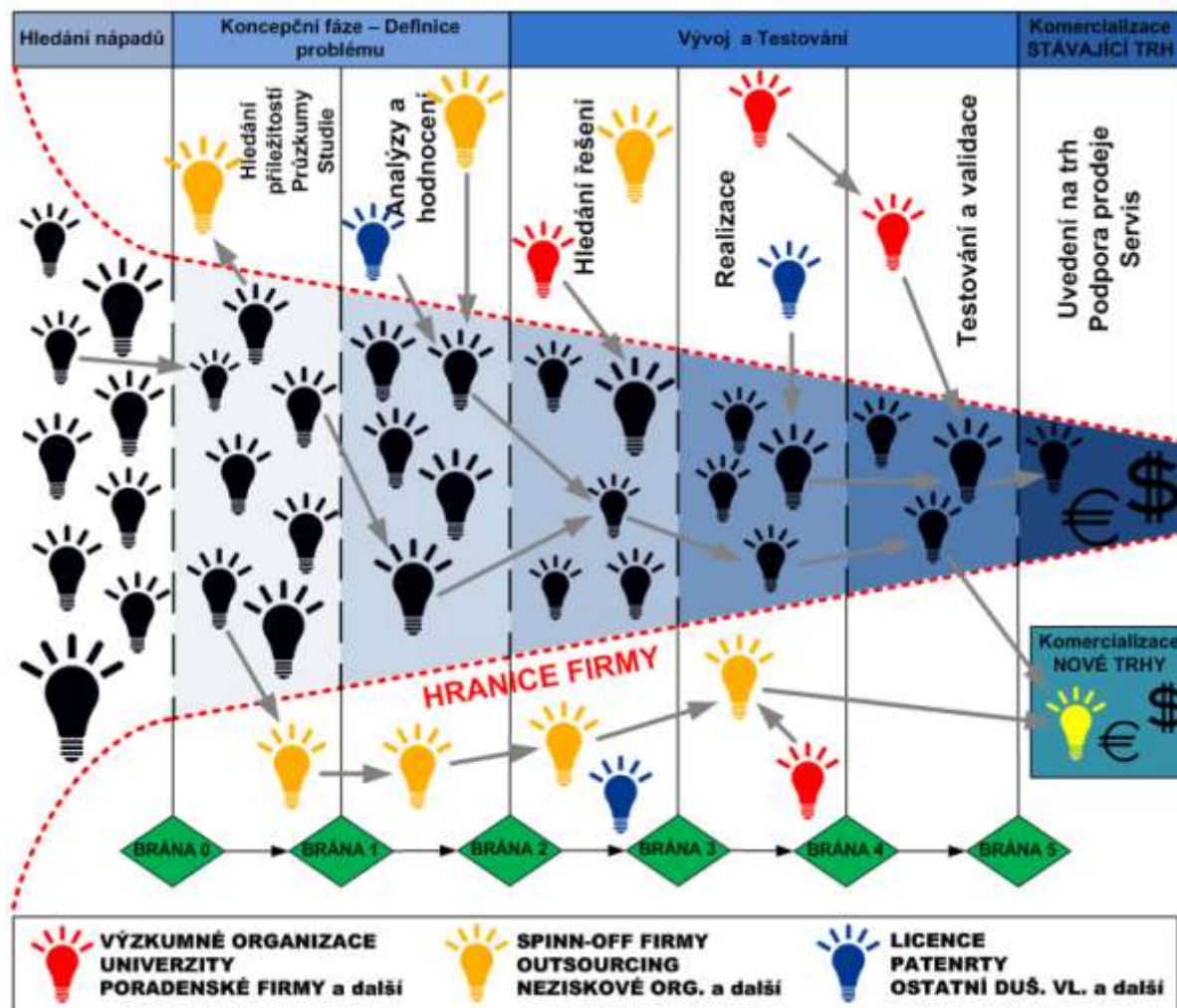


Obrázek 2-1 Uzavřený Inovační model [zdroj Autor]

Dnešním trendem pro řešení inovačních projektů je otevřený inovační model, viz. *Obrázek 2-2*, kde je snaha o maximální efektivitu inovací. Nápady a realizace na inovaci nepřicházejí jen z firmy samotné, ale firma využívá i externí okolí (zdroje) pro řešení inovačních projektů. Různé druhy inovačních zdrojů jsou uvedeny v popisku na *Obrázek 2-2*. Na tomto přístupu je založen i jeden z principů této disertační práce. Jak bylo uvedeno v kapitole 1 – firmy dnes nemají dostatek vývojových kapacit na pokrytí všech potřebných vývojových a výzkumných aktivit, a tak spolupracují s univerzitami, výzkumnými organizacemi a externími podniky pro získání konkurenční výhody na trhu.

Tento model inovačního trychtýře lze využít pro různé přístupy k inovacím. Jednotlivé druhy/typy inovací, inovační řády a relace mezi nimi jsou řešeny v písemné práci k SDZ v [Kopecký 2012]. Tato disertační práci je obecně zaměřena na dva druhy inovací, a těmi jsou produktová inovace a procesní inovace. Ostatní druhy inovací, které jsou v literatuře uváděny jako organizační inovace a marketingová inovace v rámci této DisP řešeny nebudou. Oba tyto inovační druhy (produktová a procesní) odpovídají tématu této práce, jelikož montážní přípravek a zařízení je produkt → inovace produktová, který je nasazen v procesu za účelem jeho zefektivnění → inovace procesní. V dalším textu budou uvedeny základní poznatky o těchto dvou druzích inovací a vysvětleno tematické zaměření této disertační práce v oblasti inovací.





Obrázek 2-2 Otevřený Inovační model [zdroj Autor]

## 2.1 Inovace produktů (produktová inovace)

Pro pojem inovace produktů (produktová inovace) existuje mnoho definic. Jednou z těch, která je celosvětově uznávaná, je definice uvedená v Oslo manuálu [Oslo Manual 2005]. Oslo manuál je metodickou příručkou určenou k měření a interpretaci dat/informací spojených s inovacemi.

Dle definice z Oslo manuálu produktová inovace představuje zavedení zboží nebo služeb nových nebo významně zlepšených s ohledem na jejich charakteristiky nebo zamýšlené užití. To zahrnuje významná zlepšení v technických specifikacích, komponentech a materiálech, softwaru, uživatelské vstřícnosti nebo jiných funkčních charakteristikách [Oslo Manual 2005].

Pro realizaci produktových inovací lze využít různé metody, metodiky, přístupy, teorie apod. Taxonomie a popis těchto inovačních přístupů lze nalézt v [Kopecký 2012]. Zde uvedu pouze ty, které jsem během svého studia využil při řešení konstrukčních projektů.

Patří mezi ně:

- EDSM (dříve EDS) – Engineering Design Science and Methodology
- DfX – Design for X: Konstruování z hlediska dané vlastnosti X
- DfA – Design for Assembly: Konstruování z hlediska montáže
- DfM – Design for Manufacturing: Konstruování z hlediska výroby součástí

Více informací o těchto přístupech je uvedeno v kapitolách 3 a 4.

Tyto a další metody mají za cíl vyšší efektivitu procesu vývoje nových nebo stávajících produktů a zlepšení buď celého inovačního procesu, nebo některých jeho částí.

Inovace produktů mohou také iniciovat další vyvolané inovace procesů, jak bylo uvedeno v kapitole 1. Např. pro dosažení potřebné kvality, stanovených mezních vynaložených nákladů a docíleného termínu dodání na trh inovovaného produktu je zapotřebí nová technologie, příp. jiná inovace výrobního procesu. Stručné představení problematiky inovací procesů je uvedeno v následující podkapitole.

## 2.2 Inovace procesů (procesní inovace)

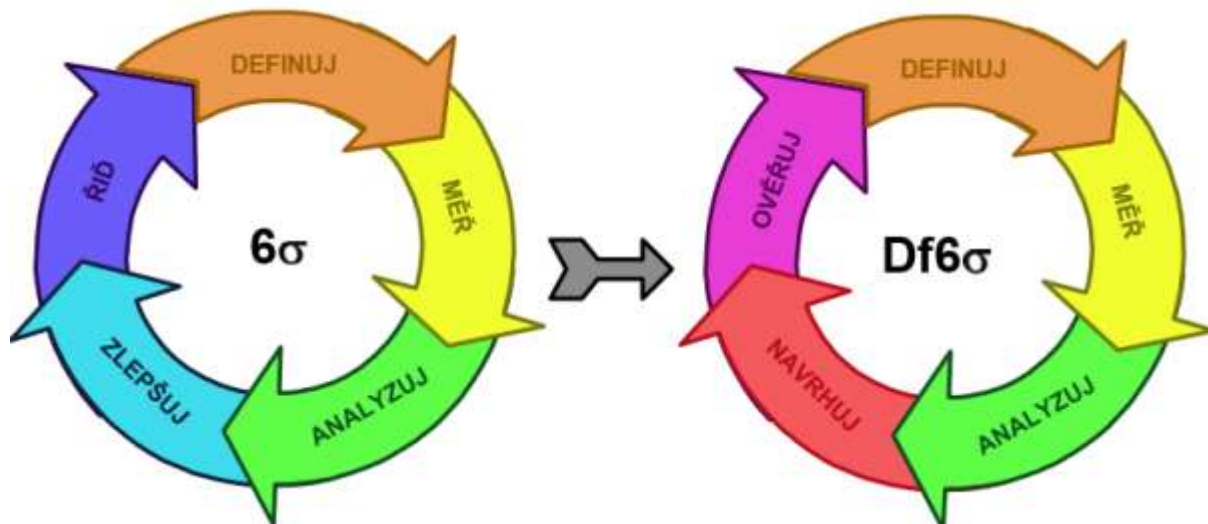
Dle Oslo Manuálu procesní inovace představuje zavedení nové nebo významně zlepšené produkce anebo dodavatelských metod. To zahrnuje významné změny v technice, zařízení a/nebo softwaru. Procesní inovace představují mimo jiné nové nebo významně zdokonalené metody k tvorbě a zajištění služeb. [Oslo Manual 2005].

Stejně jako pro inovace produktové, tak i pro inovace procesní existuje široká škála metod, metodik, přístupů, teorií apod.

Mezi ně lze zařadit metody jako

- Six Sigma a její modifikaci pro produktové inovace Design for Six Sigma [Yang 2008]
- TQM – Total Quality Management [Hoyle 2011]
- Lean Manufacturing – Štíhlá výroba [Wilson 2015]
- PDCA (Plan-Do-Check-Act) Cycle nebo též Demingův cyklus [Miller 2011]
- TOC (Theory of Constraints) – Teorie omezení [Cox 2010]
- a další

Detailní popis těchto metod lze nalézt v mnoha odborných publikacích, tudíž nebudou dále řešeny v této DisP. Pro názornost zde uvedu jen základní schéma pro metodu Six Sigma a její modifikaci pro inovace produktové - Design for Six Sigma.



Obrázek 2-3 Základní schéma modelu Six Sigma a Design for Six Sigma [zdroj Autor]

Inovace procesní spolu s inovací produktovou patří k nejčastějším druhům inovací. Podle [Kavan 2002] produktové inovace představují dokonce 70 % všech druhů inovací. Tyto a další druhy inovací se navzájem ovlivňují. V DisP se proto zaměřuji i na vzájemnou interakci mezi produktovou a procesní inovací.

### 2.3 Vztahy mezi produktovou a procesní inovací a jejich hodnocení

Vztahy mezi produktovou a procesní inovací jsou zde charakterizovány pomocí inovačních stupňů. V Tabulka 2-1 je uvedena relace mezi produktovou a procesní inovací pro jednotlivé inovační stupně. Tato tabulka vychází z [Počta 2012].

INOVAČNÍ STUPEŇ	PRODUKTOVÁ INOVACE a její charakteristika		PROCESNÍ INOVACE a její charakteristika
1	Změna komponent nebo dílčí funkce	↔	Vyladění procesu
2	Zlepšení výrobku jako celku nebo komplexní funkce		Zlepšení procesu (funkce), dosažení vyšších parametrů
3	Nový výrobek ve výrobní skupině		Principiální zlepšení procesu
4	Nová generace výrobku (nový princip)		Další generace procesu (nový princip)
5	Nový výrobek, rozšíření výrobního sortimentu		Nový proces

Tabulka 2-1 Vazby mezi produktovou a procesní inovací [zdroj Autor] dle předlohy od [Počta 2012]

To jak mezi sebou souvisejí inovace produktové a inovace procesní v různých řádech je případ od případu různé. V následující je uveden obecný příklad, jak se postupnou cestou může dosáhnout inovace pátého stupně.

		Stupeň procesní inovace					
		0	1	2	3	4	5
Stupeň produktové inovace	0	•					
	1		•				
	2			•	•		
	3					•	•
	4						•
	5						•

Příkladem, jak inovace procesní může ovlivnit konstrukční řešení produktu, je např. zavedení technologií na zpracování plechu – pálení laserem, řezání vodním paprskem, ohýbání apod. Tyto výrobní technologie mají za cíl redukci počtu obráběných součástí a jejich náhradu plechovými součástmi, jejichž výrobní náklady bývají obvykle nižší → změna konstrukčního řešení → produktová inovace

Tabulka 2-2 Inovační trajektorie pro obecný případ [zdroj Autor]

Zda-li je implementace procesní nebo produktové inovace úspěšná či neúspěšná pro daný výrobní podnik, lze určit měřením inovační schopnosti a inovační výkonnosti za pomoci tzv. metrik pro inovace (inovačních metrik). Těchto metrik je široká škála a každý podnik si může zvolit/určit metriky pro něj důležité a významné.

Dle [Boston Consulting Group 2006] zabývající se problematikou metrik pro inovace by podnik neměl používat příliš málo, ani příliš mnoho metrik. Pokud podnik sleduje příliš mnoho metrik, stojí to čas, práci a peníze. Experti doporučují používat 8 - 12 metrik. Mezi tyto metriky můžeme například zařadit tyto:

- Přidělené finanční zdroje na inovaci
- Lidské zdroje – počet lidí, kteří se inovací zabývají, počet zastoupených klíč. pracovníků
- Počet vytvořených nápadů a očekávaný zisk
- Náklady na V&V – kolik podnik investuje do získání externích výsledků V&V
- Zdroje spotřebované jednotlivými projekty a jejich průměr
- Počet nápadů, které postupují z jedné fáze procesu do další
- Počet nových produktů uvedených na trh ve stanovém časovém úseku
- Přírůstek obrátu a zisku
- Návratnost investice – posouzení, zda přináší náklady vynaložené do inovace dostatečný zisk v daném časovém úseku
- Procento ročních příjmů z nových produktů uvedených na trh v posledních „N“ letech
- Nepřímé, nefinanční výstupy – získané know-how prostřednictvím inovací
- Tvorba patentů, ochranných známek, copyrightů atd. – příjmy z duševního vlastnictví

Pro řešení inovační problematiky zaměřené na montážní přípravy a zařízení jsou v této DisP využity, prohloubeny a rozvinuty poznatky z vědního oboru Engineering Design Science and Methodology (EDSM) a jeho součásti Design for X (DfX).

- Engineering Design Science and Methodology (EDSM), česky konstrukční nauka a metodika, je rozsáhlý vědní obor, kterému je věnována následující kapitola 3.
- Design for X (DfX) česky konstruování z hlediska „X“, kde X značí vlastnost nebo charakteristiku, např. výrobitelnost, montáž, bezpečnost, vzhled, cenu atd. DfX lze uvažovat jako podmnožinu EDSM, jelikož metodické poznatky DfX lze s výhodou integrovat do „mapy“ poznatků EDSM. Problematika DfX je v této DisP zaměřena na konkrétní vlastnosti – v tomto případě to bude montáž a výroba, tudíž na problematiku Design for Assembly (DfA) a Design for Manufacturing (DfM). Tyto dva přístupy/metodiky jsou rovněž kombinovány do jedné ucelené pod názvem Design for Manufacturing and Assembly (DfMA). Problematice DfX se věnuje kapitola 4.

Výběr tohoto vědního oboru vyplývá z toho, že autor DisP během svého doktorského studia prováděl výzkum v oblasti EDSM se zaměřením a prohloubením do DfX, čemuž odpovídají i jeho publikace na konferencích, které jsou uvedeny na konci této DisP. Tomuto oboru se proto věnoval i v písemné práci ke státní doktorské zkoušce a jeho školitel je uznávaným odborníkem v této problematice.

### 3 Engineering design science and methodology

Cílem Engineering design science and methodology (EDSM) je systematické uspořádání teoretických a metodických poznatků o technických produktech/systémech TS a jejich konstruování pro výzkum, výuku a praxi. Cílem EDSM tudíž není řešení konstrukčních problémů, ale poskytnutí uceleného systematického přehledu, „mapy“, poznatků a metod o objektech, procesech a vazbách, které proces konstruování ovlivňují. EDSM proto v mezích daných možností umožňuje:

- seznámit se s racionálními poznatky a metodami pro konstruování a tvořivě a efektivně je využívat a dále rozvíjet
- analyzovat a predikovat přitom i mimořádné situace vč. rizik.

Uplatnění EDSM však samozřejmě nemá smysl tam, kde jsou mimořádné situace/rizika způsobovány chronickými manažerskými/řídícími a dalšími nedostatky [Hosnedl 2017].

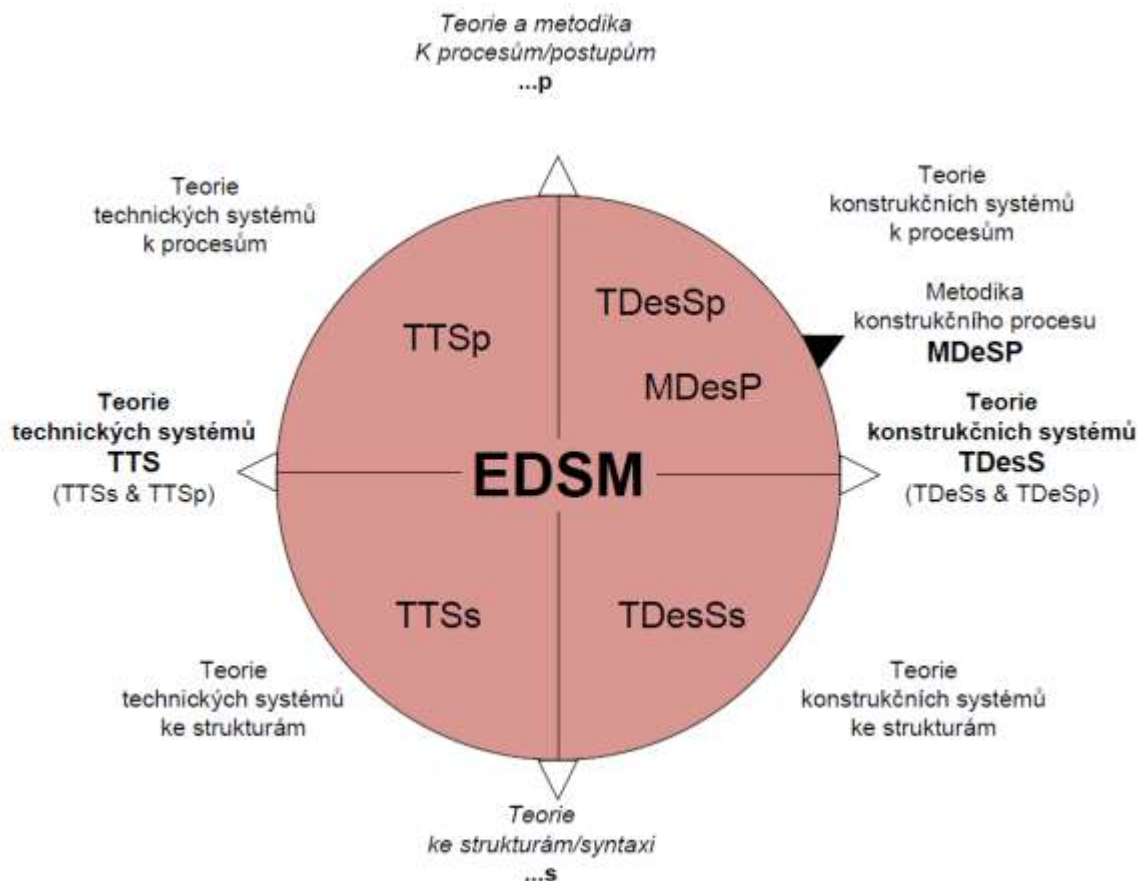
Základní struktura → „mapa“ poznatků EDSM, viz Obrázek 3-1, je členěna do čtyř oblastí:

- Teorie technických systémů (**T**heory of **T**echnical **S**ystem) ke strukturám (s) – TTs
- Teorie technických systémů k procesům (p) – TTSp
- Teorie konstrukčních systémů (**T**heory of **E**ngineering **D**esign **P**rocess) ke strukturám (s) – TDesS
- Teorie konstrukčních systémů k procesům (p) – TDesP, jehož součástí je Metodika konstrukčního procesu (**M**ethodical of **E**ngineering **D**esign **P**rocesses) - MDesP

Předložená DisP je zaměřena zejména na využití dvou z těchto čtyř oblastí, a to na oblast TTs a na oblast TDesP včetně MDesp. První z těchto dvou oblastí poskytuje potřebné teoretické poznatky o technických produktech chápaných jako technické systémy, o jejich vlastnostech, třídění těchto vlastností a o strukturách TS.

Druhá oblast je zaměřena na metodiku pro návrh/inovace technických produktů s využitím poznatků uvedených v teorii technických systémů (TTS), vč. poznatků a metod Design for X.

Obě tyto oblasti jsou stručně popsány v následujících podkapitolách, kde je uveden i jejich význam z hlediska problematiky návrhu montážních přípravků a zařízení. Detailnější informace o EDSM lze nalézt v následujících odborných publikacích [Hubka&Eder 1988], [Hubka&Eder 1996], [Eder&Hosnedl 2008], [Eder&Hosnedl 2010], [Eder&Hosnedl 2019], [Pahl&Beitz et al 2007].



Obrázek 3-1 Základní struktura „mapy“ EDSM na bázi Teorie technických systémů (TTS) [Hosnedl 2017]

### 3.1 Technický produkt v Teorii technických systémů

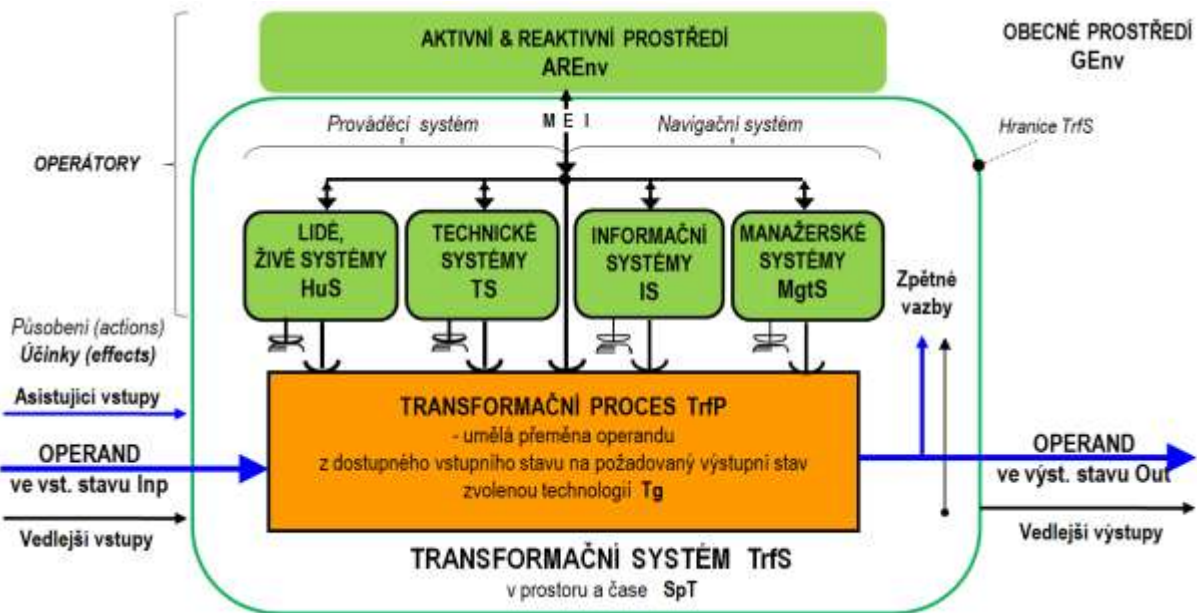
O tom, jestli podnik uspěje na trhu, rozhodují mimo jiné produkty, které daný podnik nabízí. Ve strojírenském odvětví je převážně označujeme jako technické produkty.

**Produkt** dle [CSN-EN-ISO-9000 2015] je **výstup organizace** (tj. výsledek procesu, tj. souboru vzájemně provázaných nebo vzájemně působících činností, které přeměňují vstupy na výstupy). Příkladem takového produktu může být kniha, počítačový software, pečivo aj.

**Technický produkt** je **produkt s dominantním inženýrským obsahem** [Eder&Hosnedl 2008]. Příkladem technického produktu může být obráběcí stroj, dopravní prostředek, mobilní telefon aj.

Technický produkt je v terminologii EDSM chápán jako technický systém (TS) ve všech jeho nehmotných i hmotných formách vyskytujících se v etapách jeho životního cyklu [Hosnedl 2017].

Základním teoretickým stavebním modulem vycházejícím z Teorie technických systémů ke strukturám [Hubka&Eder 1988, 1996, aj.] je model (umělého) transformačního systému (TrfS) s transformačním procesem (TrfP) – viz Obrázek 3-2. Tento model obecně vyjadřuje, že každá činnost (např. technologická operace) je transformací (přeměnou) OPERANDU (transformovaného objektu) v určitém vstupním stavu na OPERAND v požadovaném výstupním stavu, docílenou přímým nebo zprostředkovaným působením OPERÁTORŮ, tj. účinků lidí (HuS), technických systémů (TS), aktivního a reaktivního prostředí (AREnv), informačního systému (IS) a manažerského systému (MgS) na přeměňovaný OPERAND.

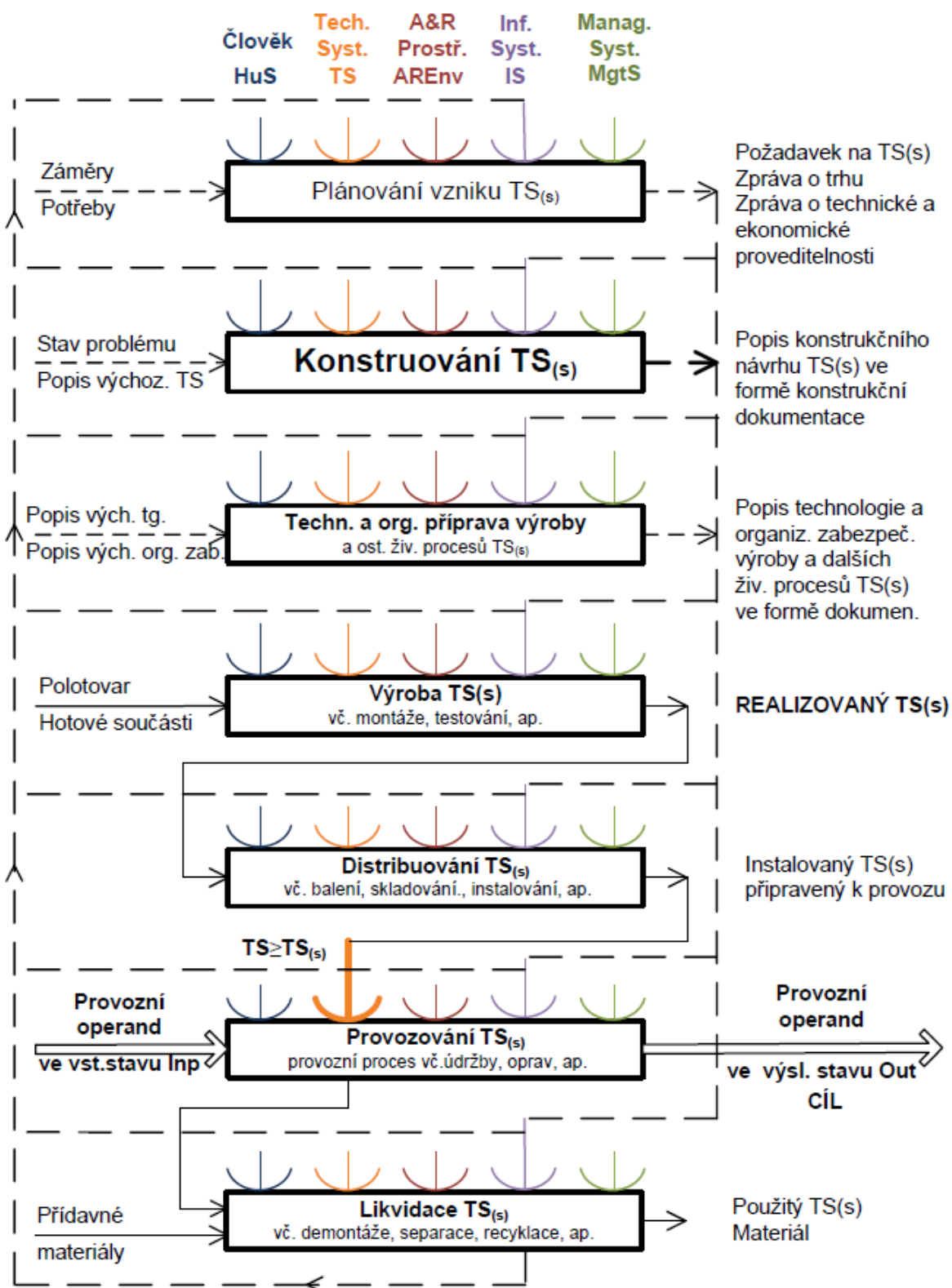


Obrázek 3-2 Obecný model TrfS s Transformačním procesem (TrfP) [Hosnedl 2018]

### 3.2 Model životního cyklu technického produktu jako série TrfS

Rozdělení etap životního cyklu lze provést podle různých hledisek (např. podle místa jejich realizace, podle vývojových, příp. nákladových hledisek, apod.), avšak pro potřeby konstruování technických produktů/systémů je optimální jejich rozdělení podle dominantních transformací - transformačních procesů (TrfP). S využitím obecného modelu transformačního systému (TrfS), *Obrázek 3-2*, s jeho transformačním procesem (TrfP) lze znázornit obecný model životního cyklu technického produktu [Hubka&Eder 1988, 1996, aj.]. Jednotlivé etapy obecného životního cyklu TS jsou modelovány sériovým uspořádáním jednotlivých etap vyjádřených pomocí těchto modelů.





Obrázek 3-3 Životní cyklus (LC) technického systému jako série TrfP a příslušných TrfS [Hosnedl 2017]

Obecný technický produkt/systém, jehož životní cyklus je znázorněn na *Obrázek 3-3*, je zde pro rozlišení od ostatních technických systémů v jednotlivých TrfS odlišen indexem  $(s)$ .  $TS_{(s)}$  má v počáteční fázi formu informací (čárkované toky), počínaje výrobou se přemění do formy hmotné/materiální (plné toky).  $TS_{(s)}$  má převážně funkci operandu, v provozní/pracovní fázi se však stává operátorem (s výjimkou údržby a oprav, kdy se stává operandem, což není znázorněno).

Při procesu návrhu montážních přípravků a zařízení je nutné brát v potaz všechny etapy životního cyklu produktu. Výsledný technický produkt musí splňovat všechny požadavky kladené na jeho **vlastnosti** z hlediska celého životního cyklu produktu (od plánování až po likvidaci).

### 3.3 Vlastnosti technických produktů

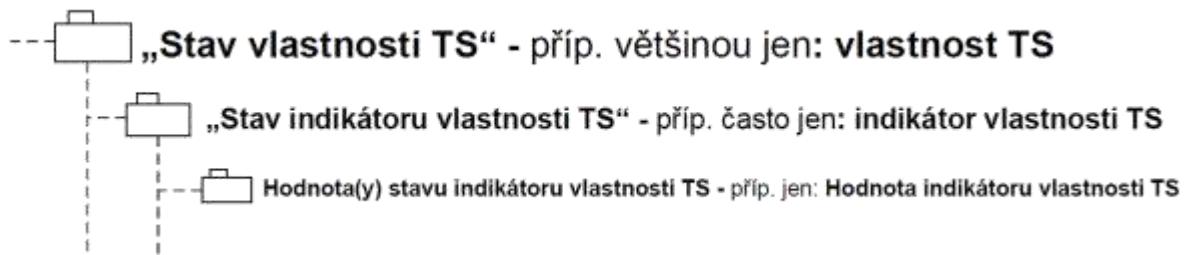
Vlastnost technického systému (TS) v pojetí EDSM je dle [Hubka 1988, p. 64] každý „znak, charakteristika, atribut apod.“ TS, který TS z nějakého hlediska charakterizuje. Každý TS je nositelem „vkonstruovaných“ tj. na konstrukci TS kauzálně závislých vlastností, jako jsou např. výkon, tvar, velikost, stabilita, životnost, barva, vyrobitelnost, dopravitelnost, vhodnost pro skladování apod. [Hosnedl 2017].

Každou vlastnost TS lze definovat pomocí stanovené množiny kritérií nazývaných v TTs jako „indikátory vlastnosti TS“. Velikost „indikátoru vlastnosti“ lze definovat pomocí jednoho nebo více „rozměrů“, tj. pomocí rozměrů příslušných „nezávisle proměnných“ určených podle stanovených stupnic [Hosnedl 2017].

Stupnice pro definování velikosti jednotlivých rozměrů indikátorů vlastností TS lze rozřídít např. podle [Ackoff 1962], [Pons 2001] takto:

- **Spojité** (kvantitativní)
  - numerické poměrné – např. pro délku, hmotnost, tvrdost, absolutní teplotu
  - numerické intervalové – např. pro relativní teplotu, relativní čas
- **Pořadové** (kvalitativní)
  - numerické - např. Mohsova stupnice pro tvrdost minerálů
  - textové - např. horký; teplý pro teplotu, stupnice ECTS pro klasifikaci
- **Jmenovité** (kvalitativní)
  - číselné - např. čísla sportovců, čísla součástí na výkresu sestavení
  - textové - např. kladivo, kleště, šroubovák pro ruční nářadí

Libovolnou vlastnost TS lze tedy definovat pomocí jejích indikátorů vlastností, které jsou definovány jejich hodnotou – viz schéma na *Obrázek 3-4*. Hodnota indikátoru vlastnosti TS se určuje porovnáním s odpovídající měřicí stupnicí. Pro tutéž hodnotu může existovat i více měřicích stupnic.



Obrázek 3-4 Princip definování stavu vlastnosti [Hosnedl 2017]

### 3.3.1 Taxonomie vlastností TS

Při návrhu technického produktu je nutné brát v potaz důležité požadavky na vlastnosti z hlediska celého životního cyklu technického produktu. Na každý technický produkt se vztahují jiné konkrétní požadavky na jeho vlastnosti. Problémem je však zajistit, aby některé, zejména klíčové vlastnosti, nebyly opomenuty, nebo aby byly vždy specifikovány všechny vlastnosti.

Touto otázkou se zabývá ve světě řada autorů a existuje několik principů tzv. taxonomie (třídění) vlastností do skupin, kategorií, tříd apod. V předložené práci je uvažována taxonomie dle [Hosnedl 2017], protože bylo prokázáno, že je díky základu v Teorii technických systémů ze všech dostupných taxonomií (vesměs ve formě „směrnicových“ výčtů) nejkompaktnější a nejsystematičtější. Její základ tvoří dvě kvalitativně odlišné domény (oblasti) vlastností.

- **REFLEKTOVANÝCH (REFLECTED) VLASTNOSTÍ TS**

Vyjadřují reflexe, tj. reflektování TS okolím na základě vkonstruovaných vlastností (následující doména). Jedná se o subjektivní „vnější“ vnímání TS v celém životním cyklu vyjádřené jeho odpovídajícími „charakteristikami“. Příkladem těchto vlastností jsou např. bezpečnost, vyrobitelnost, uspokojivý vzhled a další.

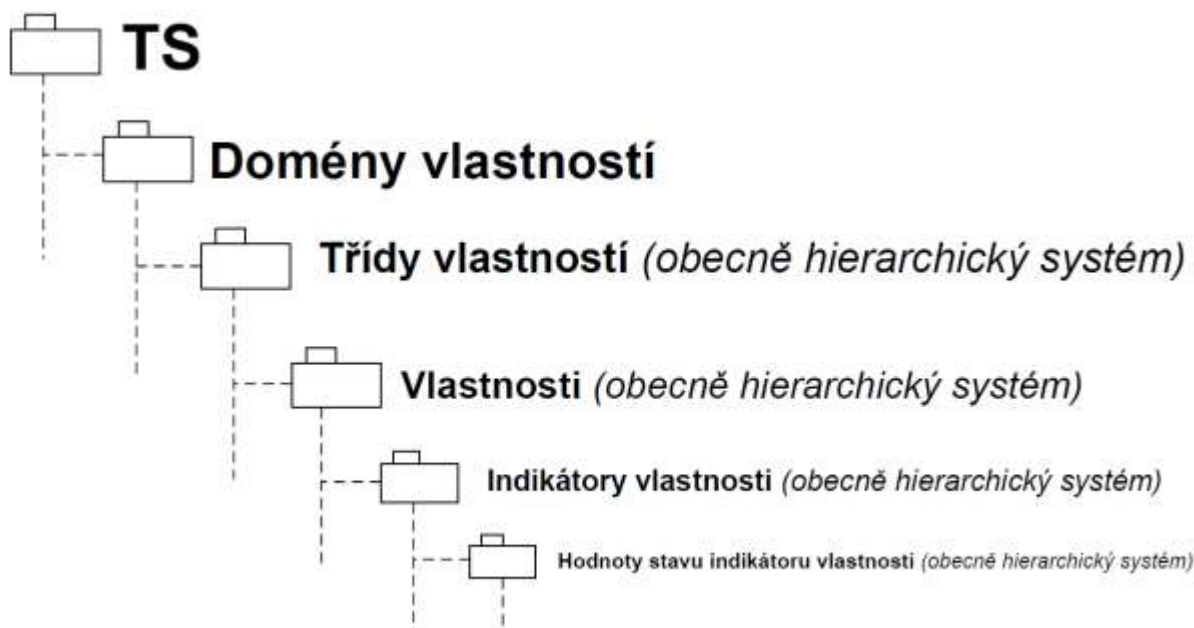
- **VKONSTRUOVANÝCH (EMBEDED) VLASTNOSTÍ TS**

Vyjadřují objektivní popis TS, příp. jeho charakteristiku. Jedná se o obecný „vnitřní“ popis TS vyjádřený jeho konstrukčními znaky, stavební strukturou a reakcemi na definované zatížení v definovaném prostředí. Mezi tyto vlastnosti patří např. tvar, rozměry, tolerance, použité materiály, tuhost, svařitelnost, obrobitelnost a další.

Domény vlastností se dále člení na třídy vlastností TS, příp. podtřídy, přičemž dle [Hubka&Eder 1988]:

- počet těchto tříd je konečný
- třídy vlastností jsou shodné pro všechny obory, třídy, typy, druhy, atd. TS
- tyto třídy vlastností (i příslušné vlastnosti) existují objektivně nezávisle na vědomí a snažení člověka

Hierarchický systém toho členění je zobrazen na *Obrázek 3-5*. Toto hierarchické členění vlastností do domén a tříd je využito jako základ pro vývoj nástroje specifikace požadavků na vlastnosti navrhovaného technického produktu. Více informací o tomto způsobu taxonomie a měření vlastností lze nalézt v [Hosnedl 2017].



Obrázek 3-5 Obecný hierarchický systém TS [Hosnedl 2017]

### 3.4 Specifikace požadavků na vlastnosti navrhovaného technického produktu

Specifikace požadavků popsaná v této podkapitole slouží jako výchozí podklad pro tvorbu specifikace požadavků určenou pro návrh montážních přípravků a zařízení. Tato podkapitola je zaměřena na teoretický popis specifikace založené na třídění vlastností dle TTS, jsou hodnoceny její výhody a nevýhody a její možnost modifikace pro specifikaci požadavků pro montážní přípravky a zařízení.

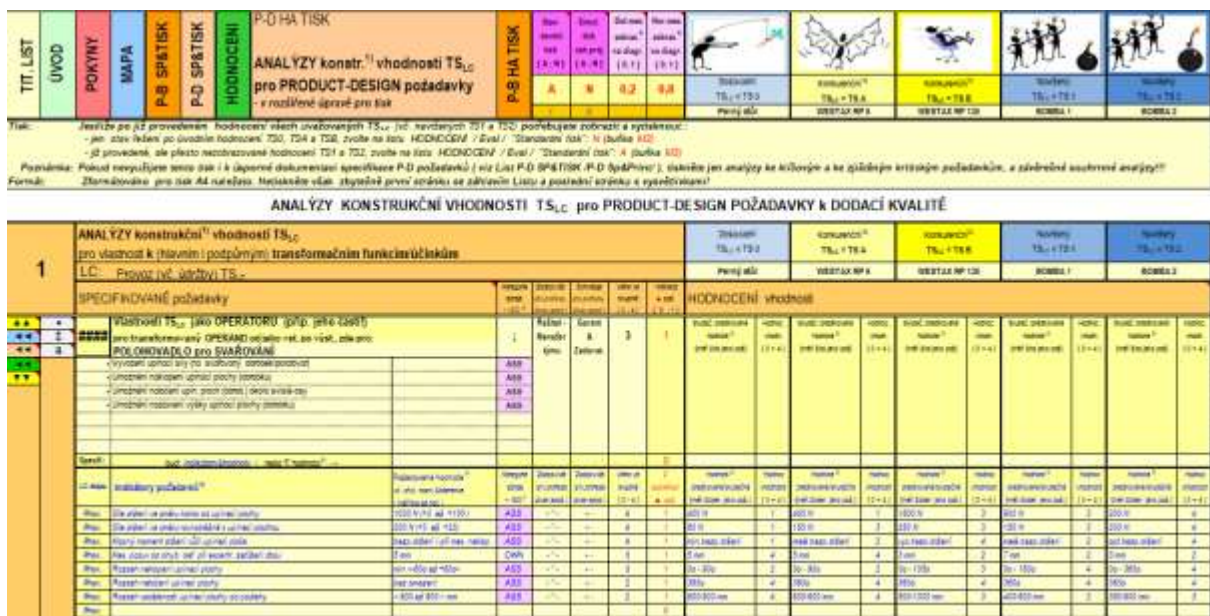
Specifikování požadavků na navrhovaný technický produkt/systém je složitý proces, během kterého je nutné nashromáždit požadavky na konstruovaný produkt. Je tedy důležité zahrnout všechny zdrojové oblasti požadavků (požadavky zákazníka, požadavky legislativní, možnosti výrobce, požadavky obecně předpokládané, požadavky vyšší kvality apod.).

První fází specifikace požadavků je sběr požadavků na technický produkt. Shromážděné požadavky se zadávají do požadavkového listu, uspořádaného optimálně podle teorie vlastností Technických systémů [Hubka&Eder 1988, Eder&Hosnedl 2008] do dvou základních domén vlastností (reflektovaných a vkonstruovaných) technického systému, které jsou dále rozděleny do jednotlivých tříd vlastností (viz podkapitola 3.3.1). Doména reflektovaných vlastností je systematicky rozčleněna do tříd vlastností po jednotlivých etapách celého životního cyklu (předvýrobní etapy, výroba, distribuce, provoz a likvidace) a operátorech příslušných transformačních systémů (člověk, technické systémy, aktivní a reaktivní okolí, informační systém a manažerský systém), takže plně pokrývá i tuto nejrozsáhlejší oblast požadavků.

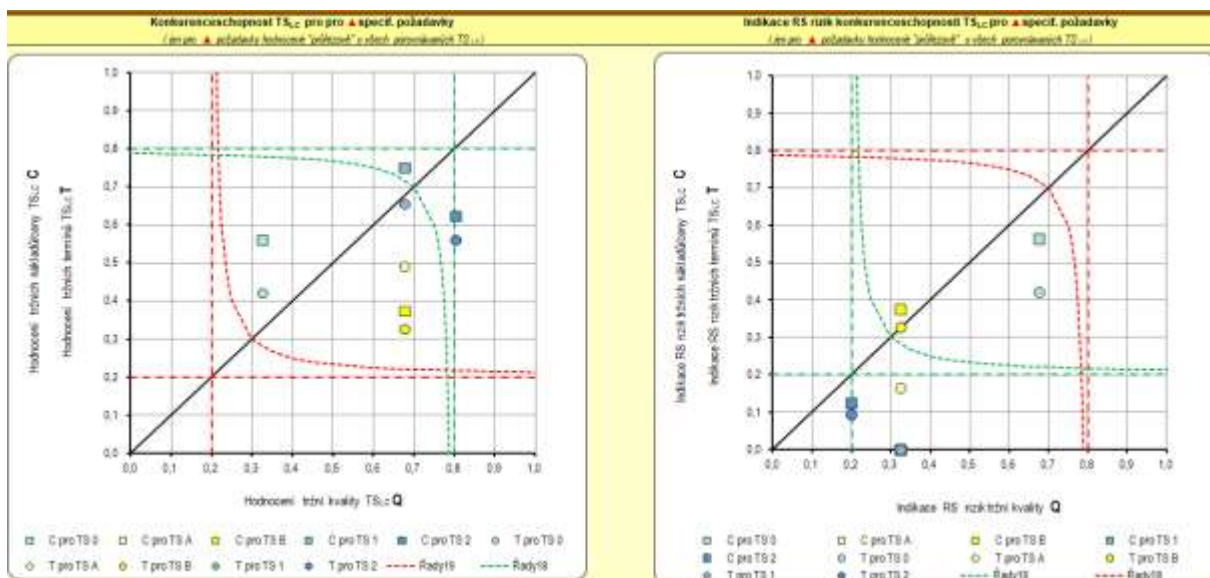
Pro počítačovou podporu Specifikace požadavků byla na KKS vyvinuta a je průběžně inovována aplikace v softwaru MS EXCEL. Tento software je rutinně využíván při výuce předmětů Systémové navrhování technických produktů v české i anglické verzi KKS/ZKM a KKS/ZKMA [Hosnedl 2015].

Po zadání požadavků na technický produkt do odpovídajících tříd následuje referenční hodnocení splnění požadovaných identifikátorů vlastností dosavadního a srovnatelných TS. Stupeň splnění požadovaných identifikátorů vlastností a chování těchto systémů uživatel hodnotí ve stupnici od 0 do 4, kde hodnocení nabývající hodnoty 0 je minimálním, tj. nevyhovujícím hodnocením splnění požadovaných charakteristik, maximálnímu splnění se přiřazuje hodnota 4. Výsledky tohoto hodnocení jsou přehledně zpracovány v diagramech zobrazujících porovnání dosavadního a srovnatelných TS, po vyřešení návrhu i navrženého TS (standardně možnost pro dvě provedení).

Uživatel si může vybrat požadavky, které lze zahrnout do porovnání konkurenceschopnosti navrhovaného TS, protože ne všechny požadavky kladené na navrhovaný TS (zejména pro životní etapy před dodáním TS na trh/zákazníkovi) jsou o konkurenčních TS známé nebo významné.



Obrázek 3-6 Ukázka software pro Specifikace požadavků a hodnocení vlastností [Hosnedl 2015]



Obrázek 3-7 Ukázka hodnocení konkurenceschopnosti TS [Hosnedl 2015]

Hlavní výhody uvedené verze specifikace požadavků:

- systematické členění a komplexnost zahrnující celý životní cyklus produktu i konstrukci jeho stavební struktury
- hodnocení a analýzy, které mohou odhalit rizikové faktory navrhovaného technického produktu
- možnost aplikace na jakýkoliv navrhovaný technický produkt
- specifikaci lze s výhodou použít jako základní podklad pro zmapování celého projektu a řízení projektu

Nabízí se tedy otázka, proč tuto specifikaci nevyužít v nezměněné podobě pro specifikaci požadavků pro návrh montážních přípravků a zařízení v průmyslové praxi. Z analýzy poznatků autorem DisP získaných od zástupců z univerzitního a průmyslového prostředí vyplynuly následující závěry:

- specifikace požadavků má systematicky dělené vlastnosti na základě teorie technických systémů. Terminologie v ní uvedená je pro osoby v průmyslové praxi neznámá a bohužel se ukázalo, že tyto osoby nemají čas řešit/pochopit tuto terminologii a systematické členění této specifikace, aby se rychle v této specifikaci zorientovali.
- komplexnost a rozsáhlost specifikace požadavků. To, co je na jednu stranu výhodou, je pro osoby neznalé překážkou. Většinou rozsáhlé a komplexní specifikace bývají „překážkou“ pro uživatele, kteří je mají použít, a právě neznalost problematiky a rozsah specifikace je odradí od aktivit týkajících se specifikace požadavků.
- hodnocení splnění vlastností a jejich rizik uvedené ve specifikaci se stávajícím a konkurenčními produkty má pro oblast montážních přípravků a zařízení nižší míru využitelnosti. Montážní přípravky a zařízení jsou ve většině případů specifické svým jednoúčelovým charakterem pro daný produkt a s ním spojenou specifickou montážní operací. Hodnocení navrhovaného montážního přípravku nebo zařízení se stávajícím a konkurenčními (které většinou neexistují) řešeními je tedy problematické, jelikož nejsou k dispozici potřebné údaje pro hodnocení. To ale neznamená, že by mělo být toto hodnocení z uvažované specifikace požadavků na montážní přípravky a zařízení vynecháno. Lze například s pomocí specifikace požadavků hodnotit a porovnávat varianty nových řešení a na základě tohoto hodnocení zvolit nejvhodnější variantu pro další návrh.
- montážní přípravky a zařízení jsou specifické produkty, které mají jasnou ustálenou stavební strukturu (viz taxonomie základních prvků přípravků v kapitole 6), a tuto strukturu lze s výhodou využít při tvorbě specifikace požadavků → aplikovat systematickou taxonomii na tuto strukturu.
- specifikace požadavků dle [Hosnedl 2009 → 2019] je univerzitním výukovým softwarem a autorským dílem, jehož příp. komerční využití by bylo nutné licenčně ošetřit – toto je rovněž zásadní důvod vývoje vlastní „racionalizované“ specifikace požadavků.

Na základě těchto poznatků v kombinaci s poznatky dále uvedenými v podkapitole 7.6 je v metodické části této DisP popsána navržená verze specifikace požadavků zaměřená na problematiku návrhu montážních přípravků a zařízení jako jeden z výsledků této DisP. Navržená verze byla tvořena s důrazem na maximální jednoduchost a rychlou aplikovatelnost.

### 3.5 Konstrukční struktury technických produktů

Po vytvoření specifikace požadavků na TS (specifikace požadavků je dokument, který je třeba v průběhu celého procesu vývoje aktualizovat, jelikož požadavky se mohou měnit) přichází na řadu proces hledání řešení tak, aby byly splněny požadované údaje ve specifikaci požadavků. V Teorii technických systémů jsou pro popis návrhu TS definovány čtyři úrovně abstraktnosti konstrukčních struktur. V pořadí od nejabstraktnější po nejkonkrétnější (navržený TS) to jsou [Hosnedl 2017]: Černá skříňka, Funkční struktura, Orgánová struktura a Stavební struktura.

#### 3.5.1 Černá skříňka

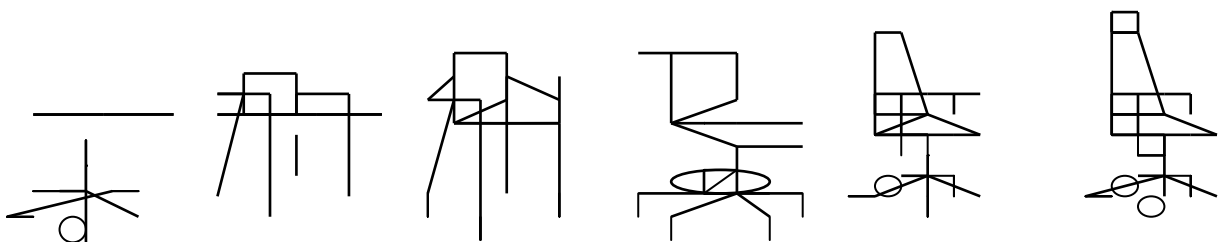
Za černou skříňku lze považovat „prázdnou strukturu“, tj. popis druhu a příp. zákl. znaků TS s příp. zobrazením základních vstupujících veličin (materiál, energie, informace) v jejich vstupním stavu a vystupujících veličin (materiál, energie, informace) v jejich výstupním stavu způsobujícím požadované transformační účinky TS.

#### 3.5.2 Funkční struktura

Funkční struktura je modelem TS z hlediska jeho vnitřních funkcí zajišťující hlavní transformační (pracovní) funkce TS, potřebné asistující funkce i vyvolané funkce. Struktura funkčních prvků je obvykle hierarchická, tj. člení se nejprve na dílčí funkční struktury, ty na další až postupně na elementární funkce. Hloubka prováděného členění závisí na účelu, pro nějž je funkční struktura určena (např. el. motor lze znázornit jako funkční prvek, pokud je nakupován, nebo pomocí dílčích funkčních struktur i elementárních funkcí, pokud je podrobněji zkoumán, konstruován, apod.).

#### 3.5.3 Orgánová struktura

Orgánová struktura TS je modelem TS z funkčního hlediska v přímé vazbě na jeho reálnou stavební strukturu. Orgánová struktura TS je rovněž hierarchická, tj. člení se na dílčí orgánové struktury (které se obvykle překrývají), ty na další až postupně na elementární orgány – „nositele funkcí“. Hloubka členění rovněž závisí na účelu, pro nějž je orgánová struktura určena a odpovídá příslušné funkční struktuře.



Obrázek 3-8 Zobrazení orgánových struktur židlí zajišťujících požadované funkce [Hosnedl 2017]

Metoda morfologické matice je využívána jako efektivní nástroj pro vytvoření přehledů orgánů, kterými lze zajistit funkce navrhovaného technického produktu. Princip této metody je zobrazen na *Obrázek 3-9*.

V prvním sloupci matice jsou uvedeny všechny (zde blíže nespecifikované) požadované (vnitřní pracovní) funkce navrhovaného technického produktu. Místo otazníků je poté v morfologické matici uvedena konkrétní funkce, např. vložení součástí ZAJISTIT, ustavení součástí UMOŽNIT, pohyb nástroje INDIKOVAT apod. K těmto funkcím se do jednotlivých řádek napravo zaznamenávají známé, příp. další vyhledané a realizovatelné mechanické orgány (abstraktní), příp. strojní části (konkrétní orgány), které mají schopnost příslušnou funkci zajistit při zvoleném/daném funkčním/pracovním principu navrhovaného technického produktu.

Dostupných možností pro zajištění příslušné funkce je obvykle více. Výběrem různých (vzájemně kompatibilních) orgánů/strojních částí z jednotlivých řádek tak mohou vzniknout nejrůznější kombinace pro alternativy/varianty orgánových struktur (koncepčních schémata) navrhovaného technického produktu.

DÍLČÍ FUNKCE	REALIZACE DÍLČÍCH FUNKCÍ = ORGÁNY JAKO NOSITELÉ FUNKCÍ					
	1	2	3	4	5	6
??? ZAJISTIT						
??? UMOŽNIT						
??? INDIKOVAT						
??? ZACHYTIT						
??? DRŽET						

————— varianta A      ..... varianta B      - · - · - varianta C

Obrázek 3-9 Morfologická matice pro hledání variant orgánových struktur [zdroj Autor]

### 3.5.4 Stavební struktura

Stavební struktura je reálná struktura TS odpovídající výrobě a montáži TS z hierarchicky uspořádaných stavebních prvků (součástí/dílů, montážních skupin...).



Obrázek 3-10 Zobrazení výsledných stavebních struktur pro orgánové struktury na obr. 3-8 [Hosnedl 2017]



Všechny tyto úrovně struktur TS jsou uplatněny v teoreticky podloženém metodickém modelu na bázi teorie technických systémů, který je nazván jako obecný model postupu konstruování (OMPK), v němž je postupnými systematickými kroky vyjádřen postup konstruování od zadání až ke sdělení navrženého řešení.

*Pozn. Využití jednotlivých úrovní struktur v průběhu konstrukčního procesu není povinné. Konstruktor má možnost volby vybrat si jen některé z nich pro návrh konstrukce. Dost často se konstruktéři zaměřují přímo na stavební strukturu a neřeší například funkční strukturu, orgánovou strukturu a její varianty. Nicméně pro návrh složitějších konstrukcí, řešení optimalizace konstrukcí, hledání inovačních řešení apod., může být tvorba jednotlivých struktur výhodná a tyto struktury mohou odhalit v konstrukčním procesu zajímavé poznatky pro řešení zadaného problému.*

### 3.6 Obecný model postupu konstruování na bázi TTS

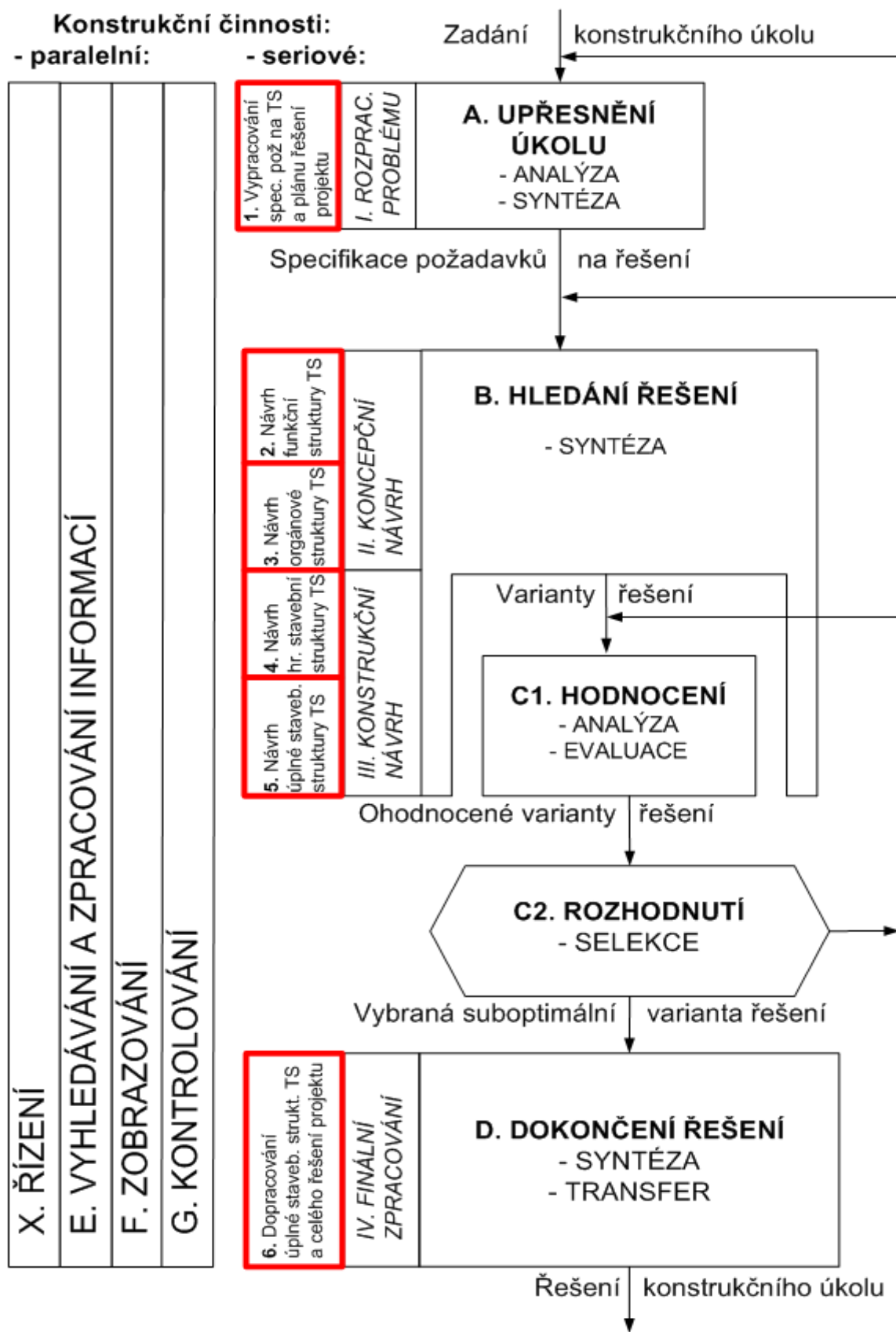
Obecný model postupu konstruování (OMPK) je zobrazený na *Obrázek 3-11*. Je složen ze tří překrývajících se „vrstev“ [Hosnedl 2017].

- Strategické základní operace (operace A - G,X)
- Tradiční instruktivní metodické fáze/etapy (I - IV)
- Teoreticky podložené fáze Obecného modelu postupu konstruování (OMPK) na bázi TTS EDSM (1-6)

Obecný model GMPD se pro řešení konstrukčního úkolu konkretizuje na plán postupu podle konkrétní konstrukční situace a finálně až na individuální způsob postupu podle osobních vlastností, znalostí a zkušeností konkrétního konstruktéra [Hubka&Eder 1996]. Detailněji je tento model popsán v [Hosnedl 2017→2019].

Tento model je v této DisP vybrán jako předloha pro tvorbu metodiky zaměřenou na návrh montážních přípravků a zařízení jakožto dalšího výsledku této DisP.

Další poznatky a přístupy, které lze využít pro tuto metodiku, poskytuje metodická část EDSM → Design for X, jehož základní představení je uvedeno v následující kapitole.



Obrázek 3-11 Základní struktura teoreticky (TTS) podloženého OMPK [Hosnedl 2017]

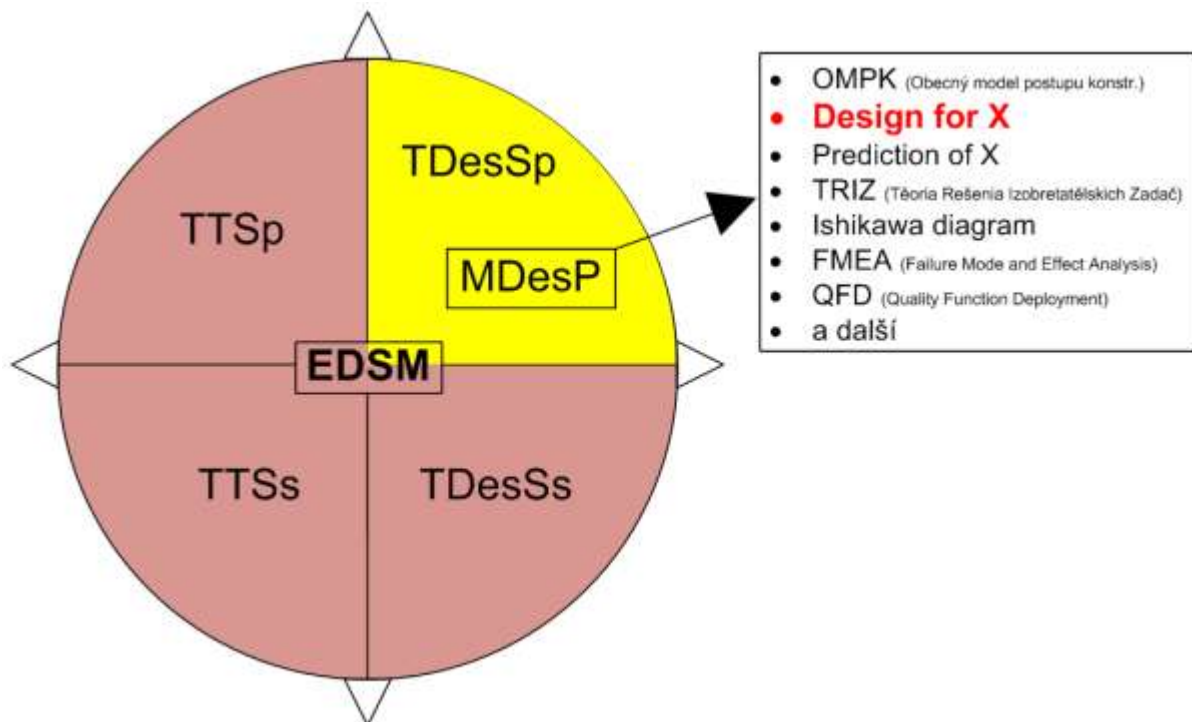
## 4 Design for X

Design for X ve zkratce DfX nebo také Design for Excellence dle [Bralla 1996] jsou poznatky a metody pro proces vývoje nových nebo inovaci stávajících technických produktů.

Design for X volně přeloženo jako konstruování z hlediska „X“, kde „X“ značí poznatky a metody pro zlepšení určité vlastnosti, příp. třídy vlastností technického produktu.

Design for Excellence využívá všech dostupných „Design for“ metod pro dosažení konkurenceschopných produktů. Je to jakási zastřešující nadstavba jednotlivých přístupů Design for X.

Z hlediska EDSM je pro tuto problematiku zavedeno souhrnné označení DFX. Toto označení je kombinace poznatků Design for X (DfX) a Prediction of X (PoX) tj.  $DFX \approx DfX + PoX$ . DFX je v EDSM součástí Metodik konstrukčního procesu MDesP. Tyto poznatky a metody jsou implementovány do „mapy“ EDSM do oblasti Teorie konstrukčních systémů k procesům TDesSp – viz *Obrázek 4-1*.



Obrázek 4-1 Využití metod DfX v mapě poznatků EDSM [zdroj Autor] na základě předlohy [Hosnedl 2017]

Jak je uvedeno výše, „X“ je určitá vlastnost, která má být s využitím poznatků DfX zlepšena/inovována. Tato vlastnost „X“ patří z pohledu EDSM a taxonomie vlastností do domény reflektovaných vl. (bezpečnost, vyrobiteľnosť, ergonomičnosť aj.) Abychom mohli určitou vlastnosť/vlastnosťmi inovovať/zlepšit, je třeba provést změny ve třídě definičních konstrukčních vlastností. Dle TTS jsou všechny vlastnosti závislé na jediné třídě **definičních** („elementárních“) konstrukčních vlastností, které patří do domény vkonstruovaných (embeded) vlastností.

Definiční konstrukční vlastnosti, na nichž závisí všechny ostatní vlastnosti [Hosnedl 2018] jsou:

a) vlastnosti pro prvky stavební struktury

b) vlastnosti pro uspořádání prvků stavební struktury

Add a) Mezi prvky stavební struktury patří např. hřídel, šroub, víko aj. Pro každý prvek jsou určeny následující vlastnosti:

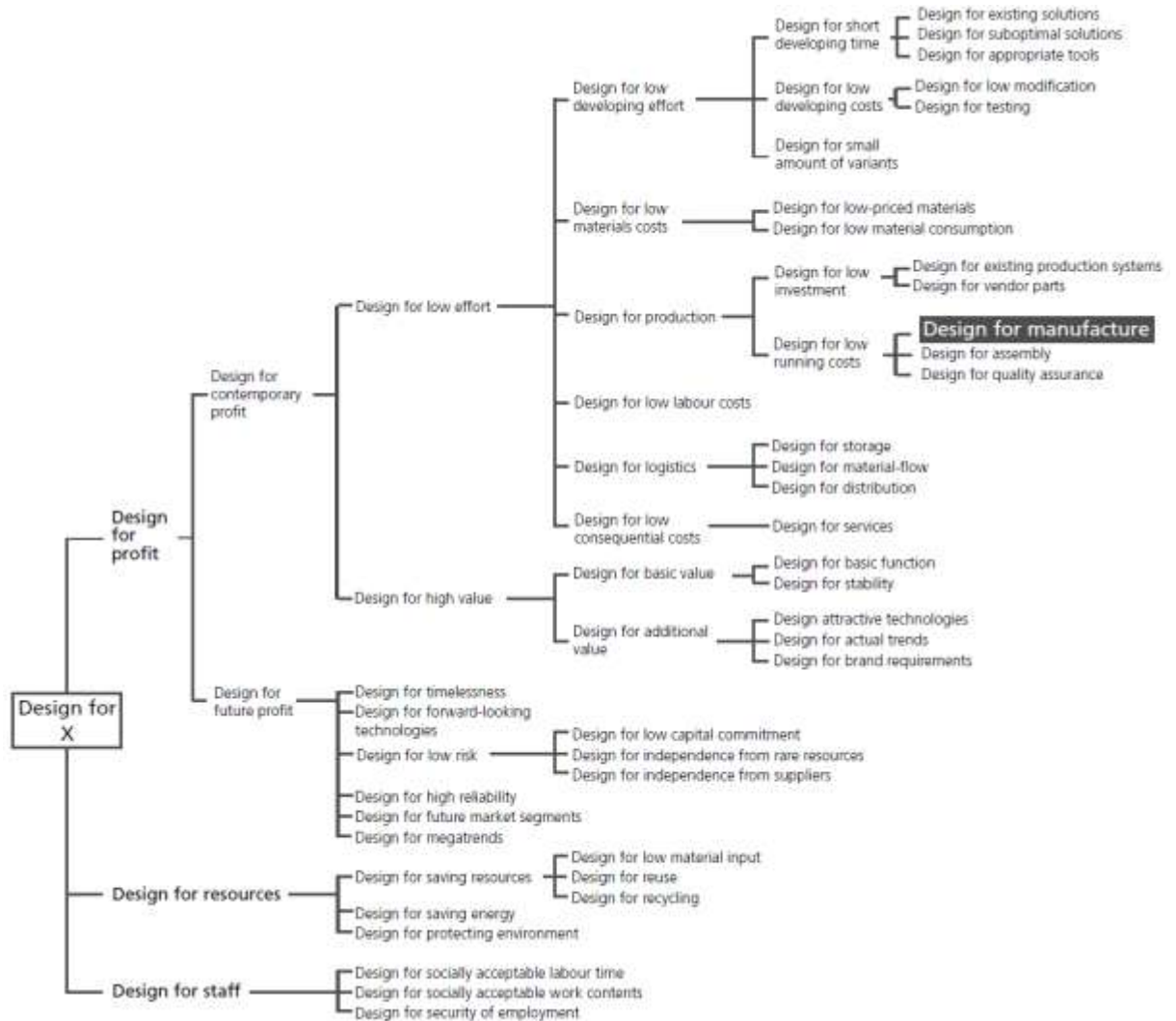
- **tvary:** např. krychle, válec, části ploch
- **rozměry:** např. průměr, délka hrany, úhel
- **materiály:** fyzikální charakteristiky (hustota, plocha aj.), mechanické (otěruvzdornost, mez pevnosti aj.), technologické (obrobitelnost, svařitelnost aj.), tepelné, chemické a další
- **způsoby výroby:** např. vrtání, válcování, odlévání
- **stavy povrchů:** např. drsnost, způsob chemicko-tepelného zpracování
- **odchylky od jmenovitých hodnot:** např. horní a dolní mezní odchylky

Add b) Mezi vlastnosti pro uspořádání stavební struktury patří např. vzájemná poloha, orientace aj. Tyto vlastnosti jsou definovány pro všechny předpokládané stavy TS (volný, zamontovaný...)

Příklady pro ukázkou:

- Navržená ocelová součást má velkou hmotnost. Řešením může být součást z lehčího materiálu, pokud bude zachována vyhovující tuhost a pevnost. Součást bude navržena z hliníkové slitiny – tím dojde ke změně definiční vlastnosti MATERIÁLY a zároveň dojde např. ke změně reflektované vlastnosti VYROBITELNOST (hliníková slitina se bude obrábět jinými reznými podmínkami než ocel, nebo pokud se bude jednat o tvářenou součást, tak podmínky pro tváření hliníkové slitiny budou také jiné než v případě ocelové).
- Navržená součást má malý otvor, na jehož funkci a pozici jsou závislé další součásti. Změnou definičních vlastností TVARY, ROZMĚRY dojde např. ke změně reflektované vlastnosti SMONTOVATELNOST.

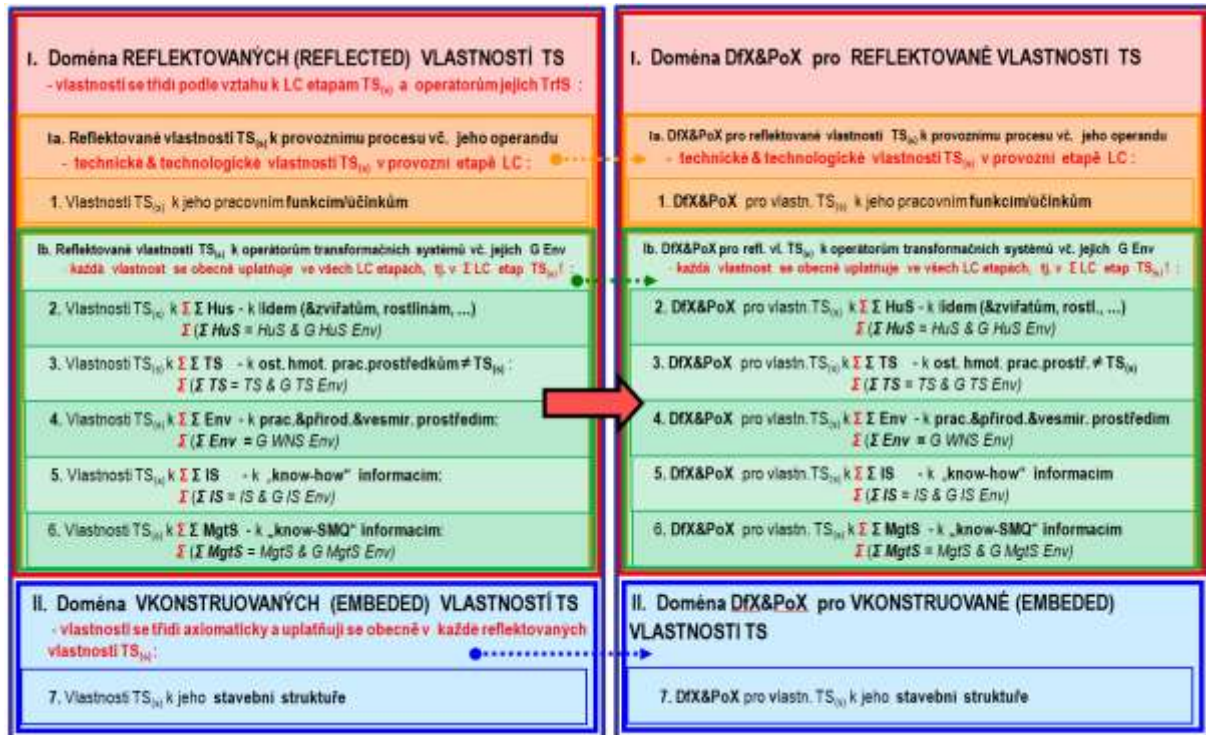
Design for X je zaměřeno na rozsáhlé množství nijak předem vybraných a utříděných vlastností. Autoři odborné literatury zaměřené na tuto problematiku [Pahl&Beitz 2007], [Bralla 1996], [Huang 1996], [Clarkson&Eckert 2005] se převážně zaměřují na významné vlastnosti, jako je bezpečnost, estetičnost, ergonomičnost, montáž/demontáž, výrobitelnost, životní prostředí a mnoho dalších. Existují různé taxonomie uspořádání těchto vlastností - viz *Obrázek 4-2*, kde je uveden příklad jedné možné taxonomie.



Obrázek 4-2 Ukázka intuitivní taxonomie metod DfX [Clarkson&Eckert 2005]

S využitím taxonomie vlastností dle TTS lze jednotlivé skupiny Design for X efektivně uspořádat do shodných domén a tříd [Hosnedl 2108], viz *Obrázek 4-3*.

*Pozn. Na Obrázek 4-3 jsou kromě DfX uvedeny i poznatky a metody pro Predikci vlastnosti „X“ PoX – viz úvod této kapitoly. Pokud chci efektivně řešit danou vlastnost „X“, je třeba včasná a správná predikce jejího chování pomocí PoX. V odborné literatuře se pojem PoX (mimo EDSM) nevyskytuje a autoři odborné literatury zaměřené na konkrétní oblast DfX, např. Design for Assembly, neuvádějí pojem Prediction of Assembly, ale implicitně ho uvažují jako součást dané DfX. Z toho důvodu bude pojem PoX u následujících konkrétních poznatků pro vybraná „X“ uvažován jako nedílná součást daného DfX.*



Obrázek 4-3 Vztah mezi tříděním vlastností TS a tříděním poznatků DfX a PoX [Hosnedl 2018]

Mezi nejznámější metody z oblasti DfX patří poznatky zaměřené na montáž - Design for Assembly (DfA) a poznatky zaměřené na výrobu – Design for Manufacturing; Design for Manufacturability (DfM). Tyto oba přístupy jsou stručně charakterizovány v další části této kapitoly.

#### 4.1 Design for Assembly – Konstruování se zaměřením na montáž

Problematika konstruování z hlediska montáže – Design for Assembly (DfA) patří mezi nejznámější „X“ z oblasti DfX. Teorii a metodiky pro hodnocení montáže lze nalézt v [Andreasen 1988], [Boothroyd&Dewhurst 2010], [Lucas 1991], [Booker 2001], [Redford&Chal 1994], [Mašín 2012] aj.

Metodiky uvedené v publikacích o DfA [Boothroyd&Dewhurst 2010], [Lucas 1991], [Booker 2001] mají maximální využití v sériové výrobě, kdy detailní zpracování těchto analýz může přinést značnou úsporu → metody analýzy produktů a jejich hodnocení jsou navrženy hlavně pro vyvinuté produkty, tj. je známa stavební struktura daného produktu.

Pro konstrukci montážních přípravků a zařízení, které jsou převážně „kusového“ charakteru, je použití samotných metodik diskutabilní. Avšak praktické rady, instrukce, všeobecné principy a doporučení uvedené v jednotlivých publikacích o DfA lze výhodně aplikovat pro návrh montážních přípravků a zařízení i ve fázi konceptu (orgánová struktura), aniž bychom měli navrženou stavební strukturu.

#### 4.1.1 Principy DfA na bázi instrukcí

Uvedené principy byly vybrány z odborné literatury uvedené v této podkapitole a přizpůsobeny pro tuto DisP. Mezi hlavní principy lze zařadit:

- maximální počet standardizovaných dílů: standardizované díly jsou vyzkoušené z hlediska své funkce i montáže → montážní návody od dodavatelů standardizovaných součástí
- minimum spojů v navržené konstrukci a spoje stejného charakteru: v dané konstrukci uvažovat např. všechna spojení jen šrouby, nýty apod. Pro montážní proces poté stačí mít k dispozici jedno nářadí a montážní pomůcky → nemusí se měnit nářadí a nástroje na každou montážní operaci (eliminace času a chyb v montáži)
- integrace více součástí (montovaných i spojovacích) do jedné → původně dvě a více součástí pro montáž integrovat do jedné, a tím eliminovat potřebu jejich montáže
- princip integrace platí ale také opačně → rozdělení na více součástí: cíl je, že rozdělené součásti musí jít jednoduše vyrobit. Dojde k navýšení nákladů na montáž, ale v celkovém výsledku musí jít o úsporu
- snadno uchopitelné součásti → eliminace času při problematickém uchopení součástí, vyvádění součástí během manipulace, problémy se zakládáním do montážního zařízení
- možnost přednastavení orientace součástí: tím lze zabránit chybnému vložení do montované sestavy → Poka Yoke řešení při montáži
- konstrukce součástí s důrazem na optimalizaci počtu součástí ve výrobním portfoliu: danou součást využít pro maximální počet produktů z výrobního portfolia. Podobné součásti sloučit do jedné univerzální (pokud to konstrukční návrh dovolí a je to cenově výhodné)
- konstrukce součástí s důrazem na využití minimálního množství montážních přípravků a zařízení, včetně redukce variantnosti potřebného nářadí a nástrojů pro montáž
- konstrukce součástí s důrazem na dopravu/distribuci: navržený strojní celek musí být snadno a rychle smontovatelný/demontovatelný pro zefektivnění přepravy z hlediska přepravných a skladových ploch, tj. aby se nepřevážel a skladoval „vzduch“
- jednoduché opravy resp. servis součástí → při opravách a servisu požadavek na rychlou demontáž a následnou montáž nových/opravených/seřizovaných součástí
- další instrukce, které lze nalézt v odborných publikacích, internetových fórech a dalších zdrojích

#### 4.1.2 Ukázkový příklad použití principů DfA

Tento ukázkový příklad vychází ze [Sasiadek 2016]. Jedná se o sestavu plynového hořáku, jehož původní tvar byl „optimalizován“ z hlediska montáže → aplikace metod DfA pro zefektivnění montáže. Z původního hořáku na Obrázek 4-4 jsou v nové verzi integrovány čtyři díly do jednoho – *Obrázek 4-5*. Pro výslednou montáž se jedná o redukci tří montážních operací, což přináší zkrácení času montáže a redukci výrobních nákladů na montáž.

Nemusí ale vždy platit, že aplikace DfA za cílem zjednodušení montáže přinese potřebnou úsporu a zvýšení požadované kvality navrhovaného TS. Pokud se takto zmodifikovaný hořák bude vyrábět v počtu několika desítek kusů, lze usoudit, že jeho výroba nebude cenově efektivnější, a tudíž eliminace tří montážních operací nebude mít požadovaný efekt – viz doprovodný text na *Obrázek 4-4* a *Obrázek 4-5*.

Naopak v případě hromadné nebo sériové výroby tato integrace součástí může mít pozitivní dopad. Je ovšem nutné ověřit, že výslednou součástí, která do sebe integruje 4 původní součásti, je reálné vyrobit s nižší (nebo minimálně stejnou) cenou a nižší (nebo minimálně stejnou) časovou náročností při zachování požadované kvality jako původní čtyři součásti dohromady.

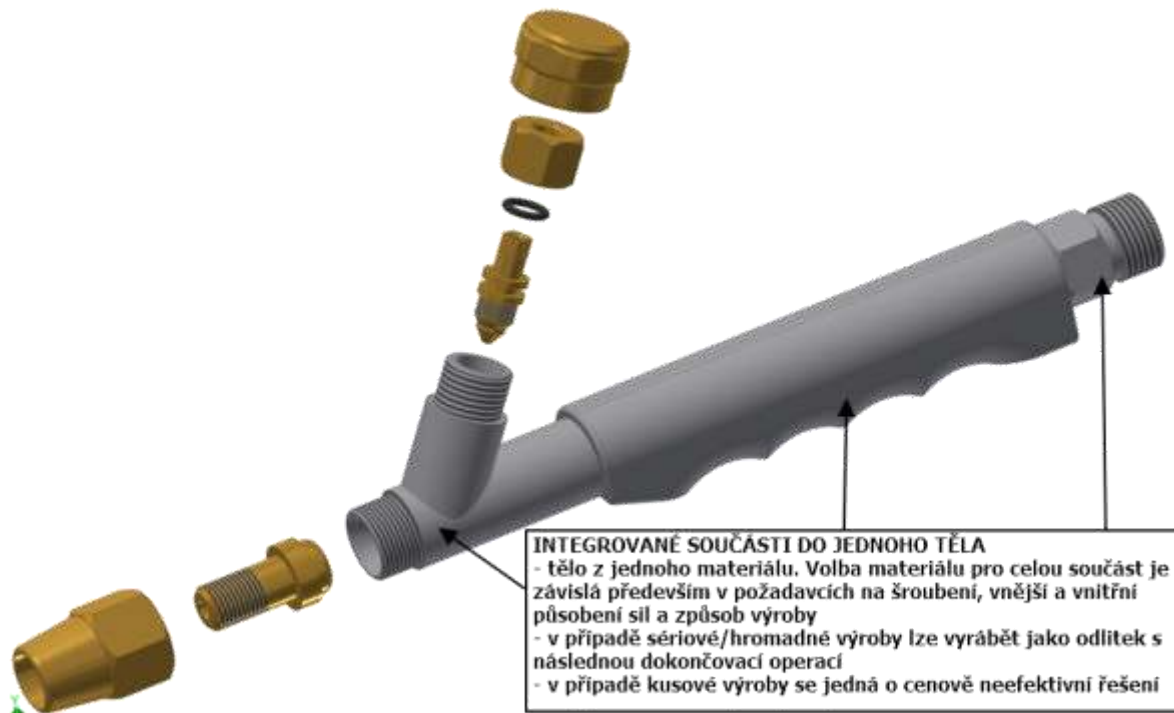


Obrázek 4-4 Stávající stavební struktura TS - plynový hořák [Sasiadek 2016]

Na tomto příkladu je demonstrován princip, kde pro zlepšení/inovaci jedné vlastnosti je také potřeba řešit, jaký bude mít tato změna dopad na ostatní vlastnosti výsledného TS - v tomto případě se jedná o vlastnost vyrobitelnost.

Jelikož vlastnosti montáž a vyrobitelnost spolu úzce souvisí, je následující podkapitola věnována poznatkům Design for Manufacture, které jsou zaměřeny na konstruování z hlediska výroby nebo též vyrobitelnosti.





Obrázek 4-5 Inovovaná stavební struktura plynového hořáku s využitím metodiky DfA [Sasiadek 2016]

## 4.2 Design for Manufacturing (DfM) - Konstruování se zaměřením na výrobu

Problematika konstruování z hlediska výroby nebo též výrobitelnosti je detailně popsána v [Anderson 2014], [Bralla1998] aj. Stejně jako u DfA i pro DfM existuje mnoho nejrůznějších principů, doporučení, tipů a tzv. „best practices“ na bázi instrukcí.

### 4.2.1 Principy DfM na bázi instrukcí

Zde uvedené principy byly opět vybrány z odborné literatury uvedené v této podkapitole a přizpůsobeny pro tuto DisP. Mezi hlavní principy lze zařadit:

- všechny součásti vyrobit z jednoho typu materiálu (není třeba přestavovat řezné podmínky na stroji a nástroje, dostupnost materiálu skladem apod.) Materiál vybírat ze standardních polotovarů, u nichž jsou krátké dodací termíny.
- součásti vyrobit za použití minimálního počtu přípravků (ideálně žádným) nebo s využitím univerzálních přípravků (svěrák, sklíčidlo).
- na výrobním výkresu kótovat součásti vzhledem k jejich funkci → netolerované rozměry vs. tolerance a geometrické tolerance - používat v případě, že to funkce součásti vyžaduje. Každý tolerovaný rozměr zvyšuje náklady na výrobu součásti.
- na výrobním výkresu kótovat součásti od konkrétních hran a základen → vhodnost pro měření, zajištění přesnějšího měření, korekce nástroje pro obrábění apod.
- pro technologii obrábění redukovat počet upínání obrobku ve stroji.
- pro technologie odlévání a vstřikování používat stěny se stejnou tloušťkou.

- pro plechové součásti navrhovat ohýbané lemy a obruby ideálně v úhlu 90° (rychlejší nastavení stroje a rychlá kontrola pomocí úhelníku).
- pro tvářecí technologie umísťovat tvarové prvky s ohledem na jejich vhodnost pro vyrobiteľnost, např. otvory nenavrhovat blízko sebe → riziko poškození kvůli nedostatku materiálu mezi otvory.
- další instrukce, které lze nalézt v odborných publikacích, internetových fórech apod.

*Pozn. Metody DfM jsou často a výhodně kombinovány s metodami pro DfA. Ty společně tvoří další oblast poznatků označovaných jako DfMA – Design for Manufacturing and Assembly (Konstruování z hlediska montáže a výroby).*

#### 4.2.2 Ukázkové příklady použití principů DfM (DfMA)

Následující ukázkové příklady jsou uváděny jako typičtí představitelé aplikace přístupů DfM (DfMA) v odborné literatuře. Na *Obrázek 4-6* je zobrazeno zjednodušení dvou obráběných dílů, které jsou k sobě spojeny šroubem na jeden plechový díl. Obecná funkce ukotvení dílu přes čtyři otvory k okolí + připojení čepů bočních otvorů je v tomto případě zachována.



Obrázek 4-6 Součást vyrobená technologií obrábění vs. součást vyrobená technologií tváření [Mašín 2012]

Na *Obrázek 4-7* je zobrazeno postupné zjednodušení držáku jmenovek, kdy z počátečních 10 kusů a různých materiálů byl tento držák upraven do plastové podoby ze dvou kusů, tj. výroba z jednoho typu materiálu → DfM a lepší/rychlejší montáž → DfA



**Počet dílů: 10**

**Počet dílů : 6**

**Počet dílů : 1**

Obrázek 4-7 Postupná inovace držáku jmenovek dle DfM a DfA [Koukolský 2011]

## 5 Aplikace teoretických poznatků a jejich shrnutí

Teoretické poznatky EDSM uvedené v kapitole 3 byly společně s poznatky metodickými DfX se zaměřením na DfA & DfM → DfMA (viz kapitola 4) aplikovány v praxi při vývoji technického produktu Elektrodeionizačního (EDI) modulu za účelem ověření jejich efektivnosti v konstrukčním procesu a také aplikovány ve výuce předmětu Systémové navrhování technických produktů.

### 5.1 Aplikace teoretických poznatků do oblasti průmyslové praxe

Zde uvedený případ je zaměřen na návrh skříně z žebrovaných desek EDI modulu, který slouží k přípravě velmi čisté vody pomocí procesu elektrodeionizace. Bližší informace o principu elektrodeionizace lze nalézt např. v [Lenntech 2019]. Detailní informace o celém projektu jsou uvedeny ve výzkumných zprávách a také publikovány ve sbornících konferencí [Hosnedl 2014a], [Hosnedl 2014b], [Kopecký 2013], [Kopecký 2014], [Kopecký 2015b]. V této podkapitole je uveden stručný postup řešení včetně hodnocení navržených variant řešení, které reflektuje poznatky EDSM a DfX.

#### A. Upřesnění úkolu

Cílem projektu bylo navrhnout inovativní konkurenceschopné konstrukční řešení mechanického rámu EDI modulu. Mechanický rám musí chránit vnitřní aktivní zónu složenou s plastových desek, rozdělovačů, membrán a ionexu, které zajišťují proces deionizace. Mechanický rám bude složen ze šesti desek (deska čelní/zadní, deska horní/spodní, deska boční pravá/levá), které spolu budou spojeny rozebíratelnými spojovacími prvky. Maximální rozměry modulu vycházejí z rozměrů vnitřní aktivní zóny a působícího zatížení. Ochranné desky jsou namáhány po celé jejich vnitřní ploše tlakem 12 bar od aktivní zóny. Povolená deformace desek je max. 1mm.

Všechny klíčové požadavky pro řešení byly uvedeny a průběžně aktualizovány v dokumentu zadání a specifikace požadavků – viz podkapitola 3.4.

#### B. Hledání řešení

Pro takto stanovené požadavky bylo navrženo a následně zhodnoceno šest variant. Postup návrhu koresponduje s postupem dle Obecného modelu postupu konstruování OMPK – viz podkapitola 3.6. Během návrhu bylo rovněž využito konstrukčních struktur uvedených v podkapitole 3.5. Zobrazení a stručný popis jednotlivých navržených variant je uveden v příloze 1 této DisP.

#### C. Hodnocení a rozhodnutí

Navržené varianty byly hodnoceny bodově dle zvoleného principu hodnocení. Informace o možnostech a způsobech hodnocení vlastností lze nalézt v podkapitole 3.3, detailněji pak v [Hosnedl 2019].

Navržené varianty byly hodnoceny nejprve z hlediska taxonomie vlastností dle EDSM a následně byly hodnoceny vlastnosti z hlediska vyrobitelnosti a montáže → aplikace principů DfMA. Vlastnosti hodnocené dle EDSM musí pokrývat celý životní cyklus navrhovaného produktu. V uvedených tabulkách níže jsou uvedeny jen vybrané vlastnosti, které byly zásadní pro návrh a které mají rozdílné hodnocení pro jednotlivé varianty. Z tohoto důvodu například v tabulce nejsou uvedeny vlastnosti jako servis a údržba, dopravitelnost/distribuce, ekologičnost, životnost a další.

#### Princip hodnocení:

Byla stanovena grafická stupnice, kdy jednotlivé barvy představovaly určitý počet bodů. Takto lze rychle a přehledně ohodnotit jednotlivé varianty.

0 bodů	1 bod	2 body	3 body	4 body
--------	-------	--------	--------	--------

Pro každou vlastnost/charakteristiku byla stanovena váha odpovídající důležitosti/významu dané vlastnosti/charakteristice. Součin váhy a počtu bodů pro danou vlastnost/charakteristiku uvádí celkové hodnocení dané vlastnosti/charakteristiky. Výsledná suma bodů u jednotlivých vlastností/charakteristik poté udává celkové hodnocení dané varianty.

Hodnocená vlastnost/charakteristika	Váha (0-4)	Hodnocení variant (zde uvedeny jen vybrané vlastnosti s různým hodnocením pro navržené varianty)		
		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1. Bezpečnost	4	dimenzováno z hlediska pevnosti a tuhosti pro požadované okrajové podmínky, možné bezp. riziko při stohování a manipulaci modulů	dimenzováno z hlediska pevnosti a tuhosti pro požadované okrajové podmínky, možné bezp. riziko při stohování a manipulaci modulů	dimenzováno z hlediska pevnosti a tuhosti pro požadované okrajové podmínky, možné bezp. riziko při stohování a manipulaci modulů
2. Rizika navržené varianty	4	namáhání všech šroubových spojů kromě tahu i na ohyb a smyk → NEVHODNÉ ŘEŠENÍ!	pracné svrtání desek a vystružení otvorů pro spoje kolíky	42 šroubových spojů namáháno také na ohyb a smyk → NEVHODNÉ ŘEŠENÍ!
3. Designové řešení	3	jednoduchý a funkční design	jednoduchý a funkční design	problematický design komůrek pro šrouby
4. Stohování a manipulace s hotovým modulem	2	přídavný spojovací element pro stohování, 4 šrouby nahrazeny šroubem s okem	přídavný spojovací element pro stohování, 4 šrouby nahrazeny šroubem s okem	přídavný spojovací element pro stohování, 4 šrouby nahrazeny šroubem s okem
5. Předpokládaná hmotnost desek	2	130 Kg	132 Kg	140 Kg

Tabulka 5-1 Hodnocení klíčových vlastností/charakteristik pro varianty 1 až 3 [zdroj autor]

Hodnocená vlastnost/charakteristika	Váha (0-4)	Hodnocení variant z hlediska vyrobiteľnosti (DfM) a montáže DfA)		
		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
6. Vyrobiteľnost desek čelní/zadní	3	deska se žebry a otvory pro šrouby	deska se žebry a otvory pro šrouby a kolíkové spoje	deska se žebry a otvory pro šrouby
7. Vyrobiteľnost desek horní/spodní	3	deska se žebry a otvory pro šrouby	deska se žebry a otvory pro šrouby a kolíkové spoje	deska se žebry a otvory pro šrouby a komůrky pro šrouby
8. Vyrobiteľnost desek pravá/levá	3	deska se žebry a otvory pro šrouby	deska se žebry a otvory pro šrouby a kolíkové spoje	deska se žebry a otvory pro šrouby a komůrky pro šrouby
9. Dokončovací operace potřebné před montáží	2	obrobení stykových ploch po odlití	obrobení stykových ploch po odlití + otvory pro kolíky	obrobení stykových ploch po odlití + komůrek pro šrouby
10. Použité druhy spojení	3	šroubové	šroubové kolíkové	šroubové
11. Počet použitého spojovacího materiálu	3	64 X šroub, matice a podložky	64 X šroub, matice a podložky, 40 X kolík	84 X šroub, matice a podložky
12. Počet potřebného nářadí/zařízení	2	2 X klíč 1 X hydraulický lis	2 X klíč 1X lisovací přípravek 1 X hydraulický lis	2 X klíč 1 X hydraulický lis
13. Počet montážních pracovišť	2	1 pracoviště	2 – druhé pro přípravu pro kolíky a jejich montáž	1 pracoviště
14. Přesnost montáže (bez přípravku)	3	vůle v otvorech pro šrouby mezi všemi deskami → horší vzájemná orientace desek mezi sebou	vůle v otvorech pro šrouby mezi všemi deskami → horší vzájemná orientace desek mezi sebou	vůle v otvorech pro šrouby pro spoj čelní desky k boční a horní/spodní
15. Předpokládaný čas montáže včetně manipulace*	4	max. 60 minut	více než 60 minut	max. 60 minut
16. Náročnost montáže vč. manipulace	4	Náročnější ustavení všech desek vůči sobě do správné polohy	Náročnější ustavení všech desek vůči sobě do správné polohy + následné spoje kolíky	Náročnější ustavení čelní desky vůči horní/spodní a bokům do správné polohy
<b>Celkový počet bodů</b>		<b>143 → 0</b>	<b>98</b>	<b>114 → 0</b>
<b>Celkové pořadí varianty</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Tabulka 5-2 Hodnocení vyrobiteľnosti a montáže pro varianty 1 až 3 [zdroj autor]

*Pozn.: předpokládaný čas montáže včetně manipulace (bod 15) zahrnuje pouze činnosti související se spojením jednotlivých desek. Není v něm zahrnut čas montáže komponent vnitřní aktivní zóny.*

Hodnocená vlastnost/charakteristika	Váha (0-4)	Hodnocení variant (zde uvedeny jen vybrané vlastnosti s různým hodnocením pro navržené varianty)		
		Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6
1. Bezpečnost	4	dimenzováno z hlediska pevnosti a tuhosti pro požadované okrajové podmínky, možné bezp. riziko při stohování a manipulaci modulů	dimenzováno z hlediska pevnosti a tuhosti pro požadované okrajové podmínky	dimenzováno z hlediska pevnosti a tuhosti pro požadované okrajové podmínky
2. Rizika navržené varianty	4	náročné a nákladné dokončovací operace – obrobení komůrek pro matice + rizika z varianty 6	náročné a nákladné dokončovací operace – obrobení komůrek pro matice + rizika z varianty 6	nutnost přesného obrobení pro spoje tvarem, aby desky při spojování nebyly v kolizi nebo naopak neměly velkou vůli
3. Designové řešení	3	problematický design komůrek pro šrouby	problematický design komůrek pro matice	jednoduchý a funkční design
4. Stohování a manipulace s hotovým modulem	2	přídavný spojovací element pro stohování, 4 šrouby nahrazeny šroubem s okem	integrováné patky na čelní/zadní desce pro stohování a manipulaci	integrováné patky na čelní/zadní desce pro stohování a manipulaci
5. Předpokládaná hmotnost desek	2	144 Kg	173 Kg	180 Kg

Tabulka 5-3 Hodnocení klíčových vlastností/charakteristik pro varianty 4 až 6 [zdroj autor]

Hodnocená vlastnost/charakteristika	Váha (0-4)	Hodnocení variant z hlediska vyrobiteľnosti (DfM) a montáže DfA)		
		Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6
6. Vyrobiteľnost desek čelní/zadní	3	deska se žebry a otvory pro šrouby + lem po obvodu	deska se žebry a otvory pro šrouby + lem po obvodu	deska se žebry a otvory pro šrouby + lem po obvodu
7. Vyrobiteľnost desek horní/spodní	3	deska se žebry a otvory pro šrouby a komůrky pro matice	deska se žebry a otvory pro šrouby a komůrky pro matice	deska se žebry a otvory pro šrouby + lem po boku
8. Vyrobiteľnost desek pravá/levá	3	deska se žebry a otvory pro šrouby a komůrky pro matice	deska se žebry a otvory pro šrouby a komůrky pro matice	deska se žebry a otvory pro šrouby
9. Dokončovací operace potřebné před montáží	2	obrobení stykových ploch po odlití + komůrek pro matice	obrobení stykových ploch po odlití + komůrek pro matice	obrobení stykových ploch po odlití + lemů
10. Použité druhy spojení	3	šroubové tvarem	šroubové tvarem	šroubové tvarem
11. Počet použitého spojovacího materiálu	3	66 X šroub, matice a podložky	44 X šroub, matice a podložky	44 X šroub, matice a podložky
12. Počet potřebného nářadí/zařízení	2	1 X klíč 1 X hydraulický lis	1 X klíč 1 X hydraulický lis	2 X klíč 1 X hydraulický lis

13. Počet montážních pracovišť	2	2 – druhé pro přípravu pro kolíky a jejich montáž	1 pracoviště	1 pracoviště
14. Přesnost montáže (bez přípravku)	3	spoje tvarem udávají přesnou pozici pro montáž	spoje tvarem udávají přesnou pozici pro montáž	spoje tvarem udávají přesnou pozici pro montáž
15. Předpokládaný čas montáže včetně manipulace*	4	max. 60 minut	max. 30 minut	max. 30 minut
16. Náročnost montáže vč. manipulace	4	lemy na čelní/zadní desce + komůrky pro šrouby na bočních a horní/spodní deskách určují pozice desek	lemy na čelní/zadní a horní/spodní desce určují vzájemné pozice desek	lemy na čelní/zadní a horní/spodní desce určují vzájemné pozice desek
<b>Celkový počet bodů</b>				
		<b>123</b>	<b>140</b>	<b>165</b>
<b>Celkové pořadí varianty</b>				
		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Tabulka 5-4 Hodnocení vyrobiteľnosti a montáže pro varianty 4 až 6 [zdroj autor]

*Pozn.: Vlastnost/charakteristika, která má hodnocení nula - zde je třeba vždy posoudit, zda variantu nezavrhnout úplně, i když celkové bodové hodnocení vychází např. lépe než ostatní varianty. V hodnocení rizik u varianty 1 a 2 jsou tato rizika významná, tudíž tyto varianty byly zcela zavrhnuty.*

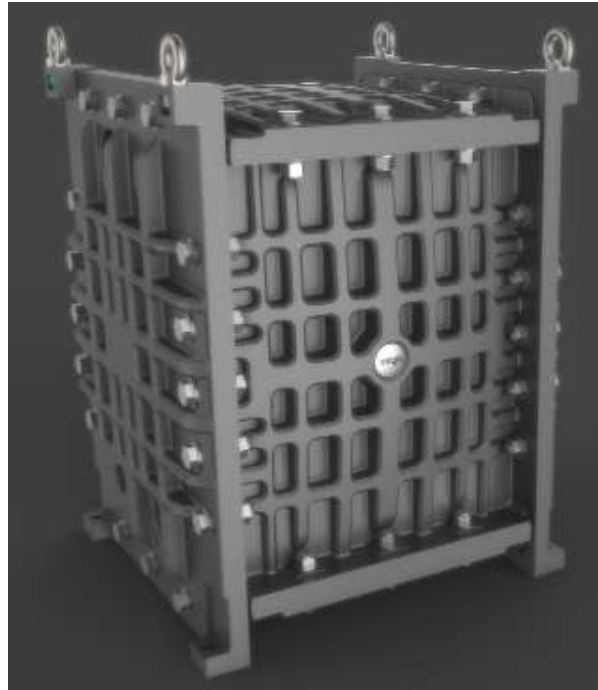
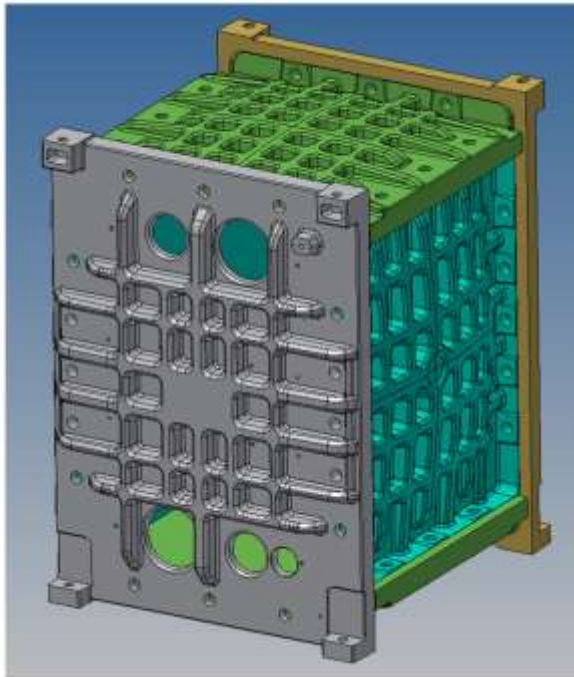
Na základě bodového hodnocení vyšla jako „suboptimální“ varianta 6, která získala nejvíce bodů a ani jedna její vlastnost/charakteristika nebyla hodnocena nulou. Po této fázi, kdy byla vybrána nejvhodnější varianta, následuje fáze dokončení řešení dle OMPK.

#### D. Dokončení řešení

Dokončení řešení spočívalo v tvorbě finálního konstrukčního a designového řešení a jejich dokumentace. Po dokončení této dokumentace následuje proces technologické a organizační přípravy výroby dle modelu životního cyklu uvedeného v podkapitole 3.2.

Proces technologické a organizační přípravy výroby byl řešen již v průběhu konstrukčního řešení ve fázi B. Hledání řešení a detailněji pak ve fázi D. Dokončení řešení. Poznatky a informace od budoucího výrobce desek byly zapracovány do navrhovaného řešení během konstrukčního procesu. Tento přístup nazývaný jako Concurrent engineering („překrývací paralelní“ vývojový proces) zkracuje čas a zvyšuje efektivitu konstrukčního procesu. Informace o tomto přístupu lze nalézt v [Andreasen 2000] a [Hosnedl 2018].

Výsledná podoba finálního konstrukčního a designového řešení je na *Obrázek 5-1*. Vyrobený a otestovaný EDI modul, který má obchodní název MPure™ 36 stack a je zobrazen na *Obrázek 5-2*. Na tomto obrázku je vidět i stohování a zapojení více modulů v jedné jednotce pro dosažení požadovaného výkonu pro proces elektrodeionizace.



Obrázek 5-1 CAD modely finálního řešení: konstrukční (vlevo), designéřské řešení (vpravo) [zdroj Autor]



Obrázek 5-2 Vyrobený EDI modul: samotný modul (vlevo), „stack“ provedení (vpravo) [zdroj Mega 2019]



Na tomto příkladu EDI modulu bylo ověřeno, jak lze vhodně kombinovat přístupy DfX s jednotlivými fázemi Obecného modelu postupu konstruování OMPK. V této ukázce jsou principy DfX aplikovány ve fázi **B. Hledání řešení**, kdy aplikací instrukcí z oblasti DfA a DfM byly vytvořeny různé varianty, fázi **C. Hodnocení a rozhodnutí** a fázi **D. Dokončení řešení**, kdy pro finalizaci konstrukčního řešení byly do řešení aplikovány informace a poznatky od výrobce desek a poznatky pro montáž modulu od koncového zákazníka. Obecně lze principy DfX využít ve všech fázích/operacích OMPK, ale vždy záleží na konkrétní konstrukční situaci.

## 5.2 Aplikace teoretických poznatků do oblasti výuky

Poznatky EDSM byly spolu s přístupy DfX aplikovány i ve výuce. Během svého studia autor DisP spolupracoval a vyučoval studenty FST předmět KKS/ZKM zaměřený na interdisciplinární studentské projekty pro průmyslové podniky. Při řešení jednotlivých projektů je důležité již ve fázi zadání odhalit/určit „kritické“ vlastnosti současného/výchozího produktu daného podniku a porovnat je s konkurenčními produkty. Tyto vlastnosti poté analyzovat a zahrnout je do komplexního řešení nového/inovaného produktu.

Pro řešení kritických vlastností navrhovaného TS, které lze odhalit v jednotlivých fázích OMPK, byl vytvořen „software“ v MS Excel pro analýzu kritických vlastností viz [Kopecký 2015a], jehož ukázka je na *Obrázek 5-3* a *Obrázek 5-4*.

Analýza kritických vlastností TS = TS <sub>LC</sub> s návrhy na jejich eliminaci				
Kritická vlastnost TS příp. jeho uvedené části	Problém: - příčiny a jejich nositel	Σ Hodnocení (0-4) problémů krit. vl - výchozí stav	Návrhy řešení: - doporučená opatření	Σ Hodnocení (0-4) řešení krit. vl - stav po realizaci
1 Vyrobiteľnosť TS	1.1 Vysoká cena obráběného dílu	1,7	Vyrobiteľnosť dílu tvárením	3,3
	1.2 Drahý nakupovaný díl		Najít jiného dodavatele; navrhnout vlastní díl	
	1.3 Osy děr na přírubách proti sobě nemají shodné polohy		Prověřit tolerance; upravit tvar přírub	
2 Smontovateľnosť TS	2.1 Nasouvání ložiska po velké délce hřídele	1,8	Změnit tvar hřídele	3,5
	2.2 Mnoho dílů pro montáž		Redukovat počet součástí (při zachování požadovaných)	
	2.3 Obtížná orientace dílů při montáži		Navrhnout díl symetrický nebo přidat prvek pro určení	
	2.4 Mnoho různých nástrojů pro montáž		Minimalizovat různé druhy spojovacích prvků	
3 uvedte další kritickou vlastnost	3.1 uvedte problém této krit. vl.	0,0	uvedte návrh řešení pro problém	0,0
	3.1 uvedte problém této krit. vl.		uvedte návrh řešení pro problém	
	3.3 uvedte problém této krit. vl.		uvedte návrh řešení pro problém	

Obrázek 5-3 Analýza kritických vlastností – souhrnná tabulka [zdroj Autor]

**Kritická vlastnost 2: SMONTOVATELNOST TS. Problém: 2.2 Mnoho dílů pro montáž**

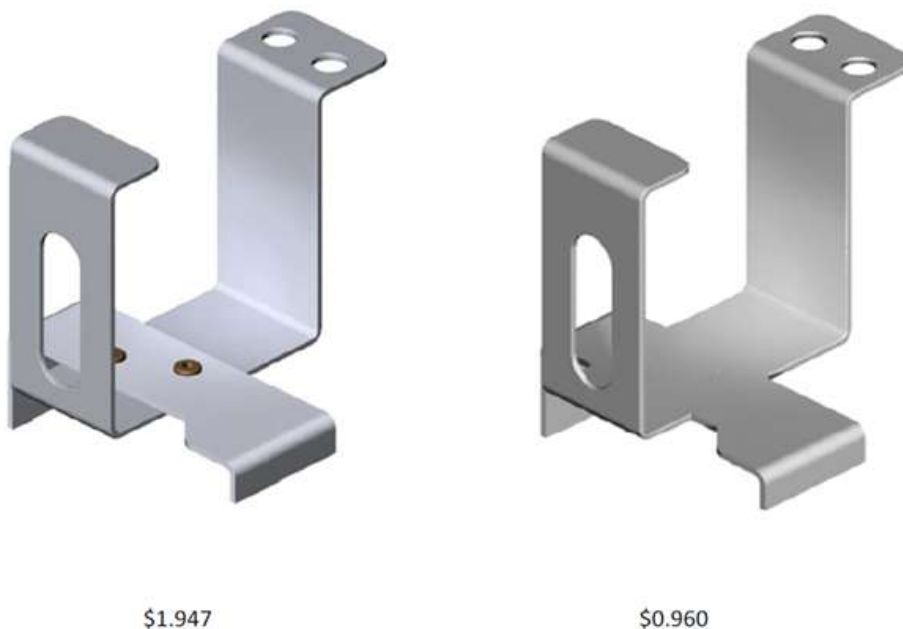
**A. Upřesnění úkolu (formulace problému)**

Výsledná součást se skládá ze dvou komponent, které je nutné k sobě spojit.  
Jako výsledný druh spojení byl vybrán spoj nýty pomocí trhacích nýtů z důvodu rychlé montáže.  
Pro montáž bylo potřeba 2 ks trhacích nýtů a nýtovací kleště/pistole.  
Cílem řešení je zcela eliminovat spojovací operaci a integrovat dva plechy do jedné součásti.

**B. Hledání řešení**

Navržené řešení spočívá v integraci dvou plechových dílů do jednoho dílu pomocí technologie ohýbání plechu.  
Původní jednotlivé plechy byly z hlediska vyrobitelnosti jednodušší, ale poté byla potřeba jejich spojení.  
Výsledná součást zcela eliminuje potřebu spojení dvou původních plechů a plní požadovanou funkci jako původní řešení.

**Zobrazení řešení:**



**C. Hodnocení navrženého řešení**

Nová součást vyrobená jako jeden kus je oproti součásti montované levnější o cca 1 USD, což z hlediska sériové výroby je pro danou součást významná úspora výrobních nákladů.

Obrázek 5-4 Analýza kritických vl. – ukázka řešení vybraného problému pro kritickou vl. [zdroj Autor]

Využití tohoto software ve výuce slouží jako podpůrný nástroj pro řešení problematiky klíčových vlastností a způsobů, jak danou vlastnost řešit, ať již s využitím teoretických poznatků EDSM nebo instruktivních poznatků DfX.

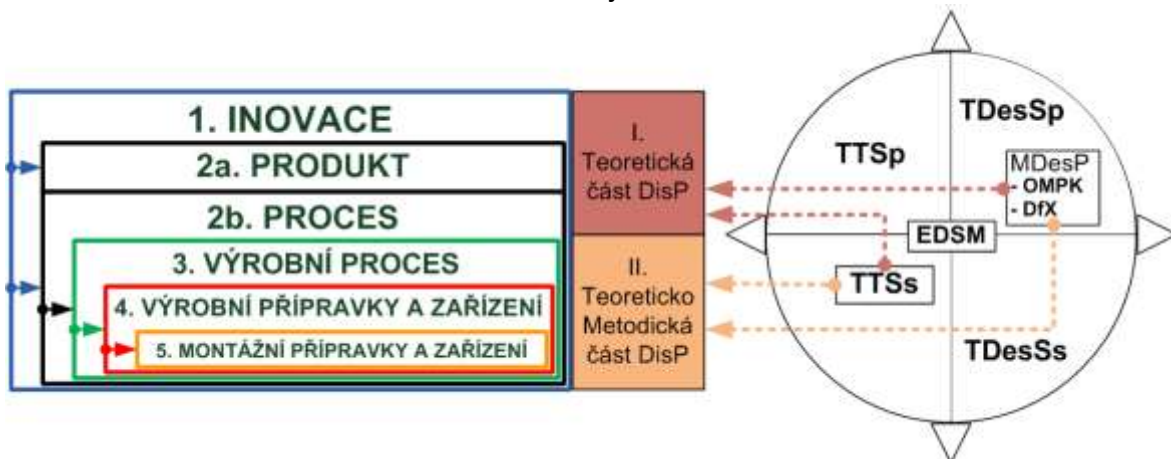
### 5.3 Shrnutí teoretických poznatků

V úvodní kapitole je uvedeno shrnutí zásadních faktů, které autora motivovaly pro tvorbu této DisP. Poté následuje popis základních teoretických poznatků, které jsou využity při řešení této DisP.

Závěr teoretických poznatků uvedených v této DisP je ve stručnosti následující:

- Inovace produktů, a zejména výrobních procesů jsou v dnešní době trendem. Současný trend digitalizace INDUSTRY 4.0 (označení pro tzv. čtvrtou průmyslovou revoluci) je toho příkladem a automatizace se stále více uplatňuje ve výrobních procesech.
- Teoretické poznatky EDSM a poznatky DfX se jeví jako velice efektivní přístupy pro řešení této DisP.

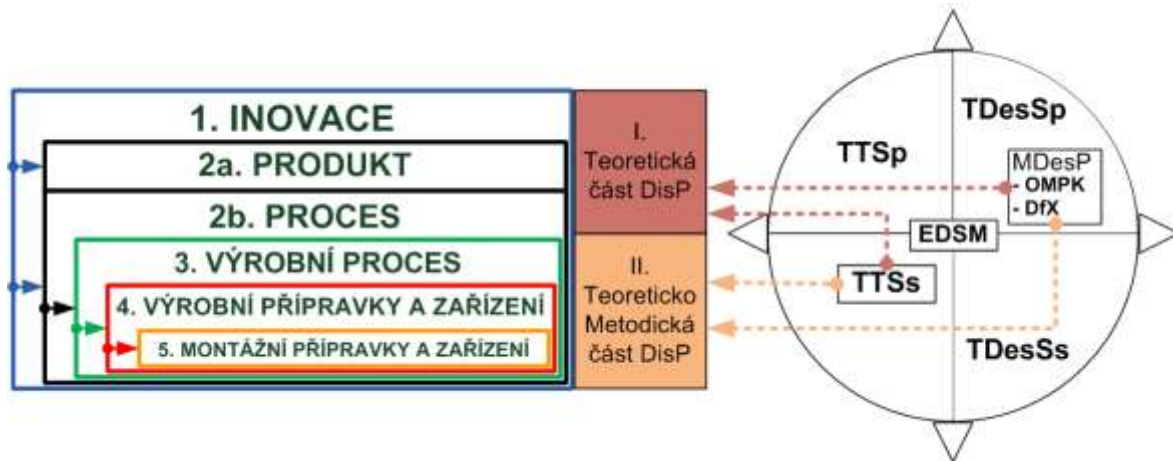
Schematické zobrazení postupu řešení této teoretické části DisP a navazující teoreticko-metodické části je zobrazeno na



Obrázek 5-5. V levé části obrázku je zobrazena „osnova“ DisP a v pravé části schematická „mapa“ poznatků EDSM a jejich vzájemné vazby.

V teoretické části byly využity poznatky z oblasti Teorie technických systémů ke strukturám (TTSs) a Metodické poznatky ke konstrukčnímu procesu se zaměřením na obecný model postupu konstruování (OMPK) a přístupy Design for X (DfX).

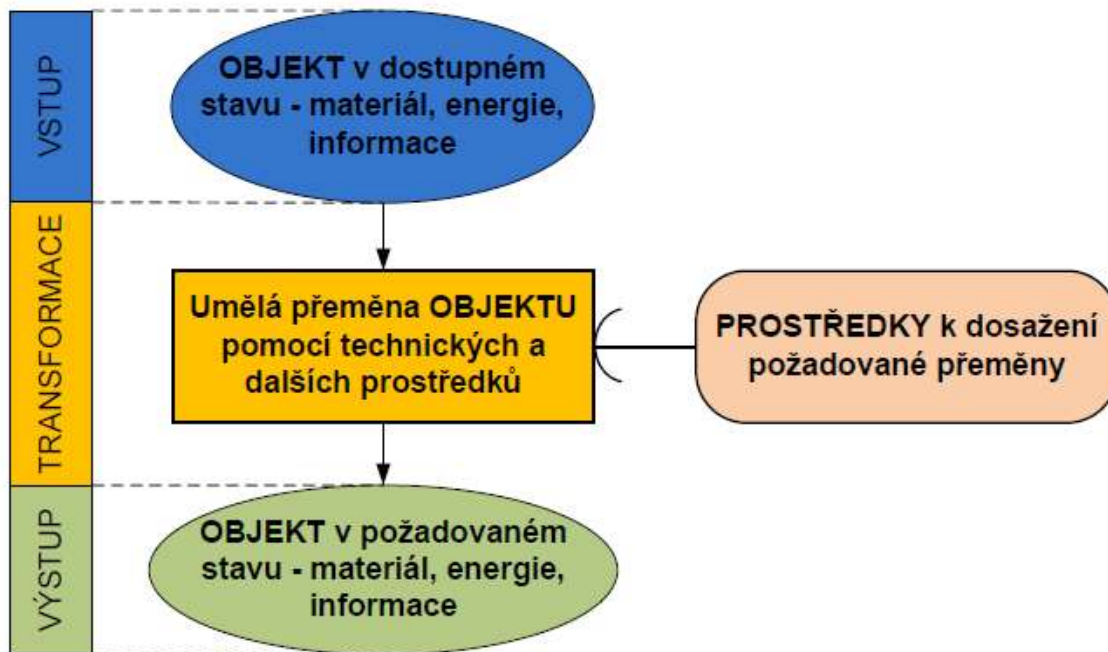
Tyto poznatky budou autorem DisP dále aplikovány na problematiku v teoreticko-metodické části DisP.



Obrázek 5-5 Přehledné zobrazení postupu řešení DisP a vazby mezi jednotlivými částmi [zdroj Autor]

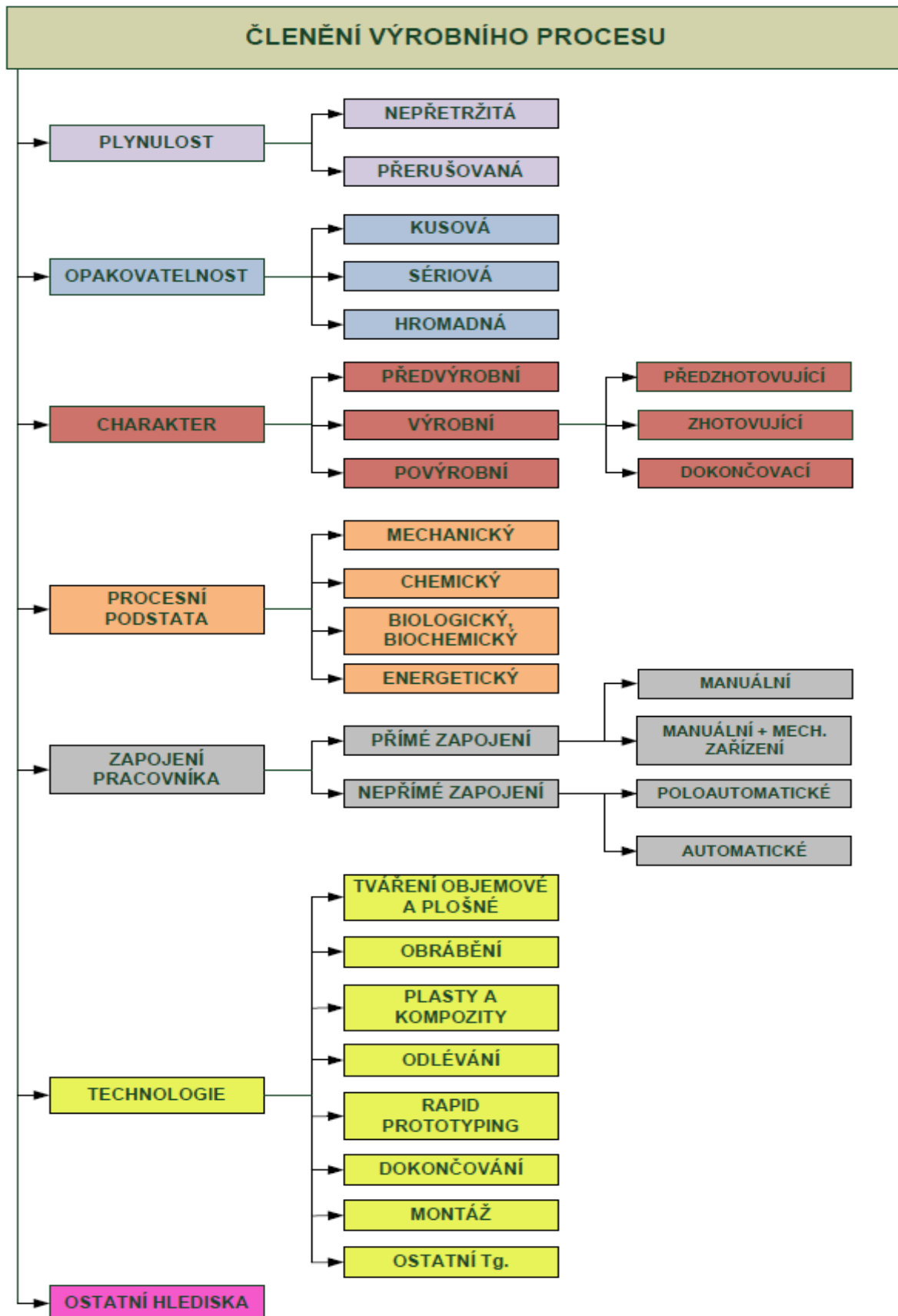
## 6 Výrobní proces

Podobně jako existuje značné množství definic inovace, tak obdobný případ platí i pro definici výrobního procesu. Velice obecně lze definovat výrobní proces jako proces, který poskytnuté vstupy (materiál, energie, informace) transformuje na potřebné výstupy, kterými mohou být hmotné produkty (jednotlivé součásti, smontované sestavy apod.) či služby. Tato transformace probíhá za pomoci potřebných zdrojů/prostředků pro transformaci. Schematické obecné zobrazení této definice výrobního procesu je zobrazeno na *Obrázek 6-1*, které vychází z EDSM [Hosnedl 2018]



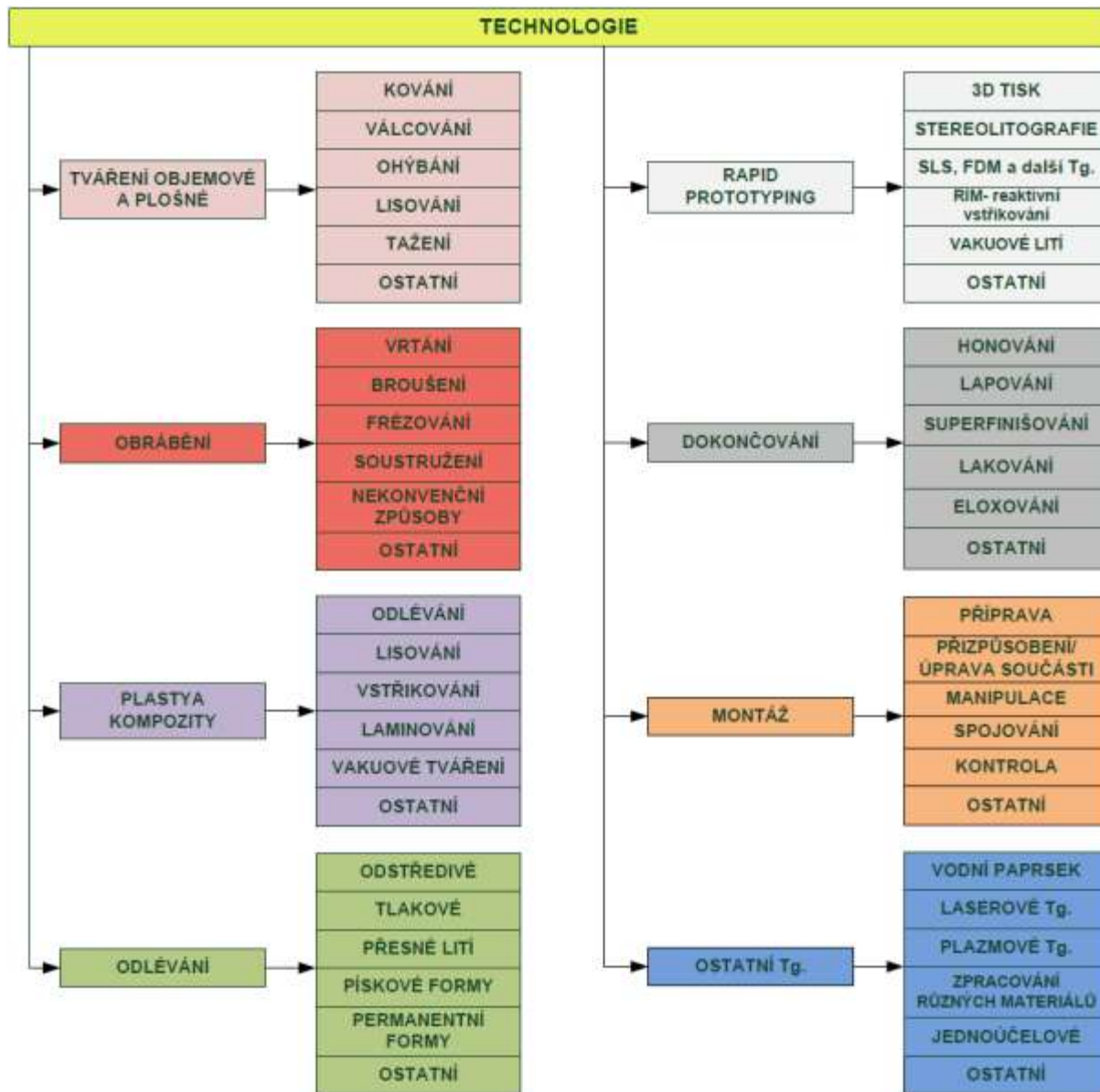
Obrázek 6-1 Obecné schéma definice výrobního procesu [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2018]

Druh výrobního procesu lze charakterizovat dle určitých ukazatelů. Tyto ukazatele jsou různé a v odborné literatuře lze nalézt různé třídění výrobního procesu, např. dle [Botek 2004] [Jurová 1994] a [Synek 2000]. Uvedená taxonomie výrobního procesu na *Obrázek 6-2* je třídění dle autora této DisP vycházející z různých třídění v odborné literatuře.



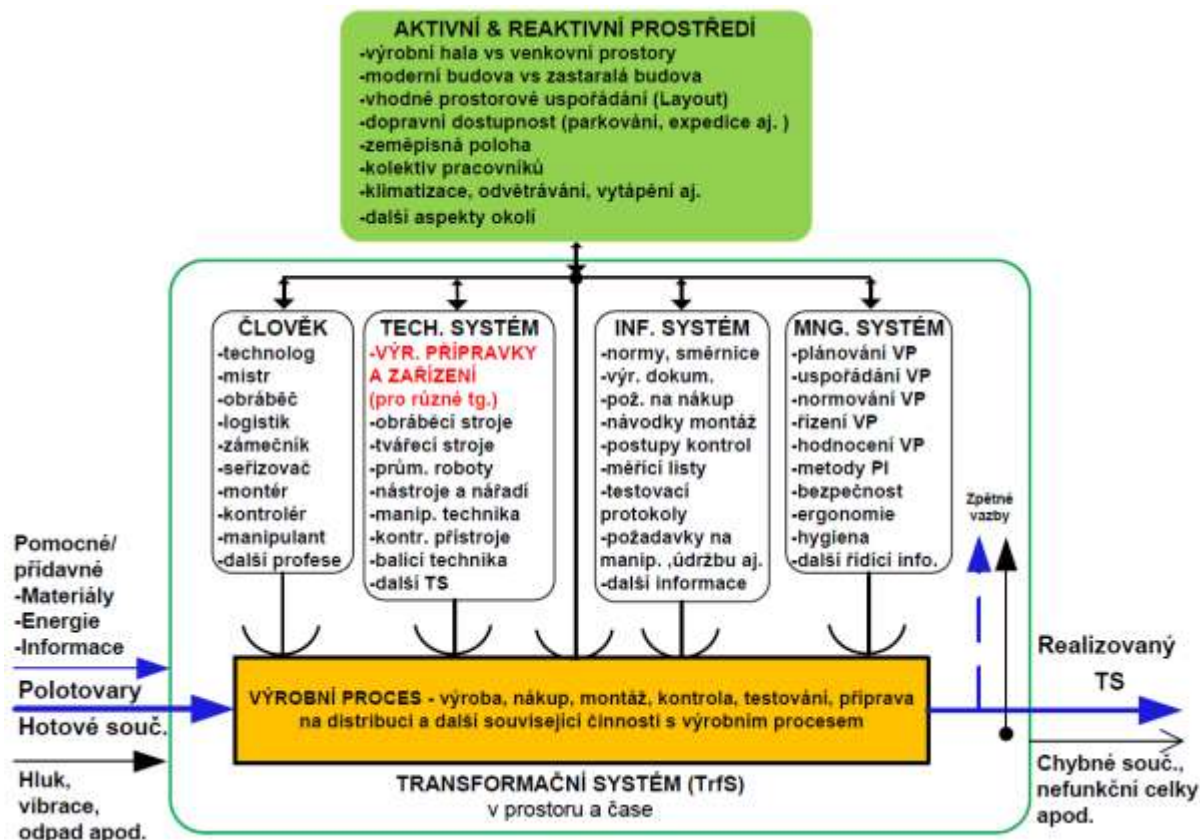
Obrázek 6-2 Taxonomie výrobního procesu [zdroj Autor]

Schéma z *Obrázek 6-2* pokračuje dále na *Obrázek 6-3*, kde je uvedeno další třídění výrobních procesů z hlediska technologie. Jelikož výčet možných technologií se pro každou oblast neustále rozšiřuje, tak pro každou oblast bylo autorem vybráno pět zástupců. Pro každou z těchto výrobních technologií lze navrhovat a inovovat výrobní stroje, výrobní přípravky a zařízení a také montážní přípravky a zařízení.



Obrázek 6-3 Taxonomie výrobních procesů z hlediska výrobní technologie [zdroj Autor]

Rozšířením základního schematu procesu z *Obrázek 6-1* lze vytvořit obecný model transformačního systému TrfS (viz obecný model v kapitole 3.1). Využitím poznatků z třídění výrobních procesů lze tento obecný model konkretizovat na strojirenský výrobní proces zobrazený na *Obrázek 6-4*.



Obrázek 6-4 Transformační systém výrobního procesu dle předlohy [Hosnedl 2018]

## 6.1 Inovace výrobního procesu

Inovaci výrobního procesu lze obecně chápat jako inovaci/racionalizaci/zlepšení jednotlivých OPERÁTORŮ, které působí přímo či nepřímo na samotný proces transformace a zásadním způsobem ovlivňují požadovanou transformaci vstupů na výstupy.

Těmito operátory (viz kap. 3.1) jsou lidé (člověk), technický systém, aktivní a reaktivní prostředí, informační systém a manažerský systém, viz *Obrázek 6-4*.

*Pozn. Inovaci výrobního procesu lze docílit i inovacemi/racionalizacemi/zlepšením dalších prvků TrfS, kterými jsou vstupy, výstupy, transformační proces a jeho technologie, zpětné vazby. Tato DisP je zaměřena primárně na OPERÁTORY a možnosti inovací využitím ostatních prvků zde nejsou řešeny.*

### 6.1.1 Operátor Člověk a způsoby jeho inovace

Možnosti, jak lze docílit zvýšení pracovní efektivity pracovníků, eliminaci chyb pracovníků → snížení zmetkovitosti, mohou být následující:

- Zvyšování kvalifikace pracovníků – školení, jazykové kurzy, rekvalifikační kurzy, certifikované programy a další
- Motivační program – bonusy za kvalitně odvedenou práci, povýšení
- Další nejrůznější zaměstnanecké benefity



### 6.1.2 Operátor Technický systém a způsoby jeho inovace

Technickým systémem je myšleno veškeré strojní a softwarové vybavení, které slouží pro efektivní výrobu daného produktu, pro nějž je výrobní proces nastaven. Inovace tohoto operátoru lze realizovat např. těmito způsoby:

- investice do strojního vybavení (nákup nových technologií, modernizace "strojového parku")
- investice do zařízení pro usnadnění fyzické práce (výrobní přípravky a zařízení, roboty, manipulátory, nástroje a nářadí aj.)
- pravidelná údržba a servis všech využívaných technických produktů
- aktualizace stávajícího software, případný nákup nového (software typu CAD, CAM, FEM apod.)

### 6.1.3 Operátor Aktivní a reaktivní prostředí a způsoby jeho inovace

Cílem inovace tohoto operátoru je, aby se pracovníci na daném pracovišti cítili co nejlépe a tím tak mohli odvádět kvalitní pracovní výkony. Možnosti, jak tohoto dosáhnout:

- investice do pracovního prostředí (klimatizované pracoviště, kvalitní odsávání např. pro svařovací, brousící či lakovací pracoviště)
- pravidelná údržba a úklid pracoviště/okolí pracoviště
- vhodné řešení prostorového uspořádání pracoviště (layout pracoviště)
- teambuldingy pro pracovníky

### 6.1.4 Operátor Informační systém a způsoby jeho inovace

Pokud jsou informace v daném podniku kvalitně a správně zpracovávány, lze předejít chybám a nedostatkům ve výrobním procesu. Možnosti, jak tohoto docílit:

- využití a údržba podnikových a informačních systémů (PLM software, SAP apod.)
- inovace a racionalizace pracovních postupů
- pravidelná aktualizace a kontrola aktuální výrobní dokumentace, správa revizí, řízení dokumentace (schvalování, vydávání apod.)
- tvorba a údržba znalostní báze podniku, práce s know-how → znalostní management

### 6.1.5 Operátor Manažerský systém

Správné řízení (management) celého výrobního procesu nebo jeho jednotlivých částí je klíčové pro úspěch daného podniku. Vedení firmy by mělo neustále pracovat na kontinuálním zlepšování/inovacích výr. procesu. Způsoby, jak řídit inovace výr. procesu:

- normování práce
- zavedení systému řízení kvality ISO 9001
- aplikace metod průmyslového inženýrství – JIT (Just in Time), SMED (Single Minute Exchange of Die), 5S, VSM (Value Stream Mapping), TPM (Total Productive Maintenance), KANBAN a mnohé další

Z tohoto výčtu možných způsobů inovací výrobního procesu bude tato DisP dále zaměřena na inovace operátoru TECHNICKÝ SYSTÉM. Jednou z výše uvedených možností inovace je konstruování technických produktů, které jsou v operátoru Technický systém na *Obrázek 6-4* uvedeny pod pojmem **VÝROBNÍ PŘÍPRAVKY A ZAŘÍZENÍ**.

## 7 Výrobní přípravky a zařízení

Výrobními přípravky a zařízeními jsou v této DisP označovány technické produkty, které slouží jako asistující technické produkty pro výrobní proces nebo jako technické produkty v kombinaci se samotnými výrobními a manipulačními stroji.

Tato definice výrobních přípravků a zařízení pro tuto DisP je čistě autorská. Dle autorových zkušeností tvoří největší skupinu technické produkty uváděné v odborné literatuře a praxi pod pojmem PŘÍPRAVEK (německy VORRICHTUNG, anglicky JIG nebo FIXTURE). Pojem přípravek je univerzální pro širokou škálu výrobních a také montážních zařízení. To, zdali nazveme daný technický produkt výrobním přípravkem, výrobním zařízením nebo „jen“ přípravkem je diskutabilní.

To, co pro někoho přípravek je, pro jiného být nemusí. Samozřejmě nelze vyloučit existenci výrobních zařízení, pro která označení přípravek je jednoznačně zcela nevhodné, nebo zcela nesprávné.

Proto označení technických produktů pouze pojmem přípravek/přípravky je pro tuto DisP nahrazeno pojmem **VÝROBNÍ PŘÍPRAVKY A ZAŘÍZENÍ**, což by mělo pokrývat celou oblast těchto specifických technických produktů.

Následující popis problematiky výrobních přípravků a zařízení a jejich členění vychází ze struktury uvedené v [Krátký&Hosnedl 1999]. Tato struktura pokrývá potřebné informace o dané problematice a také koresponduje s teoretickými poznatky z kapitoly 3.

### 7.1 Charakteristika výrobních přípravků a zařízení, jejich taxonomie

Výrobní přípravky a zařízení jsou technické produkty, které lze využít/aplikovat téměř pro jakoukoliv výrobní technologii *Obrázek 6-3*. Jejich základní vlastnosti a význam je shrnut v následujících bodech:

- usnadnění dané výrobní činnosti či operace → operátor (člověk) se nemusí „zbytečně“ namáhat během pracovního procesu
- realizovatelnost dané výrobní činnosti či operace – ve výrobním procesu mohou nastat situace, kdy výrobu dané součásti bez výrobních přípravků a zařízení nelze realizovat (např. nelze danou součást obrobit, smontovat součásti apod.)
- zrychlení výrobního procesu (čas) → větší efektivita výroby
- zajištění požadované kvality včetně redukce zmetkovitosti
- zvýšení/zajištění bezpečnosti výrobních procesů (ve vztahu k člověku a okolí). Právě samotná bezpečnost bývá dost často opomíjena v porovnání s časem, kvalitou a náklady.

Detailněji jsou jednotlivé vlastnosti a význam výrobních přípravků a zařízení uveden v podkapitole 7.3. Pro další teoretický popis problematiky výrobních přípravků a zařízení je nejprve provedena jejich taxonomie. Zde uvedená vlastní taxonomie je inspirovaná taxonomií vycházející z odborné literatury [Řasa a kol. 2003] a je upravena do komplexní podoby pro potřeby této DisP. Tato taxonomie je zobrazena na *Obrázek 7-1*.

Jednotlivé druhy výrobních přípravků a zařízení podle oblastí 1 až 5 jsou uvedeny v Příloze 2 včetně příkladů. Texty pro popis jednotlivých druhů přípravků vychází ze [Zemčík 2003], [Chladil 1992] a jsou zestručněny pro tuto DisP.



Obrázek 7-1 Taxonomie výrobních přípravků a zařízení [zdroj Autor]

## 7.2 Stavební struktura výrobních přípravků a zařízení

Jak vyplývá z uvedené taxonomie, výrobní přípravky a zařízení pokrývají širokou oblast využití, jejíž komplexní problematika je nad rámec této DisP. Z tohoto důvodu je tato DisP primárně zaměřena dle taxonomie z *Obrázek 7-1* na **jednoúčelové přípravky a zařízení pro výrobní technologie**, které jsou **manuální** či **poloautomatické, mechanicky ovládaná**, případně obsahují jako další zdroj energie **pneumatické, hydraulické** či **elektrické** prvky.

Každý přípravek/zařízení se skládá z několika základních částí, které jako celek tvoří výslednou funkci přípravku/zařízení. Tyto základní části jsou rovněž popisovány v odborné literatuře, např. [Hlásek 1986], [Kusá 2014]. Autor DisP stejně jako v předchozí podkapitole 7.1 z těchto zdrojů sestavil taxonomii základních částí, která je zobrazena na *Obrázek 7-2*, a tyto základní prvky jsou pak dále stručně popsány v Příloze 3.

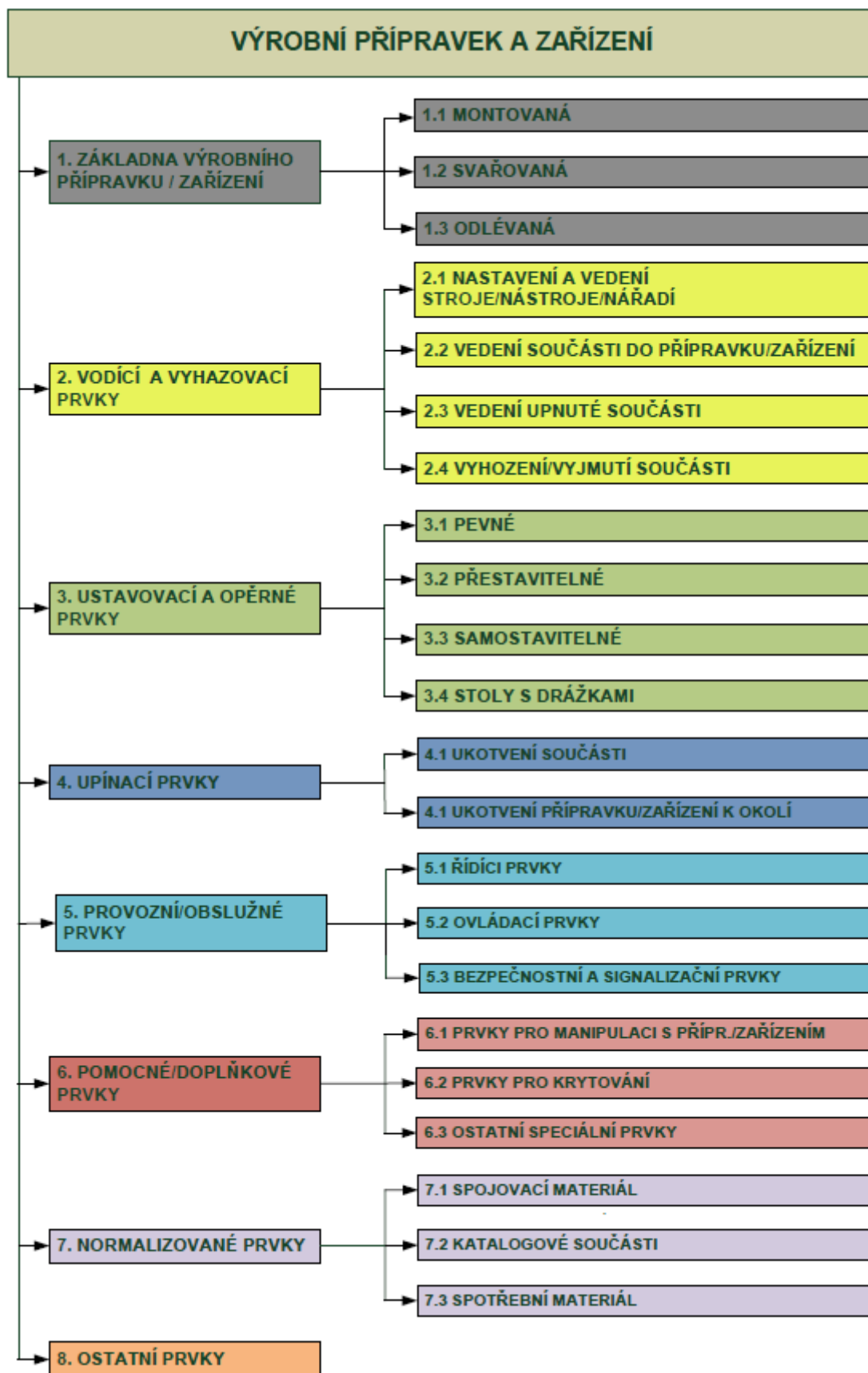
## 7.3 Vlastnosti výrobních přípravků a zařízení

Základní charakteristiky a vlastnosti výrobních přípravků a zařízení již byly zmíněny v kapitole 1 a v podkapitole 7.1. V této podkapitole jsou shrnuty detailněji z hlediska toho, jak by měly přípravky a zařízení fungovat (co by měli „umět“), jaký mohou mít dopad na časy výrobních procesů a jak mohou přispět ke snížení výrobních nákladů

### 7.3.1 Funkční charakteristiky vlastností z hlediska provozu

Body zde uvedené korespondují s jednotlivými prvky výrobních přípravků a zařízení z podkapitoly 7.2. Tím lze usoudit, že požadované funkce přípravku/zařízení jsou určeny správně specifikovanými a zvolenými prvky pro konstrukci výrobního přípravku/zařízení.

- umožnit správné vedení součásti do přípravku/zařízení při jejím vkládání
- správné a jednoznačné ustavení součásti v co nejkratším čase
- zajistit vzájemnou polohu více součástí v přípravku/zařízení
- pevné, rychlé a bezpečné upnutí součásti
- umožnit bezproblémový přístup strojům, nástrojům, nářadím, měřidlům k součásti
- umožnit bezproblémové a rychlé vyjmutí součásti z přípravku/zařízení. V případě montážních přípravků a zařízení je důležité mít vyřešené vyjmutí výsledné smontované sestavy (nikoliv jednotlivých součástí)
- zajistit dosažení požadované přesnosti (různé druhy výrobních přípravků a zařízení mají specifikovány různé přesnosti, které na nich musí být dosaženy)



Obrázek 7-2 Taxonomie základních prvků výrobních přípravků a zařízení [zdroj Autor]

### 7.3.2 Časové charakteristiky vlastností z hlediska rychlosti procesů

- redukce času: výrobní přípravy a zařízení by měly být navrženy tak, aby pracovní cyklus *vložení součásti* → *ustavení* → *upnutí* → *výrobní operace* → *odepnutí* → *vyjmutí součásti* byl co nejkratší v rámci daných možností a okolností
- normování procesů: s využíváním výrobních přípravků a zařízení dokážeme jednoznačně určit čas dané výrobní operace. Tyto informace lze následně s výhodou použít pro návrh následných operací ve výrobním procesu → zajištění plynulého navazování jednotlivých výrobních operací
- eliminace „neefektivních“ časů: toto souvisí např. s přípravou součásti pro výrobní operace, jako jsou značení pozice na součástech atd.

### 7.3.3 Nákladové charakteristiky vlastností z hlediska hospodárnosti

- zajistit opakovatelnost výrobních operací: pokud je výrobní přípravek/zařízení správně navržen, vyroben a provozován, lze pomocí něj zajistit danou výrobní operaci pro stovky až tisíce kusů
- eliminovat zmetkovitost výrobních operací: toto souvisí s bodem výše. Správně navržený a provozovaný výrobní přípravek/zařízení by neměl produkovat zmetkovité součásti či skupiny součástí
- zkušenosti pracovníků: výrobní přípravy a zařízení eliminují náročné zaškolení obsluhy pro danou výrobní operaci. Mohou na nich pracovat i nekvalifikovaní lidé, aniž by byla snížena kvalita vyráběných produktů. Takto může stejný pracovník pracovat i na různých výrobních pracovištích (ne jen stále na jednom – odbourávání monotónnosti práce)
- Zaměnitelnost a kvalita: na jednom typu přípravku lze vyrobit různé součásti při zachování stejné kvality → univerzálnost přípravků pro tvarově a rozměrově podobné součásti

## 7.4 Poznatky pro návrh a hodnocení výrobních přípravků a zařízení

Problematiku návrhu výrobních přípravků a zařízení lze nalézt v odborné literatuře. Mezi vybrané publikace patří např. [Boyes 1989], [Carr Lane 2016], [Hoffman 2004] a [Joshi 2003]. V těchto odborných publikacích jsou z velké části uvedeny základní prvky přípravků/zařízení a instruktivní postupy, jak k problematice návrhu přistupovat. Návrh (konstrukci) přípravků/zařízení dle těchto zdrojů lze rozdělit do dvou fází, jejichž stručný popis je autorem upraven pro potřebu této DisP.

#### 7.4.1 Přípravná fáze

Přípravná fáze je popsána v následujících klíčových bodech, kde je uvedeno, co vše je nezbytné během této fáze vyřešit/zajistit, aby bylo možné kvalitně vyřešit následující hlavní fázi. Tyto body vycházejí z poznatků z odborné literatury uvedené v podkapitole 7.4 a zkušeností a znalostí autora DisP z průmyslové praxe.

- rozhodnout o jaký typ výrobního přípravku/zařízení se bude jednat, pro jakou výrobní operaci/výrobní operace bude navržen, stupeň automatizace přípravku, jaké budou zdroje energie a ostatní dle schématu na *Obrázek 7-1*.
- ověřit zda pro danou součást/součásti na daném výrobním pracovišti je/jsou výrobní přípravky a zařízení potřeba → je třeba znát, jak je dané výrobní pracoviště vytížené a zdali přípravek/zařízení přinese potřebné zvýšení efektivity (případně zvýšení kvality požadovaných vlastností) v poměru k jeho investici na pořízení, tj. vytvořit ekonomickou rozvahu o vhodnosti využití přípravku/zařízení. Toto ovšem neplatí za předpokladu, že bez přípravku/zařízení nelze danou výrobní operaci realizovat → potřeba nalézt cenově efektivní řešení.
- zajistit potřebné dokumenty, bez nichž nelze nebo jen velmi těžko přípravek/zařízení navrhnout. Základ je mít k dispozici správný 3D CAD model, výrobní výkresy, výrobní postup, postup měření či ideálně vyrobenou součást/součásti nebo smontovanou sestavu, pro které se přípravek/zařízení navrhuje.
- vyřešit postup práce/sled činností pro práci s daným výrobním přípravkem/zařízením. Nezapomenout na bezpečnost a ergonomii v pracovním postupu.
- zjistit informace o okolí, kde bude výrobní přípravek/zařízení provozován (dané pracoviště, výrobní stroj apod.) a zjistit i požadavky od obsluhy pro návrh přípravku/zařízení. Tímto lze eliminovat problémy, které mohou nastat při prvním testování přípravku, že např. nepůjde přípravek/zařízení připevnit na pracovní stůl nebo že práce s ním bude pro obsluhu nevhodná.
- sestavit specifikaci požadavků pro výrobní přípravek/zařízení a tu posléze prokonzultovat se zákazníkem. Význam specifikace požadavků je uveden v podkapitole 3.4. Poté co dojde ke schválení specifikace požadavků, lze přejít do následující fáze návrhu výrobního přípravku/zařízení.

Přípravná fáze je často podceňovaná a opomíjená a rychle se přechází do fáze návrhu, ale kvalita a úplnost informací z přípravné fáze a jejich zpracování má značný dopad na fázi návrhu. Chybně získané informace v přípravné fázi vnášejí do fáze návrhu nejasnosti, nepřesnosti a chyby, které vedou k chybné konstrukci a zcela nebo částečně nefunkčnímu přípravku/zařízením v provozu.

#### 7.4.2 Fáze návrhu

Fáze návrhu/konstrukce je zde popsána opět v několika klíčových bodech. Tyto body jsou stručným návodem, na co se zaměřit při návrhu výrobních přípravků a zařízení. Následující body vycházejí opět z poznatků z odborné literatury uvedené v podkapitole 7.4 a zkušeností a znalostí autora DisP z průmyslové praxe.

- při vkládání součásti do přípravku/zařízení zajistit dostatečnou vůli (snazší zakládání a vyjmutí), pokud není nutné bezvůlové uložení součásti nebo naopak je požadavek ochrany proti oděru vybraných ploch zakládané součásti. Velikost vůle je nutno vždy určit podle typu součásti, která se do přípravku/zařízení vkládá a dále podle druhu výrobní operace.
- ovládací prvky přípravku/zařízení by měly být co nejlehčí pro jeho nenáročnou obsluhu a manipulaci s ním, ale zároveň musí být dostatečně tuhé a pevné pro splnění požadované funkce. Hmotnost ručního přípravku/zařízení pro jeho manipulaci má být max. 15 kg.
- součást by měla být vložena v přípravku/zařízení tak, aby upínací síla byla rovnoměrně rozložena po celé ploše součásti. Pozor, aby nedošlo k deformaci nebo poškození upnuté součásti vlivem velké upínací síly. U manuálních upínacích prvků musí být převod mezi ovládacím a upínacím prvkem takový, aby síla vyvozená rukou nepřesáhla 100 N.
- u obráběcích přípravků/zařízení má být obráběná plocha součásti co nejbližší k upínací ploše (eliminace časů na neproduktivní pohyby nástroje). Toto lze obecně uplatnit i pro ostatní přípravky/zařízení, kdy stroj/nástroj/nářadí je vhodné mít co nejbližší upnuté součásti (pokud není zvláštní požadavek na jejich umístění).
- při návrhu/konstrukci nezapomenout zahrnout prvky pro odvod nečistot, třísek, zbytkového materiálu, provozních kapalin apod.
- všechny ostré hrany musí být zaoblené nebo sražené (bezpečnost proti poranění obsluhy).
- zajistit přístupnost dosedacích ploch (opěrné body) pro snadné čištění a údržbu. Umožnit jejich nastavitelnost v případech, kdy potřebujeme doladit nepřesnosti u vyrobené součásti při jejím upínání do přípravku/zařízení.
- části přípravku/zařízení (hlavně dosedací plochy), u kterých lze předpokládat rychlé opotřebení řešit jako vyměnitelné, zvolit pro ně otěruvzdorné materiály (např. HARDOX plechy) a odpovídající tepelné zpracování.
- počet ovládacích prvků by měl být co nejmenší → jednoduchá obsluha, údržba a servis. Smysl pohybu ovládacích prvků pokud možno jednotný.
- při návrhu/konstrukci využívat v maximální možné míře normalizované prvky → cenově efektivnější, záruka na tyto prvky od dodavatele, dostupnost jako náhradní díly.
- odnímatelné části (kalibry, měrky, nářadí apod.) připevnit k přípravku/zařízení např. řetízkem, ocelovým lankem popř. jinými způsoby.
- neopomenout vzhled (DESIGN) přípravku/zařízení (tvary, barevné provedení, loga apod.) a jeho celkové zpracování (je to i „vizitka“ dodavatelské firmy).



- zvolit vhodný materiál. Výrobní přípravky a zařízení jsou obvykle vyrobeny z otěruvzdorných materiálů, tak aby nedocházelo k jejich odírání a mechanickému poškození během jejich častého užívání. Při volbě materiálů pro přípravek bychom měli posuzovat tato hlediska
  - namáhání, opotřebení, tvar a funkci daného přípravku
  - pracovní prostředí, ve kterém bude přípravek nasazen
  - požadovanou přesnost výsledné součásti či skupiny součástí
  - cenu, dostupnost materiálu, výrobní možnosti daného podniku nebo kooperace
  - celkovou hmotnost přípravku

Toto je stručný výčet instruktivních „pravidel“, které bychom měli dodržet při návrhu/konstrukci výrobních přípravků a zařízení. Samozřejmě ne vždy probíhá fáze návrhu bez problémů. Z tohoto důvodu jsou v další podkapitole uvedeny nejčastější problémy, které mohou při návrhu přípravku nastat.

## 7.5 Analýza problémů při řešení výrobních přípravků a zařízení

Touto problematikou se podrobně zabývá publikace [Conesa 2010], která je však zaměřena výhradně na kontrolní a měřicí přípravky/zařízení. Autor DisP tyto poznatky doplnil o své vlastní poznatky pro další typy přípravků/zařízení vyplývající z jeho výzkumu/zmapování problematiky výrobních přípravků a zařízení.

Problémy při řešení výrobních přípravků a zařízení popisují následující faktory:

- a) využitelnost výrobního přípravku a zařízení v daném výrobním podniku
- b) časový harmonogram projektu
- c) pořizovací náklady výrobního přípravku/zařízení
- d) management/řízení projektu
- e) nekvalitní materiály a normalizované prvky
- f) provedení/zpracování vyráběných součástí
- g) informace pro koncové uživatele u zákazníka (mistr, obsluha, servisní technik)
- h) údržba a servis
- i) ostatní

### **ad a) využitelnost výrobního přípravku a zařízení v daném výrobním podniku**

Dle [Conesa 2010] existují tři typy výrobních podniků podle toho, jak přistupují k problematice výrobních přípravků a zařízení.

První typ výrobních podniků je přesvědčen, že výrobní přípravky a zařízení jsou jedním ze zásadních faktorů v celém výrobním řetězci pro dosažení požadované kvality pro jejich zákazníky.

Druhý typ výrobních podniků používá výrobní přípravky a zařízení proto, že to vyžaduje koncový zákazník, kterému je dodáván produkt vznikající s využitím přípravků/zařízení. Samotný podnik ovšem není přesvědčen o jejich smysluplném využití ve výrobním procesu.

Třetí typ výrobních podniků nepoužívá výrobní přípravky a zařízení ve svém výrobním procesu vůbec nebo nakupuje přípravky běžně dostupné, které ale nemusí splňovat všechny potřebné požadavky na konkrétní výrobní operaci.

Aby „druhý“ a „třetí“ typ výrobních podniků získal větší důvěru ve využívání výrobních přípravků a zařízení, je třeba definovat jejich význam, správné využití a přínosy pro daný výrobní proces.

V průmyslové praxi se lze setkat s podniky, které o využití výrobních přípravků a zařízení mají zájem, nicméně jejich požadavky na ně nevyhovují či nepřinášejí pro daný výrobní proces potřebné výhody, které má využití přípravků/zařízení přinést.

První krok v procesu řešení výrobního přípravku/zařízení je určit, zda požadovaný přípravek/zařízení zajistí očekávané výsledky pro danou výrobní operaci. Proto je nejprve třeba analyzovat výrobní proces a na základě výsledků těchto analýz hledat řešení problémů ve výrobním procesu.

#### **ad b) časový harmonogram projektu**

Pokud se výrobní podnik rozhodne pro potřebu výrobního přípravku/zařízení, je nutné určit časový harmonogram projektu návrhu a dodání výrobního přípravku/zařízení.

Výrobní podniky většinou požadují dodání výrobního přípravku/zařízení co nejrychleji, jelikož zjistí potřebu přípravku/zařízení na poslední chvíli. Požadavek co nejkratšího dodacího termínu je často příčinou nevyjasnění potřebných požadavků pro přípravek/zařízení. Takto vzniká „narychlo“ dodané řešení přípravku/zařízení, které je většinou nefunkční a je potřeba jeho opravy/úpravy. Přitom čas vynaložený na opravy/úpravy mohl být věnován k vypracování kvalitního zadání a specifikace požadavků.

#### **ad c) pořizovací náklady výrobního přípravku/zařízení**

Pokud jsou vyjasněny záležitosti potřeby přípravku/zařízení a časového harmonogramu, následuje určení ceny požadovaného přípravku/zařízení. V procesu návrhu/konstrukce výrobního přípravku/zařízení je bez kvalitní specifikace obtížné stanovit výslednou cenu přípravku/zařízení, která je zásadní pro zákazníka, zdali vůbec přípravek/zařízení realizovat či nikoliv.

Do výsledné ceny požadovaného přípravku/zařízení je nutné zahrnout náklady na návrh/konstrukci, výrobu, montáž, distribuci, testování a případné úpravy. Proto ceny výrobních přípravků a zařízení nejsou nijak nízké a zásadní problém bývá obhájit cenu přípravku/zařízení před zákazníkem.

Při hodnocení nákladů je proto důležité znát návratnost investice do přípravku/zařízení a posoudit klíčové faktory, jako např. zvýšení kvality a bezpečnosti, snížení zmetkovitosti, či dokonce nemožnosti dosažení požadované kvality výroby bez použití přípravku/zařízení a další faktory. Tyto faktory poté porovnat s náklady na přípravek/zařízení. Je třeba najít kompromis mezi požadovanou kvalitou přípravku a s tím související cenou.

#### **ad d) management/řízení projektu**

Body a) až c) popisovaly zásadní problémy, které mohou vzniknout před samotným procesem návrhu výrobního přípravku/zařízení. Pokud dojde na realizaci návrhu výrobního přípravku/zařízení, je třeba řešit problémy, které mohou nastat v tomto a následujících faktorech.

Významným faktorem je „součinnost“ zákazníka a dodavatele během celého procesu návrhu přípravku, tj. kvalitní management/řízení projektu. Mezi klíčové aktivity při řízení projektu patří: komunikace a vzájemná spolupráce při tvorbě specifikace požadavků pro výrobní přípravek/zařízení, schválení zadání, konzultace a kontrola koncepčních návrhů, průběžné zpětné vazby, schválení konstrukčního řešení apod.

Pokud management/řízení projektu oboustranně neplní požadované aktivity, důsledkem je zvyšování pravděpodobnosti rizika dodání přípravku/zařízení, který nebude v provozu splňovat všechny potřebné funkce.

#### **ad e) nekvalitní materiály a normalizované prvky**

Výše uvedené faktory ad b) a ad c) ovlivňují tento faktor, kdy je pro realizaci přípravku/zařízení použit nevhodný materiál, který v dlouhodobém horizontu při využívání přípravku/zařízení nebude splňovat potřebné požadavky na něj kladené (otěruvzdornost, teplotní stabilita, odolnost proti únavě atd.). V některých případech je nedostatek času důvodem, proč nelze zajistit např. kvalitní povrchovou úpravu přípravku/zařízení nezbytnou k jeho správné funkci, jako je eloxování, nitridace, kalení, teflonování a jiné další. Použité materiály by měly mít potřebnou kvalitu, aby nedocházelo k jejich trvalé deformaci či dalším poškozením během používání přípravku/zařízení v provozu. Totéž platí i pro normalizované součásti, které také musí mít potřebnou kvalitu, aby nebylo nutné je často měnit a opravovat/servisovat.

#### **ad f) provedení/zpracování vyráběných součástí**

Porozumění správné funkce přípravku/zařízení je zároveň i zásadní pro jeho vyrobitelnost včetně opracování povrchu a povrchových úprav. I když jsou splněny všechny požadavky na přípravek/zařízení, může dojít k výrobním chybám (nedodržení výrobních tolerancí, nevhodná drsnost povrchu aj.), které mohou ohrozit správnou funkčnost celého přípravku/zařízení. Při návrhu/ konstrukci je proto optimální mít k dispozici finální produkt, pro který je přípravek/zařízení navrhován, a tak detekovat a minimalizovat chyby při jeho používání. Dále je třeba brát v potaz i provedení funkčních ploch. Jelikož se s těmito plochami dostává obsluha přípravku/zařízení do kontaktu, jejich zpracování musí být provedeno kvalitně, aby nemohlo dojít k poranění pracovníků.

#### **ad g) informace pro koncové uživatele**

Součástí dodávky přípravků/zařízení je návod na obsluhu (nemusí být vždy vyžadován, hlavně u jednodušších typů přípravku). Ne vždy lze totiž navrhnout přípravek tak, aby ho mohl jakýkoliv uživatel obsluhovat ihned bez zaškolení. Návod na obsluhu musí obsahovat popis jednotlivých operací tak, jak mají na sebe vhodně navazovat. Tento návod by měl zabránit chybám, jako je např. vložení dílů v nesprávném pořadí za sebou do přípravku/zařízení, špatné napolohování dílu v přípravku/zařízení atd.

Tyto chyby a nedodržení předem stanovených výrobních postupů má značný vliv na velikost zmetkovitosti výroby. Největší dopad mají tyto chyby u sériové výroby, kde jsou pak škody násobné.

#### **ad h) údržba a servis**

Prostředí, ve kterém jsou výrobní přípravky a zařízení provozovány (pokud se nejedná o laboratorní proozy), bývají plné prachu, nečistot a dalších negativních vlivů, které mohou mít dlouhodobě nepříznivý vliv na správné fungování přípravku/zařízení. Proto je nutné dodržovat naplánované kontroly související s jejich údržbou. Kontrola by měla odhalit, zda je přípravek/zařízení skutečně používán tak, jak má a zda je správně kalibrován (kalibrace je nutná zejména pro kontrolní přípravky). Při údržbě je vhodné se zaměřit na základní prvky přípravků/zařízení (vodící, ustavovací a opěrní, upínací a další). Pokud je součástí přípravku/zařízení i návod k obsluze, provést kontrolu správnosti a aktuálnosti tohoto dokumentu. Po kontrole je potřeba otestování zkontrolovaného přípravku/zařízení na několika součástech, a tudíž ověření jeho správného nastavení a funkčnosti.

Údržbu přípravku/zařízení by měl provádět buď určený pracovník v podniku, nebo samotný dodavatel. Provádění pravidelné údržby výrobních přípravků a zařízení slouží také jako zdroj informací pro jejich následné inovace. Při provádění údržby jsou zjišťovány problémy, které ukazují slabá místa v konstrukci výrobních přípravků zařízení. Tyto informace je třeba využít při návrhu/konstrukci dalších přípravků a předejít tak „starým“ chybám.

#### **ad i) ostatní**

Další výše neuvedené problémy, které jsou specifické pro daný výrobní přípravek/zařízení. Tyto problémy vycházejí z konkrétní situace a konkrétních požadavků na výrobní přípravek/zařízení. Takovýmto problémem může být např. nevhodné barevné provedení přípravku/zařízení nekorespondující s barevným provedením/vzhledem stávajících přípravků/zařízení v dané výrobní lince, nebo problematická dopravitelnost hotových přípravků/zařízení k zákazníkovi.

#### **SHRNUTÍ:**

Zde uvedené problémy při řešení výrobních přípravků a zařízení ad a) až ad i) je možné do značné míry eliminovat důsledně a vhodně provedeným zadáním včetně specifikace požadavků, které musí být co nejjednoznačnější.

Ovšem co přípravek, to různá specifikace a co zákazník, to odlišný přístup ke specifikaci požadavků na přípravek zmiňovaných v několika faktorech této podkapitoly. Významu specifikace požadavků při návrhu přípravku je věnována následující podkapitola, kde jsou specifikovány důležité faktory, které je třeba řešit při návrhu přípravků. Základ těchto faktorů vychází z výše uvedených problémů při řešení přípravků.



## 7.6 Potřeba specifikace požadavků pro výrobní přípravky a zařízení

Specifikace požadavků pro návrh výrobních přípravků a zařízení je důležitá jak pro dodavatele, tak pro zákazníka jako kontrolní dokument. Specifikace by měla obsahovat všechny potřebné informace pro návrh daného přípravku/zařízení. Specifikaci lze s výhodou použít jako „vodítko“ pro tvorbu cenové nabídky pro zákazníka, případně i pro určení rizikovosti projektu návrhu přípravku/zařízení.

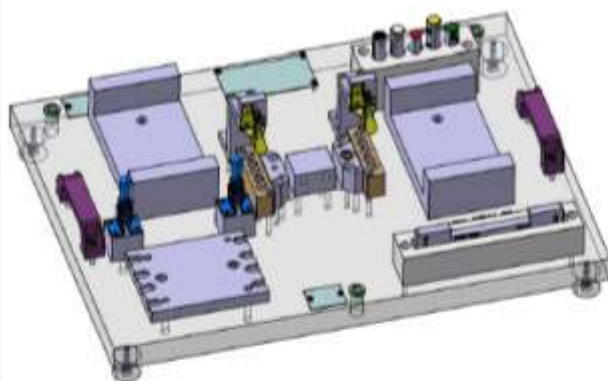
Dle zdroje [Conesa&Becerra 2010], který se problematikou specifikace pro návrh různých typů výrobních přípravků a zařízení zabývá, by měla specifikace požadavků obsahovat informace, které jsou „obrazem“ informací uvedených v této kapitole. Ve specifikaci musí být rovněž uvedeny i body mimo proces návrhu přípravku jako balení, expedice, servis apod.

### Shrnutí základních údajů ve specifikaci požadavků pro výrobní přípravky a zařízení:

- informace o produktu od zákazníka, pro který je přípravek/zařízení navrhován
- typ/druhy použitých strojů, nástrojů, náradí, měřidel a dalších zařízení potřebných pro výrobní operaci, pro kterou je přípravek/zařízení navrhován
- identifikace jednotlivých prvků přípravku/zařízení
  - způsob vložení/vyjmutí součásti/součástí
  - správná orientace součásti/součástí v přípravku/zařízení
  - způsob upnutí součásti/součástí v přípravku/zařízení
  - prvky pro manipulaci s přípravkem/zařízením
- vhodně zvolené materiály pro návrh a následnou výrobu
- výrobní tolerance (s jakou přesností má být součást/součásti umístěny v přípravku/zařízení)
- způsob identifikace částí přípravku/zařízení pro snazší použití (identifikační štítky dílů, barevné značení, nálepky aj.)
- způsob schválení výsledného návrhu zákazníkem před jeho výrobou, princip změnového řízení
- požadavky na interní podnikové směrnice zákazníka, které má přípravek/zařízení splňovat
- požadavky na technickou a výrobní dokumentaci
- požadavky na uživatelský manuál (návod k obsluze) viz *Obrázek 7-3*
- požadavky na balení a přepravu/distribuci
- požadavky na údržbu a servis
- další požadavky vycházející z funkce a použití přípravku/zařízení

		<b>CHECKING FIXTURE USER MANUAL</b>		DATE: 14/01/2010
PROJECT		DENOMINATION		
		EXAMPLE OF USER MANUAL		
CUSTOMER		FIXTURE CODE	Example_000	
		PART CODE	INDEX	DATE
		000 000 000	OR	05/09/2009

CHECKING FIXTURE Example\_000



**HOW TO MOUNT AND CENTER THE PART ON THE CHECKING FIXTURE:**

- 1- Check that the checking fixture is clean and well-maintained
- 2- Check the visual state of the part
- 3- Make sure that the checking fixture fixation points are clean
- 4- How to center the part:

Obrázek 7-3 Ukázka uživatelského manuálu pro kontrolní přípravek [dostupné online na [tecnomatrix.com](http://tecnomatrix.com)]

Problematika procesu návrhu výrobních přípravků a zařízení je trendem, který se neustále vyvíjí – vznikají nejrůznější softwarey pro podporu návrhu přípravků/zařízení, knihovny a databáze s CAD modely přípravků/zařízení a jejich prvků a další podpůrné zdroje. Z tohoto důvodu je v této DisP uvedena i následující podkapitola věnující se moderním trendům v návrhu výrobních přípravků a zařízení.

## 7.7 Nové směry a trendy pro návrh výrobních přípravků a zařízení

Nové směry a trendy poskytují vyšší stupeň automatizace jak pro návrh přípravku/zařízení, tak i pro jeho využití ve výrobním procesu. Tento obor bude mít v budoucnu s největší pravděpodobností velký potenciál z následujících důvodů

- stále vyšší intenzita nasazovaná robotů ve výrobě, a s tím spojená potřeba rychlého návrhu a dodání výrobních přípravků a zařízení pro robotické aplikace
- nedostatek výrobních kapacit podniků. Pracovníky obsluhy je nutno nahradit roboty či jinými automatizovanými zařízeními, aby tito pracovníci mohli vykonávat jinou (neautomatizovanou) činnost

- zvýšení výrobní produktivity – roboty a automatizovaná zařízení mohou pracovat téměř bez přestávky (přestávky v tomto případě zahrnují pravidelný servis a údržbu těchto zařízení)

Mezi moderní přístupy pro návrh a využití přípravků autor DisP vybral:

- využívání databází s CAD modely jednotlivých prvků pro přípravky a zařízení. Mezi tyto databáze patří např. TraceParts [dostupné na [www.traceparts.com](http://www.traceparts.com)], GrabCad [dostupné na [www.grabcad.com](http://www.grabcad.com)], Part Solution [dostupné na [www.partsolutions.com](http://www.partsolutions.com)] aj.
- simulační nástroje pro obrábění, montáž a ergonomii, kdy tyto procesy probíhají v daném výrobním přípravku/zařízení
  - simulace obrábění v navrženém přípravku pro obrábění, kde lze zjistit, zda nástroj nenarazí do přípravku, zda je přípravek vhodný pro upnutí na daném CNC stroji, zda CNC stroj je schopen v daném přípravku obrobít součást atd. Mezi tyto simulační nástroje patří např. SolidCAM [dostupné na [www.solidcam.com](http://www.solidcam.com)], EdgeCAM [dostupné na [www.edgcamcz.cz](http://www.edgcamcz.cz)] aj.
  - simulace proveditelnosti jednotlivých montážních operací v reálném čase s využitím montážního přípravku/zařízení včetně vyřešení problematiky ergonomie pro obsluhu přípravku/zařízení. Mezi tyto simulační nástroje patří např. Delmia [dostupné na [www.3ds.com](http://www.3ds.com)], Tecnomatix [dostupné na [www.plm.automation.siemens.com](http://www.plm.automation.siemens.com)] aj.
- robotické simulátory pro výrobu, montáž, kontrolu a rozpoznávání tvarů (tzv. vision systémy). Dodavatelé robotů vyvíjí vlastní simulační software, pomocí kterého v reálném čase lze simulovat budoucí výrobní operace v přípravcích/zařízení s využitím robotů. Mezi tyto simulační nástroje patří např. Roboguide [dostupné na [www.fanuc.com](http://www.fanuc.com)], Robotstudio [dostupné na [www.abb.com](http://www.abb.com)] aj.
- počítačová podpora návrhu přípravků CAFD (Computer Aided Fixture Design). Informace o CAFD lze nalézt v [Rong 2005]. Vyvinuté aplikace jsou často implementovány do CAD software. Jedná se o speciální programy, většinou zaměřené přímo na problematiku návrhu přípravků.
- integrované moduly v CAE softwarech podporující urychlení návrhu přípravků, které jsou dostupné od vývojářů nejznámějších CAD software – Siemens NX, DS Catia, DS Solidworks, PTC CREO, Autodesk Inventor.

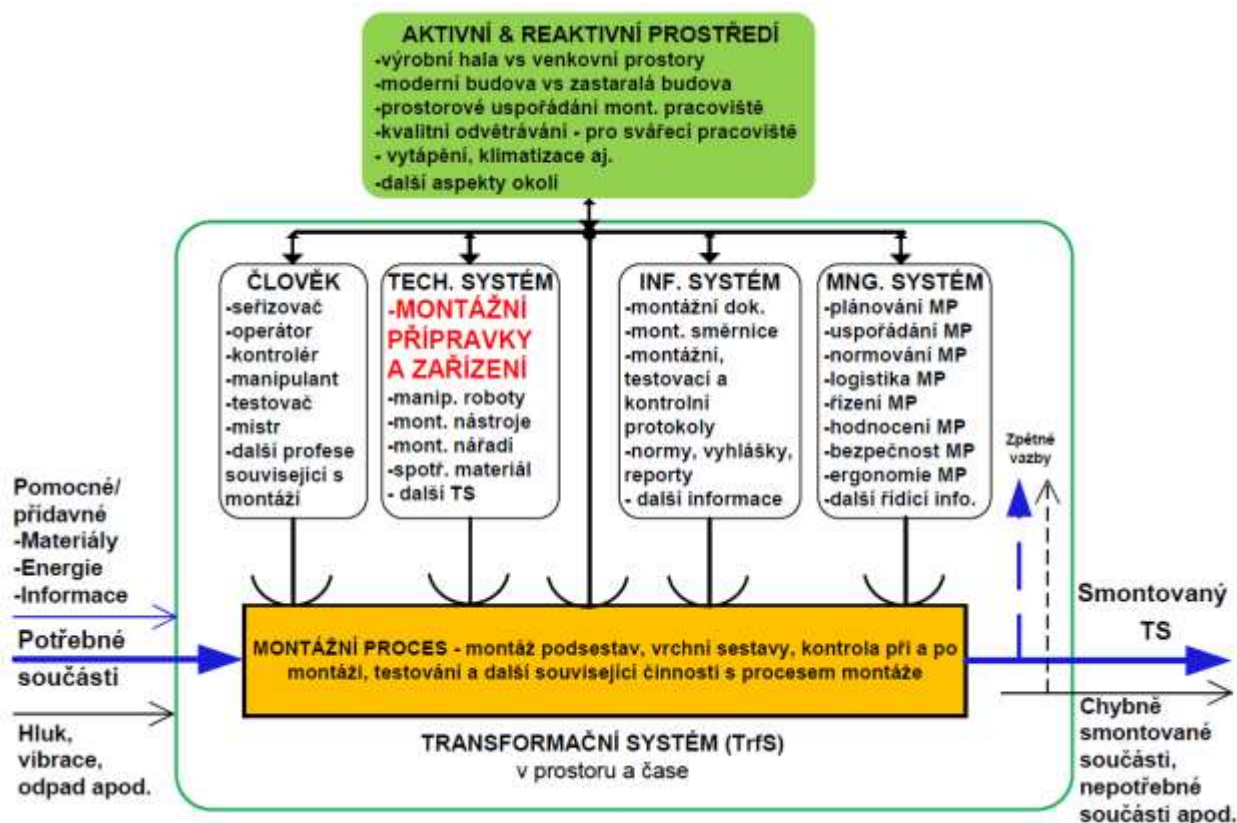
Jak již bylo uvedeno, výrobní přípravky a zařízení se využívají v mnoha oblastech výrobních procesů a je nad rámec této DisP zaměřit se na všechny výrobní procesy. Dále je DisP proto zaměřena na proces montáže, jak je odůvodněno v kapitole 1.

## 8 Montážní přípravy a zařízení

V úvodu této kapitoly je opět nejprve vyjasněno označení **MONTÁŽNÍ PŘÍPRAVKY A ZAŘÍZENÍ**. Toto označení zahrnuje technické produkty, které slouží jako asistující technické produkty pro montážní proces, který je součástí výrobního procesu. Tato definice je autorská a zahrnuje produkty, které nemusí být primárně jen pro spojování součástí. Patří sem i produkty související s dalšími montážními činnostmi od přípravy, úpravy a kontroly součástí pro montáž, měření a kontroly smontovaných sestav, odzkoušení a případně balení a jejich předání do dalších výrobních a nevýrobních procesů. Pojmem montážní přípravy a zařízení, lze charakterizovat také např. montážní podavače, polohovačla, dopravníky, univerzální manipulátory a další, které slouží jako podpora montážního procesu, ale obecné označení přípravků (montážní přípravků) pro ně není vhodné.

Pokud tedy bude montážní proces považován jako komplexní proces, lze pro jeho zobrazení na *Obrázek 8-1* opět využít obecný model transformačního systému (TrfS), který již byl aplikován na výrobní proces.

Možnosti inovací jednotlivých operátorů (člověk, technický systém a další) zobrazených v modelu transformačního systému nebudou dále uváděny, jelikož jsou podobné těm, které jsou uvedené pro výrobní proces. Stejně jako v předchozím případě se budeme dále věnovat operátoru **TECHNICKÝ SYSTÉM** a způsobu jeho inovace se zaměřením na montážní přípravy a zařízení. Jak již bylo uvedeno, proces montáže zahrnuje řadu činností. Na tyto činnosti je blíže zaměřena následující podkapitola, pro identifikaci všech potenciálních oblastí, kde lze montážní přípravy a zařízení využít.



Obrázek 8-1 Transformační systém montážního procesu [Hosnedl 2015]



## 8.1 Montážní činnosti a jejich taxonomie

Montážní činnost lze charakterizovat jako soubor činností lidí, zařízení a strojů, jejichž vykonáváním ve stanoveném pořadí a čase vznikne z jednotlivých součástí a montážních skupin výrobek v požadovaném stavu. Montáž je obvykle závěrečnou částí výrobního procesu [Petrů&Čep 2012].

Montážní činnosti lze dále blíže specifikovat dle druhu výroby – zda se jedná o montáž pro kusovou, sériovou nebo hromadnou výrobu. Každá z těchto druhů montáží je specifická, takže montážní přípravek/zařízení pro shodnou součást může být odlišný dle druhu výroby. Montážní přípravek/zařízení v hromadné výrobě musí většinou splňovat náročnější požadavky než montážní přípravek/zařízení pro kusovou výrobu. Jednotlivé druhy výroby a s nimi spojená montáž nejsou v této DisP řešeny. Stejně tak problematika organizace, plánování montáže, lidských zdrojů pro montáž a dalších faktorů ovlivňujících montážní proces. Tato problematika se týká operátoru manažerský systém a je oblastí pro průmyslové inženýry.

Taxonomie montážních činností uvedená na *Obrázek 8-2* vychází z členění dle [Petrů&Čep 2011] a je obdobně jako taxonomie v předchozích kapitolách přizpůsobena z hlediska její komplexnosti pro cíle této DisP.

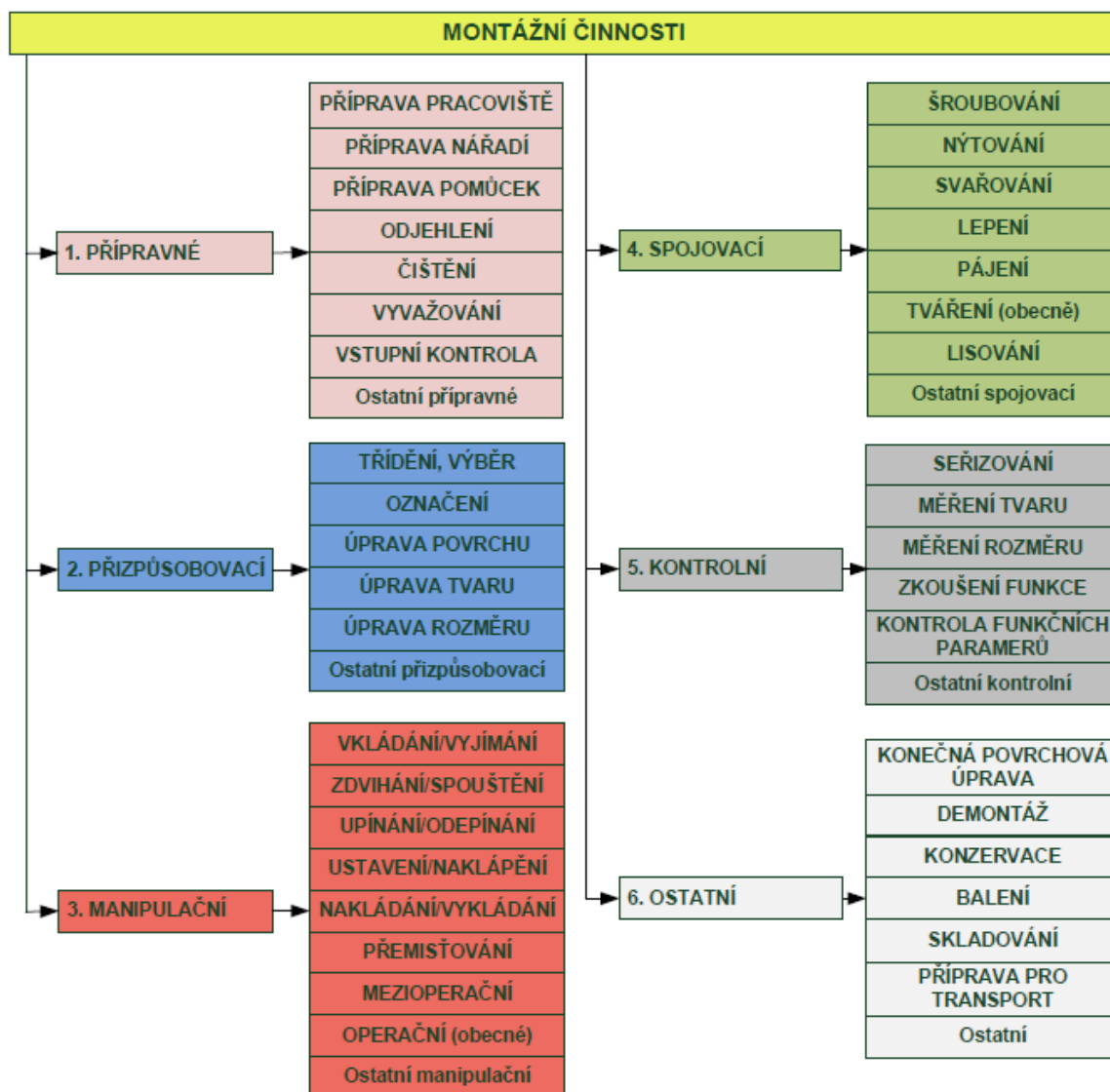
Montážní činnosti zde pokrývají komplexní spektrum běžných montážních činností. Pod pojmem běžná montážní činnost však nejsou zahrnuty speciální montážní činnosti, které provádějí specializované firmy. Běžné montážní činnosti jsou blíže specifikovány v textu k *Obrázek 8-2*.

*Ad1. Přípravné činnosti:* jsou dále charakterizovány od přípravy pracoviště po vstupní kontrolu, jsou důležité pro zajištění správných součástí pro montážní proces. Montážní přípravky a zařízení používané pro tyto činnosti mají za úkol odhalit chybně vyrobené, nakoupené či dodané součásti, které by v další fázi procesu montáže mohly způsobovat problémy a komplikace a znehodnotit tak výsledný produkt.

*Ad2. Přizpůsobovací činnosti:* využívané montážní přípravky a zařízení jsou zaměřeny na další přípravu součástí pro následné montážní činnosti a případnou úpravu součástí ze vstupní kontroly z přípravných činností.

*Ad3. Manipulační činnosti:* jsou důležité pro pohyb součástí na daném montážním pracovišti, mezi pracovišti (např. pohyb na lince). Montážní přípravky a zařízení pro tyto činnosti jsou charakterizovány specifickým pohybem, který mají vykonávat, a často se jedná o kombinaci více pohybů dohromady.

*Ad4. Spojovací činnosti:* pomocí těchto činností se vytváří produkt, který má být výsledkem montážního procesu. Tyto činnosti jsou v celém montážním procesu nejdůležitější a nejfrekventovanější a žádný montážní proces se neobejde bez těchto druhů činností. Logicky tak lze usoudit, že po montážních přípravcích/zařízeních na tyto činnosti je největší poptávka v průmyslu.



Obrázek 8-2 Taxonomie montážních činností [zdroj Autor]

*Ad5. Kontrolní činnosti:* následují po činnostech spojovacích. Pomocí nich se ověřuje správné spojení součástí do montážních skupin nebo výsledného celku. Chyby odhalené pomocí těchto montážních přípravků/zařízení lze buď opravit (pokud je to možné a žádané) nebo se smontovaný celek vyřadí jako vadný kus (zmetek). Montážní přípravky a zařízení pro tyto činnosti by z hlediska přesnosti měly být nejpřesnější nebo minimálně stejně přesné jako přípravky/zařízení pro spojovací činnosti - záleží opět na daném produktu, který se v procesu montuje.

*Ad6. Ostatní činnosti:* jedná se o dokončovací činnosti smontovaných sestav, činnosti související s opravami nebo likvidací (viz demontážní činnosti) a činnosti přípravy pro distribuci smontovaných celků. Montážní přípravky a zařízení pro tyto činnosti bývají většinou univerzální, jelikož není potřeba mít na každý smontovaný celek např. svůj balicí přípravek.

## 8.2 Analýza uplatnění montážních přípravků a zařízení ve výrobním procesu

Důvody pro uplatnění montážních přípravků a zařízení ve výrobním procesu byly uvedeny v úvodní kapitole 1. Cílem této teoreticko-metodické části DisP (kapitoly 6, 7 a 8) je prokázat, že důvody uvedené v kap. 1 jsou opodstatněné a že problematika navrhování montážních přípravků je aktuálním a důležitým tématem pro řešení DisP.

To, zda nasazení montážního přípravku/zařízení do procesu montáže přinese očekávaný výsledek, je třeba řešit před návrhem (fáze přípravy), během návrhu (fáze návrhu) a na závěr ověřit otestováním přípravku v provozu (fáze testování/verifikace) před jeho nasazením do „ostrého“ provozu. Je třeba si stanovit požadované klíčové vlastnosti montážního přípravku/zařízení a indikátory těchto vlastností pro daný proces, které budou hodnoceny v jednotlivých fázích. Indikátory musí být pro každou fázi stejné a v každé fázi měřitelné a hodnotitelné.

*Pozn. Informace o indikátorech vlastností jsou uvedeny v podkapitole 3.3. Místo pojmu indikátor vlastnosti se lze při hodnocení vlastností setkat s pojmem metrika.*

Způsoby zjišťování, tj. predikce a/nebo měření hodnot indikátorů vlastností v jednotlivých fázích:

- Fáze přípravy: v této fázi se z pravidla jedná o kvalifikovaný odhad odborníka. Další způsob vychází ze zkušeností a know-how týkajících se podobného případu úspěšně realizovaného v procesu montáže.
- Fáze návrhu: určení hodnot indikátorů vlastností ve fázi návrhu lze provést např. výpočtem, simulací, využitím virtuální reality, metodami rapid prototypingu.
- Fáze testování: v této fázi je získání hodnot pro stanovené indikátory vlastností nejpřesnější, jelikož se indikátory měří/hodnotí na hotovém montážním přípravku/zařízení v jeho testovacím provozu. V ideálním případě by hodnoty indikátorů zvolených vlastností naměřené v této fázi měly být, co se hodnot týče, lepší než v předchozích fázích, a tím tedy potvrzen jednoznačný přínos montážního přípravku/zařízení pro danou montážní činnost.

*Pozn. Ne všechny vlastnosti lze ve fázi testování „změřit“, např. životnost, spolehlivost a bezpečnost je zjišťována/určována na základě výsledků z dlouhodobého chování montážního přípravku/zařízení v „ostrém“ provozu.*

Důležité indikátory vl. pro určení očekávaného přínosu montážního přípravku/zařízení:

- využitý čas pro práci s přípravkem/zařízením → efektivita. Sleduje se hodnota zkrácení/úspory času pro danou montážní operaci s využitím přípravku/zařízení, která je porovnána s hodnotou pro stejnou montážní činnost bez přípravku/zařízení nebo se zastaralým přípravkem/zařízením.
- poměr náklady na montážní přípravek/zařízení vs. přidaná hodnota (ne vždy ušetřený čas při práci s přípravkem/zařízením odpovídá nákladům investovaným do jeho pořízení vzhledem k plánované době jeho používání). Do tohoto hodnocení opět nepatří skupina montážních přípravků a zařízení, bez kterých danou výrobní činnost nelze realizovat nebo jen velice obtížně.
- bezpečnost – klíčová vlastnost sledovaná u každého montážního přípravku/zařízení. Indikátory této vlastnosti by neměly být nikdy opomenuty. Nezaměřovat se jen na bezpečnost ve vztahu přípravek/zařízení vs. člověk, ale i přípravek/zařízení vs. prostředí a bezpečností z hlediska pevnosti → přípravek/zařízení může prasknout a nezranit, ale nemusí prasknout a může zranit, příp. i usmrtit!
- ergonomie - jak může využití přípravku/zařízení usnadnit obsluhu fyzickou námahu pro montážní činnost.
- počet pracovníků pro práci s přípravkem/zařízením – lze docílit využitím montážního přípravku/zařízení redukcí pracovníků pro danou montážní činnost.
- další jako např. doba návratnosti investice, problematika servisu a údržby, problematika reklamací, využitelnost přípravku/zařízení pro další činnosti.

Další zdroje informací ohledně teoretických poznatků se zaměřením montáž, montážní proces, montážní činnosti, montážní zařízení lze nalézt v [Nof et al 1997], [Dušák 2005] aj.

## 9 Zkušenosti s návrhem montážních přípravků a zařízení a jejich zhodnocení

Poslední část teoreticko-metodické části DisP je zaměřena na shrnutí praktických poznatků a popis problémů, se kterými se samotný autor DisP opakovaně setkal při návrhu montážních přípravků a zařízení. Jednotlivé problémy jsou shrnuty v následujících bodech a korespondují s obecnými problémy uvedenými v podkapitole 7.5:

- **Problematická komunikace:** špatná komunikace mezi zákazníkem a dodavatelem přinášející často dodatečné změny v zadání během projektu.
- **Neúplné zadání a specifikace požadavků:** zadání bylo nekompletní a specifikace měla jen obecný charakter. Často se pak zásadní informace začaly objevovat až ve fázi výroby, kdy konstrukční řešení už bylo hotové.
- **Neověření informací:** „slepá víra“ informacím poskytnutým od zákazníka nebo dodavatelů součástí. Neověření informací a práce s informacemi nesprávnými, např. chybná vstupní CAD data, neúplné výkresy, neznámé parametry zařízení, pro které se měl přípravek/zařízení navrhnout apod.
- **Nekvalifikované projektové řízení:** problematika návrhu přípravku/zařízení je řešena s nekompetentní osobou (např. projektový manažer, který neměl odborné znalosti pro posouzení technického řešení montážního přípravku/zařízení, tudíž zpětná vazba od zákazníka nebyla adekvátní) nebo se k řešení návrhu přípravku/zařízení pověřená osoba od zákazníka nevyjádřila. Velká míra vstřícnosti a důvěry v projektové vedení se často negativně projevila ve výsledném návrhu a dodání hotového přípravku/zařízení.
- **Nevhodně zvolené součásti a materiály:** týká se hlavně nakupovaných součástí, např. vybrané levné méně kvalitní komponenty, které poté byly poruchové, nebo zcela nesplňovaly požadovanou funkci přípravku/zařízení. Cena těchto komponent byla nižší a kvalita zpracování horší, ale velká cenová úspora v procesu návrh převážila nad výslednou kvalitou a zpracováním přípravku/zařízení.
- **Neúplná/nebo chybná výrobní dokumentace:** tento faktor způsobuje problémy s výrobou přípravku/zařízení. Výrobní dokumentace předtím, než je zaslána zákazníkovi, by měla být zkontrolována i jinou pověřenou osobou než samotným konstruktérem přípravku/zařízení. V okamžiku, kdy je zaslána chybná dokumentace zákazníkovi a on podle ní začne přípravek vyrábět, vzniká řada nepříjemností, které mohou způsobit i nefunkčnost vyrobeného přípravku/zařízení, a tím požadavek na náhradu škody od dodavatele.
- **Parametry testování přípravku/zařízení:** nevhodně nastavené parametry pro testování nebo nesprávně zvolené okolí pro testování. Příklad: testování přípravku/zařízení proběhlo na jiném pracovišti, než na kterém bude přípravek/zařízení provozován. Ačkoliv pracoviště vypadala jako shodná, byla v některých svých částech odlišná a, co na jednom pracovišti fungovalo, tak to na druhém nikoliv. Pokud je dodaný přípravek/zařízení

otestován za jiných podmínek, než na které byl navrhován, může při testování dojít i k jeho poškození a znehodnocení. Často se stává, že testování nevyhoví z důvodu opomenutí některých požadavků, na které buď konstruktér zapomněl, nebo mu je zákazník zapomněl sdělit. Zákazník by měl před prvním testováním přípravku zajistit adekvátní podmínky pro ověření správné funkce dodaného přípravku/zařízení.

Všechny výše uvedené faktory vedou ke špatně navrženým konceptům, chybným konstrukčním návrhům a nefunkčním přípravkům/zařízením v provozu. Tím způsobí více práce, reklamace, změny, opravy a úpravy již vyrobeného přípravku/zařízení a v nejhorším případě i jeho fyzickou likvidaci.

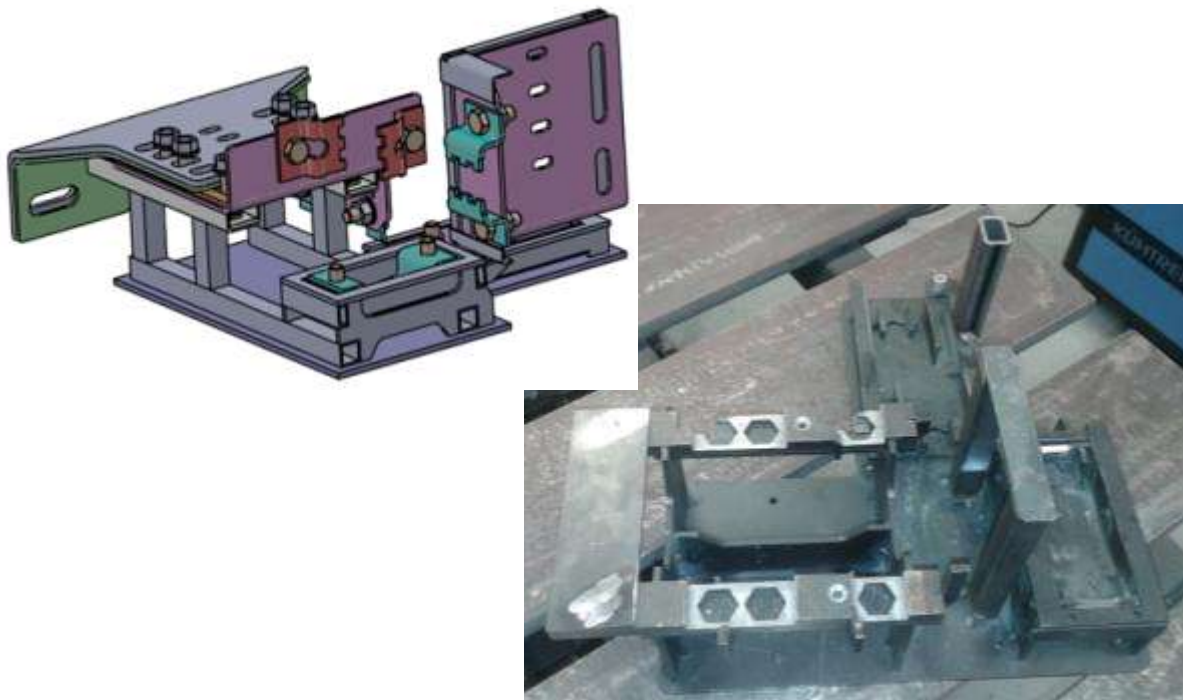
## 9.1 Ukázky praktických příkladů

Příklady zde uvedené jsou doložením předchozích poznatků. U daného přípravku/zařízení bude vždy uveden konkrétní problém, který nastal, a jeho následné řešení. Jelikož je tato DisP veřejná, v rámci anonymity nejsou uváděny názvy příslušných podniků.

### A) Spojovací MP do sériové výroby pro spojování plechových dílů šrouby

#### Uvedení do problematiky:

Navrhovaný přípravek měl sloužit v sériové výrobě pro spojení 7 kusů ocelových plechů pomocí několika šroubových spojů. S využitím tohoto přípravku měl být výsledný montážní celek smontován na jednom pracovišti. Tento navržený a dodaný přípravek je vyfocený na *Obrázek 9-1*. Tento přípravek byl během testování (jeden den v provozu) značně poškozen a prohlášen tak za nefunkční.



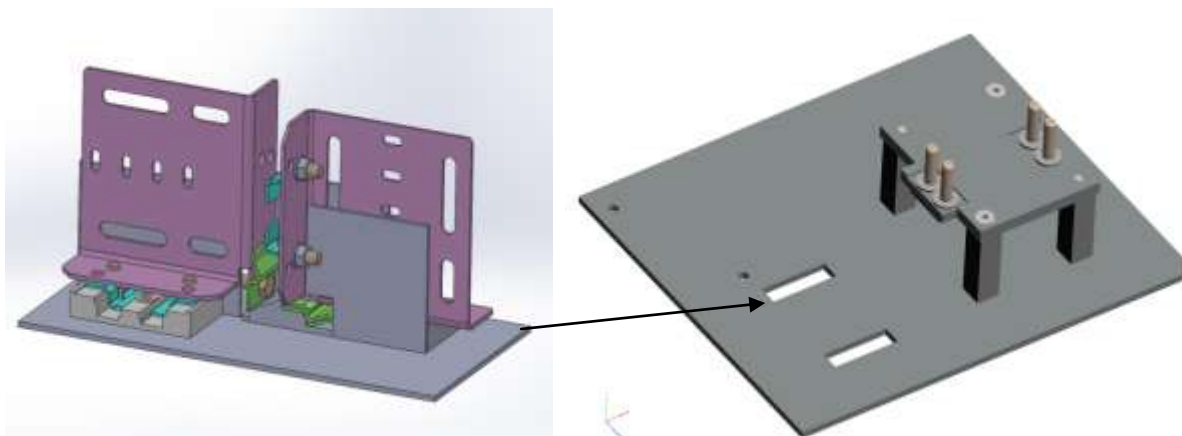
Obrázek 9-1 Navržený MP (vlevo), poškozený MP v testovacím provozu (vpravo) [zdroj Autor]

### Problémy a chyby při řešení projektu:

Po testování přípravku byly zjištěny následující problémy a chyby:

- špatné údaje v zadání (hlavně velikost utahovacího momentu šroubů, který byl násobně větší, než bylo předpokládáno, a tím došlo k trvalé deformaci míst pro ustavení šroubů v přípravku)
- neověření informací v zadání a nezjištění klíčových požadavků od zákazníka
- neodsouhlasený montážní postup pro práci s přípravkem
- management projektu – zadavatel neznal všechny potřebné údaje, které se posléze ukázaly jako klíčové
- podcenění náročných podmínek sériové výroby ze strany konstruktéra

Na základě těchto poznatků byl řešen nový návrh, který již splňoval správné požadavky, které byly získány z testování původního přípravku, a rovněž byly doplněny další potřebné požadavky zákazníkem pro práci s přípravkem. Na *Obrázek 9-2* je zobrazen upravený přípravek, který již byl „robustnější“ a splňoval správné požadavky.



Obrázek 9-2 Upravený přípravek na základě výsledků testování a přezkoumání zadání [zdroj Autor]

### **B) Montážní zařízení pro ustavení a držení obtížně namontovatelné součásti**

#### Uvedení do problematiky:

Montážní operace (montáž plechového tlumiče hluku), pro kterou se montážní zařízení navrhovalo, muselo původně provádět více osob – min. 4 osoby. Více osob se ale obtížně vešlo do stísněného prostoru stroje, v němž probíhala montáž. Cílem návrhu byla jeho jednoduchá montáž zařízení na rám stroje, podepření a ukotvení montované součásti a po úspěšné montáži rychlá demontáž montážního zařízení ze stroje. Využití montážního zařízení mělo přinést snížení fyzické námahy osob pro montáž a jejich redukci – ze čtyř osob bez zařízení na dvě osoby s montážním zařízením.

Navržené a posléze odsouhlasené řešení bylo dodáno k prvnímu testování na stroji. Bohužel při první montáži tohoto zařízení na stroj byly zjištěny chybné rozměry montážního zařízení pro požadované okolí, na které bylo navrhováno - *Obrázek 9-3*, kde je červenou čarou vyznačena požadovaná výchozí pozice montážního zařízení.



Obrázek 9-3 Pozice montážního zařízení při první montáži na stroj [zdroj Autor]

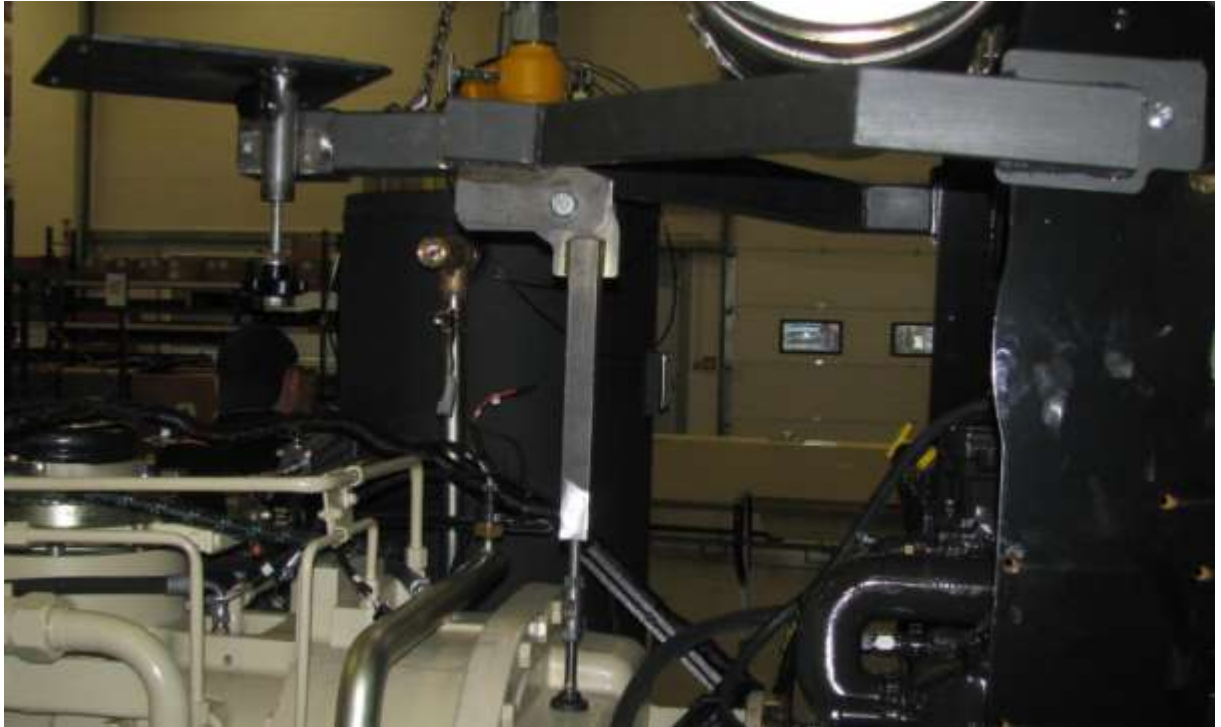
#### Problémy a chyby při řešení projektu:

Po montáži zařízení na stroj byly zjištěny následující problémy a chyby:

- CAD model stroje, pro který bylo montážní zařízení navrhováno, neodpovídal skutečnému stroji: Návrh montážního zařízení byl proveden dle rozměrů z CAD modelu. Z tohoto důvodu nebylo montážní zařízení ve správní pozici během první montáže do stroje.
- Nevhodná fixace komponenty na montážním zařízení, která měla být montována do stroje → bezpečnost, ergonomie.

Po zjištění těchto problémů a chyb bylo řešení montážního zařízení upraveno do podoby zobrazené na *Obrázek 9-4*. Takto upravené montážní zařízení bylo při zástavbě do stroje funkční a byla rovněž vyřešena i fixace komponenty pro montáž do stroje.



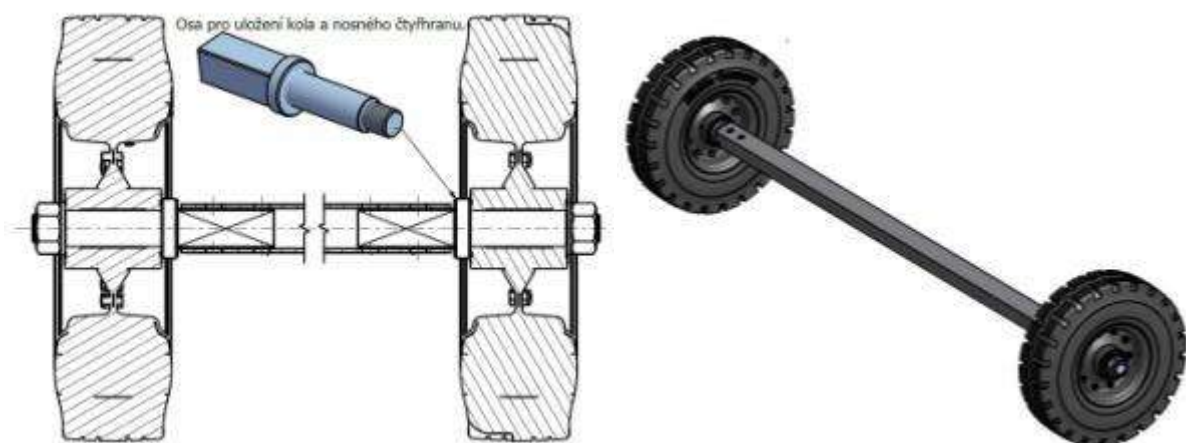


Obrázek 9-4 Upravené montážní zařízení ve správné pozici na stroji [zdroj Autor]

### C) Manipulační zařízení pro mezioperační manipulaci mezi montážními pracovišti

#### Uvedení do problematiky:

Návrh jednonápravového manipulačního vozíku, který sloužil v procesu montáže pro přepravu svařovaných rámu. Vozíky byly vždy dva – jeden na začátku svařovaného rámu a druhý na konci. Samotná nástavba vozíku byla již vyřešena, bylo potřeba vyřešit ukotvení této nástavby na nápravu, která měla být navržena pro specifická kola a rozměry. Navržená náprava je zobrazena na *Obrázek 9-5*.



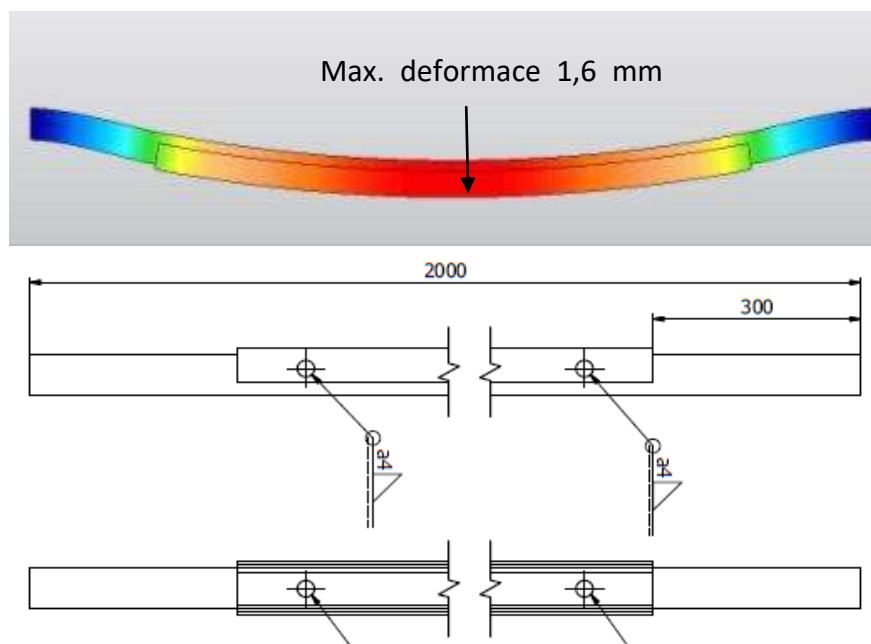
Obrázek 9-5 Náprava manipulačního vozíku [zdroj Autor]

### Problémy a chyby při řešení projektu:

Během zkušebního provozu byly zjištěny následující problémy a chyby:

- Náprava byla dimenzována na zátěž 3 000 Kg. Během zkušebního provozu bylo zjištěno, že nejtěžší přepravovaný rám má vyšší hmotnost, než byla dimenzována náprava.
- Chybou zákazníka byla, že zapomněl konstruktéra informovat o možnosti přepravy „těžších“ rámu. Sám konstruktér ovšem neuvažoval během návrhu dostatečný koeficient bezpečnosti při pevnostním návrhu.

Náprava se během zkušebního provozu trvale zdeformovala z důvodu vysokého zatížení. Zákazníkem byla stanovena správná hodnota zátěže 500 kg. Jelikož kola a uložení kol byla vyhovující pro novou zátěž a rozměry čtvercového profilu nápravy musely být zachovány, bylo nutné vyztužit stávající profil. Řešení je zobrazeno na *Obrázek 9-6*, kde byl stávající profil „podvařen“ U profil, čímž došlo k jeho vyztužení a splnění podmínek pevnosti a tuhosti.

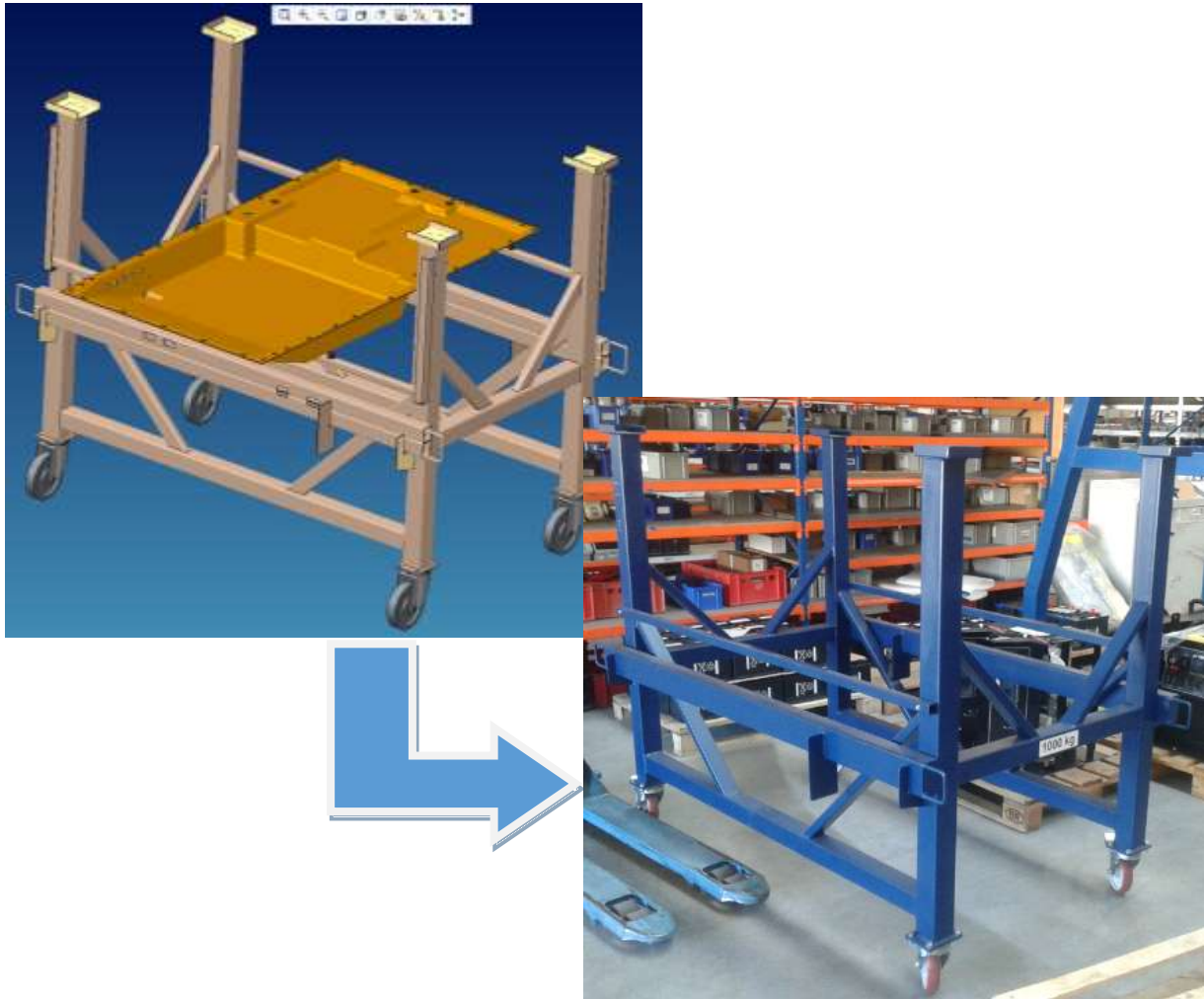


Obrázek 9-6 Vyztužený profil, který je „podvařený“ U profilem [zdroj Autor]

## **D) Ustavovací přípravek pro montáž plastové vany**

### Uvedení do problematiky:

Předmětem projektu návrh a dodávka montážního přípravku, na který se ustavil rám stroje, aby se na spodní část stroje mohla namontovat plastová vana zachycující nečistoty. Návrh přípravku byl zaslán ke schválení zákazníkovi. Zákazník měl obavu, že přípravek bude příliš robustní, a požadoval všechny rozměry jednotlivých profilů a přehledový výkres svařeného rámu včetně příslušenství. Zákazník se na základě této předběžné dokumentace rozhodl, že o přípravek nemá zájem, a projekt byl „neúspěšně“ ukončen. Po cca roce, kdy jsem byl v této firmě ohledně jiného projektu, jsem viděl navržený přípravek postavený u montážní linky. Přípravek vypadal úplně stejně jako ten na rozměrovém náčrtku, který byl zaslán ke kontrole.



Obrázek 9-7 Zamítnutý návrh MP (vlevo), vyrobený MP na montážní lince (vpravo) [zdroj Autor]

#### Problémy a chyby při řešení projektu:

- špatný management projektu a poskytnutí „nadstandardního“ množství informací. Důsledky této chyby mohou být následující:
  - z poskytnutých informací je zákazník schopen realizovat výrobu přípravku ve vlastní režii, tj. neplatí dodavateli za návrh
  - na základě poskytnutých informací si zajistí zákazník výrobu u jiného dodavatele, kterému nebude muset platit za návrh
  - smluvně neošetřena tvorba návrhů (konceptních i konstrukčních) ze strany dodavatele, které poté nejsou realizovány

Na základě těchto „omylů“ a „chyb“ se autor DisP rozhodl věnovat problematice návrhu montážních přípravků a zařízení hlouběji a využít své dosavadní znalosti, které získal v rámci doktorského studia, z vědecko-výzkumných projektů, poznatků z výuky interdisciplinárních studentských projektů pro průmyslové podniky a při práci vývojového konstruktéra v průmyslové praxi.

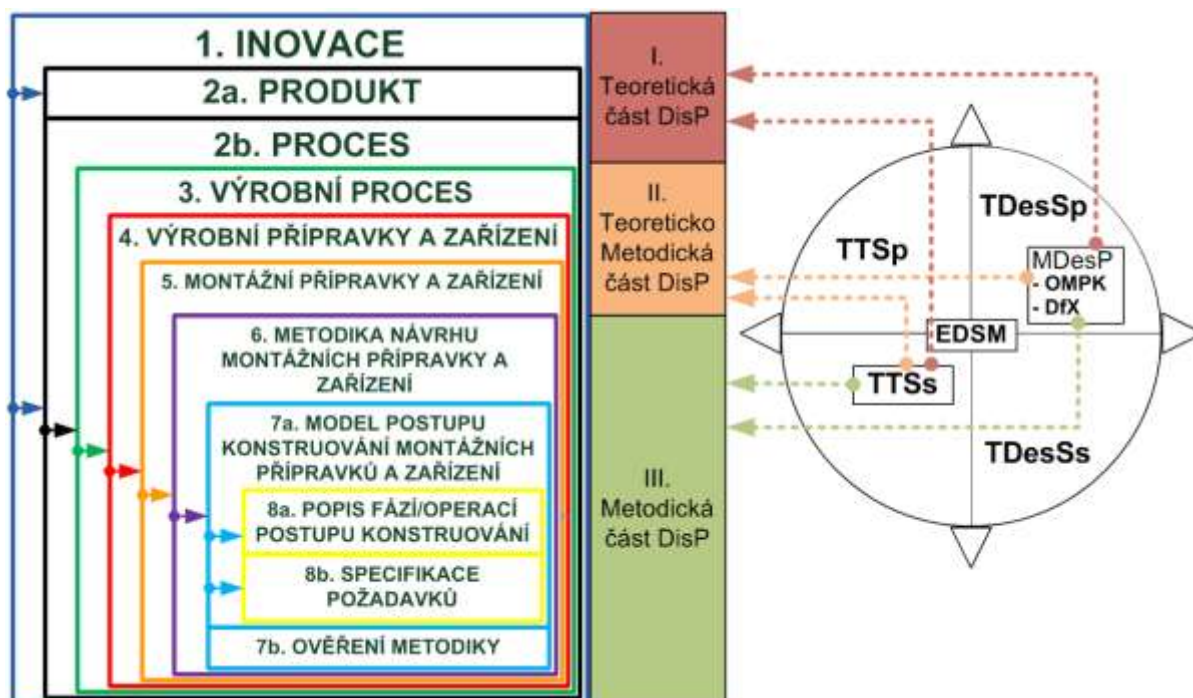
## 10 Shrnutí teoreticko-metodických poznatků

Poznátky z předchozí teoretické části jsou v této části DisP (kapitola 6 až 9) zaměřeny na inovace výrobních procesů pomocí výrobních přípravků a zařízení. Jelikož je tato problematika velice rozsáhlá, byla dále konkretizována na vybraný výrobní proces, a to sice na proces montážní se zaměřením na montážní přípravky a zařízení, které lze využít v tomto procesu. Montážní proces je v této DisP rozdělen z hlediska jednotlivých činností, pro které lze navrhovat montážní přípravky a zařízení. Problematika návrhu montážních přípravků a zařízení je poté zhodnocena a jsou vyspecifikovány problematické oblasti, na které bude zaměřena metodická část této DisP.

Závěr teoreticko-metodických poznatků uvedených v kapitole 6 až 9 je ve stručnosti následující:

- Uplatnění automatizace a zvyšování bezpečnosti ve výrobních procesech přináší větší potřebu nasazení výrobních přípravků a zařízení ve výrobních respektive montážních procesech.
- Potřeba montážních přípravků a zařízení pro montážní proces je aktuálním tématem pro výrobní podniky a jednou z možností inovací jejich výrobních procesů.
- Dle rešerší odborné literatury neexistuje metodika pro návrh výrobních přípravků a zařízení. Autoři v odborné literatuře se zaměřují na samotné přípravky a jejich jednotlivé prvky, detailně popisují použití těchto prvků ve stavbě přípravků, včetně poznatků pro návrh a kontrolu nebo se věnují moderním metodám, jak zefektivnit návrh přípravků pomocí CAFD (počítačově podporovaný návrh přípravků).
- Problematika správně vytvořené specifikace požadavků je zásadní pro úspěšnou realizaci projektu návrhu a dodání správně fungujícího přípravku. Specifikace požadavků je součástí procesu návrhu přípravků, a tudíž by měla být i součástí metodiky pro návrh přípravků.

Tyto poznatky budou dále aplikovány pro tvorbu metodiky zaměřené na návrh montážních přípravků a zařízení. Schematické zobrazení navrhovaného postupu řešení metodické části DisP je spolu s předchozími částmi zobrazeno na *Obrázek 10-1*.



Obrázek 10-1 Zobrazení dalšího postupu řešení DisP a vazby mezi jednotlivými částmi [zdroj Autor]

Z poznatků uvedených v teoretické a teoreticko-metodické části lze stanovit cíl a hypotézy pro dosažení tohoto cíle. Pokud se hypotézy ukážou jako platné, lze z toho odvodit přínosy této disertační práce pro řešenou oblast

## 10.1 Stanovení cíle disertační práce

Na základě rešerše odborné literatury, vlastních zkušeností a poznatků z vědy/výzkumu-výuky-praxe, rozhovorů a jednání s odborníky z akademické sféry i průmyslové praxe se potvrzuje, že výrobní přípravky a zařízení přináší značné výhody a úspory ve výrobním procesu. Ve velké řadě případů bez přípravků/zařízení nelze výrobní činnosti vůbec realizovat. Každý výrobní podnik „bojuje“ s problematikou výrobních přípravků/zařízení po svém. V ČR existuje mnoho menších/středních firem které se věnují návrhu výrobních přípravků a zařízení. Problematika návrhu je v těchto firmách založena výhradně na zkušenosti a know-how konstruktérů, kteří přípravky/zařízení navrhují. Zkušenost a know-how je samozřejmě nezastupitelná. Problémem ovšem je, že tyto zkušenosti a know-how se dlouze budují/získávají v daném podniku, nebo samotný konstruktér je získává velice dlouho během své praxe.

Toto je hlavní důvod vzniku zaměření této DisP na vytvoření teorie a metodiky včetně teoretických a praktických poznatků pro začínající, ale i zkušenější konstruktéry, kteří by v této DisP našli poznatky a zkušenosti týkající se návrhu uvedené oblasti výrobních přípravků a zařízení, vč. speciálních poznatků typu „Design for X“, např. jak při návrhu optimálně postupovat, na co si dát pozor, čemu se vyhnout, apod.

Pro stanovení tohoto cíle byly stanoveny následující hypotézy, pomocí kterých se autor DisP pokusí prokázat naplnění cíle DisP.

## 10.2 Stanovení hypotéz pro dosažení cíle disertační práce

### Hypotézy pro dosažení cíle DisP:

- Lze vyvinout teorii a metodiku navrhování výrobních přípravků a zařízení se zaměřením na montážní procesy?
- Teorie a metodika přináší vyšší efektivitu do procesu návrhu montážních přípravků a zařízení?
- Navrženou teorii a metodiku lze obecně aplikovat při procesu návrhu montážních přípravků a zařízení?
- Navrženou teorii a metodiku lze aplikovat i na jiné případy než návrh montážních přípravků a zařízení?
- Navržená specifikace požadavků má pozitivní přínos pro proces návrhu montážních přípravků a zařízení?
- Navrženou specifikaci požadavků lze aplikovat i na jiné případy než na návrh montážních přípravků a zařízení?
- Lze zlepšit/zefektivnit komunikaci a přenos informací mezi zákazníkem a dodavatelem montážního přípravku/zařízení?
- Lze vytvořit znalostní bázi, která zefektivní proces návrhu montážních přípravků a zařízení?

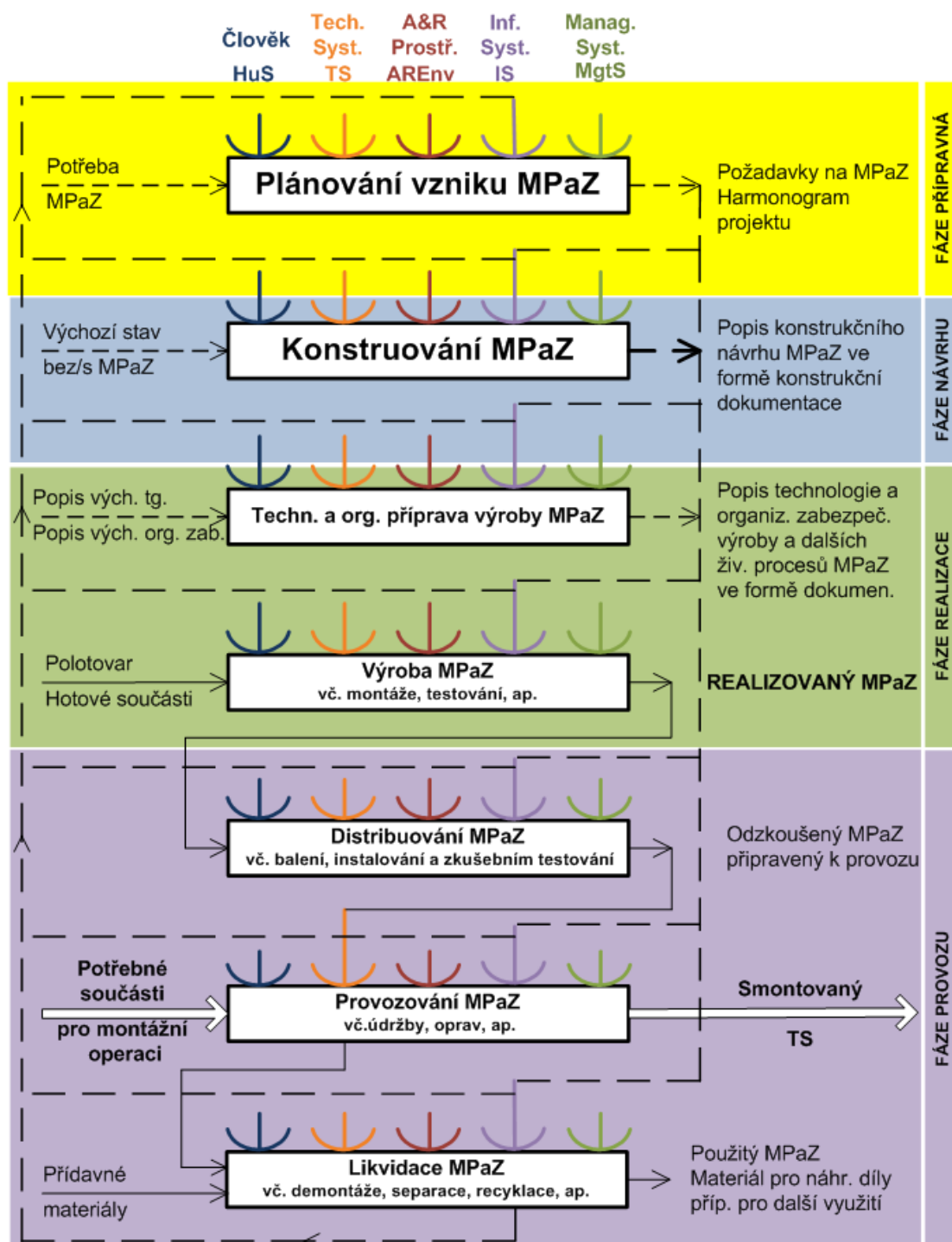
## 10.3 Předpokládané přínosy disertační práce

Pokud bude prokázána platnost hypotéz pro dosažení cíle DisP, lze očekávat následující přínosy této DisP:

- rychlá orientace v problematice návrhu montážních přípravků a zařízení
- informace a poznatky pro studenty strojírenských oborů
- informace a poznatky pro začínající i zkušené konstruktéry
- informace a poznatky pro další profese zabývající se návrhy montážních přípravků a zařízení
- ukázky/návody, jak správně tvořit specifikaci požadavků pro návrh montážních přípravků/zařízení a jaký může mít specifikace přínos
- využívání znalostní báze jako pomocníka/podpory při návrhu montážních přípravků a zařízení

## 11 Metodika návrhu montážních přípravků a zařízení

Navržená metodika pro návrh montážních přípravků a zařízení vychází z životního cyklu technického systému TS. Model tohoto životního cyklu je zobrazen v kapitole 3 na Obrázek 3-3. Pro potřeby navrhované metodiky byl tento obecný model konkretizován pro problematiku návrhu montážních přípravků a zařízení (v modelu uvedených jako MPaZ) a je zobrazený na *Obrázek 11-1*.



Obrázek 11-1 Životní cyklus montážního přípravku a zařízení [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2017]

Tento model byl rozdělen do několika fází, které barevně „rozdělují“ jednotlivé transformační procesy. Proces plánování zobrazuje fázi přípravnou a proces konstruování fázi návrhu. Toto rozdělení odpovídá poznatkům z podkapitoly 7.4, která je zaměřena na návrh a hodnocení výrobních přípravků a zařízení. Tyto dvě fáze budou dále detailněji popsány ve formě metodických poznatků.

Navazující procesy technologická a organizační příprava výroby a výroba jsou sloučeny do fáze realizace. Každý z těchto procesů lze popsat svojí vlastní fází, ale jelikož tato DisP není primárně na tyto procesy zaměřena, jsou zde sloučeny do jedné fáze. Vývojový diagram pro fázi realizace je uveden v příloze 4 této DisP. Tento diagram zobrazuje možnost, jak může tato fáze vypadat a které činnosti se v ní obvykle vyskytují.

Poslední fáze – fáze provozu zahrnuje procesy distribuování, provozování a likvidace. Tato fáze není v této DisP řešena z důvodu okrajového řešení fáze realizace. Informace o činnostech uvedené v této fázi by nebyly relevantní a ověřené v rámci této DisP.

Pro další stupeň konkretizace přípravné fáze a fáze návrhu byl dále využit obecný model postupu konstruování uvedený v podkapitole 3.6 a zobrazený na *Obrázek 3-11*. Tento obecný model byl konkretizován pro řešení problematiky montážních přípravků a zařízení s vyznačením jednotlivých fází a je zobrazen na *Obrázek 11-2*.

Žlutou barvou stejně jako v případě modelu životního cyklu je zde vyznačena fáze přípravná a modrou barvou fáze návrhu. Jednotlivé činnosti uvedené v tomto modelu jsou pro každou fázi detailně popsány v následujících kapitolách.

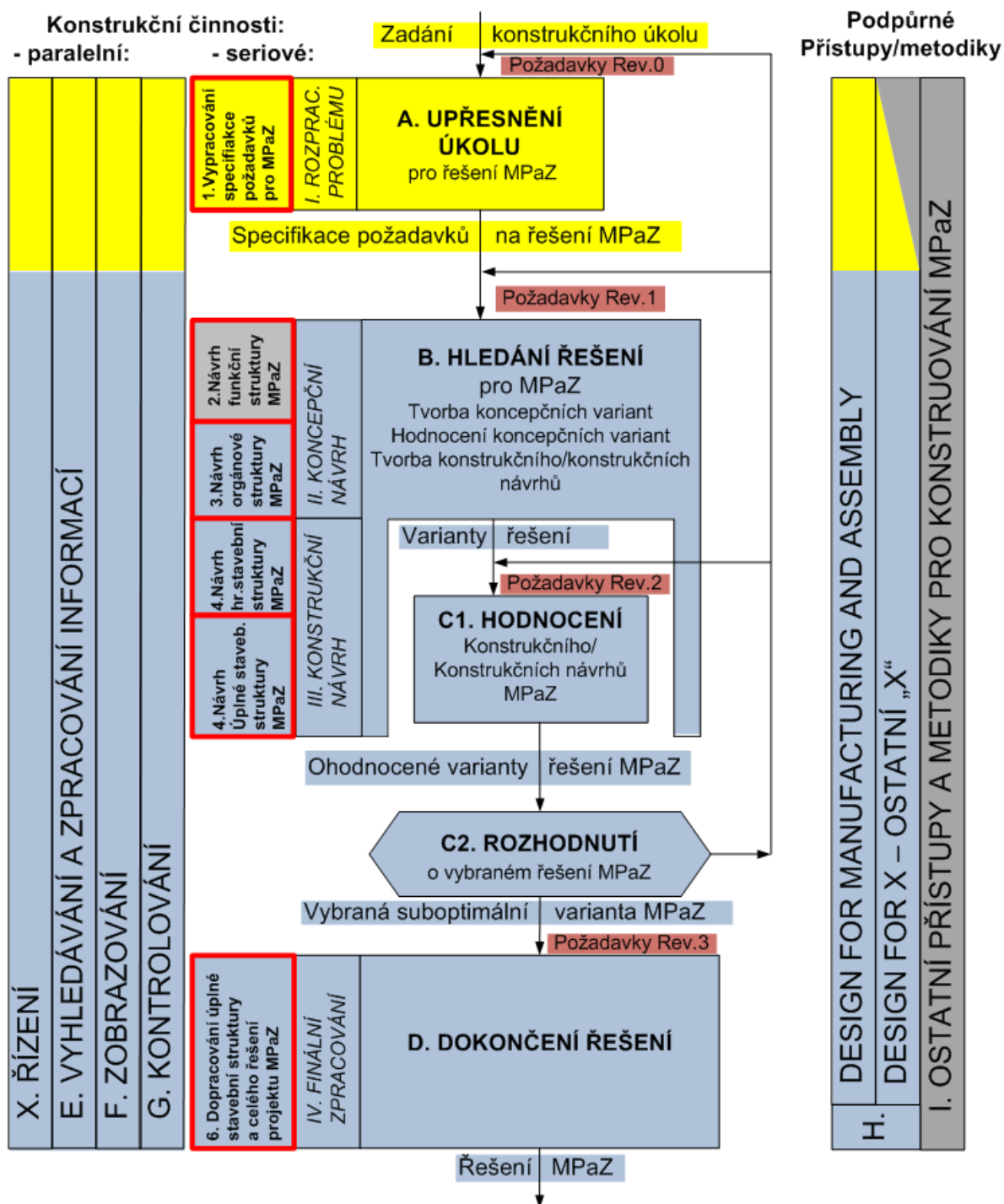
Zde zobrazený model je navíc rozšířen o část podpůrných přístupů/metodik, které lze využít pro zefektivnění konstrukčních činností uvedených v základním modelu OMPK.

V tomto modelu je šedou barvou vyznačena činnost návrhu funkční struktury MPaZ. Neznamená to, že by zde tato činnost byla chybně uvedena nebo do modelu nepatří, ale při řešení problematiky návrhu montážních přípravků a zařízení je tato činnost prakticky nevyužívána, proto zde bude zmíněna pouze okrajově.

Metodiky H. Design for X – Ostatní „X“ jsou ve fázi přípravy částečně značeny šedou barvou. V tomto případě to znamená, že dostupné metodiky DfX nemusí obsahovat potřebné informace využitelné pro tuto fázi.

Ostatní metodické přístupy I. jsou označeny šedou barvou, jelikož nejsou zahrnuty/aplikovány při řešení této DisP.





Obrázek 11-2 Obecný model návrhu MPaZ [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2017]

Dále jsou do modelu přidány Revize požadavků tak, jak se požadavky pro MPaZ mohou měnit/aktualizovat během návrhu MPaZ. V modelu jsou revize označeny jako Rev. 0 - 4. Význam jednotlivých revizí je vysvětlen v Tabulka 11-1.

Dílčím cílem navrhované metodiky pro MPaZ je redukovat změny/úpravy požadavků ve fázi návrhu, tj. aby specifikace požadavků vytvořená v přípravné fázi obsahovala všechny potřebné požadavky, které budou ověřené, tj. budou správně definované a zhodnocené, tj. budou realizovatelné ve fázi návrhu a dalších navazujících fázích.

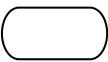
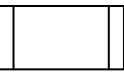

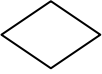
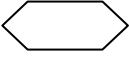

Označení revize	Vysvětlení významu dané revize
<b>Rev. 0</b>	Jedná se o výchozí stav požadavků uvedených v zadání projektu pro návrh MP/MZ.
<b>Rev. 1</b>	Požadavky získané v procesu analýzy požadavků v případě, že požadavky uvedené v zadání nejsou kompletní, jsou nejasné a je třeba jejich další ověření a zhodnocení.
<b>Rev. 2</b>	Aktualizace požadavků na základě navržených a ohodnocených koncepčních variant.
<b>Rev. 3</b>	Aktualizace požadavků na základě konstrukčního návrhu a jeho hodnocení.

Tabulka 11-1 Revize požadavků v průběhu návrhu MPaZ [zdroj autor]

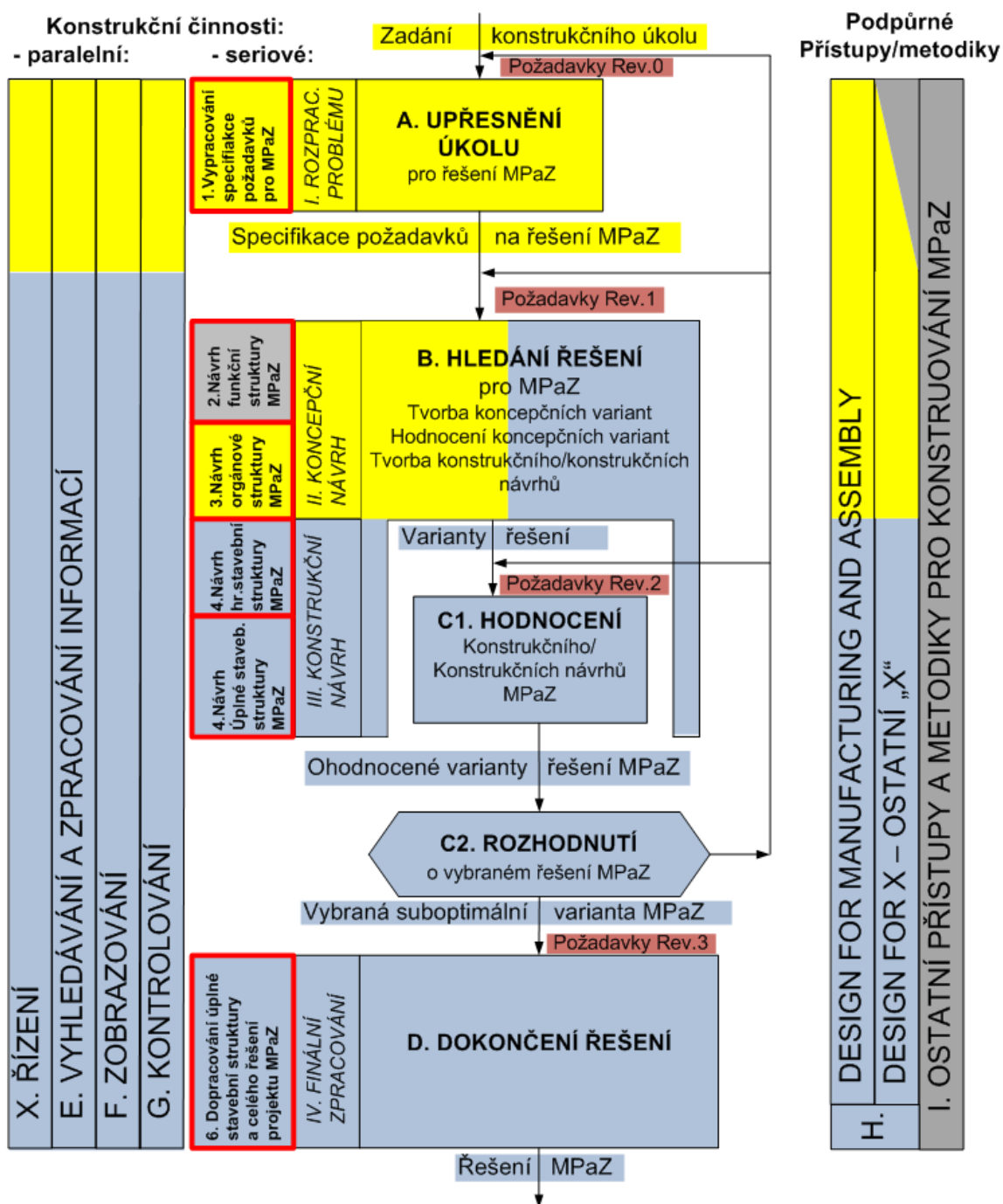
V průmyslové praxi je přípravná fáze velmi často součástí i části B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ, jak je zobrazeno na *Obrázek 11-3*. Zákazníci, kteří poptávají daný montážní přípravek/zařízení, vyžadují alespoň koncepční řešení daného montážního přípravku/zařízení předtím, než dojde k samotné objednávce tohoto zařízení, a tím k následnému pokračování projektu návrhu montážního přípravku/zařízení. Navržené koncepční řešení dává „reálnější“ představu zákazníkovi o budoucí podobě montážního přípravku/zařízení. Během tvorby koncepčních návrhů dochází velmi často k upřesnění a „dospecifikaci“ některých požadavků, které ve fázi přípravné byly nejasné, nebo jejich ověření bylo bez návrhu složitě.

Činnosti uvedené v přípravné fázi a fázi návrhu je doporučeno provést a smyslem této DisP není řešit, zda např. koncepční návrh provedu zčásti nebo celý ve fázi přípravné nebo až ve fázi návrhu. Z tohoto důvodu jsou informace pro přípravnou a návrhovou fázi popsány v této DisP dle rozdělení v *Obrázek 11-2*, kde nedochází k překrývání jednotlivých fází během návrhu. Pro jednotlivé sériové konstrukční činnosti v *Obrázek 11-2* byly vytvořeny vývojové diagramy zobrazující postup pro každou činnost při řešení montážních přípravků a zařízení.

Vývojové diagramy byly tvořeny dle standardů [ČSN ISO 5807]. Symboly v nich uvedené mají následující význam:

Symbol	Význam symbolu
	Začátek procesu, konec procesu, pokračování procesu další aktivitou
	Předdefinovaný proces, tj. tento proces obsahuje další procesy na nižší hierarchické úrovni. Obvykle je pro předdefinovaný proces tvořen samotný vývojový diagram
	Proces/aktivita popisující činnost, která je třeba udělat pro další postup v řešení dané problematiky
	Rozhodovací blok, ve kterém se rozhoduje o dalším postupu. Obvykle má dva výstupy typu ANO, NE, ale mohou nastat i případy, kdy výstupy jsou tři
	Příprava dané činnosti pro následující aktivity. Jedná se o sled činností, které je třeba udělat pro další postup v řešení
	Dokument popisující/obsahující obvykle potřebné údaje pro provedení daného procesu/aktivity

Tabulka 11-2 Symboly pro vývojové diagramy [zdroj autor]



Obrázek 11-3 Rozšířená přípravná fáze při návrhu MPaZ [zdroj Autor] dle předlohy [Hosnedl 2017]

V určitých případech může mít fáze přípravná i přesah do částí C. HODNOCENÍ a ROZHODNUTÍ a D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ. Takto lze „teoreticky“ pro každý případ navrhovaného montážního přípravku/zařízení vytvořit model s jasně definovanými činnostmi přípravné a návrhové fáze, tak jak je zobrazeno na *Obrázek 11-2* a *Obrázek 11-3*.

Následující kapitola popisuje činnosti/aktivity související s přípravnou fází respektive činností A. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU pro řešení MPaZ.

## 12 Fáze přípravná

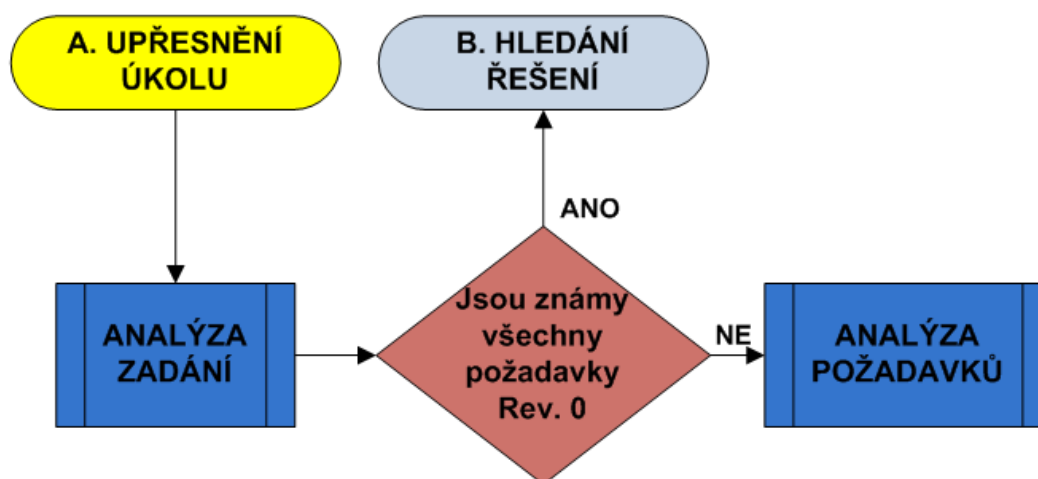
Na základě modelu návrhu montážních přípravků a zařízení (Obrázek 11-2) patří do přípravné fáze následující činnosti:

- A. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU
- E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ
- F. ZOBRAZOVÁNÍ
- G. KONTROLOVÁNÍ
- X. ŘÍZENÍ

Tato kapitola je zaměřena na činnost A. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU. Ostatní činnosti E. – X. jsou popsány společně pro obě fáze (přípravnou a návrhu) v kapitolách 14.4, 14.5, 14.6 a 14.7. Podpůrné přístupy/metodiky – H. a I. jsou popsány jako součást metodiky ve fázi přípravné a fázi návrhu.

Vývojový diagram na Obrázek 12-1 zobrazuje základní schéma procesů související s upřesněním úkolů pro návrh montážních přípravků a zařízení. Zde uvedený vývojový diagram má svůj začátek označený jako A. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU a konec jako B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ, které by mělo navazovat jako další fáze. Ve vývojovém diagramu jsou uvedeny dva předdefinované procesy a jeden rozhodovací blok, jejichž význam a popis je uveden v Tabulka 12-1. Cílem přípravné fáze je vytvoření specifikace požadavků, která poskytuje komplexní a kvalitní informace sloužící pro následující fázi hledání řešení.

*Pozn. Začátek procesu je obarven žlutou barvou odpovídající barvě z OMPK a konec světle modrou opět odpovídající barvě z OMPK – viz Obrázek 11-3. Ostatní začátky a konce procesů ve vývojových diagramech, které jsou zobrazené dále, jsou bezbarvé.*



Obrázek 12-1 Vývojový diagram aktivit pro činnost A. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU [zdroj Autor]

<p><b>ANALÝZA ZADÁNÍ</b></p>	<p>Tento předdefinovaný proces zahrnuje aktivity zaměřené na počáteční zadání od zákazníka pro návrh MP/MZ. Detailněji jsou jednotlivé aktivity popsány v podkapitole 12.1</p>
<p>Jsou známy všechny požadavky Rev. 0</p>	<p>V tomto rozhodovacím bloku je potřeba určit zda jsou ze zadání od zákazníka známy všechny potřebné požadavky a zda jsou požadavky realizovatelné. Pokud tomu tak není, je třeba další analýzy pro získání, ověření a zhodnocení dalších požadavků související s návrhem MP/MZ.</p>
<p><b>ANALÝZA POŽADAVKŮ</b></p>	<p>Tento předdefinovaný proces je zaměřen na další získání požadavků a aktualizace specifikace požadavků vytvořené v procesu analýzy zadání. Jednotlivé činnosti jsou detailněji zobrazeny a popsány v podkapitole 12.2.</p>

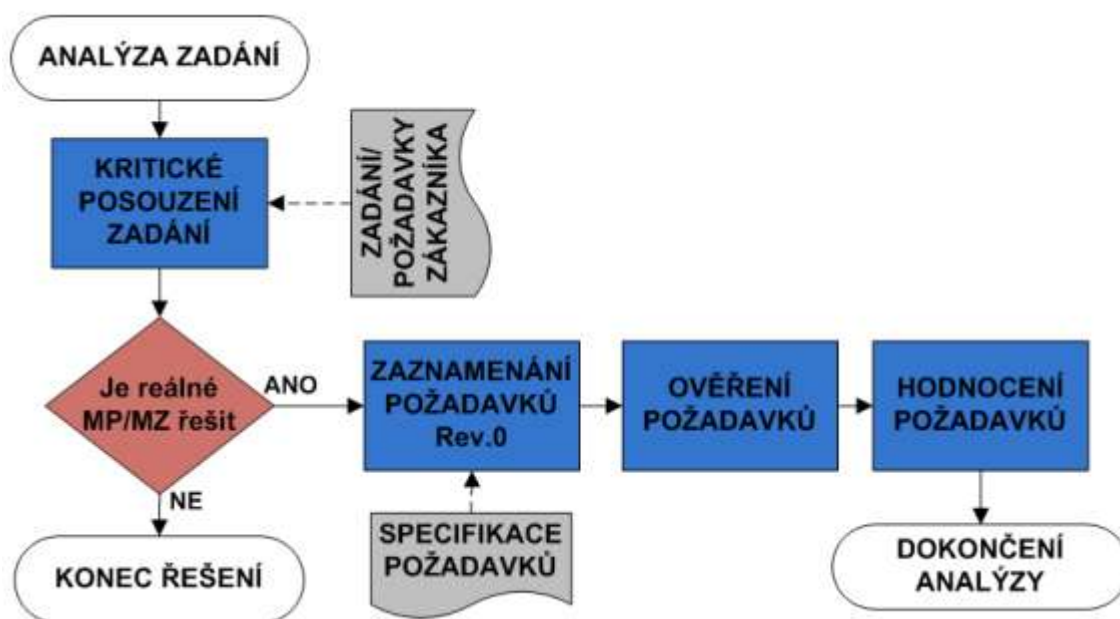
Tabulka 12-1 Popis procesů pro činnost A. Upřesnění úkolu [zdroj autor]

## 12.1 Analýza zadání

Proces analýzy zadání je první v pořadí po obdržení zadání pro návrh MP/MZ. Tento proces je často „podceňován“ a „opomíjen“. Konstrukteři často na základě zadání začnou rovnou navrhovat řešení MP/MZ, aniž by řešili, zda mají k dispozici všechny potřebné požadavky a zda jsou požadavky jasně specifikované.

Během své praxe se autor DisP setkal s různými podobami zadání. Od kvalitně a detailně připravených zadání, na základě nichž lze rovnou vytvořit specifikaci požadavků případně toto zadání rovnou použít jako specifikaci, po zadání velice stručná až strohá, kdy dalším zjišťováním informací z různých zdrojů byla postupně tvořena specifikace požadavků pro následný efektivní návrh MP/MZ.

Na *Obrázek 12-2* je zobrazen vývojový diagram s obecnými „kroky“ v procesu analýzy zadání pro návrh Montážních přípravků a zařízení. Detailní popis jednotlivých kroků/činností je uveden v *Tabulka 12-2*.



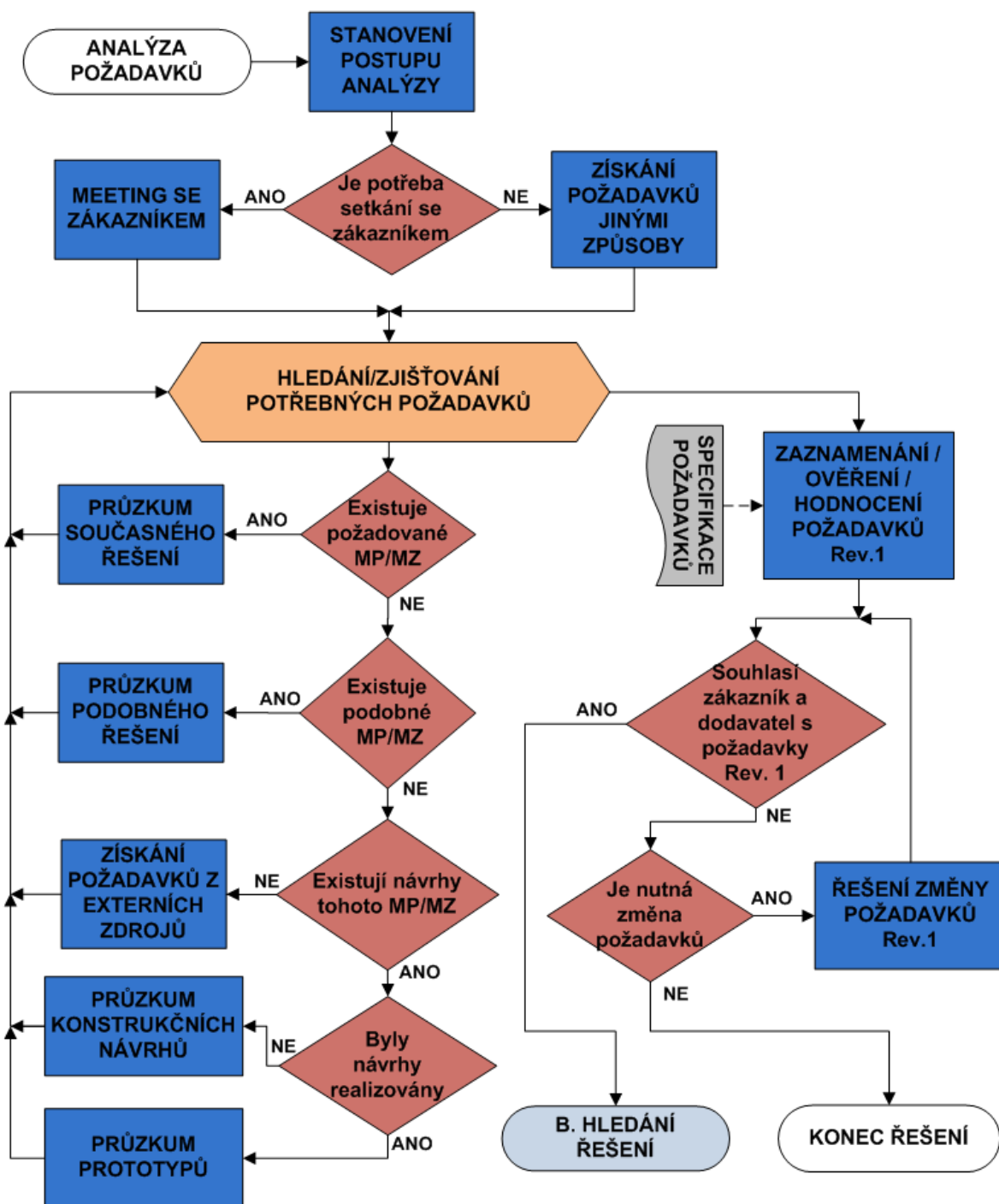
Obrázek 12-2 Vývojový diagram aktivit pro analýzu zadání [zdroj Autor]

<p><b>KRITICKÉ POSOUZENÍ ZADÁNÍ</b></p>	<p>Cílem tohoto procesu je posoudit zadané informace, požadavky pro návrh MPaZ a požadavky na následující výrobní a nevýrobní (servis, údržba) procesy související s požadovaným MPaZ. Výhodné je kritické posouzení zadání řešit týmově se zastoupením odpovídajících profesí zaměřených na MPaZ.</p> <p>Toto posouzení by mělo probíhat na základě stanovených kritérií, které jsou individuální pro každý MPaZ. Obecně by měla být posuzována vždy následující kritéria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• úplnost, jasnost a jednoznačnost zadaných požadavků – toto je zásadní kritérium, na jehož základě by měla být posuzována další kritéria</li> <li>• konstrukční kapacity pro návrh MPaZ, tj. lze návrh realizovat v požadovaném časovém úseku</li> <li>• znalosti a zkušenosti dané problematiky, tj. mají konstruktéři MPaZ odborné předpoklady a znalosti pro vytvoření funkčního a bezpečného návrhu MPaZ</li> <li>• zkušenosti s návrhem podobných MPaZ v minulosti, tj. znalost a prokázání reálných aplikací MPaZ na již realizovaných projektech dodavatelem. Toto může být významným požadavkem zákazníka pro následnou realizaci projektu</li> <li>• v případě dodávky hotového MPaZ zvážit výrobní možnosti daného dodavatele případně zajistit potřebné externí dodavatele pro zajištění požadované kvality MPaZ</li> </ul> <p>Součástí zadání by měly být informace o tom, kdo je odpovědný za požadavky uvedené v zadání, kdo je kontroloval, příp. schválil a kontaktní osoby pro řešení zadaných požadavků.</p>
<p><b>Je reálné MP/MZ řešit</b></p>	<p>Po kritickém zhodnocení zadání je třeba rozhodnout, zda je reálné a má smysl na základě zadaných informací řešit návrh MP/MZ – vyhodnotit míru rizika realizovatelnosti požadovaného montážního přípravku/zařízení.</p> <p>NE → neřešit dále požadovaný MP/MZ – velké riziko ANO → pokračovat následujícími kroky</p>
<p><b>ZAZNAMENÁNÍ POŽADAVKŮ Rev.0</b></p>	<p>Požadavky uvedené v zadání pro návrh MP/MZ se zpracují do podoby specifikace požadavků, tj. jsou zaznamenány do vybraného nástroje pro specifikaci požadavků. Způsoby a nástroje pro zaznamenání požadavků jsou uvedeny v příloze 5.</p> <p><i>Pozn. Samotné zadání může být zpracováno od zákazníka do podoby specifikace požadavků, na kterou je zákazník zvyklý. V tomto případě je na dohodě, zda vytvářet „vlastní“ specifikaci nebo případně doplnit/aktualizovat specifikaci od zákazníka.</i></p>
<p><b>OVĚŘENÍ POŽADAVKŮ</b></p>	<p>V tomto procesu je důležité ověřit zadané požadavky detailněji než při kritickém posouzení zadání. Je na rozhodnutí řešitelského týmu, zda ověřovat všechny požadavky nebo jen „vybrané“, které se jeví jako klíčové a je u nich zvýšené riziko při řešení jejich realizace. Vybrané způsoby pro ověření požadavku jsou uvedeny v příloze 5.</p>
<p><b>HODNOCENÍ POŽADAVKŮ</b></p>	<p>Po ověření požadavků je posledním krokem jejich hodnocení. Toto hodnocení je prováděno na základě předem definovaných kritérií. Cílem hodnocení je určit důležitost daného požadavku pro návrh a míru jeho splnění pro navržený MP/MZ. Běžnou praxí je hodnotit požadavky na základě srovnání se stávajícím MPaZ nebo podobnými řešeními, pokud jsou informace o nich k dispozici.</p> <p>Je na rozhodnutí řešitelského týmu, zda a jak komplexně hodnocení provádět.</p> <p>Způsoby hodnocení požadavků jsou uvedeny v příloze 5.</p>

Tabulka 12-2 Popis procesů pro předdefinovaný proces analýzy zadání [zdroj autor]

## 12.2 Analýza požadavků





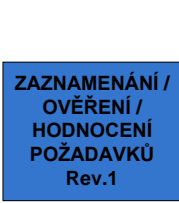


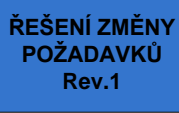
Po procesu analýzy zadání, pokud nejsou známy všechny potřebné požadavky pro návrh MPaZ, následuje proces nazvaný jako analýza požadavků. Cílem tohoto procesu je postupně a systematicky zjistit všechny potřebné požadavky pro návrh MP/MZ. Na *Obrázek 12-3* je zobrazen navržený vývojový diagram pro analýzu požadavků. Popis jednotlivých kroků/činností je uveden v Tabulka 12-3.



Obrázek 12-3 Vývojový diagram aktivit pro analýzu požadavků [zdroj Autor]

<p><b>STANOVENÍ POSTUPU ANALÝZY</b></p>	<p>V tomto procesu je třeba určit efektivní způsoby pro získání potřebných informací do specifikace požadavků. Je potřeba rozhodnout:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• jakým způsobem získávat další požadavky (zdroj požadavku a forma požadavku – viz informace v příloze 5)</li> <li>• jakým způsobem ověřovat a hodnotit získané požadavky</li> <li>• jaké požadavky je třeba získat, tj. doplnit ke stávajícím požadavkům ze zadání</li> </ul>
<p>Je potřeba setkání se zákazníkem</p>	<p>V tomto rozhodovacím bloku se určuje, zda je potřeba setkání se zákazníkem ohledně získání potřebných požadavků. NE → požadavky od zákazníka jsou všechny známy, ostatní požadavky je třeba získat jinými způsoby ANO → setkání se/u zákazníka za účelem získání potřebných požadavků</p>
<p><b>MEETING SE ZÁKAZNÍKEM</b></p>	<p>Pro meeting se zákazníkem je výhodné naplánovat setkání přímo v prostorách montážní linky u zákazníka, kde lze pozorovat současný montážní proces (pokud existuje) a zjistit tak potřebné požadavky na navrhovaném MP/MZ.</p>
<p><b>ZÍSKÁNÍ POŽADAVKŮ JINÝMI ZPŮSOBY</b></p>	<p>V případě, že jsou od zákazníka k dispozici všechny potřebné informace pro specifikaci požadavků, nebo zákazník nemá k dispozici další informace, je potřeba získat požadované informace z jiných/dalších informačních zdrojů – viz Příloha 5</p>
<p>HLEDÁNÍ/ZJIŠTOVÁNÍ POTŘEBNÝCH POŽADAVKŮ</p>	<p>Tento proces zobrazuje možnosti získávání požadavků. V procesu jsou zahrnuty čtyři rozhodovací bloky a pět procesů, kdy každý z nich popisuje různé způsoby/zdroje, jak získat potřebné požadavky.</p>
<p>Existuje požadované MP/MZ</p>	<p>První rozhodovací blok má za cíl zjistit, zda existuje/je k dispozici stávající řešení požadovaného MP/MZ. NE → požadavky je potřeba získat jinou možností ANO → průzkum/studium současného řešení</p>
<p><b>PRŮZKUM SOUČASNÉHO ŘEŠENÍ</b></p>	<p>Současné řešení MP/MZ patří jako zdroj požadavků mezi kvalitativně nejlepší. Na tomto řešení lze zjistit jeho výhody a nevýhody z provozního procesu a rizika, která je třeba návrhem nového MP/MZ vyřešit. Funkční MP/MZ s možností jeho vyzkoušení/otestování je optimální zpětná vazba pro efektivní návrh.</p>
<p>Existuje podobné MP/MZ</p>	<p>Druhý rozhodovací blok má za cíl zjistit, zda existuje podobné řešení, např. na montážní lince u zákazníka, nebo sám zákazník má informace o podobném řešení, které může sloužit jako inspirace pro návrh požadovaného MP/MZ. NE → požadavky je potřeba získat jinou možností ANO → průzkum/studium podobného řešení</p>
<p><b>PRŮZKUM PODOBNÉHO ŘEŠENÍ</b></p>	<p>Podobné řešení jako zdroj požadavků lze využít informace získané o konkurenčních MPaZ, případně pouze jejich částí (konstrukčních skupin). Pokud jsou informace o konkurenčních MPaZ k dispozici (ne vždy tomu tak je) lze takto získané požadavky hodnotit a porovnat konkurenční řešení mezi sebou. Také je výhodné porovnat konkurenční řešení se stávajícím řešením -pokud je stávající řešení k dispozici.</p>
<p>Existují návrhy tohoto MP/MZ</p>	<p>Třetí rozhodovací blok má za cíl zjistit, zda existují návrhy požadovaného MP/MZ, ať již v podobě rozpracovaného řešení nebo kompletního návrhu. NE → požadavky je potřeba získat z externích zdrojů ANO → zjistit zda a v jaké formě byly návrhy realizovány</p>



	Jako externí zdroje mohou sloužit studie proveditelnosti související s návrhem MPaZ, informace od dodavatelů požadovaných komponent pro návrh, posudky od ověřených expertů na danou problematiku, informace z patentů, užitečných vzorů a další zdroje uvedené v příloze 5.
	Čtvrtý rozhodovací blok má za cíl zjistit, zda dostupné návrhy požadovaného MP/MZ byly fyzicky realizovány. NE → získat požadavky z konstrukčních návrhů ANO → průzkum fyzického prototypu MP/MZ
	Získání požadavků z analýzy navržených konstrukčních řešení ve formě výkresů, CAD modelů, skic, případně jiného jejich zobrazení, které lze vyhodnotit jako zdroj požadavků
	Navržený nebo zrealizovaný prototyp, na kterém lze zjistit výhody a nevýhody daného řešení MP/MZ pro budoucí návrh MP/Mz. Cílem průzkumu prototypu je odhalit jeho problémy a rizika a ty eliminovat při návrhu požadovaného MP/MZ.
	Požadavky získané z procesu HLEDÁNÍ/ZJIŠŤOVÁNÍ POTŘEBNÝCH POŽADAVKŮ uvedeme do specifikace požadavků jako nové/aktualizované v Revizi 1. Revize 0 značí požadavky uvedené ve specifikaci na základě zadání od zákazníka. Označení revize je z důvodu, že požadavky dané zákazníkem se mohou v průběhu analýzy požadavků upravit/změnit. Každou změnu požadavku ze zadání je potřeba odsouhlasit a uvést ji jako změnu z Rev 0 → Rev 1. Nově zjištěné požadavky, které v zadání nebyly uvedeny, označíme také jako Rev 1. Všechny zaznamenané požadavky musí být ověřeny a případně ohodnoceny.
	Tento rozhodovací blok slouží pro zjištění stanoviska ohledně vypracované specifikace, která obsahuje požadavky dané zákazníkem a požadavky získané během procesu hledání/zjišťování potřebných požadavků. Specifikace se předloží zákazníkovi a potenciálnímu dodavateli pro schválení. NE – zjistit, jaké požadavky jsou problémové, zda je potřeba jejich změna ANO - ukončení analýzy požadavků a zahájení fáze B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ
	Pokud jedna nebo obě strany nesouhlasí s požadavky uvedenými ve specifikaci jako vlastnosti s indikátory a hodnotami (viz <i>Obrázek 3-5</i> ), případně hodnocením, je třeba určit, zda je reálné/má význam jejich úprava/změna (např. změna velikosti upínací síly, změna požadované velikosti a hmotnosti MP/MZ atd.) NE - neřešit dále požadovaný MP/MZ – velké riziko pro návrh ANO - dohodnout potřebné úpravy/změny požadavků (vlastností, indikátorů, hodnot indikátorů)
	V tomto procesu jsou řešeny úpravy/změny konkrétních požadavků ke kterým mají zákazník a dodavatel výhrady. Upravené/změněné požadavky jsou stále v Revizi 1 upraveny pro následné rozhodnutí o jejich schválení/neschválení. V případě odsouhlasení může začít fáze návrhu B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ

Tabulka 12-3 Popis procesů pro předdefinovaný proces analýzy požadavků [zdroj autor]

Tato podkapitola obecně popisuje informace pro práci s požadavky, tj. způsoby, kde potřebné požadavky získat a jak s nimi pracovat. Následující podkapitola se věnuje samotným požadavkům a poskytuje obecné informace pro efektivní práci s požadavky.

### 12.3 Požadavky na vlastnosti MPaZ - obecné informace

Aktivity související s problematikou požadavků pro tvorbu efektivní specifikace požadavků jsou v této DisP rozděleny do následujících oblastí:

- zdroje získání požadavků – dle profese, dle informačního zdroje
- forma požadavků
- způsob zaznamenání požadavků
- nástroj/software pro zaznamenání požadavků
- ověření zaznamenaných požadavků
- hodnocení získaných požadavků pro návrh MP/MZ

Podrobnější informace k těmto oblastem včetně příkladů jsou uvedeny v příloze 5.

Jak je uvedeno v příloze 5 požadavky mohou získávat, zaznamenávat, ověřovat a hodnotit různými způsoby. Důležité/podstatné je ovšem vědět, jaké požadavky je potřeba získávat, aby zásadní požadavky nebyly opomenuty nebo nebyly řešeny požadavky nesouvisející s problematikou návrhu montážních přípravků a zařízení. Proto je důležité, aby specifikace požadavků měla jasnou strukturu/mapu, do níž jsou zaznamenány všechny potřebné požadavky, které lze následně ověřit a hodnotit.

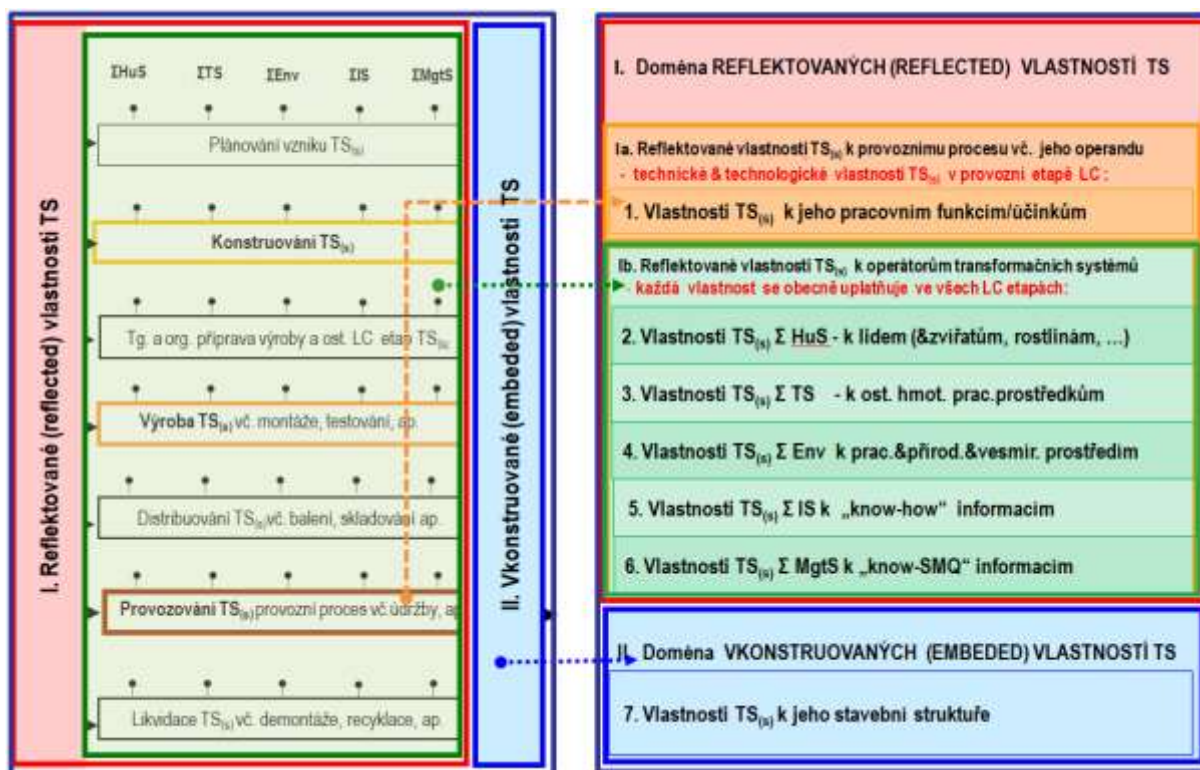
Na návrh efektivní struktury specifikace požadavků je zaměřena následující kapitola, kde je popsána specifikace požadavků pro montážní přípravky a zařízení, které vznikla na základě poznatků z EDSM v kapitole 3.

### 13 Specifikace požadavků pro montážní přípravky a zařízení

Tato kapitola je zaměřena na strukturu specifikace požadavků pro efektivní návrh MPaZ. Během své praxe se autor DisP setkal s různými nástroji, ve kterých byla tvořena a průběžně aktualizována specifikace požadavků. Jednotlivé firmy dnes mají své „standardy“, dle kterých postupují, a ty se týkají i samotné specifikace požadavků. Někteří např. preferují pouze papírovou formu specifikace do předem vytvořených šablon dokumentů, jiní online formu pomocí tabulek, databází a sdílených dokumentů. Další mají svůj „systém/software“ pro tuto problematiku. Někdo řeší požadavky výhradně osobní formou, jiný výhradně online.

Z těchto důvodů nebyl vytvořen v rámci této DisP „univerzální“ nástroj pro zaznamenání, ověření a hodnocení požadavků. V této kapitole je uvedena obecná „mapa“ požadavků pro řešení MPaZ, ale způsob jejich zaznamenání a nástroj pro zaznamenání je individuální dle konkrétního projektu/zákazníka.

Specifikace požadavků pro MPaZ vychází z teoretického popisu třídění vlastností dle EDSM v kapitole 3. Na Obrázek 13-1 je zobrazeno toto výchozí třídění, které je použito jako základ pro specifikaci požadavků pro montážní přípravky a zařízení. Toto třídění vychází z životního cyklu produktu (viz Obrázek 3-3) a je rozděleno do domén a tříd vlastností (viz podkapitola 3.3.1). Dle této taxonomie jsou požadavky rozděleny/rozčleněny do sedmi tříd.



Obrázek 13-1 Vztah mezi životním cyklem TS a vlastnostmi TS - upraveno dle předlohy [Hosnedl 2018]

Těchto sedm tříd bylo využito jako teoretické východisko pro tvorbu tříd vlastností pro návrh MPaZ, které jsou uvedeny v Tabulka 13-1.

Třídění vlastností TS dle EDSM (zestručněno)	Třídění vlastností pro MPaZ na základě EDSM
1. Vlastnosti TS k jeho pracovním funkcím/účinkům	1. Vlastnosti MPaZ na provozní proces
2. Vlastnosti TS k lidem	2. Vlastnosti MPaZ na obsluhu
3. Vlastnosti TS k ost. hmot. prac. prostředkům	3. Vlastnosti MPaZ na potřebné TS
4. Vlastnosti TS k prostředí	4. Vlastnosti MPaZ na pracovní prostředí
5. Vlastnosti TS k informačním systémům	4. Vlastnosti MPaZ na požadované informace
6. Vlastnosti TS k manažerským systémům	4. Vlastnosti MPaZ na řízení (Mng. projektu)
7. Vlastnosti ke stavební struktuře	7. Vlastnosti MPaZ na stavební strukturu <i>(dále členěno na jednotlivé prvky pro návrh MPaZ)</i>

Tabulka 13-1 Taxonomie vlastností pro MPaZ na základě EDSM [zdroj autor]

Dle EDSM/TTS jsou třídy vlastností dále děleny na podtřídy vlastností. U navržené metodiky pro návrh MPaZ nejsou třídy vlastností 1 až 6 dále děleny na podtřídy. Požadované vlastnosti jsou pro zjednodušení uvedeny komplexně v dané třídě vlastností. Výjimkou je třída vlastností **7. Vlastnosti MPaZ montážních přípravků na stavební strukturu**, která je dále rozdělena do „podtříd“ které obsahují vlastnosti týkající se jednotlivých „konstrukčních skupin“ pro návrh MPaZ.

Jednotlivé třídy vl. pro MPaZ uvedené v Tabulka 13-1 jsou blíže specifikovány v Příloze 6. Zde jsou uvedeny rovněž příklady požadavků, které by měla daná třída vlastností obsahovat. Pro každou třídu vlastností je vytvořena tabulka, ve které jsou uvedeny hlavní vlastnosti, které je potřeba řešit při návrhu MPaZ.

V případě, že si konstruktér (nebo osoba pověřená tvorbou specifikace požadavků) není jistý, kam ve specifikaci daný požadavek na vlastnosti zařadit (do jaké třídy vl. patří), je důležité ho „někam“ zařadit. Není chyba, když je požadavek zařazen do jiné třídy vlastností, než kam správně patří. Chybou je naopak jeho opomenutí/vynechání, tj. neuvedení ve specifikaci požadavků. Pokud je stejný požadavek uveden ve více třídách, jedná se o lepší případ, než kdyby se nevyskytoval v žádné.

Cílem této kapitoly a Přílohy 6 je tedy poskytnout „mapu“ znalostí o jednotlivých třídách vlastností, které obecně platí a pro které je třeba stanovit správné požadavky pro efektivní konstrukční řešení požadovaného MP/MZ.

### 13.1 Ukázka specifikace požadavků

Vytvořit „univerzální“ specifikaci požadavků pro MPaZ, která bude pro každého konstruktéra okamžitě „user friendly“ a bez jakékoliv znalosti problematiky návrhu MPaZ ji bude schopen okamžitě a efektivně aplikovat pro svůj návrh MPaZ, je obtížně realizovatelné.

Jak je uvedeno v úvodu této kapitoly - dle zkušeností autora DisP má každá firma a její pracovníci svůj „zažitý“ přístup pro řešení specifikace požadavků, který vychází nejčastěji z jejich znalostí, zkušeností a zvyklostí. Někteří preferují papírovou formu specifikace, jiný přehlednou tabulku, ve které se rychle orientují. Někteří kombinují různé formy specifikace (papírová/tabulka/textový dokument apod.) podle povahy a složitosti požadovaného MP/MZ. Pro jednoduché MP/MZ obvykle stačí formulář o formátu A4, do kterého jsou zaznamenány všechny potřebné požadavky. Pro složitější a komplexnější MPaZ je naopak vhodné využít tabulkovou formu specifikace, včetně hodnocení (porovnávání) různých alternativ řešení, případně použít specializovaný software pro záznam, evidenci a správu dat týkající se specifikace požadavků pro požadovaný MP/MZ.

Dokument specifikace požadavků lze s výhodou použít pro návrh podobných typů MPaZ a využít tak znalosti/poznatky uvedené ve specifikaci pro konkrétní MPaZ. Správná archivace a řízení dokumentace se Specifikací požadavků slouží jako efektivní nástroj pro knowledge management v konkrétním podniku.

logo dodavatel	Adresa dodavatel	Adresa zákazník	logo zákazník		
<b>Název MP/MZ (uved'te název navrhovaného MP/MZ)</b>					
Odpovědné osoby dodavatel:					
Odpovědné osoby zákazník:					
<b>Třída vlastností</b>	<b>Hodnota vč. revize</b>	<b>Váha/důležitost</b>	<b>Výsledná hodnota</b>		
<b>1. Vlastnosti MPaZ na provozní proces</b>					
<i>1.1 Produkt/TS: rozměry hmotnost, hlavní a vedlejší funkce, montážní varianty atd</i>					
Max. rozměry	20x80x100	4	22x79x95		
Hmotnost Kg - prázdný	25	4	25,5		
Zdvih (mm)	300	4	295		
Rozsah naklánění (stupně)	0-90	3	0-85		
Počet montážních verzí	4	4	4		
<i>1.2 Pracovní postup: info o rozmontovaném produktu, součástech, postupu montáže</i>					
Rozmontovaný produkt - viz poskytnuté výkresy v PDF soubor	MPaZ_ZE22	4	OK		
Posti	<i>7.6. Pomocné/doplňkové prvky: prvky pro manipulaci, krytování apod.</i>				
Novy	způsob kotvení	kotvy podlaha	3 OK		
1.3 D	způsob krytování	plexisklo 4	4 OK		
Posk	místa krytování	jen boky	4 OK		
Infor	<i>7.7. Normalizované prvky: Spojovací materiál, katalogové díly, spotřební materiál</i>				
Infor	Spojovací materiál - požadovaný dodavatel	Fabory apod.	2 Wurth		
1.4 P	Katalogové díly dodavatelé	KIPP, Elesa	2 OK		
MPa:	Spotřební materiál- hadice pro pneumatiku	průhledné	3 OK		
Poža	<i>7.8 Ostatní prvky/požadavky: Nezařezané prvky, nezařezané požadavky</i>				
Dobe	žádné speciální požadavky				
1.5 P					
Prosi	Za dodavatele:	Zákazník			
Přivc	Datum:	dne			
	Podpis:	Podpis			
1.6 Ž					
Poža	Vysvětlivky:				
Revize	Rev.0	Rev.1	Rev.2	Rev.3	
počet bodů	4	3	2	1	0 - nesplněno

Obrázek 13-2 Ukázka specifikace požadavků pro návrh MP/MZ [zdroj autor]

Různé ukázky specifikace požadavků, včetně výsledné realizace na základě vytvořené specifikace budou prezentovány v průběhu obhajoby DisP. Požadavky a informace v nich uvedené jsou duševním vlastnictvím daných firem, u kterých byla metodika pro návrh MP/MZ využita, a nelze je tedy publikovat v této veřejné DisP.

## 14 Fáze návrhu

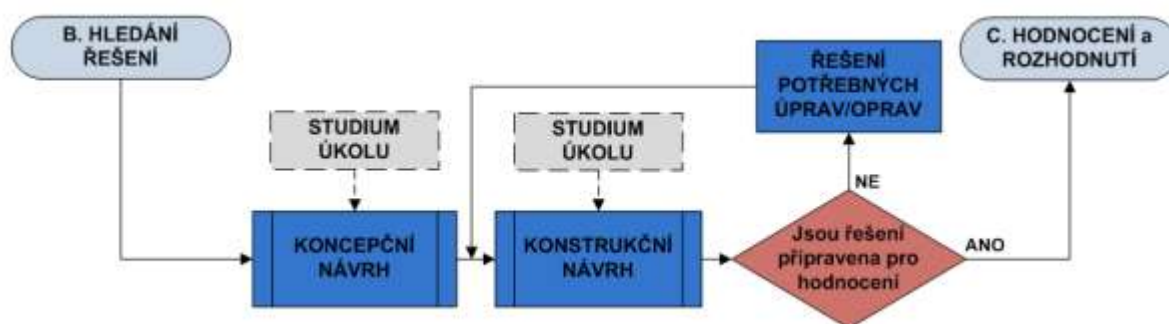
Na základě modelu návrhu montážních přípravků a zařízení (Obrázek 11-2) patří do fáze návrhu následující činnosti:

- **B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ**
- **C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ**
- **D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ**
- E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ
- F. ZOBRAZOVÁNÍ
- G. KONTROLOVÁNÍ
- X. ŘÍZENÍ

Tato kapitola je zaměřena na činnosti B. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU, C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ a D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ. Ostatní činnosti E. až X. jsou popsány v podkapitolách 14.4, 14.5, 14.6 a 14.7.

### 14.1 B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ

Činnost B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ je zobrazena pomocí vývojové diagramu na *Obrázek 14-1*. Tato činnost následuje po odsouhlasení/schválení specifikace požadavků pro návrh MPaZ. Zde uvedený vývojový diagram má svůj začátek označený jako B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ, konec označený jako C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ. Vývojový diagram obsahuje dva „hlavní“ předdefinované procesy – KONCEPČNÍ NÁVRH a KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ, které jsou dále zobrazeny pomocí vlastních vývojových diagramů viz. *Obrázek 14-2* a *Obrázek 14-3*. Jednotlivé aktivity zobrazené ve vývojových diagramech jsou opět popsány ve formě tabulky.

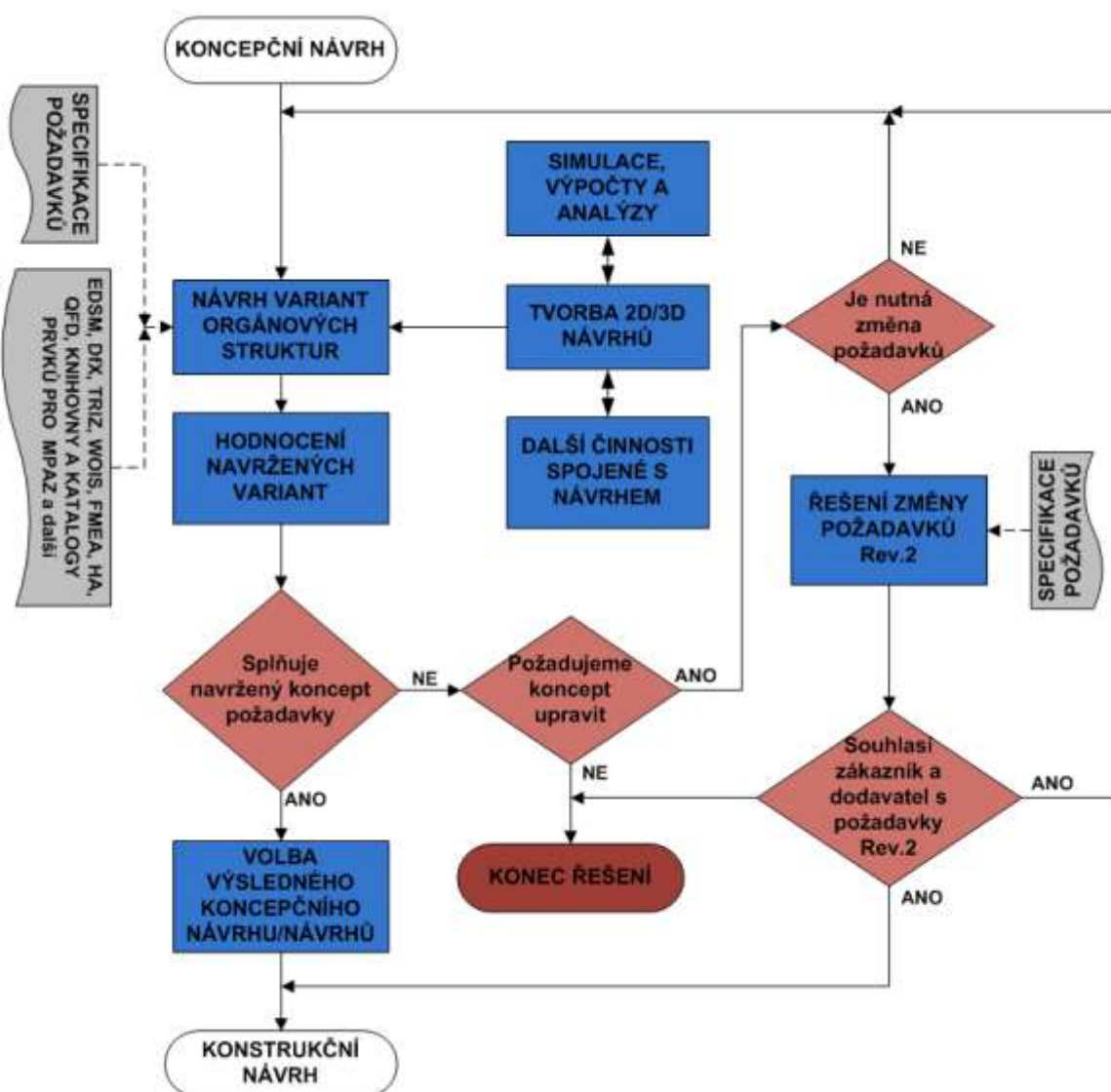


Obrázek 14-1 Vývojový diagram aktivit pro činnost B, HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ [zdroj Autor]

<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">STUDIUM ÚKOLU</div>	<p>Tato podpůrná činnost má význam v případě, kdy koncepční návrh zpracovává konstruktér dané firmy (interní) nebo externí konstruktér, který netvořil specifikaci požadavků a není seznámen s řešenou problematikou. V tomto procesu/aktivitě je třeba, aby tento konstruktér získal potřebné informace pro následný návrh MP/MZ.</p>
---	--

<b>KONCEPČNÍ NÁVRH</b>	Proces/aktivita hledání řešení koncepčních variant požadovaného MP/MZ pro jejich ověření a hodnocení – viz samostatný vývojový diagram na Obrázek 14-2.
<b>KONSTRUKČNÍ NÁVRH</b>	Proces/aktivita hledání řešení konstrukčního návrhu/návrhů požadovaného MP/MZ na základě ohodnocených koncepčních návrhů – viz samostatný vývojový diagram <i>Obrázek 14-2</i>
	Tento rozhodovací blok slouží pro ověření, zda konstrukční návrhy jsou v požadovaném stavu pro pokračování v dalších činnostech NE → řešení potřebných úprav/oprav ANO → ukončení činnosti B. HLEDÁNÍ ŘEŠNÍ a zahájení činnosti C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ
<b>ŘEŠENÍ POTŘEBNÝCH ÚPRAV/OPRAV</b>	V tomto procesu je potřeba zjistit nedostatky, chyby a nejasnosti v konstrukčním návrhu. Důležité je posoudit/určit, zda návrh obsahuje řešení zadaných požadavků na vlastnosti MP/MZ a hodnot jejich indikátorů.

Tabulka 14-1 Popis procesů pro činnost B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ [zdroj autor]



Obrázek 14-2 Vývojový diagram aktivit pro koncepční návrh [zdroj Autor]

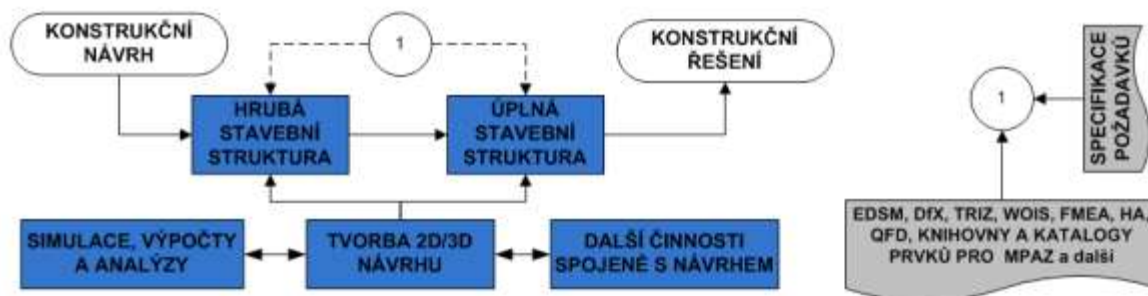


<p><b>NÁVRH VARIANT ORGÁNOVÝCH STRUKTUR</b></p>	<p>Varianty orgánových struktur jsou jedním z typů konstrukčních struktur technických produktů – viz podkapitola 3.5.3. Z navržených variant se v následujících procesech vybírá jedna nebo více variant pro následné zpracování v podobě konstrukčního řešení. Při hledání variant orgánových struktur lze s výhodou použít různé teorie a metodiky pro konstruování jako DfX (<b>Design for Manufacturing, Design for Assembly</b>), FMEA aj. – viz podkapitola 2.1</p>
<p><b>TVORBA 2D/3D NÁVRHŮ</b></p>	<p>Podoba orgánových struktur může mít podobu jednoduchých skic, ale také „hrubých“ 3D CAD návrhů, zobrazujících řešení požadovaných funkcí MP/MZ. Každá navržená varianta ve formě orgánové struktury by takto měla být vyobrazena a popsána pro její následné hodnocení.</p>
<p><b>SIMULACE, VÝPOČTY A ANALÝZY</b></p>	<p>Pokud je to nezbytné nebo vhodné pro návrh, lze jednotlivé konstrukční skupiny a celky orgánové struktury zkontrolovat/ověřit pomocí „jednoduchých“ analytických výpočtů, simulací pohybu apod., pro ověření realizace „vybraných“ vlastností ze specifikace požadavků.</p>
<p><b>DALŠÍ ČINNOSTI SPOJENÉ S NÁVRHEM</b></p>	<p>Mezi činnosti v tomto procesu lze zařadit např.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-poptávku „klíčové“ součásti/součástí budoucího řešení MP/MZ u dodavatele – její dostupnosti a ceny.</li> <li>-návrh na změnu plánu řešení v důsledku navržených řešení aj.</li> </ul>
<p><b>HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT</b></p>	<p>Navržené varianty orgánových struktur jsou hodnoceny na základě předem definovaných kritérií. Cílem hodnocení je určit splnění požadavku na danou vlastnost pro jednotlivé navržené varianty a také zda navržené varianty splňují všechny potřebné požadavky na dané MP/MZ.</p> <p><i>Pozn. V případě jednoduchých nebo „předem“ daných řešeních požadovaného MP/MZ není komplexní hodnocení variant nutné a lze rozhodnutí učinit na základě „kvalifikovaného“ odhadu konstruktéra MP/MZ.</i></p>
<p style="text-align: center;">Splňuje navržený koncept požadavky</p>	<p>Tento rozhodovací blok slouží pro ověření, zda koncepční návrhy (varianty orgánových struktur) splňují požadované vlastnosti MP/MZ na základě jeho hodnocení</p> <p>NE → řešení potřebných úprav/oprav ANO → zvolit výsledný koncepční návrh</p>
<p><b>VOLBA VÝSLEDNĚHO KONCEPČNÍHO NÁVRHU/NÁVRHŮ</b></p>	<p>V tomto procesu vybere konstruktér nebo řešitelský tým nejlépe ohodnocený návrh/návrhy orgánové struktury, který dále bude detailněji řešen v procesu KONSTRUKČNÍ NÁVRH</p>
<p style="text-align: center;">Požadujeme koncept upravit</p>	<p>Pokud navržené varianty orgánových struktur nespĺňují požadované vlastnosti, je potřeba zjistit „rozsah“ možných úprav. V tomto rozhodovacím bloku je potřeba určit, zda požadujeme úpravu navržených konceptů, tj. navrhnout jiná (lepší) řešení variant orgánových struktur, nebo řešení daného MP/MZ není dále realizovatelné</p> <p>NE → neřešit dále požadovaný MP/MZ – velké riziko pro návrh, KONEC ŘEŠENÍ ANO → řešit změnu/změny koncepčních návrhů</p>
<p style="text-align: center;">Je nutná změna požadavků</p>	<p>Pokud je rozhodnuto řešit změnu/změny koncepčních návrhů, je vhodné určit, zda je změna závislá i na fázi přípravné, respektive na specifikaci požadavků</p> <p>NE → řešit úpravu/změnu koncepčního návrhu ANO → řešit změnu požadavků pro úpravu koncepčních návrhů</p>

<p><b>ŘEŠENÍ ZMĚNY POŽADAVKŮ Rev.2</b></p>	<p>V tomto procesu jsou řešeny úpravy/změny konkrétních požadavků, ke kterým mají zákazník a dodavatel výhrady na základě koncepčních návrhů (variant orgánových struktur). Upravené/změněné požadavky jsou zaznamenány jako Revize 2 ve specifikaci požadavků pro následné rozhodnutí o jejich schválení/neschválení.</p>
<p>Souhlasí zákazník a dodavatel s požadavky Rev.2</p>	<p>Tento rozhodovací blok slouží pro zjištění stanoviska ohledně úpravy/změny požadavků na vlastnosti MP/MZ, uvedených ve specifikaci požadavků. Specifikace se předloží zákazníkovi a potenciálnímu dodavateli pro schválení.                  NE → neřešit dále požadovaný MP/MZ – velké riziko pro návrh, KONEC ŘEŠENÍ                  ANO → zpracovat změnu požadavků do úprav koncepčních návrhů                  ANO → změna požadavku nemá vliv na změnu koncepčního návrhu, respektive změna požadavku se „přizpůsobila“ navrženému koncepčnímu návrhu</p>

Tabulka 14-2 Popis procesů pro KONCEPČNÍ NÁVRH [zdroj autor]

Po odsouhlasení/schválení vybrané varianty koncepčního návrhu následuje proces konstrukčního návrhu. Ve vazbě na Obecný model návrhu MPaZ viz *Obrázek 11-2* se jedná o činnost *III. KONSTRUKČNÍ NÁVRH* a s ním spojené činnosti návrh hrubé stavební struktury a návrh úplné stavební struktury



Obrázek 14-3 Vývojový diagram aktivit pro konstrukční návrh [zdroj Autor]

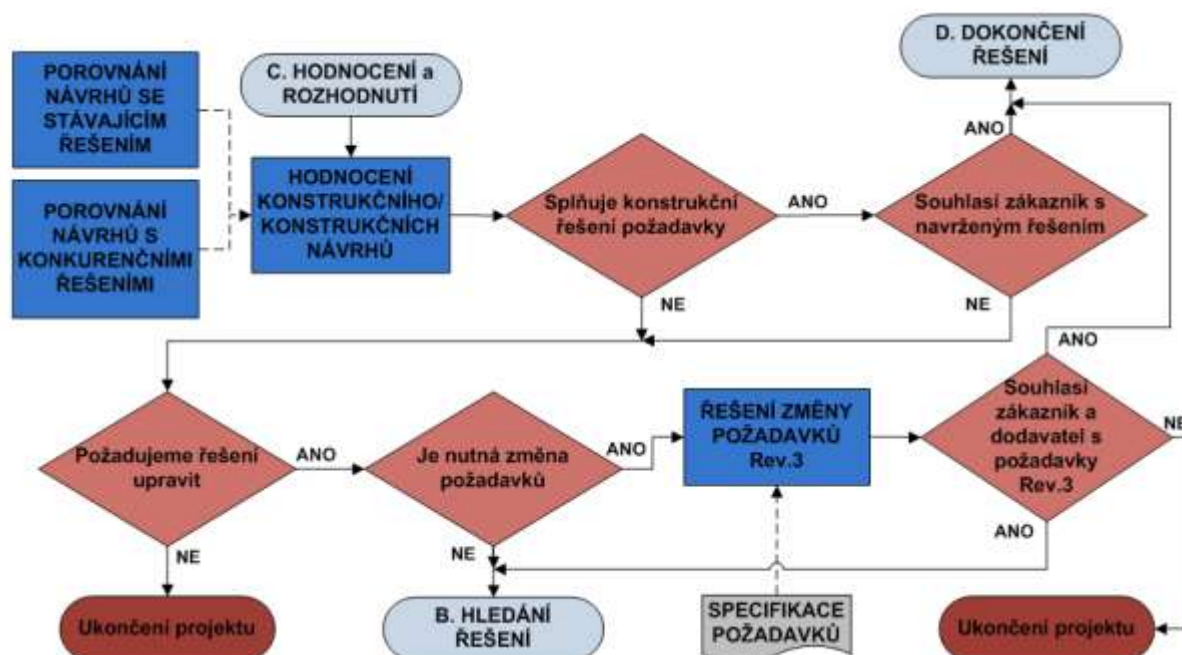
<p><b>HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA</b></p>	<p>Jedná se o další stupeň konkretizace návrhu MP/MZ. Vybraná varianta/varianty orgánové struktury je zpracována do konstrukčního návrhu, který poskytuje další „reálnější“ informace o budoucím konstrukčním řešení. Ve fázi hrubé stavební struktury by již měly být známy např. vybrané pohony, komponenty pro elektroniku, předběžná podoba rámu, jak složité budou obráběné, plechové a plastové díly atd.</p> <p>Podoba hrubé stavební struktura slouží obvykle jako výchozí podklad pro efektivní stanovení budoucí ceny pro složitější/komplexnější MP/MZ.</p> <p><i>Pozn. „Hranice“ mezi tím, co je varianta orgánové struktury, a tím, co lze považovat za hrubou stavební strukturu, se v praxi téměř nerozlišuje. Obojí je shrnuto pod pojmem „koncepční návrh“. V určitých případech lze sloučit varianty orgánové struktury a hrubé stavební struktury do jedné „množiny“ nazvané jako koncepční návrh. Pro složitější MPaZ je ale výhodné orgánovou strukturu a její varianty oddělit od hrubé stavební struktury. Toto závisí vždy na konkrétním případě a rozhodnutí řešitelského týmu.</i></p>
--	--

<p><b>ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA</b></p>	<p>Jedná se o detailní návrh jednotlivých prvků stavební struktury (viz požadavky na stavební strukturu v příloze 6) tak, aby byly optimálně splněny požadavky na vlastnosti daného MP/MZ.                  Při hledání řešení hrubé a úplné stavební struktury lze opět s výhodou použít různé teorie a metodiky pro konstruování jako DfX (<b>Design for Manufacturing, Design for Assembly</b>), FMEA aj. – viz podkapitola 2.1</p>
<p><b>TVORBA 2D/3D NÁVRHŮ</b></p>	<p>Podoba stavebních struktur (hrubé a úplné) má obvykle podobu zobrazující detailní řešení požadovaných funkcí MP/MZ. Patří sem např. 3D CAD návrhy, vizualizace řešení pro jeho prezentaci, schémata (elektroschémata, schéma zapojení pneumatického a hydraulického obvodu a další)</p>
<p><b>SIMULACE, VÝPOČTY A ANALÝZY</b></p>	<p>Při tvorbě hrubé a úplné stavební struktury je vhodné jednotlivé konstrukční skupiny a celky zkontrolovat/ověřit pomocí analytických výpočtů, FEM (MKP) výpočtů, simulací pohybu apod., pro zajištění požadovaných vlastností ze specifikace požadavků. U „klíčových“ konstrukčních skupin daného MP/MZ je jejich kontrola nezbytná → bezpečnost, životnost, eliminace rizikových faktorů</p>
<p><b>DALŠÍ ČINNOSTI SPOJENÉ S NÁVRHEM</b></p>	<p>Mezi činnosti v tomto procesu lze zařadit např.:                  -poptávky potřebných součástí navrženého řešení MP/MZ u dodavatelů – jejich dostupnosti a ceny                  -návrh na změnu plánu řešení v důsledku navržených řešení aj.                  -úprava cenové nabídky pro navržené řešení MPaZ</p>

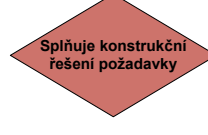



Tabulka 14-3 Popis procesů pro KONSTRUKČNÍ NÁVRH [zdroj autor]


## 14.2 C. HODNOCENÍ a ROZHODNUTÍ

Činnost C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ je zobrazena pomocí vývojového diagramu na Obrázek 14-4. Tato činnost následuje po konstrukčním návrhu, respektive po návrhu úplné stavební struktury. Zde uvedený vývojový diagram má svůj začátek označený jako C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ a úspěšný konec označený jako D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ. Jednotlivé aktivity zobrazené ve vývojovém diagramu jsou opět popsány ve formě tabulky.



Obrázek 14-4 Vývojový diagram aktivit pro činnost C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ [zdroj Autor]

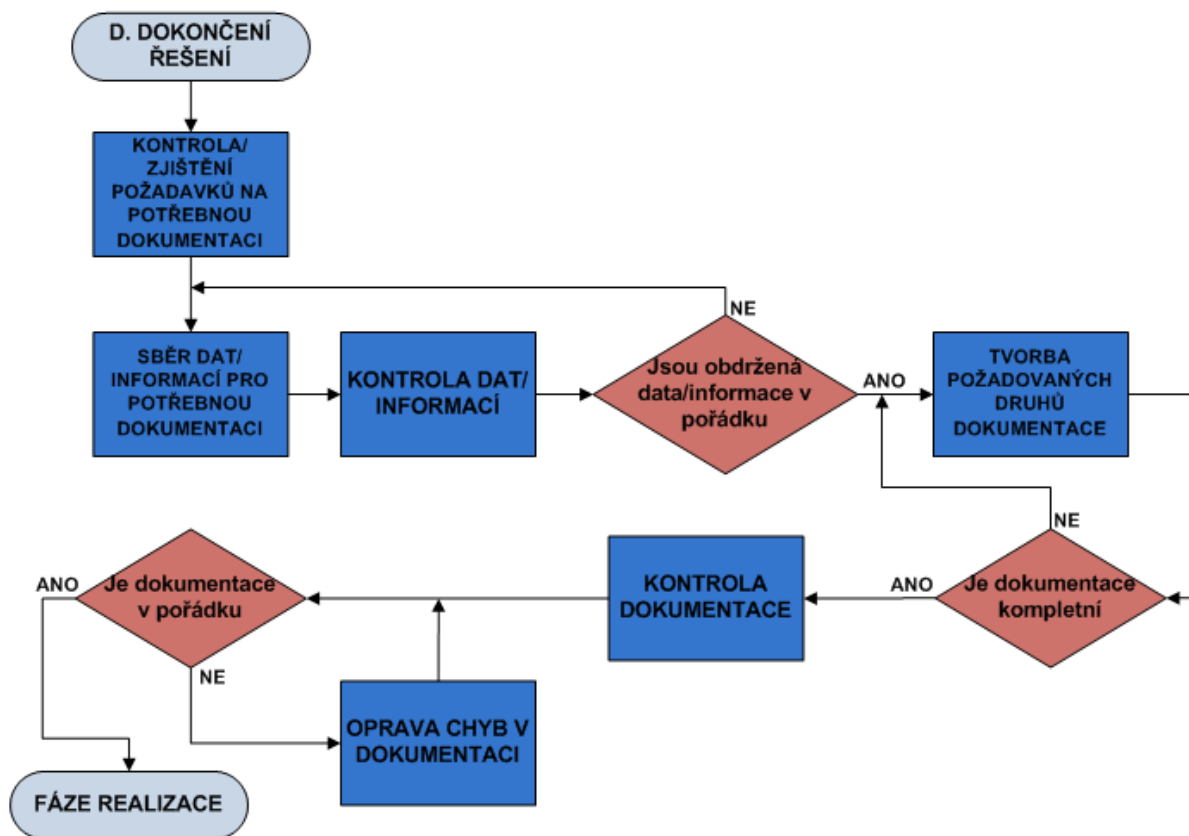
<p><b>HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍHO/KONSTRUKČNÍCH NÁVRHŮ</b></p>	<p>Navržené konstrukční řešení je hodnoceno na základě předem definovaných kritérií. Cílem hodnocení je určit splnění požadavku na danou vlastnost pro navržené řešení a také ověřit, zda navržené řešení splňuje všechny potřebné požadavky na dané MP/MZ uvedené ve specifikaci požadavků.</p> <p>Způsob hodnocení navrženého řešení závisí na povaze/složitosti návrhu MPaZ (viz poznámka níže), rozhodnutí řešitelského týmu, jakým způsobem bude hodnocení prováděno, správnosti zjištěných hodnot pro zvolená hodnotící kritéria, případně dalších specifických faktorů.</p> <p><i>Pozn. V případě jednoduchých nebo „předem“ daných řešeních požadovaného MP/MZ není komplexní hodnocení návrhu nutné a lze rozhodnutí učinit na základě „kvalifikovaného“ odhadu konstruktéra MP/MZ.</i></p>
<p><b>POROVNÁNÍ NÁVRHŮ SE STÁVAJÍCÍM ŘEŠENÍM</b></p>	<p>Proces je zaměřen na hodnocení navrženého řešení ve vazbě se stávajícím řešením. Pokud jsou k dispozici informace o vlastnostech stávajícího řešení a lze tyto informace použít pro hodnocení, můžeme porovnat „silné“ a „slabé“ stránky navrženého řešení oproti stávajícímu.</p>
<p><b>POROVNÁNÍ NÁVRHŮ S KONKURENČNÍMI ŘEŠENÍMI</b></p>	<p>Proces je zaměřen na hodnocení navrženého řešení ve vazbě s konkurenčními/podobnými řešeními. Pokud jsou k dispozici informace o vlastnostech konkurenčního/podobného řešení a lze tyto informace použít pro hodnocení, můžeme porovnat „silné“ a „slabé“ stránky navrženého řešení oproti konkurenčním/podobným řešením.</p>
	<p>Tento rozhodovací blok slouží pro ověření, zda konstrukční řešení splňuje požadované vlastnosti na MP/MZ na základě jeho hodnocení                  NE → řešení potřebných úprav/oprav                  ANO → předložit navržené řešení zakázníkovi</p>
	<p>Tento rozhodovací blok slouží pro ověření, zda zákazník schvaluje navržené konstrukční řešení                  NE → řešení potřebných úprav/oprav                  ANO → ukončení hodnocení a rozhodnutí a zahájení D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ</p>
	<p>Pokud navržené konstrukční řešení nesplňuje požadované vlastnosti, je potřeba zjistit „rozsah“ možných úprav. V tomto rozhodovacím bloku je potřeba určit, zda požadujeme úpravu navrženého řešení, tj. navrhnout jiné (lepší) řešení, nebo řešení daného MP/MZ není dále realizovatelné                  NE → neřešit dále požadovaný MP/MZ – velké riziko pro návrh, KONEC ŘEŠENÍ                  ANO → řešit změnu/změny konstrukčního návrhu</p>
	<p>Pokud je rozhodnuto řešit změnu/změny konstrukčního návrhu, je potřeba určit, zda změna souvisí i se specifikací požadavků                  NE → řešit úpravu/změnu konstrukčního návrhu v činnosti B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ                  ANO → řešit změnu požadavků pro úpravu konstrukčního návrhu</p>
<p><b>ŘEŠENÍ ZMĚNY POŽADAVKŮ Rev.3</b></p>	<p>V tomto procesu jsou řešeny úpravy/změny konkrétních požadavků, ke kterým mají zákazník a dodavatel výhrady na základě konstrukčního návrhu. Upravené/změněné požadavky jsou zaznamenány jako Revize 3 ve specifikaci požadavků pro následné rozhodnutí o jejich schválení/neschválení.</p>

	<p>Tento rozhodovací blok slouží pro zjištění stanoviska ohledně úpravy/změny požadavků na vlastnosti MP/MZ, uvedených ve specifikaci požadavků. Specifikace se předloží zákazníkovi a potenciálnímu dodavateli pro schválení.</p> <p>NE → neřešit dále požadovaný MP/MZ – velké riziko pro návrh, KONEC ŘEŠENÍ                  ANO → zpracovat změnu požadavků do úprav konstrukčního návrhu v činnosti B. HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ</p> <p>ANO → změna požadavku nemá vliv na změnu konstrukčního návrhu, respektive změna požadavku se „přizpůsobila“ navrženému konstrukčnímu návrhu, tj. lze zahájit činnost D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ</p>
---	---


Tabulka 14-4 Popis procesů pro C. HODNOCENÍ A ROZHODNUTÍ [zdroj autor]


### 14.3 D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ

Činnost D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ je zobrazena pomocí vývojového diagramu na Obrázek 14-5. Tato činnost obvykle následuje po schválení konstrukčního návrhu v předchozí činnosti C). Zde uvedený vývojový diagram má svůj začátek označený jako D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ a úspěšný konec označený jako FÁZE REALIZACE → tím je ukončen návrh MP/MZ. Jednotlivé aktivity zobrazené ve vývojovém diagramu jsou opět popsány ve formě tabulky.



Obrázek 14-5 Vývojový diagram aktivit pro činnost D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ [zdroj Autor]

<p><b>KONTROLA/ ZJIŠTĚNÍ POŽADAVKŮ NA POTŘEBNOU DOKUMENTACI</b></p>	<p>V prvním procesu činnosti dokončení řešení je potřeba získat/ověřit informace o požadované dokumentaci, která je součástí konstrukčního řešení. Jednotlivé druhy dokumentace, které jsou obvykle požadovány, jsou uvedeny v příloze 5, oddíl požadavků 5.4 Požadované výstupy.</p>
<p><b>SBĚR DAT/ INFORMACÍ PRO POTŘEBNOU DOKUMENTACI</b></p>	<p>Proces zaměřený na získání potřebných dat a informací pro tvorbu požadované dokumentace. Těmito daty jsou obvykle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-CAD modely jednotlivých součástí a jejich sestavy, tabulky s kusovníky</li> <li>-podklady od zákazníka: výkresy produktu, pro který je MP/MZ navrhován, výkres/schéma prostorového uspořádání pracoviště (Layout)</li> <li>-schémata pro zapojení (elektro, pneumatika, hydraulika...)</li> <li>-obrázky s navrženým řešením: skici, vizualizace-rendery, apod.</li> </ul>
<p><b>KONTROLA DAT/ INFORMACÍ</b></p>	<p>Cílem tohoto procesu je ověřit/zkontrolovat, zda získaná data z předchozího procesu jsou kompletní → kontrola získaných dat s požadavky na jednotlivé druhy dokumentace</p>
<p style="text-align: center;"> Jsou obdržena data/informace v pořádku</p>	<p>Rozhodovací blok, zda jsou data pro tvorbu dokumentace v pořádku, nebo je potřeba jejich revize, případně dohledání potřebných dat nebo zajištění jejich vytvoření, pokud nejsou k dispozici</p> <p>NE → získat potřebná data a ověřit je, zda jsou v pořádku          ANO → začít pracovat na tvorbě požadované dokumentace</p>
<p><b>TVORBA POŽADOVANÝCH DRUHŮ DOKUMENTACE</b></p>	<p>Tento proces je zaměřen na tvorbu požadovaných výstupů dokumentace. Jednotlivé výstupy může tvořit souběžně více členů řešitelského týmu, např. výrobní výkres → konstruktér, montážní postupy a návody → technolog, elektroschémata → elektrikář, dokumentaci k systému řízení → programátor aj.</p> <p><i>Pozn. Vytvořená dokumentace je obvykle součástí (pokud není požadováno jinak) předávacího procesu hotového MP/MZ zákazníkovi.</i></p>
<p style="text-align: center;"> Je dokumentace kompletní</p>	<p>Tento rozhodovací blok slouží ke kontrole, zda jsou vytvořeny všechny požadované dokumenty z procesu tvorby dokumentace</p> <p>NE → dodělat/vytvořit chybějící dokumentaci          ANO → vydání dokumentace ke kontrole</p>
<p><b>KONTROLA DOKUMENTACE</b></p>	<p>Tento proces je zaměřen na kontrolu vydané dokumentace pro její schválení. Kontrolu by měl obvykle provádět jiný pracovník než samotný autor vytvořeného dokumentu. Kontrola se obvykle provádí „jednofázově“ nebo „dvoufázově“.</p> <p>Jednofázová kontrola znamená, že dokument, který např. vytvořil konstruktér (výrobní výkres, výkres sestavy apod.), zkontroluje pověřená osoba a rovnou jej schválí – pokud dokumentace neobsahuje chyby.</p> <p>Dvoufázová kontrola znamená, že dokument od konstruktéra zkontroluje pověřená osoba, a pokud je v pořádku, předá jej na schválení další pověřené osobě, která provede kontrolu, a pokud nenalezne chyby, dokument schválí.</p> <p>Pozn. Dle zkušeností autora z průmyslové praxe je kontrola dokumentace často podceňována nebo není prováděna vůbec. Oprava chyb, které jsou následně zjištěny až při výrobě, je nákladnější než při zjištění chyb v konstrukčním procesu.</p>

	<p>Schválení dokumentace, která by dále neměla být upravována ani revidována, pokud se neobjeví problémy/chyby v konstrukčním řešení během výroby, zprovoznění, testování a uvedení do „ostrého“ provozu</p> <p>NE → zajistit opravu/úpravu vydané dokumentace</p> <p>ANO → Ukončení fáze návrhu, archivace platné verze dokumentace a vydání dokumentace do výroby</p> <p>Pozn. Vybrané druhy dokumentace pro výrobu mohou být tvořeny už ve fázi samotného konstrukčního návrhu, pokud je to reálné → není nutné čekat, až bude hotový výsledný konstrukční návrh.</p> <p>Takto může být dokumentace do výroby kontrolována a uvolňována/vydávána průběžně – viz principy Concurrent engineeringu (překrývaný paralelní vývoj) a Simultaneous engineeringu (souběžný paralelní vývoj). Informace o těchto přístupech lze nalézt v [Andreasen 2000], [Hosnedl 2018]. Není tedy potřeba čekat, až bude celá dokumentace kompletní a až poté ji uvolnit do výroby → principy Overwall engineeringu [Ehrenspiel 1995]</p>
<p><b>OPRAVA CHYB V DOKUMENTACI</b></p>	<p>Proces zaměřený na opravu nalezených chyb nebo nedostatků v dokumentaci vydané ke schválení. Poté, co pověřený pracovník opraví nalezené chyby/nedostatky v dokumentaci, dojde opět k její kontrole pro ověření správnosti.</p>

Tabulka 14-5 Popis procesů pro D. DOKONČENÍ ŘEŠENÍ [zdroj autor]

#### 14.4 E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ

Činnost E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ k řešení konstrukčního úkolu patří mezi paralelní konstrukční činnosti, tj. je prováděny v průběhu celého konstrukčního procesu viz *Obrázek 11-2*. Cílem této činnosti je mít k dispozici správné informace v průběhu řešení konstrukčního návrhu ve správný čas. Jednotlivé způsoby pro tuto činnost jsou uvedeny v tabulce níže.

E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ	
Způsob	Popis způsobu vč. příkladů
Internetové zdroje	CAD knihovny modelů součástí využitelných pro MPaZ, o-line katalogy součástí, animace a videa podobných/konkurenčních MPaZ v provozu pro inspiraci
Literatura	Odborné publikace, časopisy, katalogy tištěné
Databáze	Patentové, ochranné známky
Archiv zákazníka	Výkresová dokumentace stávajících nebo podobných MPaZ, informace o reklamách těchto MPaZ, studie proveditelnosti, které má zákazník zpracované pro dané MP/MZ
Data z výroby (montáže)	Využitelnost stávajícího MPaZ, čas jeho používání tzv. vytížení MP/MZ, počet servisních zákroků dlouhodobých a krátkodobých
Ostatní	- veletrhy a výstavy, novinky v dané oblasti a další

Tabulka 14-6 Popis způsobů pro E. VYHLEDÁVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ [zdroj autor]

## 14.5 F. ZOBRAZOVÁNÍ

Činnost F. ZOBRAZOVÁNÍ je další paralelní konstrukční činnost viz *Obrázek 11-2*. Cílem této činnosti je v průběhu řešení poskytovat „obrazové“ informace o aktuálním stavu požadovaného MP/MZ. Jednotlivé způsoby pro tuto činnost jsou uvedeny v tabulce níže.

F. ZOBRAZOVÁNÍ	
Způsob	Popis způsobu vč. příkladů
2D zobrazení	Skica, výkres, fotografie, schémata se symboly, prezentace
3D zobrazení	CAD model, video, simulace funkce/funkcí MP/MZ, virtuální realita
Diagramové	Tabulky, grafy, nomogramy
Ostatní	Další specifické způsoby pro zobrazování výše neuvedené

Tabulka 14-7 Popis způsobů pro činnosti F. ZOBRAZOVÁNÍ [zdroj autor]

## 14.6 G. KONTROLOVÁNÍ

Činnost G) KONTROLOVÁNÍ je třetí paralelní konstrukční činnost viz *Obrázek 11-2*. Cílem této činnosti je v průběhu řešení MP/MZ kontrolovat správnost postupu/postupů a zjišťovat správnost provedených prací, tj. nalezení chyb. Jednotlivé způsoby pro tuto činnost jsou uvedeny v tabulce níže.

G. KONTROLOVÁNÍ	
Způsob	Popis způsobu vč. příkladů
Průběžná kontrola	Kontrola zadání, způsobu získávání požadavků, dokumentu specifikace požadavků, navržených orgánových struktur, navržených/navržené hrubé stavební struktury, navržené úplné stavební struktury, kontrola při hodnocení návrhů apod.
Kontrola dokumentace	Souvisí se způsobem kontroly - jednofázové, dvoufázové, viz proces kontrola dokumentace popsany v tabulce 14-5.
Kontrola Q,T,C	- kontrola posuzované kvality (Q) řešení MP/MZ → kontrola, zda návrh splňuje požadavky v potřebné kvalitě, zda je návrh „kvalitnější“ než ostatní řešení (stávající, konkurenční...) - kontrola plnění termínového plánu (T) projektu → viz kapitola 14.7 X. Řízení - kontrola zdrojů (C) vyhrazených na realizaci projektu → průběžná kontrola stavu financí na lidské zdroje, materiál, podpůrné procesy aj.
Princip kontroly	- zákazník má vlastní pověřenou osobu pro kontrolu řešení problematiky MPaZ - zákazník průběžnou kontrolu řešení MP/MZ nepožaduje, požaduje hotový produkt splňující specifikované požadavky - zákazník a dodavatel společně schvalují řešení (v oblasti MPaZ velice produktivní způsob) - kontrola je dána výhradně na dodavateli (lépe když splnění daného úkolu kontroluje někdo jiný než samotný řešitel daného úkolu) - kontrolu návrhu provádí další/externí subjekt, obvykle najatá zákazníkem
Ostatní	Kontrolování dalších specifických aktivit výše neuvedených

Tabulka 14-8 Popis způsobů pro činnost G. KONTROLOVÁNÍ [zdroj autor]

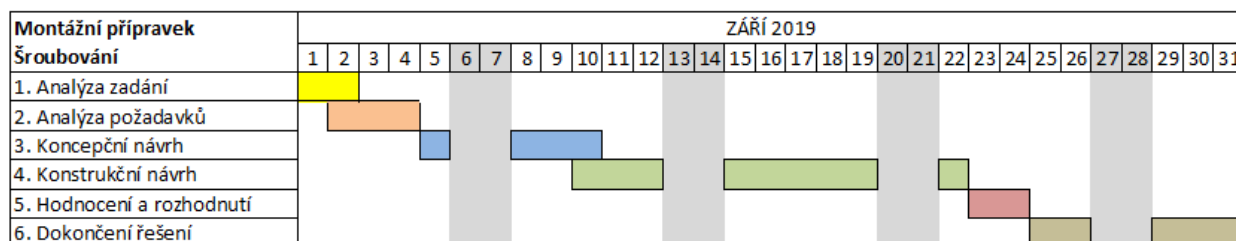


## 14.7 X. ŘÍZENÍ

Činnost X. ŘÍZENÍ je poslední ze skupiny paralelních konstrukčních činností viz *Obrázek 11-2*. Cílem této činnosti je v průběhu řešení MP/MZ řídit/managerovat správnost postupu/postupů, plnění plánu projektu a korigovat aktivity/práci v rámci daného pracovního týmu. Jednotlivé způsoby pro tuto činnost jsou uvedeny v tabulce níže.

X. ŘÍZENÍ	
Způsob	Popis způsobu vč. příkladů
Aplikace metod projektového mng.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ganttův diagram: zobrazuje časový plán projektu</li> <li>- <b>Critical Path Method</b> (CPM -metoda kritické cesty): plánování termínů úkolů a činností, predikce celkového trvání projektu</li> <li>- <b>Program Evaluation and Review Technique</b> (PERT - hodnocení a kontrola programů): PERT diagram graficky znázorňuje závislosti úkolů a času pro dokončení daného úkolu</li> <li>- další metody</li> </ul>
Komunikace s dodavateli	<ul style="list-style-type: none"> <li>- objednávky součástí nebo jejich delegování na oddělení nákupu</li> <li>- přejímka a kontrola kvality dodaných součástí</li> <li>- zajišťování vzorků součástí na vyzkoušení (pokud je to potřeba)</li> <li>- řešení dodacích termínů</li> </ul>
Plnění plánu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dodržování termínů, milníky projektu, kontrolní dny, stav jednotlivých úkolů</li> <li>- kvalita návrhu, hospodaření s rozpočtem, využití lidských zdrojů</li> </ul>
Komunikace se zákazníkem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tvorba reportů o stavu prací na projektu</li> <li>- zasílání dokumentů na schválení</li> <li>- řešení „kritických“ situací</li> </ul>
Ostatní	<ul style="list-style-type: none"> <li>- další aktivity, za které v průběhu řešení zodpovídají pověřeni vedoucí pracovníci a které nejsou výše uvedené</li> </ul>

Tabulka 14-9 Popis způsobů pro činnost X. ŘÍZENÍ [zdroj autor]



Obrázek 14-6 Ukázka Ganttova diagram pro návrh MP/MZ [zdroj Autor]

## 15 Validace navržené metodiky

Poznatky uvedené v kapitolách 11 až 14 byly aplikovány v prostředí průmyslové praxe v několika výrobních podnicích. Pro různé druhy montážních činností (viz *Obrázek 8-2*) byly navrženy montážní přípravky a zařízení zajišťující požadované vlastnosti pro konkrétní montážní operaci. Na *Obrázek 15-1* jsou zobrazeny pouze vybrané montážní činnosti, pro které byly realizovány MPaZ dle metodiky uvedené v této DisP. Jednotlivé příklady MPaZ pro zvolenou montážní operaci jsou popsány ve formě případových studií v následujících podkapitolách. Každá studie je rozdělena na části popisující:

- výchozí stav
- problémy a rizika výchozího stavu
- požadovaný stav
- navržené koncepční nebo konstrukční řešení
- přínosy dosažené aplikací metodiky
- všeobecná doporučení pro danou skupinu montážních činností



Obrázek 15-1 Vybrané montážní činnosti pro ověření metodiky při návrhu vybraných MPaZ [zdroj Autor]

### Obecné přínosy navržené metodiky ve vybraných případech montážních operací:

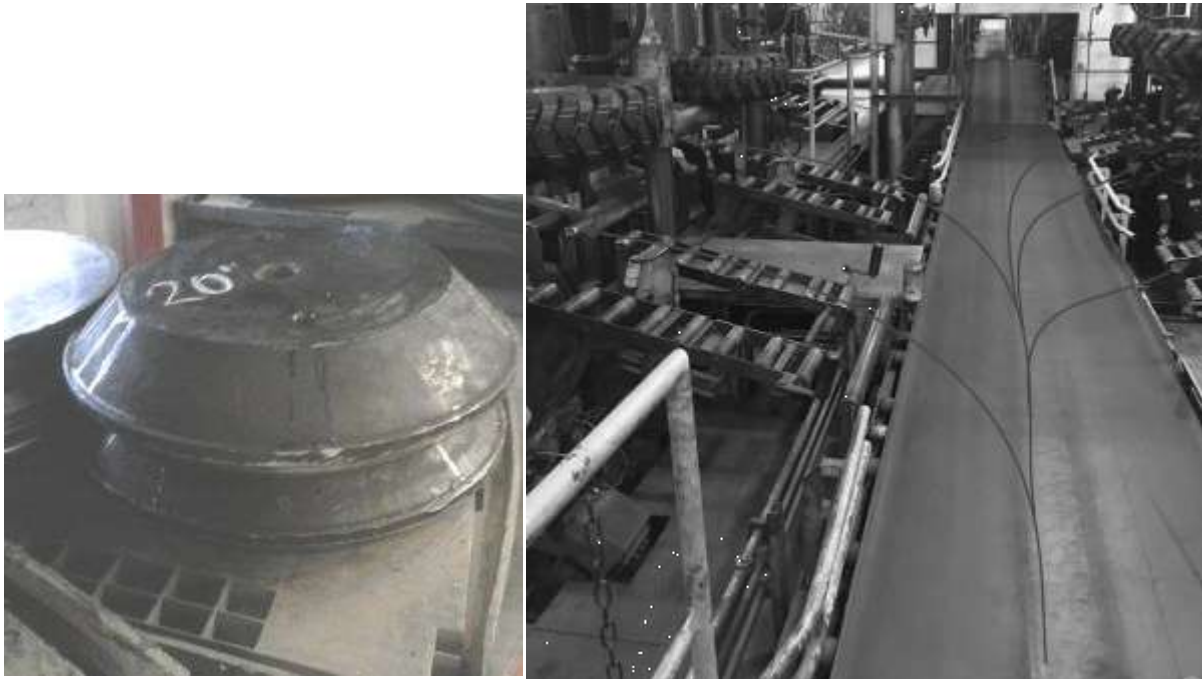
- úbytek/eliminace reklamací či víceprací
- kladen maximální důraz na bezpečnost a ergonomii. Navržený MP/MZ nesmí dát obsluze možnost úmyslného poranění a také musí být pro obsluhu „user friendly“
- řešení „jádra“ problému, a nikoliv řešení záležitostí přímo nesouvisejících s daným montážním přípravkem/montážním zařízením
- částečná eliminace chyb ve vývoji, eliminace úplná je zřejmě nereálná, jelikož chyby se dělají a budou dělat stále
- větší úspěšnost odhalení rizik/chyb již ve fázi přípravné a návrhu. Tímto odhalením rizik/chyb, které se dříve objevovaly ve fázi realizace a provozu, vzniká úspora nákladů, jelikož platí obecné pravidlo 1:10:100:1000 – např. odhalení chyby v provozu je cca 1 000x nákladnější než při fázi přípravné, 100x nákladnější než při konstruování a 10x nákladnější než v procesu výroby)
- důraz na údržbu a servis navrženého MPaZ, tj. díly navrhovat tak, aby v případě poruchy MP/MZ je bylo možné rychle vyměnit → snížení rizika zastavení chodu linky. Návrhy dílů pro rychlý servis a údržbu obvykle řešeny integrací více dílů do jednoho (vyšší cena), ale rychlá výměna během provozu montážního pracoviště, tj. vyšší cena zde není rozhodující faktor

## 15.1 Případová studie pro přípravné montážní činnosti - příprava nářadí

Následující případová studie je zaměřena na koncepční návrh manipulačního zařízení pro montáž ocelových kotoučů (v tomto případě lze ocelové kotouče nazvat jako nářadí) do stabilizačního lisu využitého v procesu výroby pneumatik.

### VÝCHOZÍ STAV

Ve výchozím stavu jsou přepravované ocelové kotouče o různých průměrech a různých hmotnostech uloženy v regálech mimo výrobní linky. Maximální průměr kotouče je stanoven na 24"/ 609,6mm (na *Obrázek 15-2* vlevo ukázka kotouče o průměru 20") a maximální hmotnost je 100 kg. Z těchto regálů jsou vysokozdvížným vozíkem přepraveny do okolí linky (vozík se nedostane až k lince), odkud jsou manuálně (2 až 3 pracovníci) dopraveny na pásový dopravník a poté ručně přesunuty na lože stabilizačního lisu po válečkových drahách, které jsou pod daným sklonem – viz *Obrázek 15-2* vpravo. Na tomto loži poté příslušní pracovníci namontují dopravený kotouč ke stabilizačnímu lisu, tj. **připraví nářadí (kotouč)** do stroje na požadovanou výrobní operaci.



Obrázek 15-2 Ocelový kotouč (vlevo); ukázka linky pro přepravu kotoučů (vpravo) [zdroj Autor]

### PROBLÉMY A RIZIKA VÝCHOZÍHO STAVU

- fyzicky náročná manipulace s nejtěžšími kotouči (až 100 kg)
- manipulace s těžkými kotouči po pásovém dopravníku - pás mezi válci pruží
- nebezpečná manipulace s kotouči po válečkové dráze ke stabilizačnímu lisu
- požadované místo, kam má být kotouč dopraven (určený stabilizační lis), je vzdálen desítky metrů od regálu nebo místa, kam je možné zajet s vysokozdvížným vozíkem, tj. dlouhé vzdálenosti pro manuální přepravu kotoučů
- úrazy vzniklé na základě manipulace s kotouči

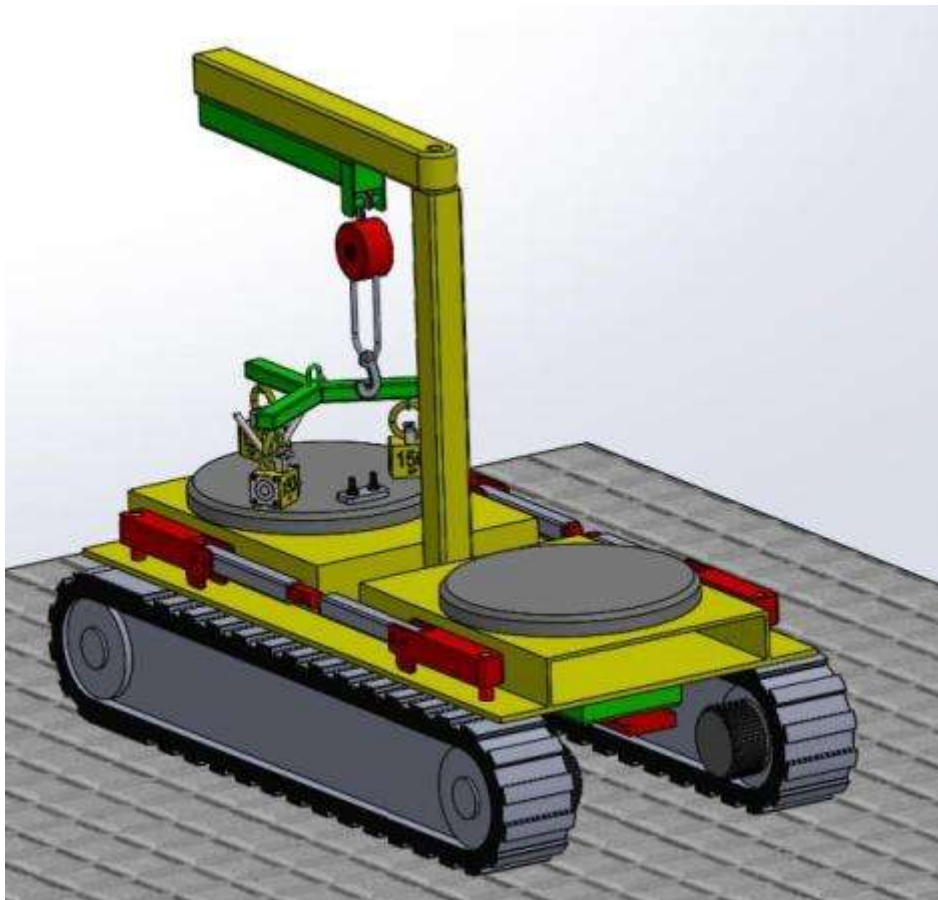
## POŽADOVANÝ STAV

Navrhnout koncepční řešení manipulačního zařízení, které eliminuje problémy a rizika výchozího stavu a splní následující hlavní funkce:

- bezpečné naložení a vyložení ocelových kotoučů mimo linku z regálů a do regálů, kde se kotouče nacházejí. Naložit vždy dva kusy.
- bezproblémový průjezd naloženého manipulátoru k požadované lince – problém úzkých uliček, zatáček, prahů a převýšení na daných trasách
- umožnit nájezd manipulátoru na pásový dopravník podél linky a pohyb po pásovém dopravníku
- zastavení manipulačního zařízení před požadovaným stabilizačním lisem a jeho ustavení do stabilizované polohy
- přesun ocelového kotouče z manipulačního zařízení na lože stabilizačního lisu ve vzdálenosti cca 1 300 mm od kraje pásového dopravníku
- obsluha bude ovládat pouze manipulační zařízení

## NAVRŽENÉ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Navržené koncepční řešení je na principu elektricky poháněného pásového manipulátoru s otočným jeřábem, stabilizačními nohama a břemenovými magnety pro manipulaci s kotouči. Na následujících obrázcích je zobrazené koncepční řešení se stručným popisem vybraných komponent.



Obrázek 15-3 Manipulační zařízení pro ocelové disky [zdroj Autor]

Základnu manipulačního zařízení tvoří plošina na pásech. Pásový pojezd byl vybrán z důvodu pohybu manipulátoru po pásovém dopravníku u stabilizačních lisů. Na plošině je ukotven otočný jeřáb, na jehož konci je řetězový zvedák s břemenovým magnetem pro manipulaci s kotouči. Na bocích plošiny jsou čtyři stabilizační nohy pro ustavení manipulátoru pro bezpečnou manipulaci s ocelovými kotouči- ty jsou přepravovány vždy dva kusy.



Obrázek 15-4 Manipulační zařízení pro ocelové disky [zdroj Autor]

Navržené koncepční řešení splňuje základní funkce uvedené v části POŽADOVANÝ STAV a zajišťuje:

- eliminaci úrazů pro operátory s ocelovými kotouči
- zvýšení bezpečnosti práce a výrazné snížení fyzické námahy obsluhy
- ergonomické ovládání manipulačního zařízení

Po ověření a schválení koncepčního řešení managementem výrobní společnosti bude následovat fáze konstrukčního návrhu.

## PŘÍNOSY DOSAŽENÉ APLIKACÍ METODIKY

Kromě samotného koncepčního návrhu manipulačního zařízení byl problém řešen komplexně, tj. od místa počátečního naložení kotouče až po místa, kde jsou kotouče zakládány do lisů. Byly provedeny následující analýzy a návrhy:

- analýza přehledu o používaných kotoučích, určení jejich využitelnosti (od nejčastěji používaných, po kotouče minimálně používané nebo již nepoužívané, které byly vyřazeny z výroby → uvolnění skladovacích míst pro jiné součásti)
- návrh úpravy skladovacích míst kotoučů pro jejich lepší a hlavně bezpečnější nakládání/vykládání ze skladovacích míst
- analýza layoutu/tras pro bezpečný průjezd manipulátoru na požadované místo, odstranění nežádoucích překážek v layoutu, které např. z historického hlediska nebyly funkční
- návrh úprav pracoviště pro zakládání kotoučů do stabilizačního lisu z hlediska zvýšení bezpečnosti práce a ergonomie obsluhy → odstranění nebezpečných překážek, návrh úpravy plošin pro pohyb obsluhy

## 15.2 Případová studie pro přizpůsobovací montážní činnosti – úprava povrchu

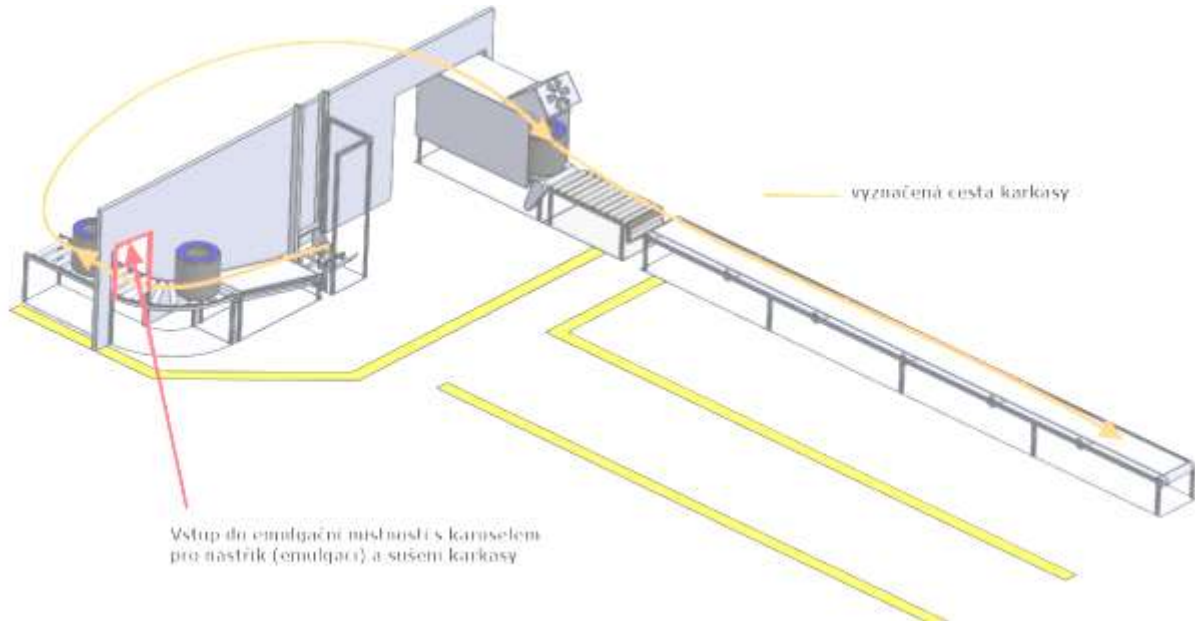
Následující případová studie je zaměřena na koncepční návrh zařízení dodatečné emulgace (natírání povrchu kapalnou směsí) polotovaru na výrobu pneumatik tzv. karkasu. Na požadovaném zařízení za pomoci obsluhujícího personálu dojde k nanesení vrstvy kapalné směsi na definovaná místa karkasu, tj. dojde k **úpravě povrchu** pro dosažení požadovaných vlastností pro následující výrobní operace. Proces nanesení vrstvy kapalné směsi na karkasu se dá považovat také jako montážní operace, kdy v tomto případě montují kapalnou směs (nehmotný objekt) na hmotný objekt a pro tuto montážní operaci navrhujeme požadované montážní zařízení.

### VÝCHOZÍ STAV

Výrobní linka, která slouží pro emulgaci karkas – viz *Obrázek 15-6*, neumožňuje provést zaručenou emulgaci všech vnitřních a vnějších ploch karkasy. Z tohoto důvodu se musí provádět „ruční“ dodatečná emulgace, kterou na konci procesu emulgace provádí určení operátoři dané výrobní linky.



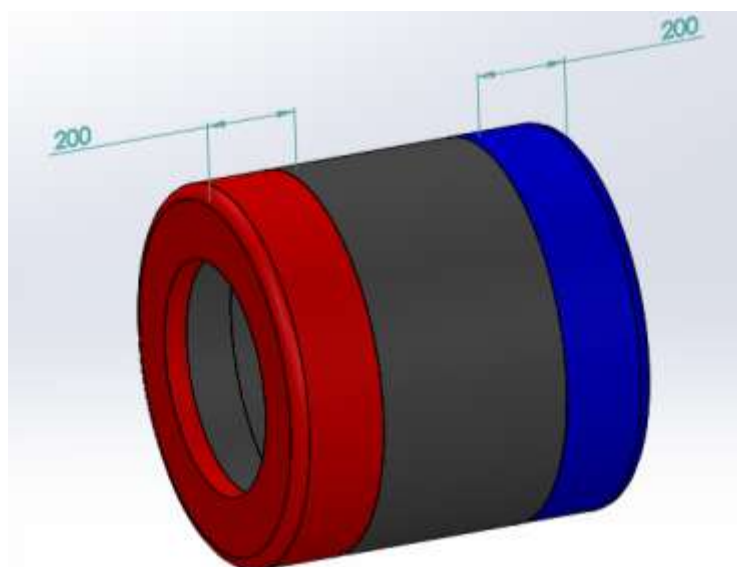
Obrázek 15-5 Rozměry karkasy (vlevo); podoba reálné karkasy (vpravo) [zdroj Autor]



Obrázek 15-6 Schematické zobrazení výrobní linky [zdroj Autor]

Na konci výrobní linky je naznačen pásový dopravník, ze kterého jsou karkasy odebírány obsluhou a dodatečně emulgovány.

Na *Obrázek 15-7* jsou vyznačeny plochy (červená a modrá barva) pro dodatečnou emulgaci pro jednotlivé karkasy – karkasů je více rozměrových variant. Všechny vyznačené plochy nemusí být na dané karkase dodatečně emulgovány. Většinou se jedná o různé kombinace, které jsou pro konkrétní karkasu předem specifikovány. Červeně vyznačené plochy značí vrchní část karkasy, modře označené plochy značí spodní část karkasy.



Obrázek 15-7 Vyznačené plochy pro dodatečnou emulgaci karkasy [zdroj Autor]

## PROBLÉMY A RIZIKA VÝCHOZÍHO STAVU

- zavážení karkas na výrobní linku je v nepravidelném taktu → vznikají i několikahodinová „okna“ → pracovníci pro dodatečnou emulgaci nejsou vždy přítomni na lince při jejím opětovném spuštění → pro některé karkasy není poté provedena dodatečná emulgace
- nejtěžší karkasa má hmotnost cca 80 kg → namáhavá manuální práce při manipulaci s karkasou → operátor shazuje karkasu z pásového dopravníku ve výšce 800 mm a poté s ní manipuluje na podlaze
- při dodatečné emulgaci manipuluje operátor s karkasou na podlaze, která je znečištěna
- pracovník/operátor nanáší emulzi manuálně pomocí houby v nepravidelných vrstvách → nanesená emulze nestihne dostatečně zaschnout před započítím navazující výrobní operace
- nezaschlé plochy se dostávají do kontaktu se znečištěnou podlahou a nečistoty, které ulpí na karkase, způsobují problémy (zhoršují výslednou kvalitu) při následném procesu vulkanizace karkasy ve vulkanizačním lisu

## POŽADOVANÝ STAV

Navrhnout koncepční řešení zařízení pro dodatečnou emulgaci karkas, které eliminuje problémy a rizika výchozího stavu a splní následující hlavní funkce:

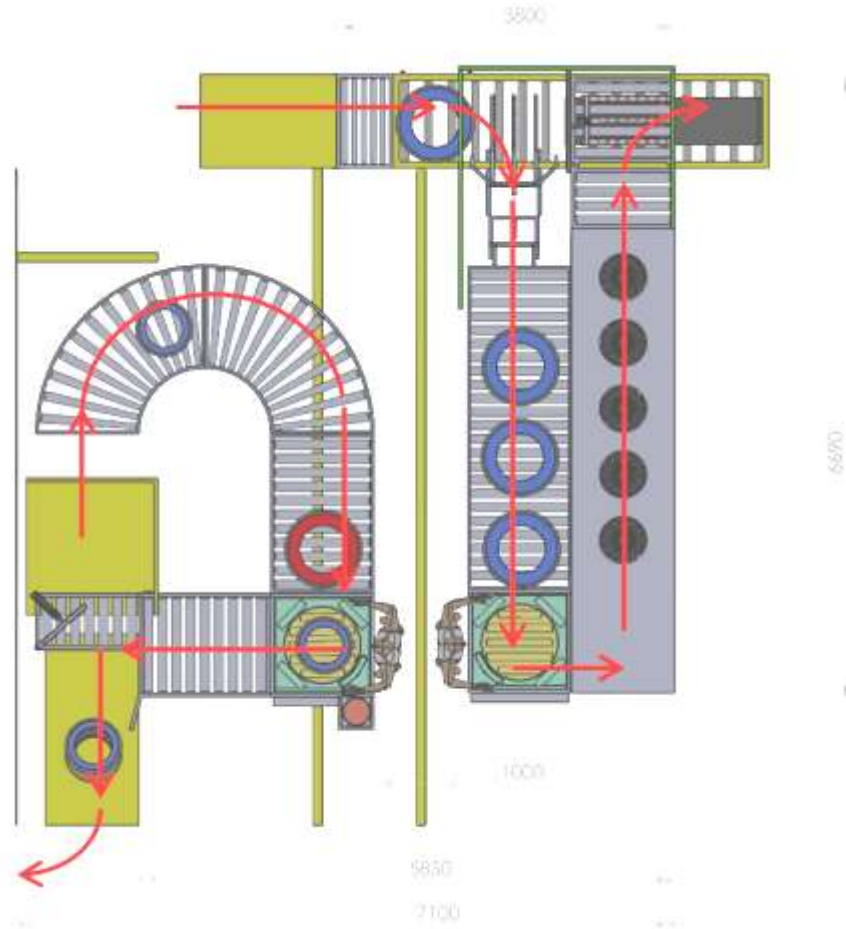
- nenarušit současný proces emulgace → zařízení implementovat do stávající výrobní linky
- vytvořit zásobník pro karkasy pro eliminaci nepravidelného taktu linky
- snížení fyzické námahy pro operátory, kteří provádějí dodatečnou emulgaci na požadované limity
- zajistit kvalitní osušení neemulgovaných ploch karkasu, aby nedošlo k jejich znečištění před zaschnutím kapalné směsi na povrchu karkasu
- eliminovat znečištění naemulgovaných karkas pro následný proces vulkanizace

## NAVRŽENÉ KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

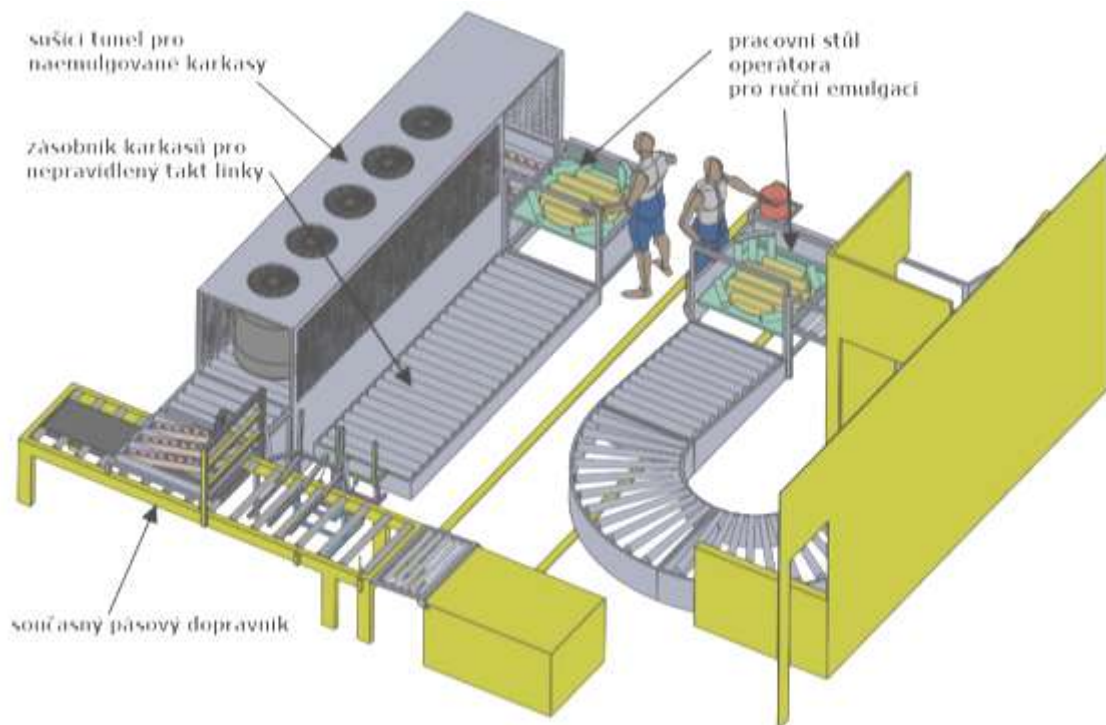
Navržené koncepční řešení je rozděleno na dvě pracoviště. První pracoviště obsahuje zásobník karkasů a pracovní stůl, na kterém operátor provede emulgaci vrchní části karkasu – viz červeně vyznačená část na *Obrázek 15-7*. Z této plošiny poté karkas odjíždí pro jeho emulgaci v současném procesu emulgace, tj. dojde k emulgaci zbylých povrchů kromě spodní části karkasu. Po výjezdu ze sušicího tunelu následuje druhé pracoviště, které opět obsahuje zásobník karkasů, pracovní stůl, na kterém operátor provede emulgaci spodní části karkasu a sušicí tunel, ve kterém je neemulgovaná zbylá část karkasu vysušena.

Na *Obrázek 15-9* a *Obrázek 15-10* je zobrazeno navržené montážní pracoviště s popisem hlavních zařízení. Žlutě vyznačené zařízení a okolí zobrazuje současnou linku z *Obrázek 15-6*, do které byla jednotlivá zařízení implementována.

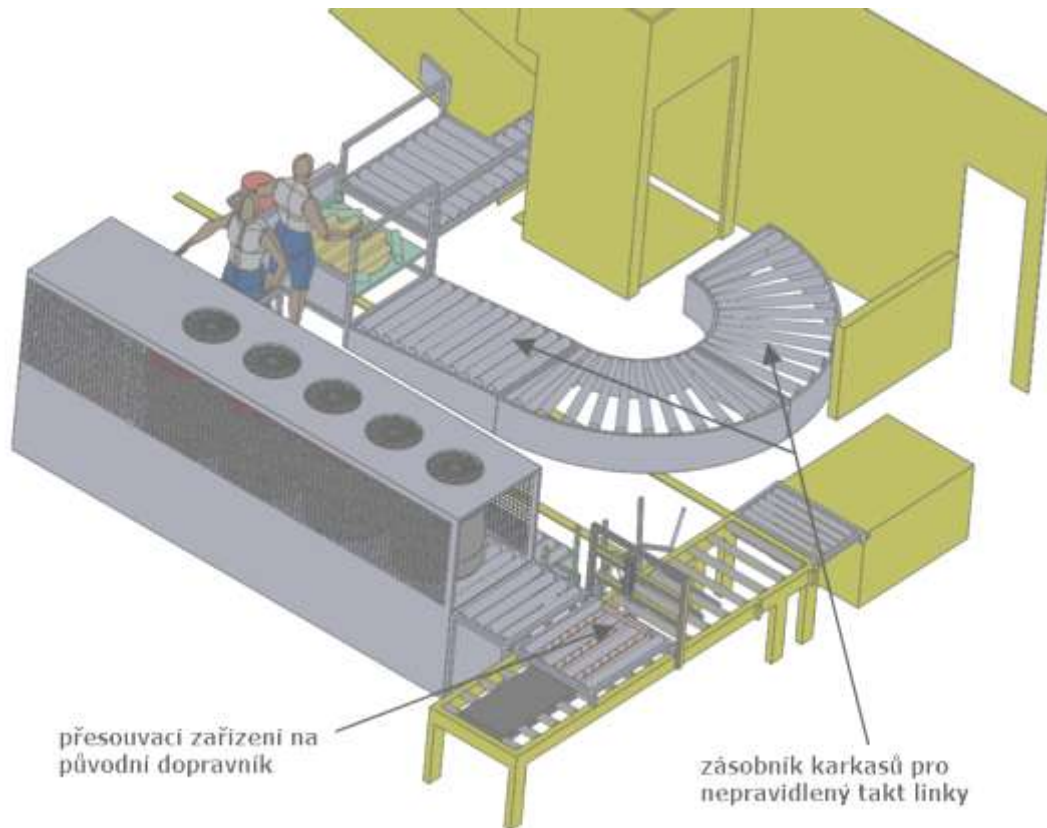




Obrázek 15-8 Prostorové uspořádání pracoviště pro montáž kapalné směsi na karkasy [zdroj Autor]



Obrázek 15-9 Pohled na koncepční řešení MZ pro dodatečnou emulgaci karkasů [zdroj Autor]



Obrázek 15-10 Pohled na koncepční řešení MZ pro dodatečnou emulgaci karkasů [zdroj Autor]

Navržené koncepční řešení splňuje základní funkce uvedené v části POŽADOVANÝ STAV a zajišťuje:

- zajištění emulgace každého karkasu při nepravidelném taktu výrobní linky
- zlepšení manipulace s karkasou → snížení fyzické námahy obsluhy
- zvýšení bezpečnosti práce
- zvýšení kvality naemulgovaných karkasů pro proces vulkanizace
- snížení počtu potřebných operátorů pro dodatečnou emulgaci

Po ověření a schválení koncepčního řešení managementem výrobní společnosti bude následovat fáze konstrukčního návrhu.

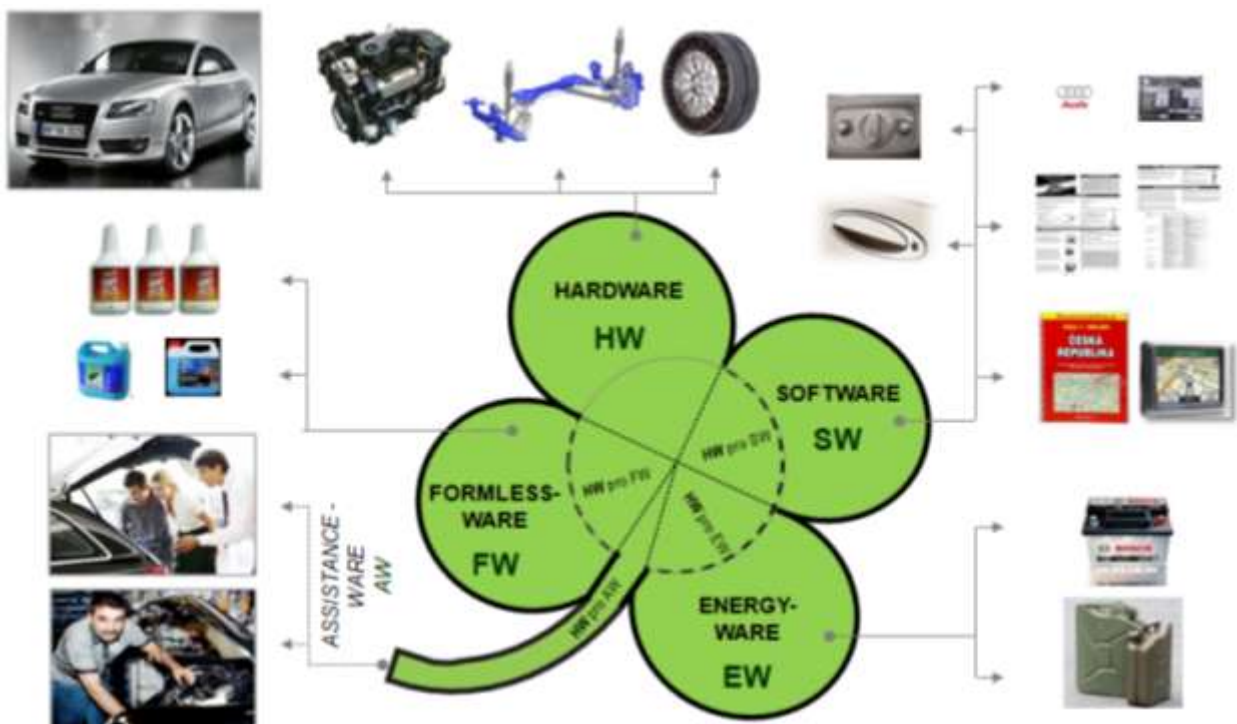
#### PŘÍNOSY DOSAŽENÉ APLIKACÍ METODIKY

- vytvoření přehledu o karkasech, které je třeba dodatečně emulgovat → eliminace karkasů, které se již nevyrábí
- navržen efektivní způsob sušení kapalné směsi pro emulgaci karkasů na základě testování různých způsobů sušení
- při návrhu kladen důraz na ergonomický způsob dodatečné emulgace → pracovní stůl operátora pro ruční emulgaci je výškově přestavitelný pro různě vysoké karkasy a různě vysoké operátory
- pracoviště navrženo s důrazem, aby v případě poruchy nebyl dlouhodobě narušen chod stávající linky → rychlá údržba a servis
- v případě nepřítomnosti operátora na pracovišti nebude rovněž narušen chod stávající linky → návaznost na další výrobní operace

Tato případová studie má jako další cíl vysvětlit, že montážní proces nemusí být pouze vzájemné spojování hmotných součástí. Na základě teoretických poznatků o heterogenních technických produktech uvedené v [Hosnedl 2018] lze na technický produkt pohlížet jako na produkt, který je složený z jednotlivých generických složek technického produktu. Jednotlivé generické složky jsou zobrazeny na *Obrázek 15-11*.

Na základě této teorie lze konstatovat, že dodatečná emulgace karkas je montážní proces, kdy generická složka Formlessware FW (kapalná směs) je aplikována/spojena s generickou složkou Hardware HW (karkas) a tvoří tak výsledný heterogenní technický produkt.

Jako další příklad aplikace této teorie je např. montážní proces lepení, kdy pomocí lepidla (generická složka Formlessware) dojde ke spojení hmotných součástí (generická složka Hardware) a je tak vytvořen výsledný heterogenní technický produkt.



Obrázek 15-11 Generické složky heterogenního technického produktu [zdroj Hosnedl 2018]

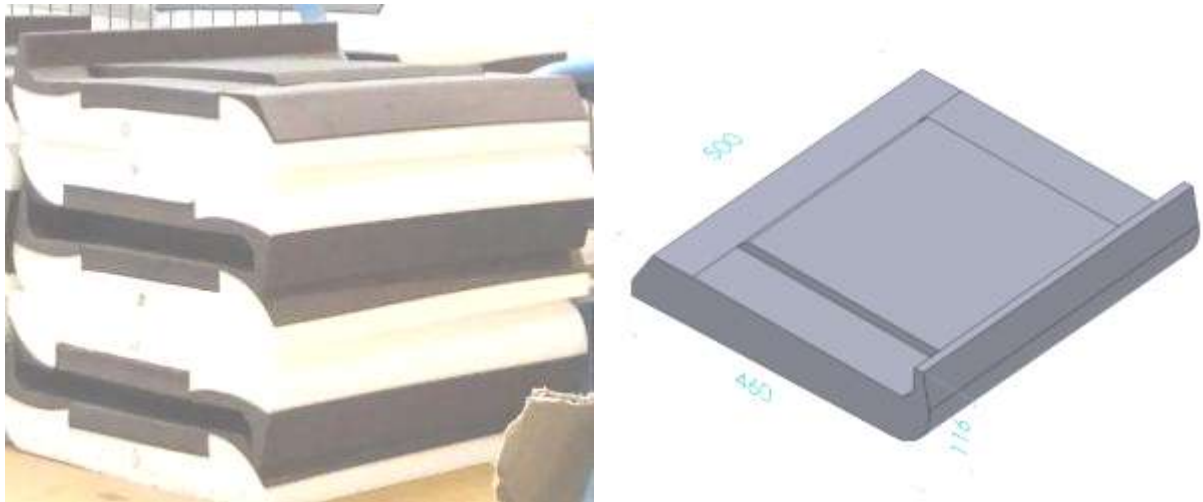
### 15.3 Případová studie pro manipulační montážní činnosti – upínání/odepínání

Následující případová studie je zaměřena na konstrukční návrh upínacího zařízení, tj. **umožní upínání a odepínání** pěnového sedáku pro jeho **manipulaci** během výrobní operace broušení (tuto výrobní operaci lze zařadit do montážních činností přípravných v tomto případě).

Tato případová studie popisuje jakýsi mezikrok v montážní lince, kdy mezi montážní činnostmi spojovací → lepení sedáku z jednotlivých součástí a montážní činností nalepení výsledného potahu je potřeba udělat „mezikrok“, tj. vybrousit sedák do požadovaného tvaru. Zařízení pro broušení sedáku je součástí montážní linky, tudíž tato případová studie je považována jako ukázka možné manipulace se součástmi v průběhu montážního procesu pro výrobu konečné součásti.

#### VÝCHOZÍ STAV

Pěnový sedák, který je slepen z osmi nařezaných pěnových polotovarů a dvou druhů pěnových materiálů, je ve výchozím stavu zobrazen na *Obrázek 15-12*, kde je zobrazen stoh pěti sedáků připravených pro následnou výrobní operaci broušení. Během broušení jsou pěnové plochy sedáku obroušeny na požadovaný tvar. Po této operaci je na sedák nalepen (namontován) požadovaný textilní obal (potah) pro jeho dokončení.



Obrázek 15-12 Stoh pěnových sedáků (vlevo); rozměrová varianta sedáku (vpravo) [zdroj autor]

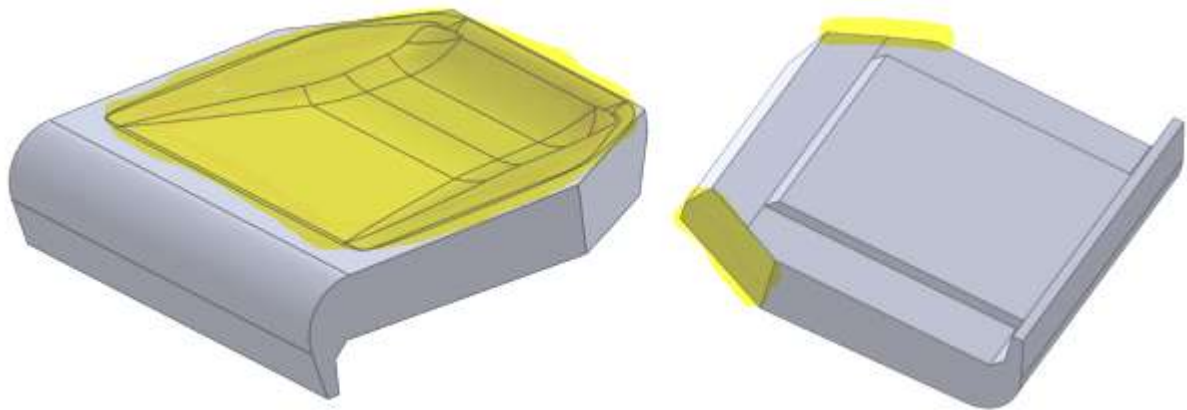
#### PROBLÉMY A RIZIKA VÝCHOZÍHO STAVU

- sedák je vyroben z pěnového materiálu → problematika upínání sedáku, aby během manipulace a broušení nevypadl z upínacího zařízení, a zároveň aby při jeho upnutí nedošlo k deformaci sedáku, respektive oblastí sedáku, které mají být odbroušeny
- neobroušený sedák je vyráběn v různých rozměrových a tvarových variantách → různé rozměry potřebné k odbroušení
- pro různé rozměrové a tvarové varianty požadavek jednoho upínacího zařízení, které bude připevněno na rameno robota, který bude se sedákem manipulovat během procesu broušení

## POŽADOVANÝ STAV

Navrhnout konstrukční řešení zařízení pro upnutí a odepnutí pěnového sedáku o rozdílných rozměrech a tvarech, které eliminuje problémy a rizika výchozího stavu a splní následující hlavní funkce:

- jednoduché a rychlé upnutí sedáku
- bezpečné odepnutí sedáku po jeho obroušení
- při upnutí sedáku nedojde k jeho deformaci
- během manipulace se sedákem při procesu broušení nesmí sedák spadnout/vypadnout z upínacího zařízení
- pomocí upínacího zařízení upevněného na rameni robota bude možné v brousícím boxu vybrousit sedáky na požadovaný tvar zobrazený na obrázku. Tento požadovaný tvar je zobrazen na *Obrázek 15-13*, kde je vlevo zobrazena vybroušená část pro sezení a vpravo jsou zobrazeny odbroušené zadní rohové části.



Obrázek 15-13 Zobrazení výsledného tvaru vybroušeného sedáku [zdroj autor]

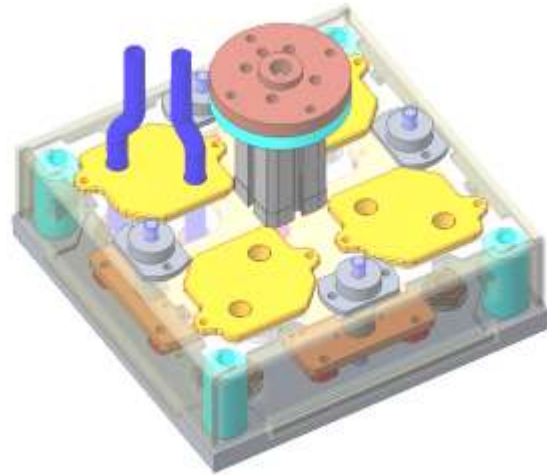
## NAVRŽENÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Navržené konstrukční řešení je na principu podtlakové upínací desky. Jelikož upínaný pěnový sedák je prodyšný, během procesu upnutí dochází k neustálému odsávání vzduchu z prostoru mezi upínací deskou a plochou sedáku, aby nedošlo ke spadnutí sedáku z upínací desky. Dále do sedáku po jeho podtlakovém upnutí zajede/pronikne osm kusů jehel, které eliminují případné pootočení sedáku vůči upínací desce během procesu broušení. Na *Obrázek 15-14* vlevo je zobrazeno koncepční řešení upínací desky a vpravo následné konstrukční řešení upínací desky. Na *Obrázek 15-15* je zobrazena vyrobená upínací deska na robotickém rameni během jejího testování a následná navržená úprava upínací desky. Navržená úprava je na principu přídavných pák, které se sklápějí a posouvají po lineárních pojezdech, pro dosažení vyšší tuhosti zadní části sedáku a jeho větší stabilizaci při procesu broušení sedáku.

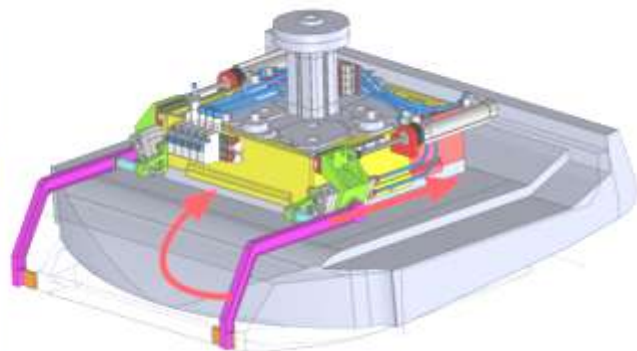
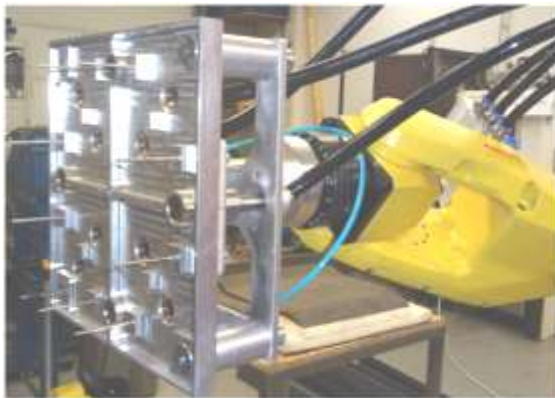
Navržené konstrukční řešení splňuje základní funkce uvedené v části POŽADOVANÝ STAV a zajišťuje:

- snížení počtu potřebných operátorů pro broušení, kteří dříve sedáky brousili manuálně. Tyto operátory lze využít na jiných pracovištích

- zvýšení produktivity vyráběných kusů sedáků → robotické pracoviště pro broušení sedáků je v provozu nepřetržitě (mimo čas potřebný na údržbu a servis)
- zvýšení kvality vyráběných sedáků → zajištění rozměrové stálosti a přesnosti (původní manuální broušení sedáku vykazovalo velké odchylky u jednotlivých sedáků)
- snížení zdravotních rizik pro obsluhu: obsluha nevděčuje „mikročástice“ pěnového prachu, které vznikají během broušení pěnového sedáku



Obrázek 15-14 Koncepční a konstrukční řešení upínací desky [zdroj autor]



Obrázek 15-15 Vyrobená upínací deska (vlevo); navržená úprava (vpravo) [zdroj autor]

### PŘÍNOSY DOSAŽENÉ APLIKACÍ METODIKY

- vytvoření přehledu o rozměrových a tvarových alternativách pěnových sedáků pro broušení. Odstranění již nepotřebných sedáků, které se historicky nevyrábějí
- na základě intenzivní spolupráce se zákazníkem, sérií kontrol a testů zkušebních prototypů upínacích desek došlo k eliminaci chybných návrhů a myšlenek na různá provedení upínacího zařízení
- zlepšení kvality vstupujících sedáků do procesu broušení. Dříve kvalita různorodá, sedáky nepřesně vyrobeny/slepeny → zavedení systému kontroly kvality již u vyráběných pěnových polotovárů, ze kterých jsou poté sedáky slepeny

- upínací deska navržena s důrazem na její využití pro současné rozměrové a tvarové alternativy sedáků, ale i pro případné budoucí rozměry a tvary pěnových polotovarů → desku lze jednoduše modifikovat pro nové verze sedáků
- následná robotizace/automatizace pracovišť, které předcházejí procesu broušení a následují po procesu broušení → vedlejší „synergický“ efekt, kdy vhodným vyřešením dané montážní činnosti může dojít k potřebě inovace dalších pracovišť

## 15.4 Případová studie pro spojovací montážní činnosti – šroubování

Následující případová studie je zaměřena na konstrukční návrh MP/MZ pro spojení několika součástí do výsledné sestavy pomocí spojovacích prvků. Navržený MP/MZ zajistí **šroubovací** montážní činnost pro dva rozdílné šrouby (stejná velikost závitů, ale jiný tvar hlavy šroubu) do definovaných míst v části sedačky osobního automobilu.

### VÝCHOZÍ STAV

Část sedačky je montována na pracovním stole, na který si operátor položí sedačku a poté ustaví do požadované polohy – opře sedačku o zářky na stole. Následně do koncovky v pneumatickém utahováku vloží šroub a nastaví utahovák do pozice na sedačce, ve které má být šroub zatočen. Toto opakuje poté s druhým šroubem. Poté přesune sedačku na pracoviště, kde probíhá navazující montážní činnost.

### PROBLÉMY A RIZIKA VÝCHOZÍHO STAVU

- nedostatečně ukotvená sedačka k pracovnímu stolu – během montážního procesu možnost s manipulací sedačky → odírání koženého potahu a možnost poškození sedačky
- možná záměna šroubů, tj. druhý šroub byl zamontován na místo, kde měl být první šroub a opačně → vytvořený chybný kus, který je nutné opravit
- ruční nastavení pneumatického utahováku do potřebné pozice pro dotažení šroubů je neergonomické a neefektivní
- při přesunu sedačky na další pracoviště složitá manipulace se sedačkou a také možnost jejího poškození (nejčastěji odření koženého potahu)

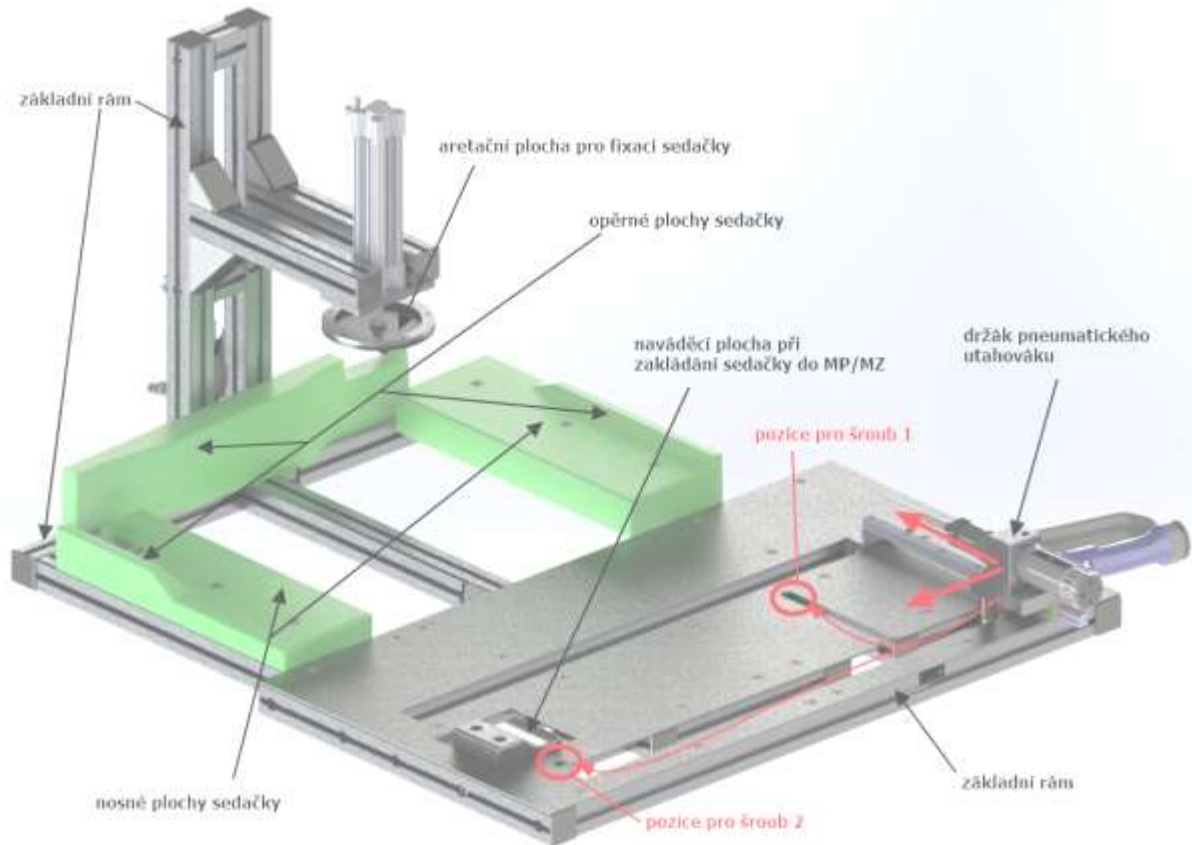
### POŽADOVANÝ STAV

Navrhnout konstrukční řešení zařízení šroubovacího MP/MZ, které eliminuje problémy a rizika výchozího stavu a splní následující hlavní funkce:

- jednoduché, rychlé a bezpečné upnutí sedačky
- rychlé a ergonomické zašroubování šroubů (správný šroub do správné pozice)
- jednoduché, rychlé a bezpečné vyjmutí sedačky z MP/MZ a její přesun na další pracoviště

### NAVRŽENÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Navržené konstrukční řešení je zobrazeno na *Obrázek 15-16*. Toto řešení je složeno ze základního rámu z hliníkových profilů, na který jsou ukotveny nosné plochy sedačky, jež mají na bocích opěrné plochy pro ustavení sedačky do správné pozice. Nad sedačkou je aretační plocha, která je na založený sedák přitlačena pomocí pneumotoru. V přední části montážního zařízení je v držáku ukotven pneumatický utahovák. Držák spolu s utahovákem se může pohybovat ve dvou směrech po předem definované dráze. Pneumatický utahovák má dvě koncové pozice, do kterých musí dojet pro zašroubování potřebného šroubu.



Obrázek 15-16 Konstrukční návrh montážního zařízení pro montáž šroubů do sedačky [zdroj autor]

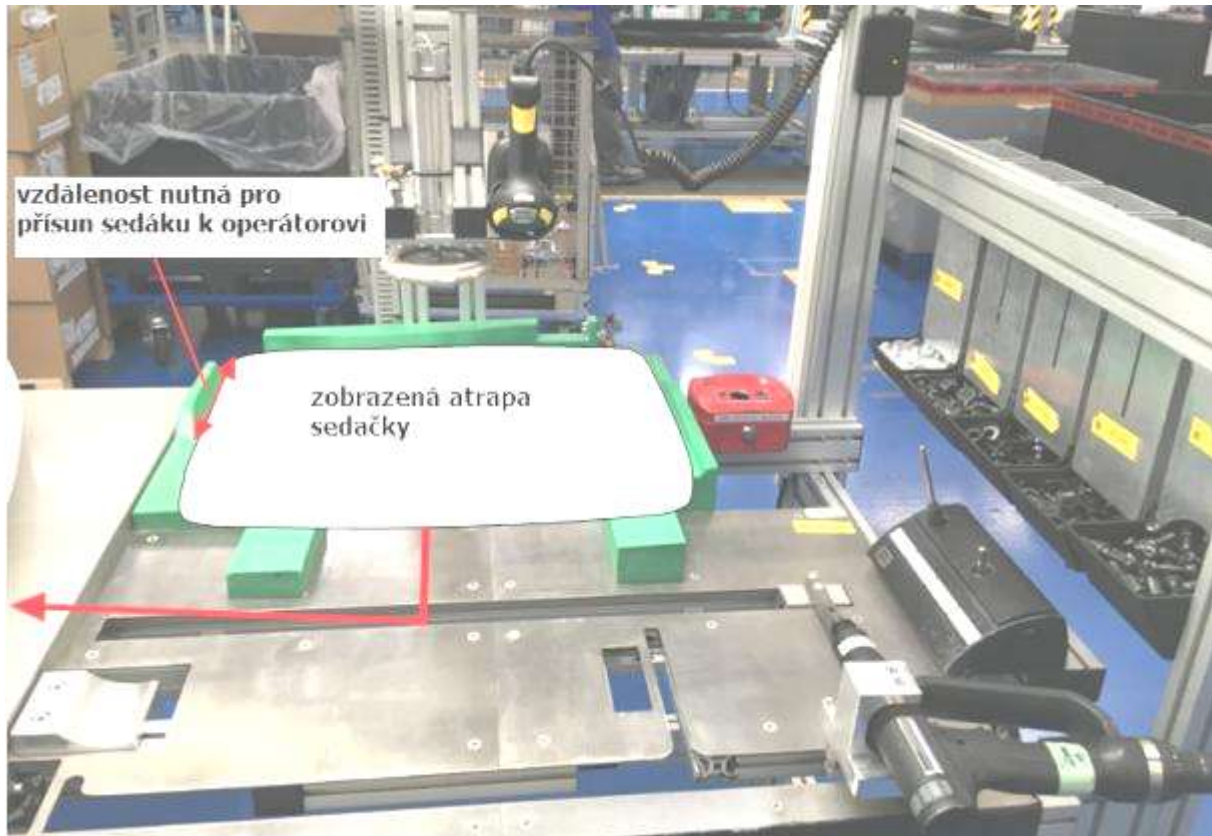
Tyto pozice jsou na obrázku vyznačeny červeným kruhem. Po příjezdu pneumatického utahováku do správné pozice je do utahováku uvolněn stlačený vzduch a utahovák je funkční pro montáž šroubu. Aby nedocházelo k záměně pozic montovaných šroubů do sedačky, má každý šroub svůj speciální nástavec pro montáž a pozice pro montáž jsou v různých vzdálenostech od sedačky. Například pro montáž šroubu, kdy je pneumatický utahovák v pozici pro šroub 2, je nutné mít v pneumatickém utahováku delší nástavec pro utažení šroubu než v případě pozice pro šroub 1.

Na *Obrázek 15-17* je zobrazen vyrobený montážní přípravek, který je umístěn v montážní lince. Dále je na tomto obrázku naznačen způsob vyjmutí sedačky z přípravku, tak aby nedošlo k jejímu poškození. Při vyjmutí sedačky nejprve odjede aretační plocha, kterou přitlačuje pneumotor, do své výchozí pozice. Následně si operátor přitáhne/přisune sedačku k sobě do vzdálenosti, ve které již není opřena o boční opěrnou plochu a poté ji přesune bočním směrem na další pracoviště.

Navržené konstrukční řešení splňuje základní funkce uvedené v části POŽADOVANÝ STAV a zajišťuje:

- zvýšení ergonomie a snížení fyzické námahy obsluhy
- redukce času pro montážní operaci o 15 %
- eliminace chyb v procesu montáže – jednoznačné ustavení součástí, přesně definovaná místa montáže, přesně definovaný sled „kroků“ pro montážní operaci
- bezpečné a rychlé přesunutí sedačky na následné pracoviště





Obrázek 15-17 Montážní přípravek umístěný na montážní lince [zdroj autor]

#### PŘÍNOSY DOSAŽENÉ APLIKACÍ METODIKY

- na základě přesně specifikovaných pohybů a manipulace se sedačkou byly eliminovány poškození sedačky v průběhu zakládání do původního montážního přípravku a následně při jejím vyjmutí a přesunu na další pracoviště
- při návrhu kladen velký důraz na rychlou servisovatelnost a údržbu. Případná porucha na montážním přípravku nesmí výrazně ohrozit takt montážní linky. Jednotlivé součásti montážního přípravku včetně senzorů je možné při jejich poškození rychle servisovat (oprava, výměna), tj. je zajištěn jednoduchý přístup k daným součástem.

#### 15.5 Případová studie pro kontrolní montážní činnosti – měření tvaru, zkoušení funkce

Následující případová studie je zaměřena na konstrukční návrh MP/MZ pro výstupní kontrolu smontované sedačky, respektive spodní sedákové části. Navržený MP/MZ zajistí **měření tvaru a zkoušení funkce** pro sedákovou část zadní sedačky do osobního automobilu.

##### VÝCHOZÍ STAV

Smontovaný zadní sedák je složen ze třech dílčích sedáků, které jsou potaženy koženou textilií. Tyto sedáky je potřeba zkontrolovat jednotlivě a jako výsledný celek zda splňují kritéria na ně kladená zákazníkem. U sedáků se kontroluje především kvalita natažené kůže a švů, zda jsou řádně dotaženy všechny spojovací elementy a zda vizuálně sedák jako celek navazuje na další okolní součásti automobilu.

## PROBLÉMY A RIZIKA VÝCHOZÍHO STAVU

- Nekvalitně natažená kůže na sedáku – nedostatečně napnutá kůže
- Poškozená nebo odřená kůže – toto má za následek znehodnocení celého sedáku
- Poškozené švy, kterými je kůže prošívána – potřeba vyřešit míru poškození a možnost opravy
- Výsledný tvar sedáků nenavazuje na okolní díly v automobilu – nutná návaznost na zadní opěrné sedáky zad, spony pro bezpečnostní pásy a infixy pro ukotvení dětské sedačky

## POŽADOVANÝ STAV

Zajistit kontrolu a funkci smontovaných sedáků do osobního automobilu a odhalit případné chyby a poškození.

Navrhnout konstrukční řešení kontrolního MP/MZ, které eliminuje problémy a rizika výchozího stavu a splní následující hlavní funkce:

- Jednoduché a rychlé vložení sedáku do kontrolního zařízení
- Zajištění vizuální kontroly jednotlivých sedáků a výsledné sestavy spodního sedáku
- Ověření všech potřebných funkcí zadního sedáku v kontrolním zařízení
- Ověřit bezproblémovou montáž sedáku do samotného automobilu
- Zajištění požadované přesnosti kontrolního zařízení
- Jednoduché a rychlé vyjmutí zkontrolovaných sedáků z kontrolního zařízení

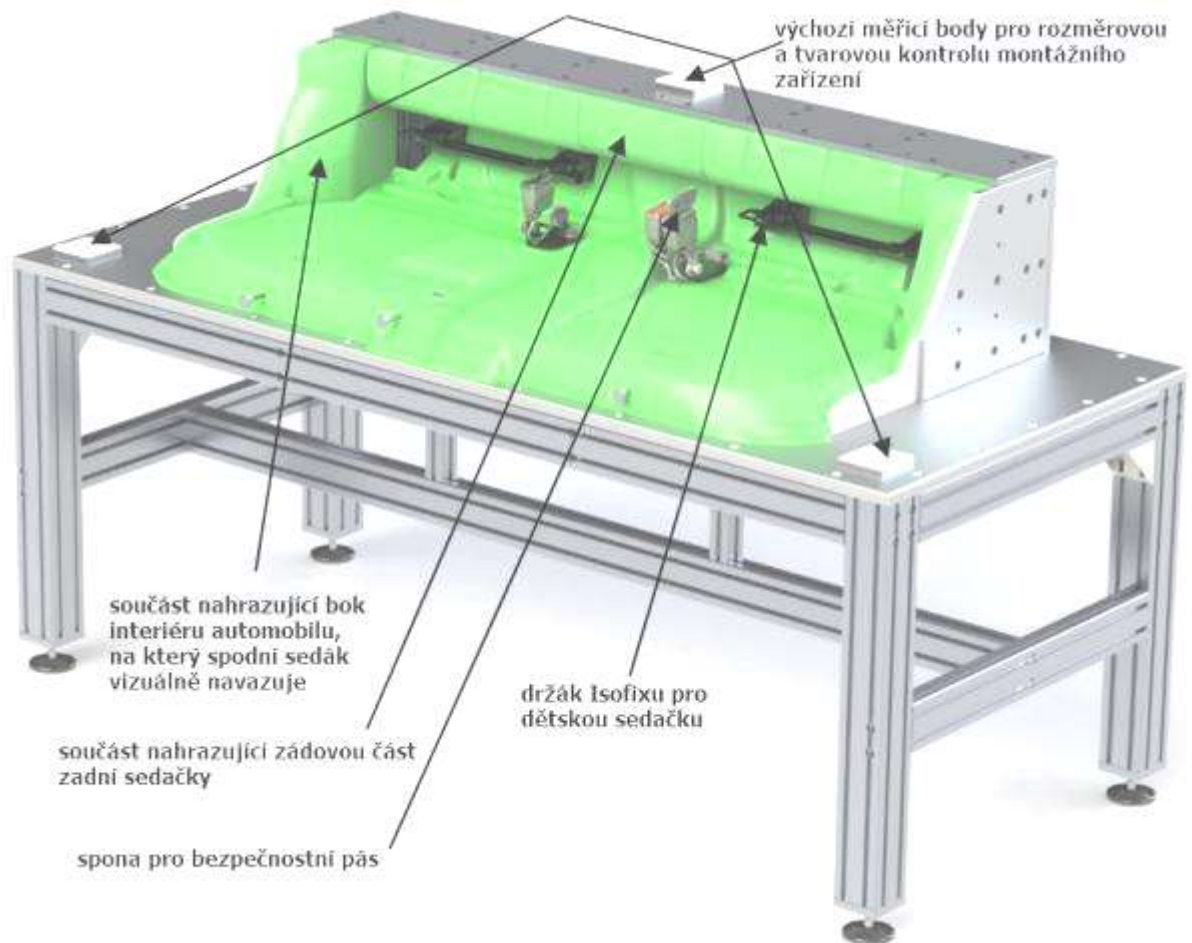
## NAVRŽENÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Navržené konstrukční řešení je zobrazeno na *Obrázek 15-18*. Toto řešení je složeno ze základního rámu z hliníkových profilů, který tvoří nosný stůl. Na tomto stole jsou ukotveny obrobené součásti, které simulují okolí sedáku v osobním automobilu. Na obrobených součástech jsou ukotveny spony pro bezpečnostní pásy a držáky Isofixů pro dětské sedačky.

Na *Obrázek 15-19* je zobrazen a červenou křivkou vyznačen sedák, který je v kontrolním zařízení kontrolován.

Navržené konstrukční řešení splňuje základní funkce uvedené v části POŽADOVANÝ STAV a zajišťuje:

- splnění požadavků na kontrolu vyrobených sedáků, včetně vyzkoušení funkce → ověření smontovatelnosti sedáku ke karoserii automobilu, sedák nekoliduje s okolními součástmi, funkce bezpečnostních pásů a isofixů není ohrožena
- zvýšení ergonomie a snížení fyzické námahy obsluhy v porovnání s kontrolními zařízeními pro původní sérii sedáků (pro model automobilu, který se již nevyrábí)
- redukce času pro kontrolu o 14 %, díky systému jednoznačného zakládání a vyjmutí z montážního zařízení opět v porovnání s kontrolními zařízeními pro původní sérii sedáků



Obrázek 15-18 Kontrolní MZ pro kontrolu zadního sedáku v automobilu [zdroj autor]



Obrázek 15-19 Sedák, který je kontrolován v navrženém MZ [zdroj autor]

## PŘÍNOSY DOSAŽENÉ APLIKACÍ METODIKY

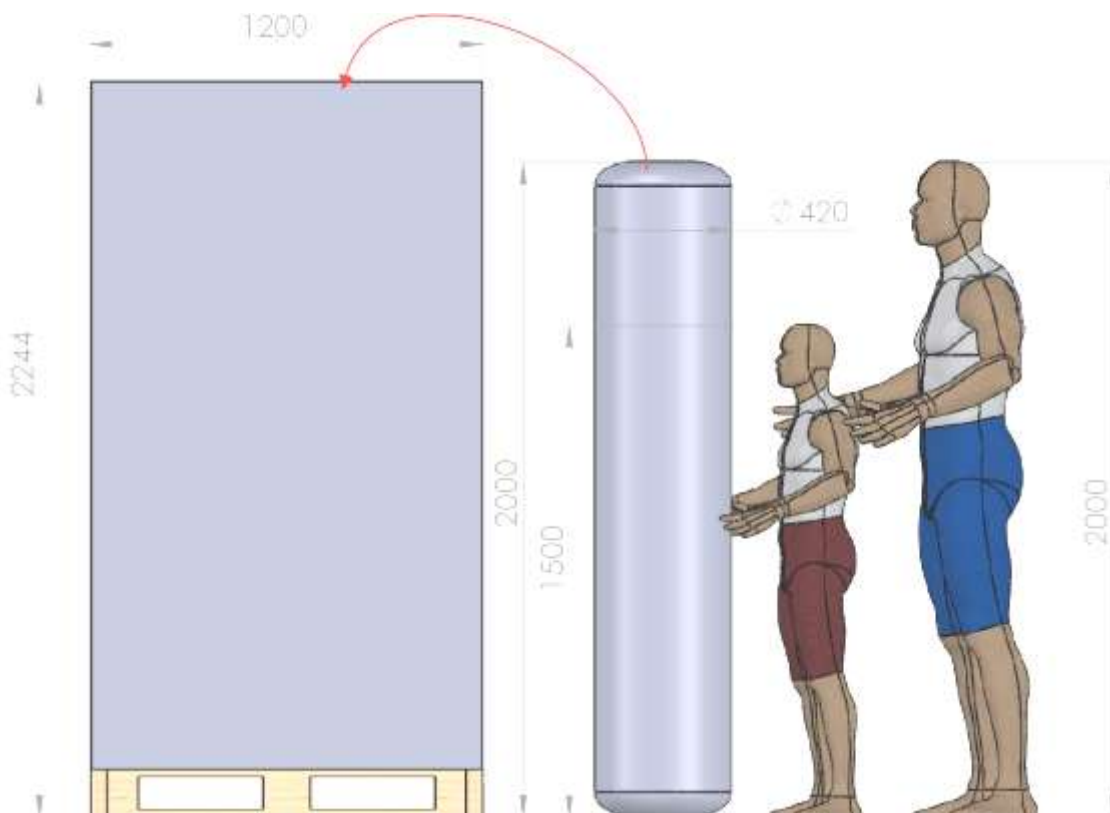
- ve spolupráci se zákazníkem byly přesně specifikovány pohyby a manipulace se sedáky při jejich vkládání/vyjímání z kontrolního zařízení s cílem eliminovat možná poškození sedáků v průběhu jejich kontrolní montážní činnosti
- zvýšená tuhost celé konstrukce zajišťuje dlouhou životnost, odolnost proti opotřebení a potřebnou přesnost při kontrole - v porovnání s kontrolními zařízeními pro původní sérii
- při návrhu kladen velký důraz na rychlou servisovatelnost a údržbu. A jednoznačné a přesné ustavení jednotlivých součástí vůči rámu/stolu kontrolního zařízení
- jednotlivé obrobene součásti včetně senzorů je možné při jejich poškození rychle servisovat (oprava, výměna), tj. jednoduchý přístup k daným součástem při zajištění požadované bezpečnosti a ergonomie

## 15.6 Případová studie pro ostatní montážní operace – balení

Následující případová studie je zaměřena na konstrukční návrh MP/MZ pro balení hotových technických produktů pro jejich expedici k zákazníkovi. Navržený MP/MZ zajistí bezpečné a ergonomické **balení** těchto produktů, které je potřeba umístit do krabice. Obecně balení představuje vkládání technických i netechnických produktů do ochranného obalu. V tomto případě je to vkládání plastových nádob do papírových krabic.

### VÝCHOZÍ STAV

Vyrobený a zkontrolovaný plastový díl o maximálních rozměrech  $\varnothing 420$  a délky 2 000 mm je potřeba umístit do papírové krabice pro jeho bezpečnou expedici k zákazníkovi.



Obrázek 15-20 Základní rozměry pro výchozí stav [zdroj autor]

Na *Obrázek 15-20* jsou zobrazeny základní rozměry výchozího stavu. Rozměry plastového dílu mohou být různé např.  $\varnothing$  300 délky 1 200 mm aj. Hmotnost plastových dílů je cca 10 kg. Rozměry krabice jsou 2100 (rozměr bez palety) x 1200 x 800 nebo 1300x1200x800.

Prázdnou krabici přiveze na paletě vysokozdvížený vozík a postaví ji vedle pracoviště kontroly. Operátor vezme zkontrolovaný plastový díl a umístí jej do krabice v pozici „na stojato“. Minimální výška operátora, který s plastovým dílem bude manipulovat, je uvažována 1 500 mm.

### **PROBLÉMY A RIZIKA VÝCHOZÍHO STAVU**

- Vysoké plastové díly (až 2000 mm) se velmi obtížně vkládají do postavené krabice
- Možnost poškození plastových dílů při vkládání do krabice
- Neergonomické a fyzicky náročné plnění krabic plastovými díly
- Časově zdlouhavé
- Nulová vizuální kontrola o průběhu plnění krabice

### **POŽADOVANÝ STAV**

Navrhnout konstrukční řešení zařízení, které eliminuje problémy a rizika výchozího stavu a splní následující hlavní funkce:

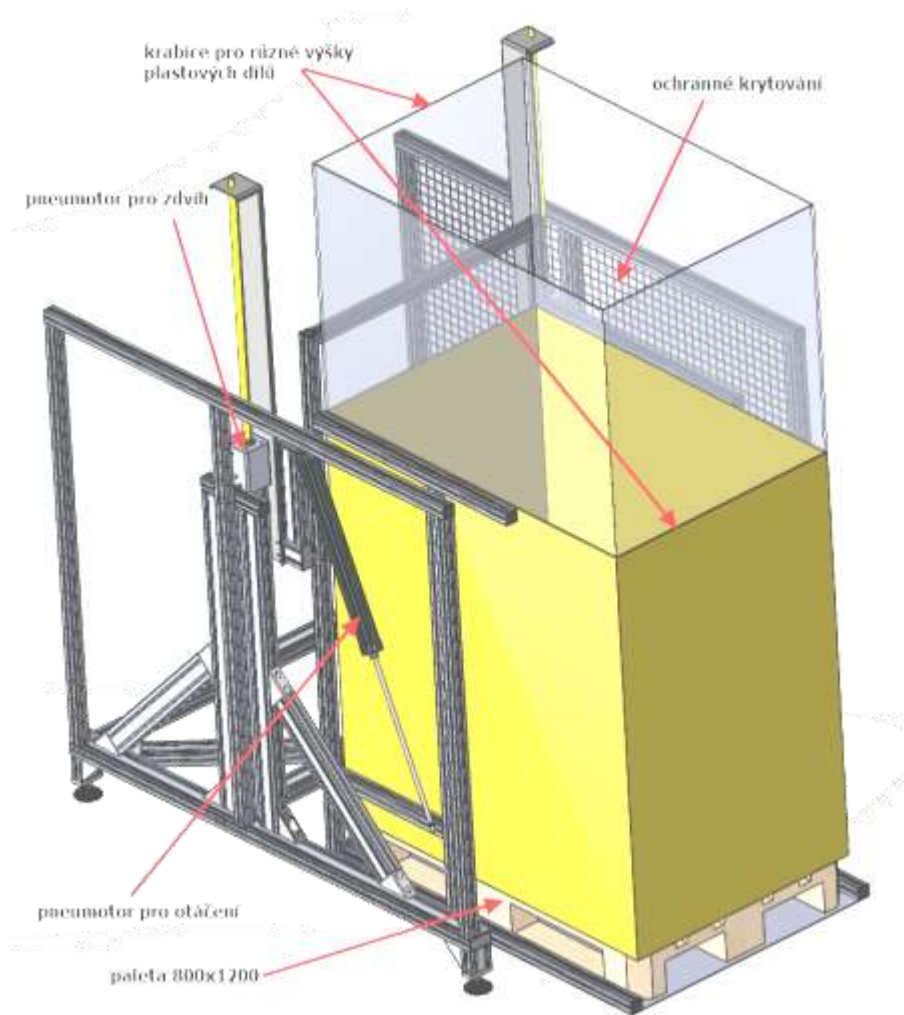
- jednoduché, rychlé, bezpečné a ergonomické vložení plastového dílu do krabice
- krabice při jejím plnění bude ve vodorovné poloze
- nutnost výškového polohování krabice pro různě vysoké operátory od 1500 do 2000mm
- nutnost výškového polohování krabice v průběhu plnění krabice plastovými díly

### **NAVRŽENÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ**

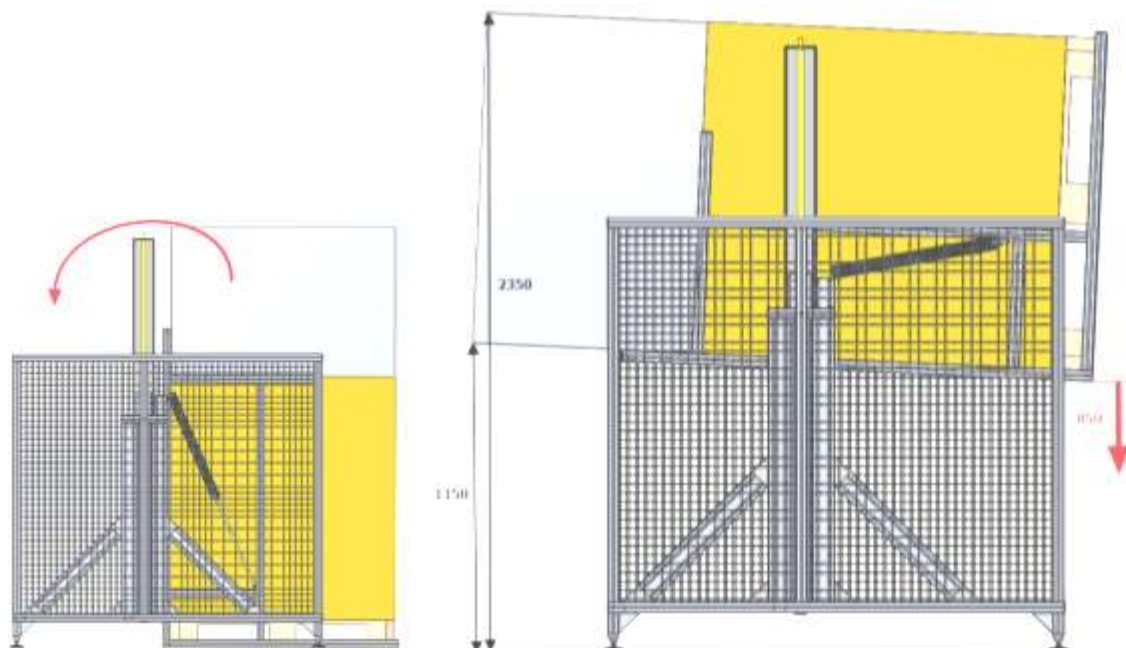
Navržené konstrukční řešení je zobrazeno na *Obrázek 15-21*. Jedná se o tzv. překlápěcí zařízení s výškově polohovatelnou plošinou. Toto řešení je složeno ze základního rámu z hliníkových profilů, na který jsou na bocích ukotveny pneumatiky (pneumatiky slouží pro výškové polohování). K těmto pneumatikám je ukotvena plošina. Na plošinu je zavážena paleta s krabicí, která je plněna plastovými díly. Ve výchozí poloze je paleta s krabicí v pozici „na stojato“. Pomocí pneumatiky pro otáčení dojde k otočení palety spolu s krabicí do vodorovné pozice – viz *Obrázek 15-22* vlevo. Poté si operátor nastaví požadovanou výšku krabice ve vodorovné pozici (viz *Obrázek 15-22* vpravo) pro efektivní zasouvání plastových dílů do krabice. V průběhu plnění krabice může operátor paletu s krabicí výškově přestavovat podle aktuální potřeby a také podle toho, jak má krabice naplněnou. Například pokud bude plnit již poslední patro krabice, bude chtít mít krabici co nejnižší od podlahy, aby mohl plastové díly do krabice pohodlně zasouvat. Po naplnění krabice dojde k jejímu návratu do původní výšky a otočení zpět do pozice „na stojato“. Takto plná krabice je na paletě odvezena z překlápěcího zařízení do skladu a přivezena nová (prázdná) pro její naplnění.

Navržené konstrukční řešení splňuje základní funkce uvedené v části POŽADOVANÝ STAV a zajišťuje:

- zvýšení ergonomie a snížení fyzické námahy obsluhy
- redukce času pro montážní operaci o 30 %
- snížení počtu potřebných operátorů pro plnění krabice ze dvou na jednoho
- snížení kusů poškozených při původním způsobu plnění krabice



Obrázek 15-21 Základní popis MZ pro balení [zdroj autor]



Obrázek 15-22 Zobrazení základních funkcí MZ [zdroj autor]

## PŘÍNOSY DOSAŽENÉ APLIKACÍ METODIKY

- vytvoření přehledu o rozměrových variantách plastových dílů, které je třeba do krabice zasunout a vysunout (v případě opětovného rozbalování pro kontrolu). Tím byly určeny požadované pracovní pozice a zástavbové rozměry celého zařízení
- překlápěcí zařízení je navrženo s důrazem na bezpečné a ergonomické zasunutí/vysunutí plastových dílů do/z krabice a také s důrazem na jejich ochranu proti poškození
- překlápěcí zařízení obsahuje prvky pro zvýšení bezpečnosti pro operátora při jeho obsluze a během procesu nakládání/vykládání krabic (aretaci proti „samovolnému“ pohybu, krytování pohyblivých částí apod.)

## 15.7 Zhodnocení navržených MPaZ

Hodnocení jednotlivých případových studií zaměřených na řešení MPaZ popsanych k podkapitolách 15.1 až 15.6 je shrnuto v Tabulka 15-1. Kritéria v této tabulce jsou zaměřena na vlastnosti z hlediska Q (kvalita) -T (čas) -C (cena). U případových studií, které byly řešeny jako studie/studie proveditelnosti, končí ve fázi koncepčního řešení, nejsou všechna kritéria známa. U těchto kritérií je v tabulce uvedeno „X“. Jak je uvedeno v podkapitola 14.1 – studie/studie proveditelnosti obvykle končí koncepčním návrhem nebo konstrukčním řešením ve formě hrubé stavební strukturu.

Mezi zajímavé kritérium uvedené v tabulce patří počet reklamací, kdy s použitím navržené metodiky ubyl počet reklamací oproti původně navrhovaným MPaZ bez metodiky.

Kritérium	Příprava náradí	Úprava povrchu	Upínání/ odepínání	Šroubování	Měření tvaru	Balení
Počet koncepčních řešení	3	5	3	4	1	2
Počet konstrukčních řešení	X	X	2	1	1	1
Odchylka nabízené ceny vs. skutečná cena (+/- v %)	Předpoklad +10 %	Předpoklad +10 %	+2 %	+3,5 %	-2,4 %	-8 %
Odchylka předpokl. termín dodání vs. skutečnost (+/- v týdnech)	Předpoklad - 1 týden	Předpoklad - 2 týdny	0 - dle termínu	-1 týden dříve	+1 týden déle	0 – dle termínu
Počet víceprací na základě výsledků testování	X	X	2	2	0	1
Údržba a servis MP/MZ (počet, druh – běžná, výměna dílů atd.)	X	X	Stanovené intervaly, 1X výměna dílu	Stanovené intervaly, bez vad	Stanovené intervaly, bez vad	Stanovené intervaly, bez vad
Počet reklamací	X	X	1	0	0	0

Tabulka 15-1 Zhodnocení navržených MPaZ [zdroj autor]

## 16 Další směry výzkumu/plánované aplikace metodiky

Informace získané validací navržené metodiky na příkladech z praxe, vlastního výzkumu a vývoje a sběru informací z literatury slouží jako zdroj informací pro tvorbu znalostní báze pro konstruování a vývoj budoucích montážních přípravků/zařízení, což má za cíl další zefektivnění procesu návrhu montážních přípravků a zařízení a poučení se z dřívějších chyb.

Na Obrázek 16-1 je ukázka znalostní báze vytvořené v prostředí MS EXCEL. Rozdělení montážních činností odpovídá taxonomii uvedené v podkapitole 8.1 výše. Pro každou z montážních činností jsou průběžně doplňovány znalosti související s návrhem MPaZ pro danou skupinu montážních činností (přípravné, přizpůsobovací atd.) a také pro jednotlivé montážní činnosti z dané skupiny (příprava pracoviště, příprava nářadí atd.). Tato znalostní báze je kontinuálně doplňována o nové poznatky a typy pro návrh MPaZ.

MONTÁŽNÍ ČINNOSTI / MONTÁŽNÍ OPERACE					
1. PŘÍPRAVNÉ	2. PŘIZPŮSOBOVACÍ	3. MANIPULAČNÍ	4. SPOJOVACÍ	5. KONTROLNÍ	6. Ostatní
1.1 PŘÍPRAVA PRACOVISTĚ	2.1 TRÍDĚNÍ, VÝBĚR	3.1 VKLÁDÁNÍ / VYJÍMÁNÍ	4.1 ŠROUBOVÁNÍ	5.1 SEŘIZOVÁNÍ	6.1 KOŇEČNÁ POVRCHOVÁ ÚPRAVA
1.2 PŘÍPRAVA NÁŘADÍ	2.2 OZNAČENÍ	3.2 ZDVIHÁNÍ / SPOUŠTĚNÍ	4.2 NÝTOVÁNÍ	5.2 MĚŘENÍ TVARU	6.2 DEMONTÁŽ
1.3 PŘÍPRAVA POMŮCEK	2.3 ÚPRAVA POVRCHU	3.3 UPÍNÁNÍ / ODEPÍNÁNÍ	4.3 SVAŘOVÁNÍ	5.3 MĚŘENÍ ROZMĚRU	6.3 KONZERVACE
1.4 ODJEHLENÍ	2.4 ÚPRAVA TVARU	3.4 USTAVENÍ / NAKLÁPĚNÍ	4.4 LEPENÍ	5.4 ZKOUŠENÍ FUNKCE	6.4 BALENÍ
1.5 ČIŠTĚNÍ	2.5 ÚPRAVA ROZMĚRU	3.5 NAKLÁDÁNÍ / VYKLÁDÁNÍ	4.5 PÁJENÍ	5.5 KONTROLA FUNKČNÍCH PARAMETRŮ	6.5 SKLADOVÁNÍ
1.6 VYVAŽOVÁNÍ	2.6 Ostatní přizpůsobovací	3.6 PŘEMÍSTOVÁNÍ	4.6 TVÁŘENÍ (obecné)	5.6 Ostatní kontrolní	6.6 PŘÍPRAVA PRO TRANSPORT
1.7 VSTUPNÍ KONTROLA		3.7 MEZI-OPERAČNÍ	4.7 LISOVÁNÍ		6.7 Ostatní
1.8 Ostatní přípravné		3.8 OPERAČNÍ (obecné)	4.8 Ostatní spojovací		
		3.9 Ostatní manipulační			

Obrázek 16-1 Ukázka znalostní báze v prostředí MS Excel [zdroj autor]

?	Základní informace o daném druhu montážní činnosti včetně informací pro návrh MPaZ pro tuto montážní činnost a odkazů na zdroje informací týkající se problematiky MPaZ.
Q	Přehled vybraných MPaZ pro daný druh montážní činnosti – pro „rychlou“ představu jak takový MPaZ může vypadat.
X	Základní přehled požadavků a typů pro konstrukci MPaZ pro danou montážní činnost.

Tabulka 16-1 Vysvětlivky pro ikony uvedené v základní „mapě“ znalostní báze [zdroj autor]



#### Montážní přípravy a zařízení pro kontrolní činnosti

- slouží k následné tvarové, rozměrové a poziční kontrole kontrolovaného dílu za pomoci aplikovaní systému bezchybného upnutí Poka-Yoke
- samotné kontrolní přípravy jsou pro správnou funkci kontrolovány a následně měřeny na 3D stanici a opatřeny měrovým protokolem
- u složitějších provedení je součástí i dokumentace obsahující návod na použití a metodiku kontroly dílů. Kontrolní přípravy splňují plně veškeré požadavky příslušných norem
- mohou být opatřeny i tzv. RPS body (vazba na souřadný systém kontrolovaného dílu v sestavě či celého kompletu).
- slouží k měření a kalibraci dílů (MĚŘÍCÍ PŘÍPRAVKY). Jednotlivé přípravy jsou osazovány kvalitními měřidly, případně měřidly dle požadavku zákazníka

#### Kontrolní MpaZ zajišťují kontrolu:

- lisovaných dílů
- pozic componentů
- tvaru
- rozměru
- barvy
- hmotnosti (MĚŘÍCÍ)
- poziční kontrolu (MĚŘÍCÍ)

Jejich využitím jsou eliminovány či minimalizovány možné odchylky vznikající v rámci výrobních procesů. Dále aplikací Poka-Yoke je zajišťována bezchybnost výroby a kontroly.

#### Standardně jsou konstruovány jako:

- mechanicky ovládané
- pneumaticky ovládané
- rozvodné pneumatické komponenty
- s využitím POKA-YOKE principů
- optická kontrola a kontrolní okna
- optická čidla přítomnosti dílů a componentů
- indukční čidla
- pneumatické závory
- pneumatické válce
- snímače polohy válců
- měřidla (měřítka, úchylkoměry, mikrometry, kalibry, měrky apod.)

#### Používané materiály pro jejich konstrukci:

- umělé dřevo SikaBlock, Cibatool, Ebazell, ebaBlock, Ebaboard
- slitiny Al - hliník, dural
- ocel, nerez
- překližky a dřevovláknité desky
- dřevo lepené
- plastové desky, plexisklo, čirý akrylát
- teflon PTFE, Silon....

Obrázek 16-2 Ukázka všeobecných informací uvedených o skupině kontrolních MPaZ [zdroj autor]



Ukázka kontrolních přípravků dostupná na [www.jbn.cz](http://www.jbn.cz)

Obrázek 16-3 Ukázka kontrolních MPaZ [zdroj autor] dle předlohy [dostupné online na [jbn.cz](http://jbn.cz)]

## 17 Závěrečné hodnocení

Předložená disertační práce je zaměřena na problematiku efektivního konstruování technických produktů v této práci nazvaných pojmem montážní přípravy a zařízení – MPaZ. Cílem práce byl návrh metodiky pro zvýšení efektivity konstrukčního procesu těchto zařízení a redukci chyb vznikajících v průběhu konstrukčního procesu.

### Navržená metodika pro návrh montážních přípravků a zařízení:

- je založena na teoretických a praktických znalostech a zkušenostech autora DisP získaných z prostředí akademického (výuka, výzkum a vývoj) a prostředí průmyslové praxe (konstrukce montážních a výrobních přípravků a zařízení a jednoúčelových strojů).
- byla aplikována/testována při návrhu MPaZ pro výrobní společnosti z oblasti:
  - Automotive – výroba součástí do osobních automobilů
  - Aerospace – výroba součástí do letadel
  - Zpracování pryže – výroba pneumatik a pásů
  - Zpracování plastů - výroba plastových součástí
  - Ostatní
- slouží jako „univerzální“ návod na konstruování montážních přípravků a zařízení. Nelze ovšem předpokládat, že striktním dodržováním navržené metodiky se obejde proces návrhu MPaZ bez problémů. Problémy nejrůznějšího charakteru budou vždy a je na každém konstruktérovi, jak se k nim postaví
- slouží jako zdroj dalších poznatků pro konstruktéry, kteří si z ní mohou vzít „to potřebné“ a tyto informace zařadit do své vlastní „mapy poznatků“, jež si každý konstruktér buduje během své praxe. Začínajícím konstruktérům nabízí širokou oblast poznatků, zkušeným (tzv. Senior konstruktérům) může metodika nabídnout jiný „úhel pohledu“ na návrh montážních přípravků a zařízení
- bude autorem dále doplňována/aktualizována o nové poznatky jak z oblasti teoretické (EDSM, DfX), tak i z oblasti praktické (nové zkušenosti z návrhů MPaZ) pro její další využití ve VaVal (Výzkum a Vývoj a Inovace) a případně i podporu výuky začínajících konstruktérů
- přináší zvýšení efektivity konstrukčního procesu pro návrh MPaZ, což byl hlavní důvod vzniku této DisP

## 17.1 Naplnění hypotéz stanovených pro dosažení cíle DisP

Hypotézy stanovené v kapitole 10.2. pro dosažení cíle DisP jsou v této kapitole zhodnoceny a prokázána tak jejich platnost nebo neplatnost

- **Lze vyvinout teorii a metodiku navrhování výrobních přípravků a zařízení se zaměřením na montážní procesy**

ANO- zde uvedená metodika je navržena na základě poznatků EDSM a DfX a její přínosy a využití bylo validováno na projektech v průmyslové praxi

- **Teorie a metodika přináší vyšší efektivitu do procesu návrhu MPaZ?**

ANO - vyšší efektivita znamená v tomto případě řešení skutečného jádra problému, sběr kvalitních informací pro specifikaci požadavků MP/MZ, správně vytvořená specifikace požadavků → eliminace/redukce chyb v konstrukčním procesu

- **Navrženou teorii a metodiku lze obecně aplikovat při procesu návrhu MPaZ?**

ANO – viz informace uvedené v kapitolách 12 a 14 a jejich výsledná validace v kap. 15

- **Navrženou teorii a metodiku lze aplikovat i na jiné případy než návrh MPaZ?**

ANO- lze využít jako základ pro tvorbu metodiky pro přípravky a zařízení pro další výrobní operace (obrábění, tváření, odlévání atd.)

- **Navržená specifikace požadavků má pozitivní přínos pro proces návrhu MPaZ?**

ANO – viz důvody uvedené v kapitole 12 Fáze přípravná a její validace v kapitole 15 Validace navržené metodiky

- **Navrženou specifikaci požadavků lze aplikovat i na jiné případy než je návrh MPaZ?**

ANO – podobně jako metodiku pro návrh MPaZ, tak i specifikaci lze následně modifikovat pro návrh např. obráběcích přípravků a zařízení

- **Lze zefektivnit komunikaci a přenos informací mezi zákazníkem a dodavatelem MPaZ?**

ANO – prostřednictvím specifikace požadavků. Díky moderním způsobům jejího sdílení a vyplňování, včetně samotného přenosu dat pro specifikaci viz informace v příloze 5. Dále i způsobem získávání informací do specifikace požadavků viz informace uvedené opět v příloze 5

- **Lze vytvořit znalostní bázi, která zefektivní proces návrhu MPaZ?**

ANO - viz ukázka v kapitole 16. Znalostní bázi lze uplatnit v oblasti knowledge managementu jako nástroj pro zvyšování efektivity návrhu MPaZ → z již realizovaných řešení MPaZ uchovávat data a shromažďovat a zaznamenávat znalosti.

## 17.2 Vize pro další výzkum

- Testování současné metodiky a její aktualizace/inovace, sběr nových poznatků
- Problematika specifikace požadavků jako efektivního nástroje pro určování výsledné ceny požadovaného MPaZ
- Problematika ceny požadavku, tj. jak jednotlivé požadavky ve specifikaci požadavků ovlivňují cenu výsledného MPaZ a jak lze efektivně kalkulovat s tzv. dodatečnými požadavky, které se „objeví“ v průběhu tvorby koncepčního a konstrukčního řešení
- Rozšíření informací v metodice, tvorba tzv. „Best Practices“ pro jednotlivé druhy montážních činností a s nimi spojenými MPaZ
- Rozšíření metodiky pro oblast výrobních přípravků a zařízení se zaměřením na obráběcí a tvářecí přípravky a zařízení
- Rozšíření metodiky pro oblast přípravků pro ostatní výrobní procesy (skladování, logistika apod.)
- Rozšíření metodiky pro oblast jednoúčelových strojů
- Řešení oblasti „knowledge managementu“ – způsob zaznamenání „know-how“ (znalostí) z jednotlivých řešení MPaZ pro jeho následné efektivní využití pro „budoucí“ konstrukce MPaZ
- Problematika konstruování na základě podobnosti – získání informací na základě porovnávání specifikací požadavků → tvorba budoucího návrhu MPaZ → poučení se z hotových návrhů MPaZ
- Problematika návrhu montážních linek, jakožto souboru montážních pracovišť, na kterých jsou využívány různé MPaZ. Tato pracoviště tvoří jako celek montážní linku pro montáž rozsáhlejších sestav výsledného produktu nebo přímo „konečné“ sestavy výsledného produktu.
- Problematika, jak lze efektivně kombinovat montážní a nemontážní procesy v montážní lince

## Soupis bibliografických citací využitých (publikací citovaných v textu)

- [Ackoff 1962] Ackoff R. L.: Scientific method optimising applied research decisions. John Wiley & Sons, New York, 1962
- [Anderson 2014] Anderson, M.: Design for Manufacturability. Productivity Press; 1 edition (February 4, 2014), ISBN 1482204924
- [Andreasen 1988] Andreasen, M. M., Kahler, S., Lund, T.: Design for Assembly. Berlin/Heidelberg: IFS Publ. and Springer-Verlag, 1988, ISBN 3-540-18929-7
- [Andreasen 2000] Andreasen, M. M., Hein, L.: Integrated Product Development. Berlin/Heidelberg: IFS Publ. and Springer-Verlag, 1987, 2. vyd. Kopenhagen, TU Denmark, 2000, ISBN 3-540-16679-3
- [Bessant&Tidd 2007] Bessant, J., Tidd, J.: Innovation and Entrepreneurship. New York: 2007, John Wiley & Sons, ISBN 978-0-470-03269-5
- [Booker 2001] Booker J.D., Raines M., Swift K.G.: Designing Capable and Reliable Products. Butterworth-Heinemann, 2001, ISBN: 9780080503998
- [Boothroyd&Dewhurst 2010] Product design for Manufacture and Assembly. December 8, 2010 by CRC Press , Textbook - 712 Pages - 497 B/W Illustrations , ISBN 9781420089271
- [Boston Consulting Group 2006] BCG.: Classic Concepts and New Perspectives. New York USA, John Wiley & Sonc Inc, 2006, ISBN: 0471757225
- [Botek 2004] Botek, M.: Sbíрка příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2004, ISBN: 80-7080-544-7
- [Boyes 1989] Boyes, W. E.: Handbook of Jig and Fixture Design. Society of Manufacturing Engineers; 2 edition (November 1, 1989), ISBN0872633659
- [Bralla 1996] Bralla, J. G. (1996). Design for Excellence. New York USA, McGraw-Hill, 1995, ISBN: 00700071381
- [Bralla1998] Bralla, J.: Design for Manufacturability handbook. McGraw-Hill Education; 2 edition (August 22, 1998), ISBN 0852969767
- [Carr Lane 2016] Carr Lane Mfg: Jig & fixture handbook, Third Edition. 2016, ISBN 0962207918
- [Clarkson&Eckert 2012]Clarkson, J., Eckert, C.: Design process improvement: A review of current practice. Springer-Verlag London 2012, ISBN 978-1-84628-061-0
- [Conesa 2010]Conesa, X.: Handbook: The Enemies of Checking Fixtures. Tecnomatrix, 2010, dostupné na: [www. http://www.measurecontrol.com](http://www.measurecontrol.com)
- [Conesa&Beccera 2010]Conesa, X., Becerra, G.: How to write technical specification for dimensional gauges, jigs, checking fixtures and CMM fixtures. Tecnomatrix, 2010, dostupné na: [www. http://www.measurecontrol.com](http://www.measurecontrol.com)
- [Cooper 2005] Cooper, G. R.: Winning at New Products: Accelerating the process from idea to launch – third Edition. Basic Books, ISBN 978-0-7382-0463-5

- [Cox 2010] Cox, J. F., Schleier, J.: Theory of Constraints Handbook. McGraw-Hill Professional 2010, ISBN 0071665552
- [CSN-EN-ISO-9000 2015] ČSN EN ISO 9000 (idt ISO 9000:2005): Systémy managementu (jakosti - 2002) kvality – Základní principy a slovník (Quality management systems – Fundamentals and vocabulary). Praha: Český normalizační institut (Prague: Czech Institute for Standardisation). (2002), 20015
- [CSN ISO 5807] ČSN ISO 5807: Zpracování informací. Dokumentační symboly a konvence pro vývojové diagram toku dat, program a system, síťové diagram zdrojů systému Praha: Český normalizační institut (Prague: Czech Institute for Standardisation). 1996
- [Dušák 2005] DUŠÁK, K.: Technologie montáže: základy. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-906-6.
- [Chesbrough 2014] Chesbrough H. W.: Otevřená inovace: nový imperativ pro rozvoj technologií a vydělávání na nich. Praha: AC Innovation, 2014. ISBN 978-80-260-6631- 6.
- [Chladil 2012] Chladil, J.: Přípravky a nástroje: část-obrábění. 3. vyd. Brno: VUT, 1992. ISBN80-214-0408-6.
- [Christensen 1997] Christensen, C.: The Innovator's Dilemma. Boston MA: Harvard Business School Press 1997, ISBN 978-0875845852
- [Christensen 2003] Christensen, C.: The Innovator's Solution. Boston MA: Harvard Business School Press 2003, ISBN 978-1578518524
- [Eder&Hosnedl 2008] Eder, W. E., Hosnedl, S.: Design Engineering, A Manual for Enhanced Creativity. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida USA 2008, 600 s., ISBN 978-1-4200-4765-3
- [Eder&Hosnedl 2010] Eder, W. E., Hosnedl, S.: Introduction to Design Engineering: Systematic Creativity and Management, CRC Press / Balkema, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 2010, ISBN: 978-0-415-55557-9
- [Eder&Hosnedl 2019] EDER W. E. and HOSNEDL S.: Systematic Engineering Design: General Model of Procedures for Systematic and Methodical Engineering Designing. Boca Raton, Florida USA: CRC Press, Taylor & Francis Group, (2018), ISBN: 978-1138050945
- [Ehrenspiel 1995] Ehrenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion. Hanser 1995, ISBN 3446157069
- [Hlásek 1986] Hlásek P. a kolektiv: Strojírenská technologie 3. SNTL – Nakladatelství technické literatury Praha 1986
- [Hoffman 2004] Hoffman Edward G., Jig and Fixture Design, Fifth Edition. Clifton Park, NY: Thomson/Delmar Learning, 2004, ISBN 978-1-4018-1107-5
- [Hoyle 2011] Hoyle, D.: ISO 9000 Quality Systems Handbook. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2010, ISBN: 0750640243
- [Hosnedl 2014a] HOSNEDL, S., KOPECKÝ, M., DVOŘÁK, J., ZICH, L. Property Driven Innovation of a Technical Product. In Proceedings of The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, Vol 1, ICDES 2014.. Praha: MM Publishing, 2014. s. 138-143. ISBN: 978-4-9905565-2-5

- [Hosnedl 2014b] HOSNEDL, S., KOPECKÝ, M., SASIADEK, M. Rationalising the use of Design for Assembly as DfX knowledge to increase competitiveness of designed technical products. In Book of Proceedings of 55th International Conference of Machine Design Departments.. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. s. 329-334. ISBN: 978-80-01-05542-7
- [Hosnedl 2015] HOSNEDL, S.: Specifikace tržních a konstrukčních požadavků s hodnocením a analýzami jejich plnění. Software v MS EXCEL. Plzeň: ZČU, KKS 2015
- [Hosnedl 2017] Hosnedl, S.: Systémové navrhování technických produktů KKS/ZKM. Texty přednášek v Power Pointu. Plzeň: ZČU, KKS, 2017
- [Hosnedl 2018] Hosnedl, S.: Systémové navrhování technických produktů KKS/ZKM. Texty přednášek v Power Pointu. Plzeň: ZČU, KKS, 2018
- [Huang 1996] Huang, G.Q., Design for X: Concurrent Engineering Imperatives. Chapman & Hall, London, 1996, ISBN: 0412787504
- [Hubka&Eder 1988] Hubka, V., Eder, W.E: Theory of Technical Systems. Berlin Heidelberg: Springer - Verlag, 1988, (2. vyd. něm. 1984) ISBN 3-540-17451-6
- [Hubka&Eder 1996] Hubka, V., Eder, W. E.: Design Science. London, Springer, 1996, ISBN 3-540-19997-7
- [Joshi 2003] Joshi P. H.: Jigs and Fixture Design manual, second edition. McGraw-Hill, 2003, ISBN 0-07-140556-9
- [Jurová 1994] JUROVÁ, M.: Řízení výroby. Brno: PC-DIR, 1994, ISBN 80-214-0583-X
- [Kavan 2002] Kavan, M.: Výrobní a provozní management. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN: 80-247-0199-5
- [Kopecký 2012] Kopecký, M.: Nové směry pro iniciace a řešení inovací technických produktů [Teze ke státní doktorské zkoušce], Plzeň 2012, ZČU-FST-KKS
- [Kopecký 2013] KOPECKÝ, M., HOSNEDL, S., DVOŘÁK, J., JANÍK, L. Interdisciplinary innovation of EDI module case using 'Design for X' and 'Prediction of X' knowledge and methods system based on TTS. In Book of Proceedings of 54th International Conference of Machine Design Departments.. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. s. 384-389. ISBN: 978-80-7372-986-8
- [Kopecký 2014] KOPECKÝ M., HOSNEDL, S., DVOŘÁK J., JANÍK L.: Interdisciplinary innovation of EDI module case using 'Design for X' and 'Prediction of X' knowledge and methods system based on TTS. In: Modern Methods of Construction Design. Proceedings of ICMD 2013. Eds. Sevcik et al. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014, pp. 451 – 458, ISBN 978-3-319-05203-1
- [Kopecký 2015a] Kopecký, M.: Analýza kritických vlastností technického produktu –TS s návrhy na jejich eliminaci, Plzeň 2015, ZČU-FST-KKS
- [Kopecký 2015b] KOPECKÝ, M. Using Design for X for management of innovation technical products. In Proceedings of The 25th International Business Information Management Association. Norristown, USA: IBIMA Publishing, 2015. s. 3318-3323. ISBN: 978-0-9860419-4-5

- [Koukolský 2011] Koukolsky, T.: Design for Manufacture Assembly and Service. přednáška na TUL 14.1.2011, dostupné na: <http://intech2.tul.cz>
- [Košturiak 2008] Košturiak, J., Chal, J.: Inovace. Vaše konkurenční výhoda. Brno, 2008, ISBN 978-80-251-1929-7
- [Krátký&Hosnedl 1999] Krátký, J., Hosnedl, S.: Příručka strojního inženýra 1. Praha: Computer Press 1999. ISBN: 80-7226-0553
- [Kusá 2014] Kusá, M.: Přípravky. Texty přednášek v Power Pointu. Bratislava:STU, MTF, 2014
- [Lenntech 2019] Lenntech.: Electro Membrane processes. Dostupné na: <https://www.lenntech.com/processes/electro-membrane-processes.htm>
- [Lucas 1991] Lucas.: The Lucas Manufacturing Systems Engineering Handbook. Lucas Engineering & Systems, Mini-Guide, UK, ASIN: B001OIJPMG
- [Mašín 2006] Mašín, I.; Ševčík, L.: Metody inovačního inženýrství. Liberec, 2006. ISBN 80-903533-2-0
- [Mašín 2012]Mašín, I.: Inovační Inženýrství, Plánování a návrh inovovaného výrobku. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2012, ISBN: 978-80-7372-852-6
- [Miller 2001] Miller F. P., Vandome A. F., McBrewster, J.: PDCA. Alphascript Publishing 2011. ISBN 6134273619
- [Nof et al 1997] Nof, S. Y., Wilbert E. W., Warnecke, H. J.: Industrial assembly. New York: Chapman & Hall, 1997. ISBN 0412557703.
- [Oslo Manual 2005] Oslo Manual, 3rd Edition. Guidelines for collecting and interpreting innovation data. OECD, Eurostat, Paris. 2005
- [Pahl&Beitz et al 2007] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K. H.: Engineering Design, A Systematic Approach. London: Springer, 2007. ISBN 978-1-84628-318-5 (přel. K.Wallace, L.Blessing)
- [Petrů&Čep 2011] Petrů, J., Čep, R.: Montážní práce a automatizace montážních prací: učební text. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2011. ISBN 978-80-248-2707-0
- [Petrů&Čep 2012] Petrů, J., Čep, R.: Základy montáže: učební text. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2773-5
- [Počta 2005] Počta, J.: Řízení výrobních procesů. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN: 978-80-248-2589-2
- [Pons 2001] Pons D.J.: A methodology for system integrity in design. PhD Thesis, University of Cantenbury, New Zealand, 2001
- [Redford&Chal 1994] Redford, A.H., Chal, J.: Design for Assembly: Principles and Practice. McGraw-Hill (September 1, 1994), ISBN 0077078381
- [Rong 2005] Rong, Y. N., Huang, S.H., Hou, Z.K.: Advanced Computer-Aided Fixture Design. Elsevier Inc., USA, 2005. ISBN: 9780125947510



- [Řasa a kol. 2003] Řasa J., Haněk V., Kafka J.: Strojírenská technologie 4. Scientia spol. s.r.o., pedagogické nakladatelství Praha 2003, ISBN 80-7183-284-7
- [Sasiadek 2016] Sasiadek, M.: Použití metodiky konstruování pro montáž v návrhu produktu. [Habilitační práce], Plzeň 2016, ZČU-FST
- [Synek 2000] SYNEK, M. a kol.: Manažerská ekonomika. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-247-9069-6
- [Vacek 2008] Vacek, J.: Strukturování a hodnocení inovačních procesů [Habilitační práce], Plzeň 2008, Západočeská Univerzita v Plzni. Fakulta strojní
- [Vacek&Kopecky 2013] VACEK, J., KOPECKÝ, M. Znalostní management a inovace. 1. vyd. Plzeň : SmartMotion s.r.o., 2013. ISBN: 978-80-87539-24-8
- [Valenta 2001] VALENTA, F.: Inovace v manažerské praxi. 1. vyd. Praha: Velryba, 2001, 151 s. Podnikání a management. ISBN 80-858-6011-2.
- [Wilson 2015] WILSON, L.: How to Implement Lean Manufacturing. McGraw-Hill Education, 2015. ISBN: 0071835733
- [Yang 2008] Yang, K.: Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development. McGraw-Hill, 2008. ISBN: 00715447673
- [Zemčík 2003] Zemčík Oskar, Nástroje a přípravky pro obrábění. skriptum VUT v Brně, 2003. ISBN 80-214-2336-6

## Seznam publikovaných prací doktoranda

### Seznam vlastních prací vztahujících se k tématu disertace:

[Aišman a kol. 2013] Západočeská univerzita v Plzni. Přípravek pro přesné zkoušení tahem na minitahových tělesech. Původci: Aišman, D., Langmajerová, D., Štádl, C., Kopecký, M. a Dvořák, J. Česká republika. Užitný vzor. CZ 24932 U1 , 11.2.2013

[Hosnedl 2010b] HOSNEDL, S., DVOŘÁK, J., KOPECKÝ, M. a SRP, Z., "Design Specification and Evaluation Tool for Design Engineering and its Management". In: Proceedings of the 11th International Design Conference - DESIGN 2010, D. Marjanovic et al.( Eds.), FMENA, Zagreb, 2010, pp. 799 – 810. ISBN 978-953-7738-07-5

[Hosnedl 2011] HOSNEDL, S., KOPECKÝ, M., DVOŘÁK, J.: Enhanced Product Design Specification for Prediction of Design Competitiveness and Inherent Risks of Designed Technical Products. In: Proceedings of the KCMS2011 – 52. Konference kateder částí a mechanismů strojů (52th Conference of Departments of Machine Elements and Mechanisms). Ostravice, Česká Republika: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 6. – 9. 9. 2011, p 85- 90. ISBN 978-80-248-2450-5

[Hosnedl 2011c] Hosnedl, S., Kopecký, M., Dvořák, J.: Specifikace požadavků na navrhovaný technický produkt/systém TS(s) s hodnocením a analýzami jejich splnění.Plzeň: ZČU, FST, KKS. Říjen 2011

[Hosnedl 2014b] HOSNEDL, S., KOPECKÝ, M., DVOŘÁK, J. a ZICH L.: Property driven innovation of a technical product. In: Proceedings of The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, ICDES 2014. Eds.: Kikuchi K., Kanada T., Otaka T., Hosnedl S. Pilsen, CZ: Japan Society of Design Engineers and University of West Bohemia. 31.08.-03.09.2014. Vol 1., p. 138 – 143, ISBN 978-4-9905565-5.

[Hosnedl 2015] HOSNEDL, S., KOPECKÝ, M., SASIADEK, M. Rationalising the use of Design for Assembly as DfX knowledge to increase competitiveness of designed technical products. In *Book of Proceedings of 55th International Conference of Machine Design Departments..* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. s. 329-334. ISBN: 978-80-01-05542-7

[Kopecký 2011] KOPECKÝ, M., HOSNEDL, S. Analysis of the Innovation stage-gate process using TTS based on Engineering Design Science. In *Proceedings of the 17th International Business Information Management Association*. Milan: 17th International Business Information Management Association, 2011. s. 1766-1775. ISBN: 978-0-9821489-6-9

[Kopecký 2012] KOPECKÝ, M., HOSNEDL, S. Innovations of Heterogeneous Technical Products Based on the Theory of Technical Systems. In *53rd International Conference of Machine Design Departments*. Brno: VUT, 2012. s. 123-130. ISBN: 978-80-214-4533-8

[Kopecký a kol. 2012a] Západočeská univerzita v Plzni. Přípravek na měření tvrdosti tenkých folií. Původci: Kopecký, M., Mišterová, H., Jirková, H. Česká republika. Prototyp, Funkční vzorek. 2012

[Kopecký a kol. 2012b] Západočeská univerzita v Plzni. Přípravek na broušení tenkých folií. Původci: Kopecký, M., Mišterová, H., Jirková, H. Česká republika. Prototyp, Funkční vzorek. 2012

[Kopecký 2013] KOPECKÝ M., HOSNEDL, S., DVOŘÁK, J. a JANÍK L.: Interdisciplinary innovation of EDI module case using 'Design for X' and 'Prediction of X' knowledge and methods system based on TTS. In: Book of Proceedings of 54th International Conference of Machine Design Departments. Eds. Sevcik et al. Liberec – Hejtmance: Technical University of Liberec. 10. – 12. 09. 2013, p. 384 – 389, ISBN 978-80-7372-986-8

[Kopecký 2013a] Kopecký, M., Ráž, K., et al: „Konstrukční řešení mechanického rámu elektrodeionizačního modulu (EDI) včetně koncepce zakrytování“. Koncepce konstrukčního řešení vybrané sub-optimální varianty řešení EDI včetně koncepce zakrytování (designu). Zpráva č. EDI-ZČU-2013-05

[Kopecký 2013b] Kopecký, M., Ráž, K., et al: „Konstrukční řešení mechanického rámu elektrodeionizačního modulu (EDI) včetně koncepce zakrytování“. Konstrukční řešení vybrané sub-optimální varianty EDI včetně koncepce zakrytování (designu) Zpráva č. EDI-ZČU-2013-06

[Kopecký&Dvořák 2014] Západočeská univerzita v Plzni. Přípravek pro svařování. Původci: Kopecký, M. a Dvořák, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36146. 13.8.2014

[Kopecký 2014] KOPECKÝ M., HOSNEDL, S., DVOŘÁK, J. a JANÍK L.: Interdisciplinary innovation of EDI module case using 'Design for X' and 'Prediction of X' knowledge and methods system based on TTS. In: *Modern methods of construction Design : Proceedings of ICMD 2013*. Cham: Springer, 2014. s. 451-457. ISBN: 978-3-319-05202-1 , ISSN: 2195-4356

[Kopecký 2015] KOPECKY, M.: Using Design for X for management of innovation technical products. In: Proceedings of The 25th International Business Information Management Association Conference: Innovation Visions 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth, 2015, pp. 3324-3327, ISBN 978-0-9860419-4-5

[Kopecký 2016] KOPECKÝ, M., DVOŘÁK, J.: Systematic support for the design of assembly jigs. In Book of Proceedings, 57th International Conference of Machine Design Departments, Plzen, 2016. pages 87- 92, ISBN 978-80-362-4689-8

**Seznam prací nevztahujících se k tématu disertace:**

[Aišman a kol. 2012] Západočeská univerzita v Plzni. Držák pro výměnná kovadla. Původci: Aišman, D., Langmajerová, D., Štádler, C., Kopecký, M. Česká republika. Užitený vzor. CZ 24931 U1 , 31.12.2013

[Bernardin 2011] Bernardin, P., Kopecký, M., Hudec, Z., et al: Předběžné konstrukční návrhy inovace mechanismu a pohonu pro zdvih a laterální náklon ložné plochy pečovatelského lůžka. Proj. č. FR-TI3/751 MPO BIOS. Zpráva č. BIOS-ZČU-2011-09-v.01. Plzeň: ZČU, FST, KKS. 31 str. + 1 Příl., 30.09.2011

[Bernardin a kol. 2011a] Západočeská univerzita v Plzni. Klec pro balení chladících boxů. Původci: Bernardin, P., Zahálka, M., Šabata, J., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35101. 27.5.2011

[Bernardin a kol. 2011b] Západočeská univerzita v Plzni. Zařízení pro implementaci folie při balení chladících boxů. Původci: Bernardin, P., Zahálka, M., Šabata, J., Dvořák, J. a Kopecký, M. Praha, č. 22879, Česká republika. Užitený vzor. CZ 22879 U1. 3.11.2011

[Broum 2010] BROUM, T., KOPECKÝ, M., KLEINOVÁ, J. Enhancement of value analysis using the theory of technical systems. In *Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21th international DAAAM symposium*. Vienna, Austria: DAAAM International, 2010. s. 1121-1122. ISBN: 978-3-901509-73-5

[Broum 2011] BROUM, T., KOPECKÝ, M., KLEINOVÁ, J. Enhancement of stage-gate process by value analysis. In *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of The 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity"*. Vienna: DAAAM International Vienna, TU Wien, 2011. s. 755-756. ISBN: 978-3-901509-83-4 , ISSN: 1726-9679

[Dvořák 2010a] DVOŘÁK, J.; KOPECKÝ, M.: „An innovation of Toy Car based on Theory of Technical Systems,, In 15th IBIMA – International Business Information Management Association: Proceedings, CD ROM: Knowledge Management and Innovation, ISBN 978-0-9821489-4-5

[Dvořák 2010b] DVOŘÁK, J., KOPECKÝ, M.: "Target Costing based on Theory of Technical Systems". In *Annals of DAAAM for 2010&Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium - DAAAM (Danube Adria Association for Automatic&Manufacturing)*, B. Katalinic (Ed.), Vienna University of Technology, Zadar,Croatia, 20. - 23.10.2010, p. 1145-46, ISBN 978-3-901509-73-5

[Gregor a kol. 2014] Západočeská univerzita v Plzni. Masážní a rehabilitační stůl. Původci: Gregor, M, S., Vasilečko, F., Holý, P., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Užitený vzor. CZ 26399 U1 , 3.2.2014

[Hosnedl 2010a] HOSNEDL, S., SRP, Z., KOPECKÝ, M. Inference of the "Black box" like numerical Values of Property indicators by Designing machine elements. In *Zborník referátov*. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2010. s. 81-88. ISBN: 978-80-970-294-18

[Hosnedl 2011a] Hosnedl, S., Kopecký, M.: Inovace koncepčních řešení postranic dětského lůžka. Proj. č. FR-TI3/751 MPO BIOS. Zpráva č. BIOS-ZČU-2011-03-v.01. Plzeň: ZČU, FST, KKS. 71 str., 18.07.2011

- [Hosnedl 2011b] Hosnedl, S., Kopecký, M.: Předběžný konstrukční návrh inovované postranice dětského lůžka. Proj. č. FR-TI3/751 MPO BIOS. Zpráva č. BIOS-ZČU-2011-04-v.01. Plzeň: ZČU, FST, KKS. 24 str., 10.08.2011
- [Hosnedl 2011c] Hosnedl, S., Kopecký, M., Dvořák, J.: Specifikace požadavků na navrhovaný technický produkt/systém TS(s) s hodnocením a analýzami jejich splnění. Plzeň: ZČU, FST, KKS. Říjen 2011
- [Hosnedl 2013a] HOSNEDL, S., DVOŘÁK J., KOPECKÝ M.,: Integrated Engineering Design Research and Interdisciplinary Education in cooperation with Industrial Partners. In: Proceedings of The 17th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Vol. II. Orlando, Florida, USA: International Institute of Informatics and Systemics. 09. – 12. 07. 2013, p. 218 – 223, ISBN-13 978-1-936338-88-7
- [Hosnedl 2013b] HOSNEDL, S., DVOŘÁK, J., KOPECKÝ M.: Interdisciplinary Engineering Design Projects in Cooperation with Industrial Partners. In: Book of Proceedings of 54th International Conference of Machine Design Departments. Eds. Sevcik et al. Liberec – Hejtmance: Technical University of Liberec. 10. – 12. 09. 2013, p. 378 – 383, ISBN 978-80-7372-986-8
- [Hosnedl 2014a] HOSNEDL, S., DVOŘÁK, J., KOPECKÝ M.: Interdisciplinary Engineering Design Projects in Cooperation with Industrial Partners. In: *Modern Methods of Construction Design: Proceedings of ICMD 2013*. Cham: Springer, 2014. s. 443-450. ISBN: 978-3-319-05202-1 , ISSN: 2195-4356
- [Hudec 2011] Hudec, Z., Hosnedl, S., Kopecký, M., et al: Návrhy koncepčních variant zdvihu a laterárního náklonu pro pečovatelské lůžko. Proj. č. FR-TI3/751 MPO BIOS. Zpráva č. BIOS-ZČU-2011-05-v.01. Plzeň: ZČU, FST, KKS. 13 str., 30.08.2011
- [Chval a kol. 2014a] CHVAL, Z., ŠPIRK, S., KOŘÍNEK, J., TRPÁK, L., DREXLER, T., SEDLÁČEK, F., PLEŠMÍD, M., KOPECKÝ, M., KRŽÍZEK, M. Biomasse Commentry. AAM-GmbH, Gütterner Str. 54, D 95689 Fuchsmühl, 2014.
- [Chval a kol. 2014b] CHVAL, Z., ŠPIRK, S., KOŘÍNEK, J., TRPÁK, L., DREXLER, T., SEDLÁČEK, F., PLEŠMÍD, M., KOPECKÝ, M. Biomasse Brignoles. AAM-GmbH, Gütterner Str. 54, D 95689 Fuchsmühl, 2014.
- [Kopecký 2011a] Kopecký, M. Hosnedl, S.: Analysis of the Innovation stage-gate process using Engineering Design Science knowledge. SVOČ 2011. Plzeň: ZČU, FST, KKS., 08.04.2011
- [Kopecký 2011b] Kopecký, M., Hudec, Z., Duník, M.: Konstrukční návrhy inovace mechanismu a pohonu pro zdvih a laterární náklon ložné plochy pečovatelského lůžka. Proj. č. FR-TI3/751 MPO BIOS. Zpráva č. BIOS-ZČU-2011-17-v.01. Plzeň: ZČU, FST, KKS. 22 str. + 2 Příl., 11str., 28.12.2011
- [Kopecký 2013c] Kopecký, M., Barták, P. , Kopřiva, J. a Pavlík, D.: Konstrukční návrh kojeneckého lůžka pro snímání biosignálů - Konstrukční a designové řešení. Proj. č. FR-TI3/751 MPO BIOS, Zpráva č. BIOS-ZČU-2013-05-01. Plzeň: ZČU, FST, KKS

- [Kopecký 2013d] Kopecký, M., Barták, P. , Kopřiva, J. a Pavlík, D.: Konstrukční návrh kojeneckého lůžka pro snímání biosignálů - Koncepční návrhy konstrukčního a designového řešení. Proj. č. FR-TI3/751 MPO BIOS, Zpráva č. BIOS-ZČU-2013-04-01. Plzeň: ZČU, FST, KKS
- [Kopecký&Dvořák 2014b] Západočeská univerzita v Plzni. Manipulační vozík Původci: Kopecký, M. a Dvořák, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36202. 1.10.2014
- [Kopecký a kol. 2015a] Západočeská univerzita v Plzni. Masážní stůl. Původci: Kopecký, M., Dvořák, J. a Barták, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36483. 4.3.2015
- [Kopecký a kol. 2015b] Západočeská univerzita v Plzni. Zemědělský přepravník. Původci: Kopecký, M., Dvořák, J. a Lažánek, L. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36564. 4.11.2015
- [Kopřiva a kol. 2012a] Západočeská univerzita v Plzni. Zařízení pro průmyslovou filtraci chladicí kapaliny. Původci: Kopřiva, J, Dvořák, J., Kopecký, M. a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35454. 29.11.2012
- [Kopřiva a kol. 2012b] Západočeská univerzita v Plzni. Průmyslová myčka součástí. Původci: Kopřiva, J. a Dvořák, J, Kopecký, M. a Šimon, M.. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35453. 29.11.2012
- [Kopřiva a kol. 2013] Západočeská univerzita v Plzni. Kojenecké lůžko Původci: Kopřiva, J., Pavlík, D., Barták, J., Kopecký, M., Barták, P. a Dvořák, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35823. 27.11.2013
- [Kopřiva a kol. 2015] Západočeská univerzita v Plzni. Podvozek kojeneckých lůžek. Původci: Kopřiva, J., Pavlík, D., Kopecký, M., Barták, P., Dvořák, J. a Barták, J. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35823. 4.3.2015
- [Muller a kol. 2011] Mechanismus pro nastupování a vystupování vozíčkáře do/z vozu. Užitiný vzor. Původci: Muller, E., Simota, M., Tlachač, V., Dvořák, J. a Kopecký, M.. Česká republika. Užitiný vzor. CZ 22664 U1, 1.8.2011, 5.9.2011
- [Pavlík&Kopecký 2011] Západočeská univerzita v Plzni. Ochranné krytování pracoviště pro svařování. Původci: Pavlík, D. a Kopecký, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35229. 14.12.2011
- [Pavlík a kol. 2012a] Západočeská univerzita v Plzni. Zařízení pro průmyslovou filtraci chladicí kapaliny. Průmyslový vzor. Vynálezce Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J., a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35455. 29.11.2012
- [Pavlík a kol. 2012b] Západočeská univerzita v Plzni. Průmyslová myčka součástí. Původci: Pavlík, D., Kopecký, M., Dvořák, J., a Šimon, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35468. 13.12.2012
- [Peleška a kol 2015] Západočeská univerzita v Plzni. Podvozek elektromobilu. Původci: Peleška, T., Barták, J. a Kopecký, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 36527. 02.09.2015
- [Slípka a kol. 2010] Západočeská univerzita v Plzni. Zařízení pro pokládání stropní folie při balení chladicích boxů. Původci: Slípka, F., Karas, J., Klenovský, R., Kutilová, K., Dvořák, J., Kopecký, M. a Srp, Z. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 34977, 26.11.2010

[Slípka a kol. 2012] Automatický odvinovací mechanismus pro pokládání stropní fólie při balení palet. Původci: Slípka, F., Klenovský, R., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Užitný vzor. CZ 24051 U1, 2.7.2012

[Šimon a kol 2019a] Západočeská univerzita v Plzni. Šroubovák s akumulátorovým pohonem. Původci: Šimon, M., Bureš, M. a Kopecký, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 37267. 06.02.2019

[Šimon a kol 2019b] Západočeská univerzita v Plzni. Ruční bruska na pneumatický pohon. Původci: Šimon, M., Bureš, M. a Kopecký, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 37272. 06.02.2019

[Šimon a kol 2019c] Západočeská univerzita v Plzni. Pneumatický rázový utahovák. Původci: Šimon, M., Bureš, M. a Kopecký, M. Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 37271. 06.02.2019

[Trpák a kol. 2012] Západočeská univerzita v Plzni. Západočeská univerzita v Plzni. Původci: Trpák, L., Toufar, T., Benda, R., Dvořák, J., Kopecký, M., Kroták, S. a Šimon, M, Česká republika. Průmyslový vzor. CZ 35469. 13.12.2012

[Vozka a kol. 2011] Západočeská univerzita v Plzni. Mechanismus výškového nastavení sedáku transportního a relaxačního křesla. Původci: Vozka, M., Kulhavý, O., Adam, L., Dvořák, J. a Kopecký, M. Česká republika. Užitný vzor. CZ 22551 U1, 1.8.2011

## **Příloha 1**

**Navržené varianty mechanické skříně EDI modulu**



## 1. Konstrukční řešení mechanického rámu EDI modulu - varianta 1

Konstrukční řešení této varianty je založeno na spojení všech šesti desek pomocí šroubového spojení.

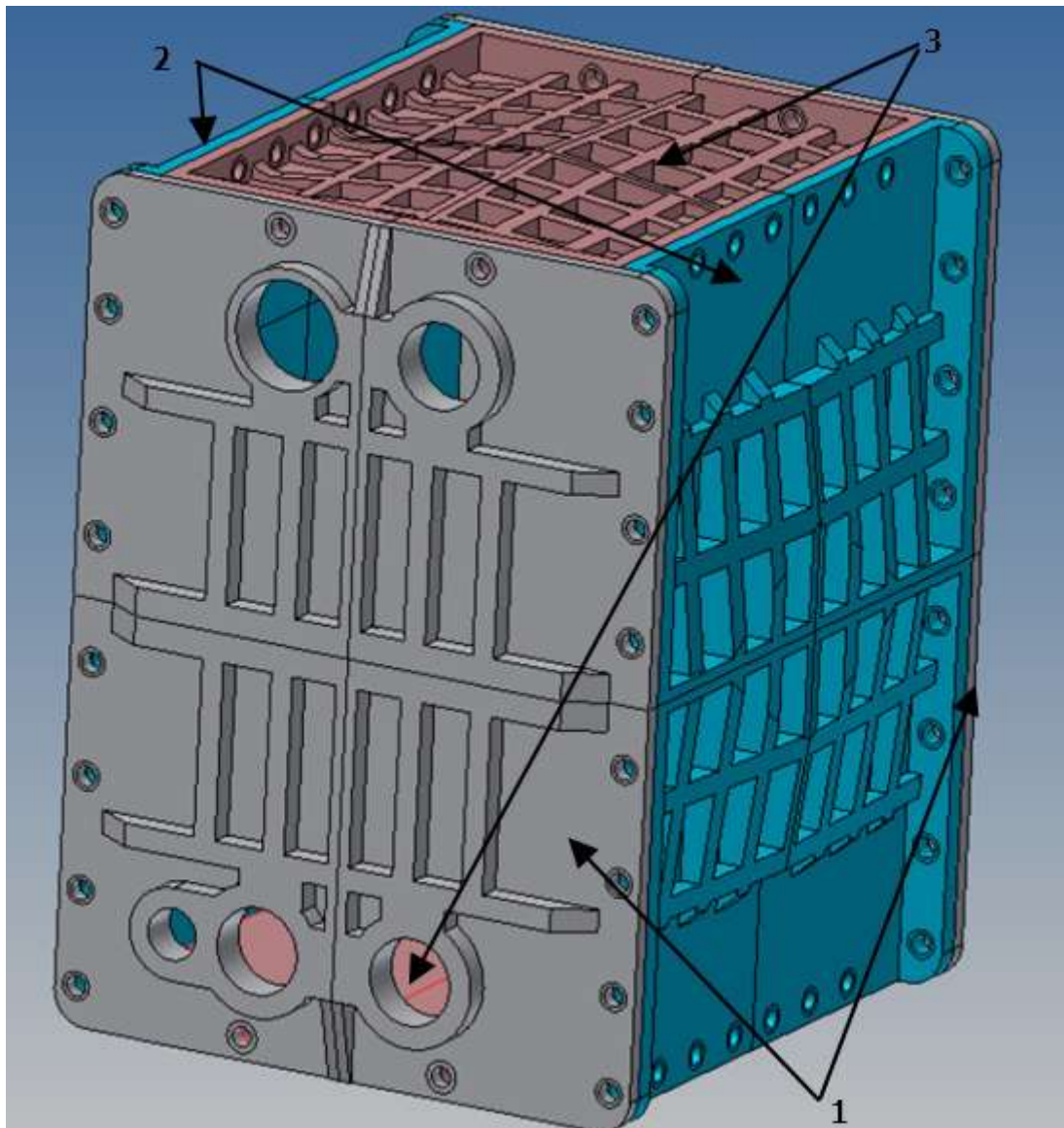
Pozice 1: tato pozice označuje čelní a zadní desku EDI modulu

Pozice 2: tato pozice označuje boční desky (pravou a levou) EDI modulu

Pozice 3: tato pozice označuje horní a spodní desku EDI modulu

*Pozn. názvosloví desek je pro všechny varianty stejné a odpovídá názvosloví uvedeném v Tabulce 5-1, 5-2, 5-3 a 5-4.*

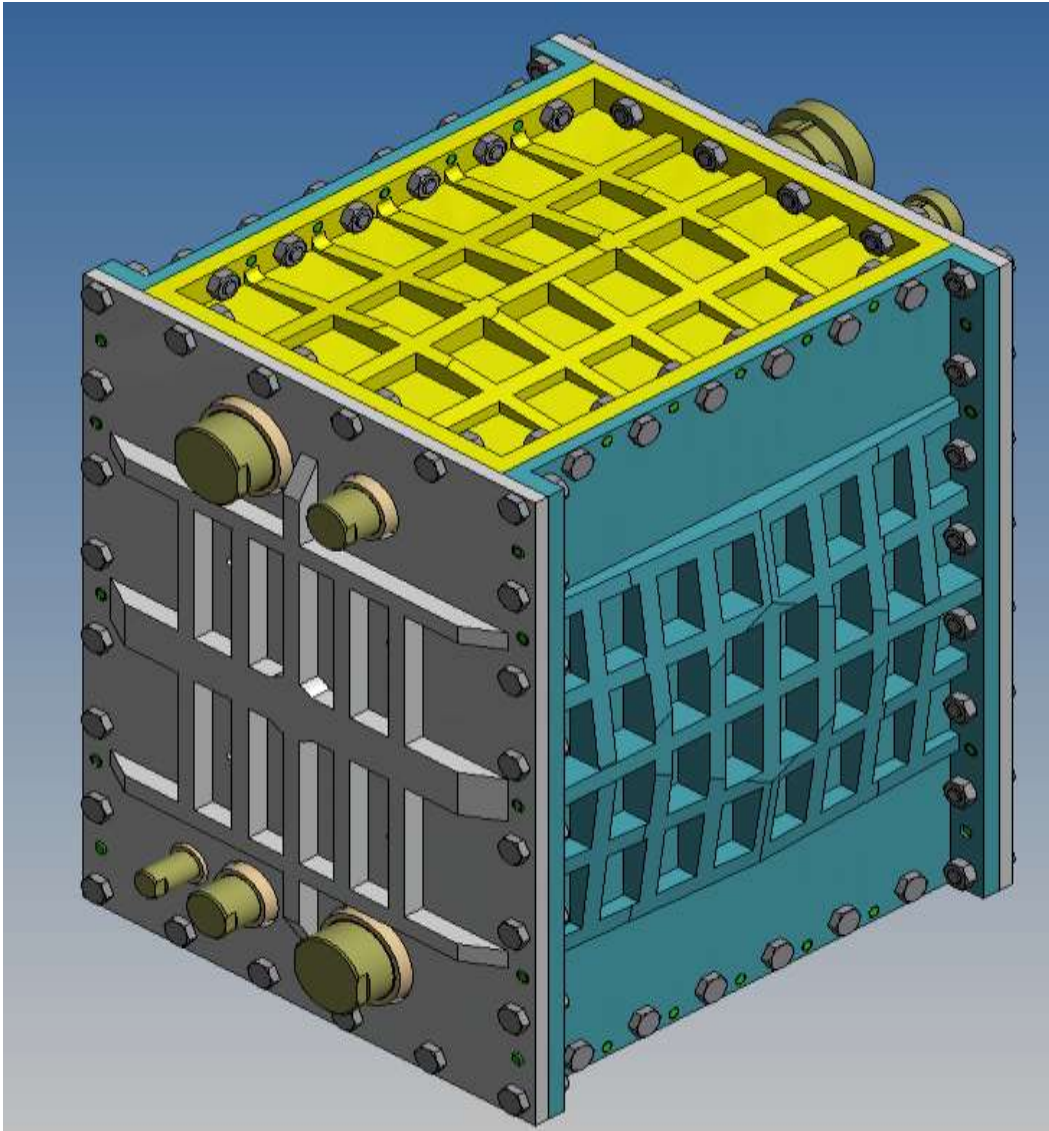
Desky jsou vyžebrovány pro splnění pevnostních podmínek a podmínek tuhosti uvedené v podkapitole 5.1 oddíl A. UPŘESNĚNÍ ÚKOLU. Hodnocené parametry návrhu jsou uvedeny v Tabulce 5-1 a 5-2. Nevýhoda této varianty je nevhodné namáhání šroubových spojů, kdy kromě tahu jsou namáhány i na ohyb na smyk.



Konstrukční řešení varianty 1 [zdroj autor]

## 2. Konstrukční řešení mechanického rámu EDI modulu - varianta 2

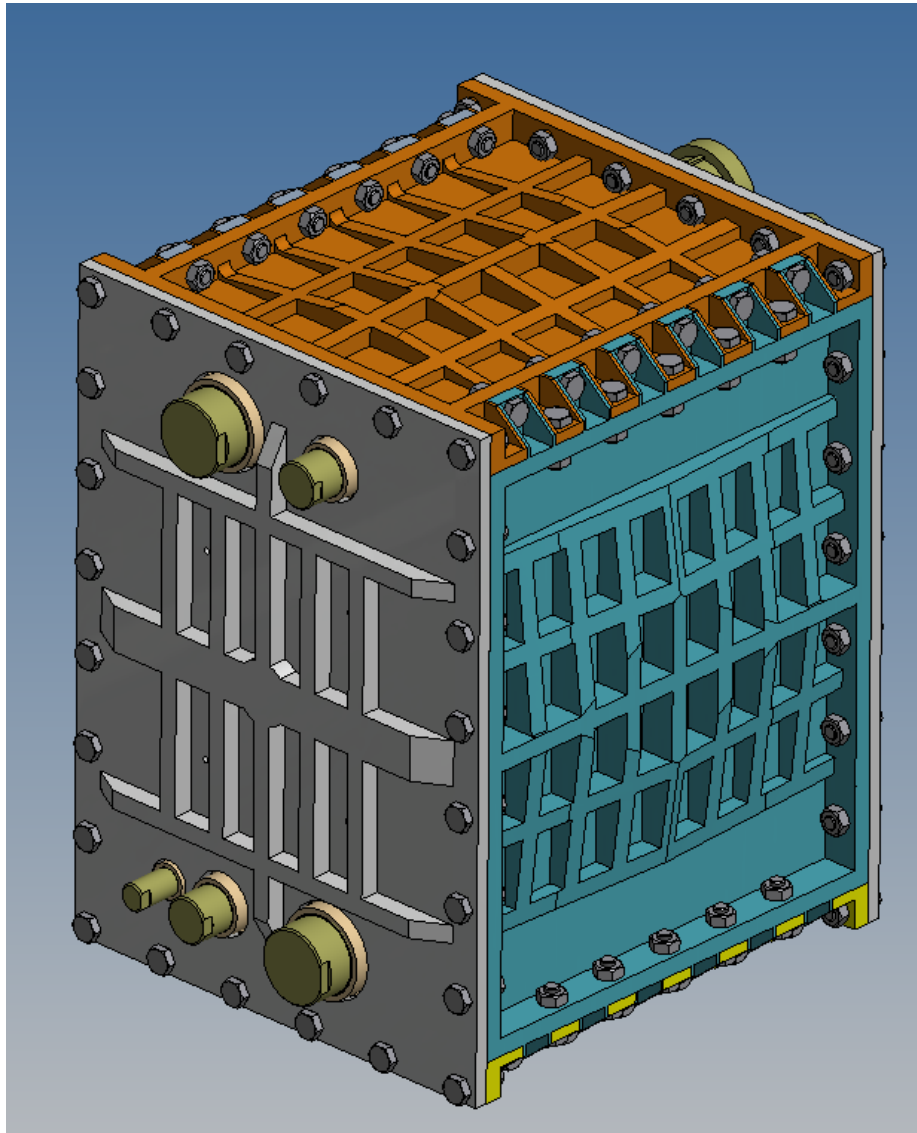
Konstrukční řešení této varianty je založeno na spojení všech šesti desek pomocí šroubového spojení v kombinaci s kolíkovými spoji. Spojení kolíky eliminuje nevýhodu varianty 1, kde jsou šrouby kromě tahu namáhány také ohybem a smykem. Toto nepříznivé namáhání šroubů v této variantě řeší použití kolíkových spojů. Desky jsou opět vyžebrovány pro splnění pevnostních podmínek a podmínek tuhosti. Hodnocené parametry návrhu jsou opět uvedeny v Tabulce 5-1 a 5-2. Nevýhoda této varianty je pracné svrtávání desek vůči sobě pro kolíkové spoje.



Konstrukční řešení varianty2 [zdroj autor]

### 3. Konstrukční řešení mechanického rámu EDI modulu - varianta 3

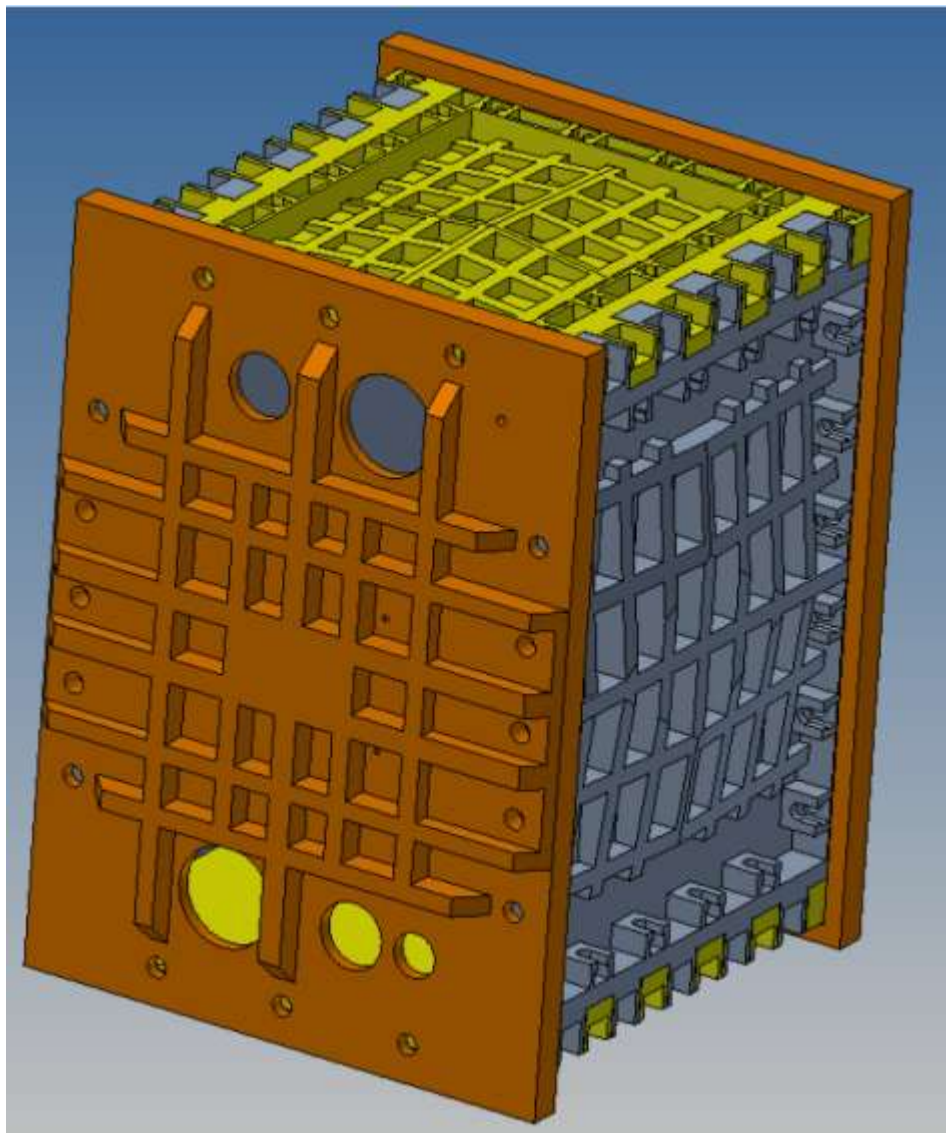
Konstrukční řešení této varianty je založeno na spojení všech šesti desek pomocí šroubového spojení. Pro spojení bočními deskami k horní a spodní desce jsou šrouby umístěny „křížem“ tj. při tomto způsobu spojení nedochází k nevhodnému namáhání šroubového spoje jako v případě varianty 1. Spojení čelní a zadní desky s ostatními deskami ovšem není z hlediska namáhání šroubového spoje vhodné, a proto zde bude docházet ke stejnému problému jako v případě varianty 1. Desky jsou opět vyžebrovány pro splnění pevnostních podmínek a podmínek tuhosti. Hodnocené parametry návrhu jsou uvedeny v Tabulce 5-1 a v Tabulce 5-2.



Konstrukční řešení varianty3 [zdroj autor]

#### 4. Konstrukční řešení mechanického rámu EDI modulu - varianta 4

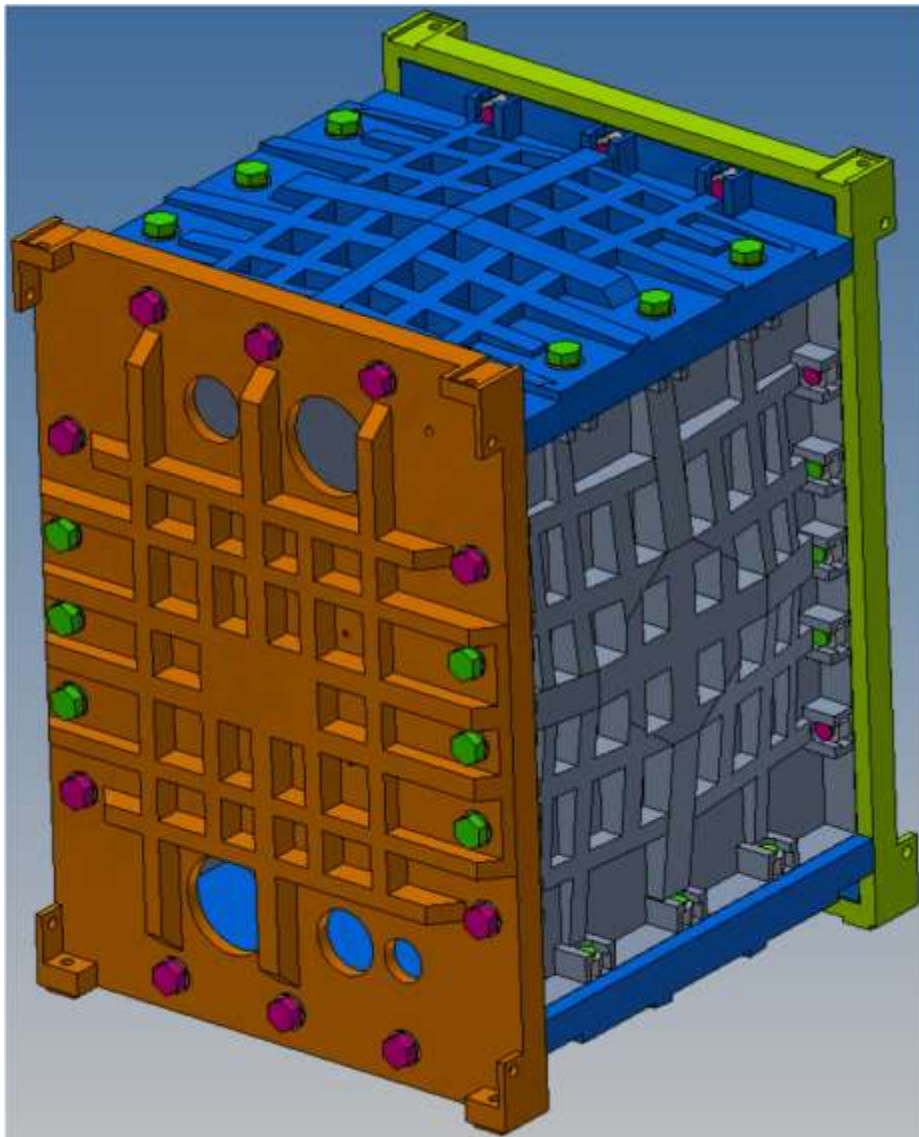
Konstrukční řešení této varianty je založeno na spojení všech šesti desek pomocí šroubového spojení a pomocí spojení tvarem. Pro spojení bočních desek k horní a spodní desce jsou šrouby umístěny opět „křížem“ tj. při tomto způsobu spojení nedochází k nevhodnému namáhání šroubového spoje jako v případě varianty 1. Spojení čelní a zadní desky s ostatními deskami je kromě šroubového spojení realizováno i spojení tvarem, kde do rámečku kolem čelní a zadní desky jsou zasazeny ostatní desky. Tento rámeček eliminuje nevhodné namáhání šroubového spoje z variant 1 a 3. Desky jsou opět vyžebrovány pro splnění pevnostních podmínek a podmínek tuhosti. Hodnocené parametry návrhu jsou uvedeny v Tabulce 5-3 a 5-4. Nevýhoda této varianty je v problematické výrobě „komůrek“ na matici, které jsou součástí bočních desek. Tyto „komůrky“ se po odlití desek musí dodatečně obrobřit pro dosažení požadované funkce, což je technologicky náročnější v porovnání s předchozími variantami.



Konstrukční řešení varianty 4 [zdroj autor]

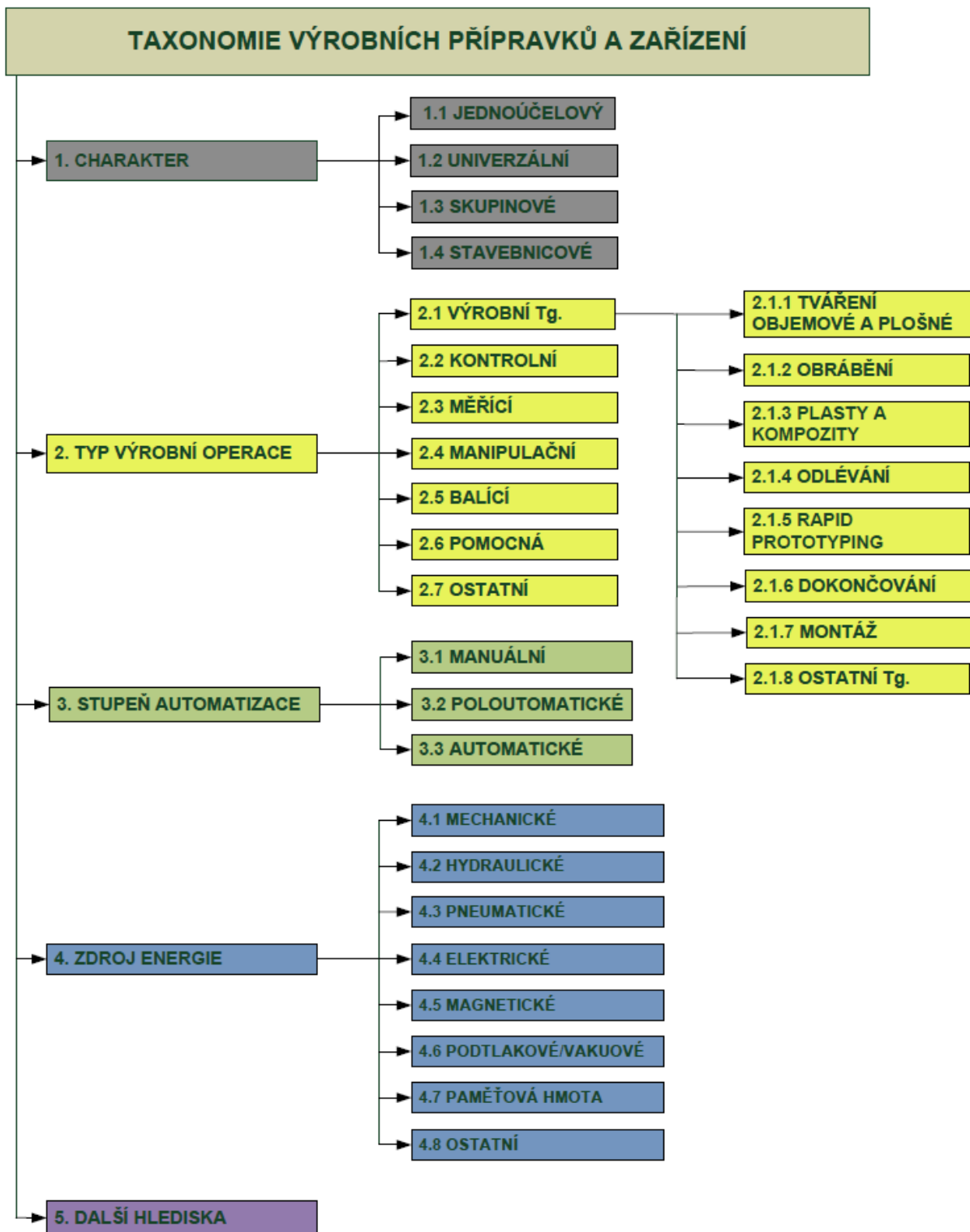
## 5. Konstrukční řešení mechanického rámu EDI modulu - varianta 5

Konstrukční řešení této varianty je založeno na spojení všech šesti desek pomocí šroubového spojení a pomocí spojení tvarem. Oproti variantě 4 je spojení šrouby „křížem“ nahrazeno šroubovým spojením v kombinaci se spojením tvarem. Toto řešení je výrobně a cenově efektivnější. Spojení čelní a zadní desky s ostatními deskami je řešeno stejným způsobem tj. spojení šrouby + spojení tvarem. V tomto případě stejně jako u varianty 4 nedochází k nevhodnému namáhání šroubů. Desky jsou opět vyžebrovány pro splnění pevnostních podmínek a podmínek tuhosti. Hodnocené parametry návrhu jsou uvedeny v Tabulce 5-3 a 5-4. Nevýhodou této varianty je stejně jako u varianty 4 problém při výrobě komůrek pro matice, které jsou kromě bočních desek i na desce horní a spodní. Tuto nevýhodu eliminuje varianta 6, která je zobrazena na Obrázku 5-1 v podkapitole 5.1.



Konstrukční řešení varianty 5 [zdroj autor]

**Taxonomie výrobních přípravků a zařízení**



Taxonomie výrobních přípravků a zařízení [zdroj autor]

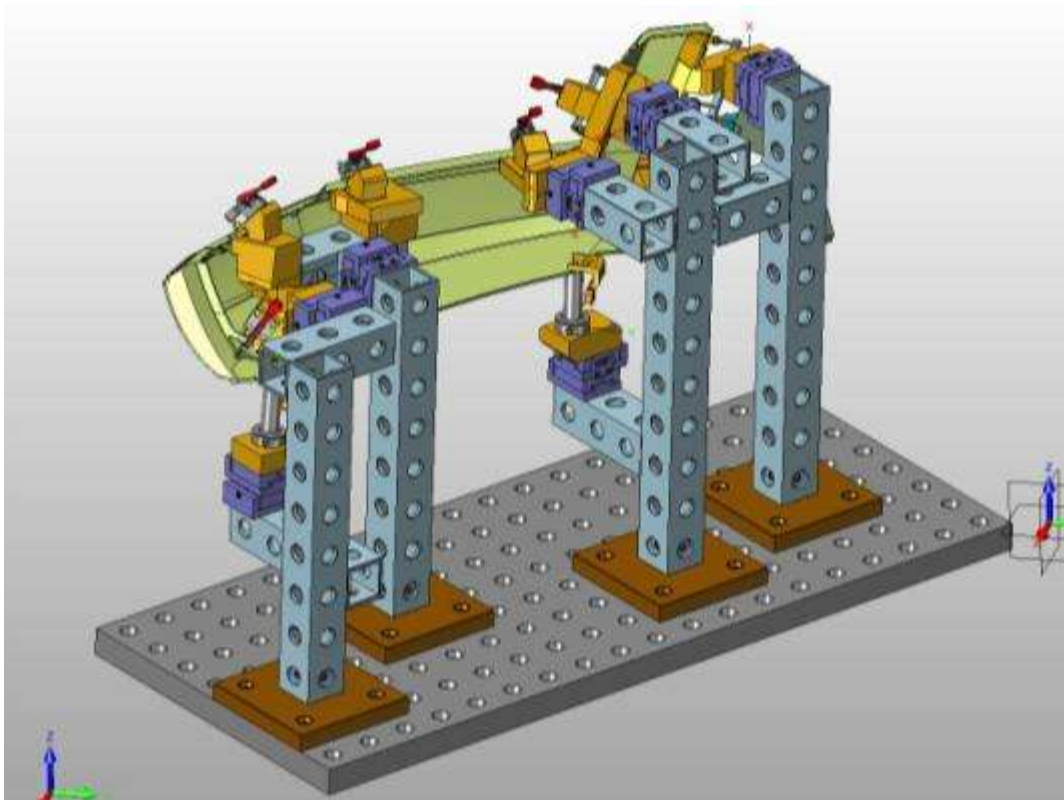
## 1. Taxonomie výrobních přípravků a zařízení podle jejich charakteru

*Ad 1.1. Jednoúčelové:* využívají se pro daný typ výrobní operace pro konkrétní součást příp. podobné součásti. Technologicky, tvarově a rozměrově se nemění. Ve výrobním procesu v sériové výrobě je jich zapotřebí velké množství, což může činit potíže při jejich udržování a uskladňování.

*Ad 1.2. Univerzální:* využívají se pro různé technologické operace a součásti podobného typu, ale jiného tvaru nebo velikosti. Využívají se v sériové, ale i v kusové výrobě. Do této skupiny přípravků patří zařízení jako svěráky, sklíčidla, otočné stoly, dělicí přístroje apod.

*Ad 1.3. Skupinové:* jsou společné pro danou skupinu součástí, které jsou si podobné rozměrově a tvarově. Tyto výrobní přípravky a zařízení jsou složeny ze stálých a vyměnitelných/seřiditelných částí zajišťujících jejich variabilitu pro různé součásti. Primárně se využívají u CNC strojů pro upínání obrobků.

*Ad 1.4. Stavebnicové:* jsou sestaveny z normalizovaných nebo typizovaných (unifikovaných) součástí, které lze nakoupit. Tyto součásti jsou následně připevněny k jejich základně/základní desce. Dají se skládat a přesazovat do různých sestav. Dále mohou být vhodně doplněny vlastními navrženými a vyrobenými prvky, které stavebnice neobsahuje, pro zvýšení rozsahu využití daného stavebnicového přípravku. Používají se převážně v malosériové výrobě.

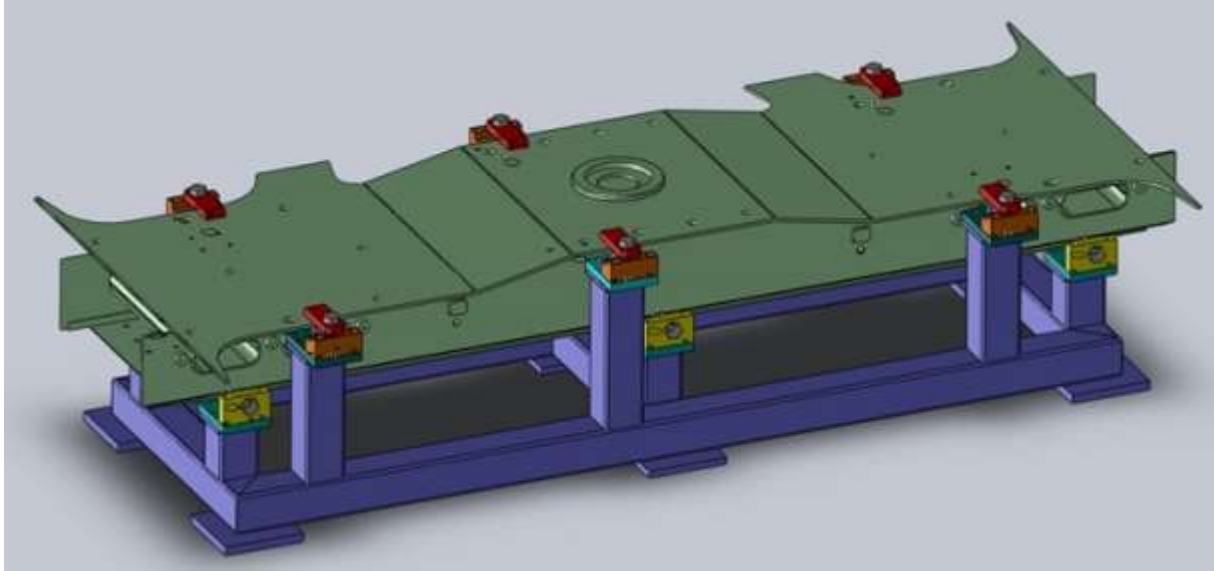


Ukázka stavebnicového přípravku [dostupné online na [galatech.cz](http://galatech.cz)]



## 2. Taxonomie výrobních přípravků a zařízení podle typu výrobní operace

*Ad 2.1. Výrobní:* jsou využívány pro danou výrobní technologii uvedenou odkazy 2.1.1 až 2.1.8. V praxi patří mezi nejčastěji využívané tzv. obráběcí přípravky. Používají se na ustavení polohy obrobku, upnutí obrobku, umožňují pracovní pohyby stroje a vedení nástroje. Zpravidla vyžadují zajištění nejvyšších výrobních přesností.



Ukázka obráběcího přípravku [dostupné online na [konstrukce-foff.cz](http://konstrukce-foff.cz)]

*Ad 2.2. Kontrolní:* jsou využívány pro vyrobené součásti pro tvarovou, rozměrovou a poziční kontrolu. Používají se např. pro kontrolu tvaru výlisků apod. Často při jejich konstrukci bývá aplikován systém Poka-Yoke tj. aby kontrolovaná součást do nich šla vložit/založit pouze jedním způsobem. Cílem je rychlá a jednoduchá kontrola součástí s minimálními nároky na obsluhu.

*Ad 2.3. Měřicí:* slouží k měření a kalibraci součástí. Tento druh je osazen měřidlem/měřidly, které zajišťují měření požadovaných rozměrů s požadovanou přesností.

*Ad 2.4. Manipulační:* slouží obecně pro přemístění součásti z jedné výrobní operace na další, případně z jednoho výrobního pracoviště na druhé. Jejich provedení je různorodé a vždy závisí na druhu přepravované součásti či skupiny součástí a způsobu manipulace. Do kategorie manipulačních přípravků a zařízení lze zařadit také průmyslové roboty, jejichž aplikace ve výrobním procesu je v současné době trendem.

*Ad 2.5. Balicí:* jsou využívány v procesu balení (konzervace) hotového produktu před jeho uskladněním a distribucí. Převážně se jedná o zařízení pro přípravu balicích materiálů pro samotný proces balení nebo konzervace. Ale lze nalézt i přípravky a zařízení sloužící k samotnému balení ať jednotlivých součástí, strojních částí, podsestav či hotových produktů.

*Ad 2.6. Pomocná:* slouží například při přípravě polotovarů pro výrobní proces. Do takovéto skupiny patří např. rýsovací přípravky, různé pomocné držáky např. pro osvětlení, dorazy, přípravky pro zajištění lepší viditelnosti (zvětšovací skla/lupy apod.), přípravky pro kalibraci robotů a další. Na obrázku níže je příklad rýsovacího přípravku určeného pro přenos obrysů z jedné plochy na druhou.



Ukázka rýsovacího přípravku [dostupné online na igm.cz]

*Ad 2.7. Ostatní:* do této skupiny patří výrobní přípravky a zařízení pro speciální aplikace a nestandardní činnosti. Jsou převážně uplatňovány při stavbě jednoúčelových strojů a mají mnoho různých specifických funkcí a vlastností.

### **3. Taxonomie výrobních přípravků a zařízení podle stupně automatizace**

*Ad 3.1. Manuální:* vyznačují se tím, že veškerou výrobní činnost provádí operátor/člověk s pomocí náradí a dalších potřebných zařízení nezbytných pro práci s výrobním přípravkem nebo zařízením. Jsou v současné době nejpoužívanější, ale stále častěji jsou nahrazovány následujícími druhy s cílem usnadnit lidskou námahu a zvýšit bezpečnost ve výrobním procesu.

*Ad 3.1. Poloautomatické:* operátor/člověk ovládá a kontroluje zařízení, které je elektronicky řízené a které vykonává potřebnou výrobní činnost s využitím výrobního přípravku/zařízení. Částečně eliminují lidskou námahu ve výrobním procesu. Obsluha (operátor/člověk) většinou pouze zakládá polotovary nebo hotové součásti do výrobního přípravku/zařízení a výrobní činnosti vykonává automatizované zařízení.

*Ad 3.1. Automatické:* operátor/člověk „pouze“ kontroluje výrobní činnost která je řízena dle daného algoritmu/programu. Obsluha těchto automatických přípravků/zařízení dopravuje polotovary nebo hotové součásti připravené ke zpracování ve výrobním přípravku/zařízení a odebírá hotové kusy (pokud tyto činnosti také nejsou řešeny automaticky).

Doporučenou součástí je krytování, kdy výrobní přípravek/zařízení je umístěno v ochranné kleci nebo pracovní buňce, aby k němu obsluha neměla možnost přístupu během výrobní činnosti.

#### 4. Taxonomie výrobních přípravků a zařízení podle zdroje energie

Různé zdroje energie lze u výrobních přípravků a zařízení využít na dvě zásadní činnosti: upnutí součásti a manipulaci se součástmi.

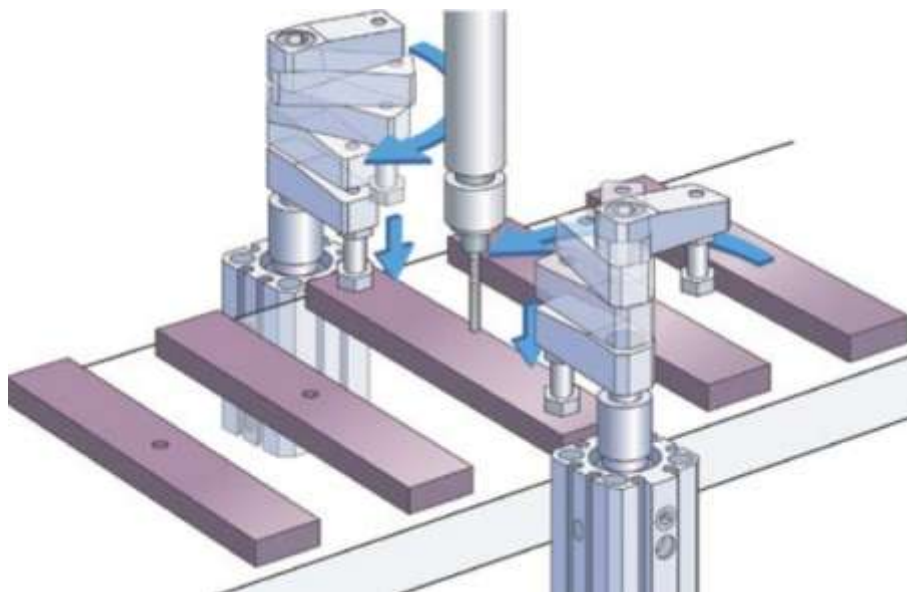
Upnutí součásti zahrnuje odebrání potřebných stupňů volnosti pro danou výrobní operaci. Kvalitní upnutí součásti v přípravku/zařízení patří mezi nejdůležitější funkce. V odborné literatuře najdeme téměř u každé taxonomie přípravků „jen“ toto hledisko bez ohledu na ostatní funkce.

Manipulace se součástmi představuje tyto činnosti: příprava součásti do správné pozice a vložení součásti do přípravku/zařízení, ustavení součásti, vyhození/vyjmutí součásti a další.

*Ad 4.1. Mechanické:* upínací a manipulační prvky jsou ovládané výhradně lidskou silou. Jedním z představitelů této skupiny jsou např. excentrické upínky nejčastěji využívané u svařovacích přípravků.

*Ad 4.2. Hydraulické:* jsou ovládané pomocí hydromotorů, které jsou řízeny buď manuálně (ovládací pákou) nebo elektronicky.

*Ad 4.3. Pneumatické:* podobný případ jako ad 4.2 s tím rozdílem, že místo hydraulických komponent jsou zde použity komponenty pro pneumatické mechanismy včetně příslušenství pro ovládání a řízení pneumatického obvodu (pokud se nejedná o samotnou plynovou vzpěru s aretací)



Ukázka pneumatického válce s upínáním [dostupné online na smc.cz]

*Ad 4.4. Elektrické:* jako zdroj jsou použity elektrické lineární aktuátory, či elektrické rotační aktuátory. Pro tento druh jsou stejně jako v případě pneumatických a hydraulických prvků potřeba prvky pro ovládání a řízení.

*Ad 4.5. Magnetické:* Jejich využití je zpravidla pro upínání obrobků při broušení nebo v případech, kdy požadujeme obrobení součásti na jedno upnutí (obráběná součást je lépe přístupná). Při manipulaci jsou tyto přípravky/zařízení využity převážně pro těžké součásti.

*Ad 4.6. Podtlakové/vakuové:* primárně plní funkci upínání. Fungují na principu vyvození podtlaku či vakua (podle typu aplikace) mezi základní deskou přípravku/zařízení (která musí být pro tento typ upnutí upravena) a upínanou součástí. Jako zdroj pro podtlak/vakuum slouží buď podtlakové dmychadlo, nebo vakuová vývěva.

*Ad 4.7. Paměťová hmota:* primárně pro upínání součástí pomocí plastické hmoty respektive hydroplastické, která je polotekutá. Tento typ upínání se nejčastěji využívá pro upínání součástí za vnější nebo vnitřní válcovou plochu. Upínač se skládá z pevného pouzdra, hydroplastické hmoty a tenkostěnného ocelového rozpínacího pouzdra. Lze upínat i více součástí najednou. Jelikož je hmota pružná, dají se upínat i tvarové obrobky.

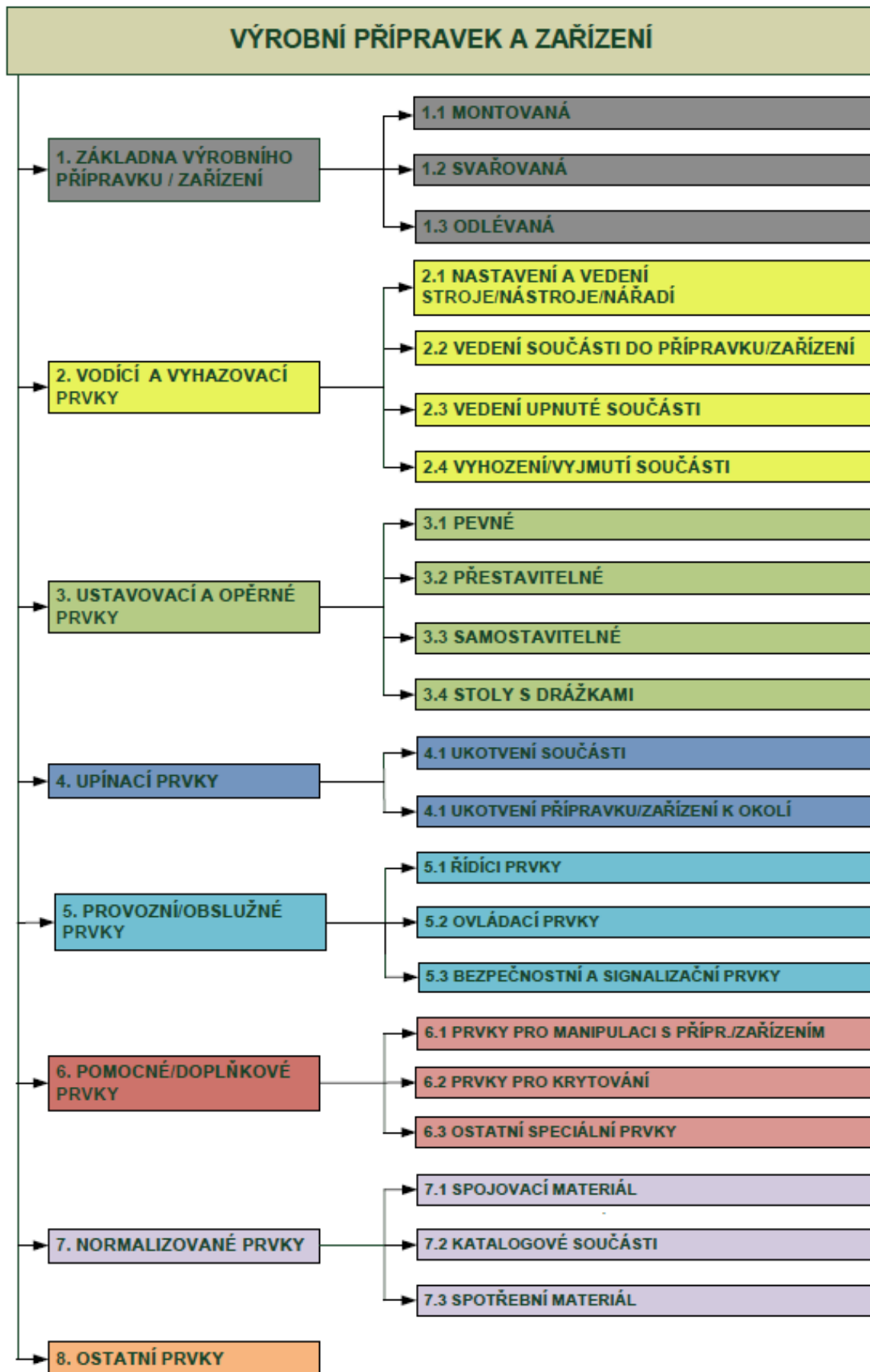
Dále existují i upínače kde místo hydroplastické hmoty jsou v pouzdře umístěny tvrdé elastomery, pomocí nichž se přenáší síla na rozpínací pouzdro a tím dochází k upnutí součástí

*Ad 4.8. Ostatní:* jedná se kombinace předchozích způsobů. Jednotlivé zdroje energie lze mezi sebou vhodně kombinovat. Běžně se vyskytují výrobní přípravky a zařízení, které mají mechanické prvky ovládané lidskou silou v kombinaci s dalšími zdroji (hydraulicky, pneumaticky či elektricky aj.)

## **5. Další hlediska třídění**

Do této skupiny patří pro úplnost taxonomie speciální přípravky a zařízení, které svým charakterem a funkcí nelze zařadit do předchozích skupin. Jedná se např. o speciální přípravky pro potřeby vědy a výzkumu, které nejsou v průmyslové praxi prakticky využívány nebo jsou využívány pro velice specifické aplikace, které jsou ve světě jedinečné. Autor této DisP se prozatím s žádným takovýmto přípravkem neseťkal, ale nelze vyloučit, že neexistují

**Stavební struktura výrobních přípravků a zařízení**



Stavební struktura výrobních přípravků a zařízení [zdroj autor]

## 1. Základna výrobního přípravku / zařízení

Základna výrobního přípravku/zařízení tvoří „rám“, na který se vztahují/kotví ostatní části přípravku/zařízení, které pak dohromady tvoří funkční celek. Základna přípravku může mít tyto provedení

*Ad 1.1. Montovaná:* jedná se o montážní sestavy např. z obrobených součástí, plechových výpalků, stavebnicových hliníkových profilů či plastových dílů, které dohromady tvoří celek základního rámu přípravku. Ne vždy se musí jednat o sestavu z několika součástí, lze jako základnu využít i např. jen samotnou obrobenou součást.

*Ad 1.2. Svařovaná:* jedná se o svařenec z profilů a plechů. Na tuto svařovanou konstrukci se poté umísťují další potřebné prvky přípravku.

*Ad 1.3. Odlévaná:* ve většině případů se jedná o velké základny z litiny pro rozměrově velké součásti, které jsou dále obrobeny na finální tvar a rozměr. Pořizovací cena takovýchto základen je vysoká a jejich aplikace je pro přípravky/zařízení, kdy upínaná součást má velkou hmotnost.

## 2. Vodící a vyhazovací prvky

Tyto prvky výrobních přípravků a zařízení se používají za účelem jednoduchého a přesného vložení součásti do přípravku/zařízení, vedení nástroje a náradí, manipulaci se součástí v přípravku/zařízení a pro jednoduché vyjmutí součásti ven z přípravku/zařízení po dokončení výrobní operace. Obecně by měla konstrukce přípravku/zařízení splňovat principy Poka-yoke, tj. zamezit možnosti špatného vložení a orientace součásti v přípravku/zařízení a zároveň zamezit tomu, aby např. u obráběcích přípravků/zařízení nebyl použit jiný nástroj než ten, který je pro danou operaci určený.

*Ad 2.1. Nastavení a vedení stroje/nástroje/náradí:* tyto prvky lze využít v případě, kdy po vedení, které je upevněno na základně přípravku/zařízení nebo je jeho součástí se pohybuje stroj, nástroj, náradí, (např. svařovací robot, pneumatický šroubovák, vrták apod.), který slouží pro danou pracovní operaci.

- prvky pro vedení stroje: kolejnice, lineární a rotační vedení a další dle potřebného směru/směrů pohybu
- prvky pro vedení nástroje: vrtací a vodící pouzdra, šablony (vrtací, řezací a další), měrky a další dle specifikace využití daného nástroje
- prvky pro vedení náradí: drážky, sloty, vyvažovací ramena a další dle potřebného pohybu daného náradí

*Ad 2.2. Vedení součásti do přípravku/zařízení:* tyto prvky lze využít pro:

- velké součásti, které obsluha fyzickou silou nedokáže do přípravku/zařízení ustavit
- tvarově složité či drobné součásti, které jsou pro obsluhu náročné na uchopení a manipulaci
- při požadavku přesného nebo rychlého ustavení (příp. kombinace) dané součásti do přípravku/zařízení

*Ad 2.3. Vedení upnuté součásti:* jedná se např. o kolejnice, skluzy, válečky, zdviže a další. Tyto prvky slouží k manipulaci s upnutou součástí v přípravku/zařízení, v případě že v jednom přípravku/zařízení lze provést více výrobních činností nebo je daná výrobní operace složitá.

*Ad 2.4. Vyhození/vyjmutí součástí:* tyto prvky se používají pro jednoduché vyjmutí/vyhození těžkých, tvarově složitých či drobných součástí, které by obsluha obtížně vyndala z přípravku.

### **3. Ustavovací a opěrné prvky**

Používají se pro rychlé ustavení vkládané součásti do požadované polohy. Tyto prvky mohou být dále členěny podle tvaru plochy ustavované součásti – prvky pro ustavení na rovinnou plochu, vnější válcovou a vnitřní válcovou plochu. Ustavovací a opěrné prvky musí odebrat všech šest stupňů volnosti upínané součásti, pokud není speciálně požadován jiný počet stupňů volnosti.

*Ad 3.1. Pevné prvky:* mezi tyto prvky patří opěrné čepy, středící čepy, opěrné lišty, pevné prizma, kuželové opěry, úhlové příložníky, boční opěrky, dorazy a mnohé další. Jedná se většinou o katalogové součásti, které lze jednoduše koupit.

*Ad 3.2. Přestavitelné:* do této skupiny lze zařadit šroubovací prizma, ustavovací šrouby různých provedení, dělicí zařízení. Nejčastěji se využívají u obráběcích přípravků/zařízení pro vyrovnání polohy obrobku nebo rychlou změnu polohy obrobku.

*Ad 3.3. Samostavitelné:* do této skupiny lze zařadit různé pomocné opěry, které slouží jako sekundární opěry k opěrám pevným.

*Ad 3.4. Stoly s drážkami:* mezi nejznámější prvky této skupiny patří stůl s T drážkou, do které se umístí šroub s opěrnou plochou, upínky a další prvky co lze do T drážky ukotvit

### **4. Upínací prvky**

Upínací prvky patří mezi klíčové prvky, které zabezpečují polohu součásti vzhledem k stroji/nástroji/nářadí pro danou výrobní operaci, tak aby vlivem sil vznikajících během výrobní operace nedošlo k nežádoucímu pohybu součásti. Použité prvky pro upínání součástí v přípravku/zařízení by měly být jednoduché, ale zároveň účinné.

#### Základní požadavky na upnutí jsou:

- přitlačit součást na ustavovací/opěrné prvky a vytvořit vhodnou kontaktní deformaci ve stykových plochách
- zabránit uvolnění součásti vlivem působení sil od řezných nástrojů, zařízení (svářečka apod.) či náradí (momentový klíč apod.) Umístění upínacího zařízení má zohlednit nejvýhodnější polohu pro dosažení optimálních upínacích sil
- působení složek upínacích sil vzhledem k umístění ustavovacích/opěrných prvků a tuhosti dané soustavy musí být pod dovolenou hranici pružných deformací celé soustavy
- u přípravku/zařízení kde lze upnout více součástí najednou pro jednu výrobní operaci musí být upínací síla pro všechny součásti stejná. Při výpočtu upínací síly nutno počítat s koeficientem bezpečnosti pro upínání
- síla upínacích prvků musí být taková, že udrží součást v přípravku a zároveň pohltí i další nepříznivé vlivy – např. u obráběcích přípravků vibrace stroje, vlastní frekvence apod.
- upínací systémy by měli být ideálně tzv. rychloupínací. Velikost ruční síly pro upínací systémy je dána normou a záleží na frekvenci upínání a uvolňování upínacího zařízení
- je výhodné využívat normalizované prvky pro upínání nebo také celé mechanismy a přístroje pro upínání, které lze nakoupit



*Ad 4.1. Ukotvení součástí:* obecně mezi nejznámější prvky pro ukotvení součástí patří šroub+matice, upínka+šroub+matice, rychloupínáky, výstředník, excentry (vačky), pákové mechanismy, trny kleštiny, pružné elementy, pneumatory, hydromotory, elektrické aktuátory a další speciální prvky. Upínací prvky lze kombinovat s různými zdroji energie pro upnutí viz podkapitola 7.1.4

*Ad 4.1. Ukotvení přípravku/zařízení k okolí:* mezi tyto prvky patří upínky pro upínací stojiny a stoly, kotvy do podlah a nosných konstrukcí, spojovací prvky pro kotvení k hliníkovému stavebnicovému systému a další

## 5. Provozní/obslužné prvky

Tyto prvky jsou používány pro běžný provoz a ovládání daného přípravku/zařízení. Jsou primárně používány u poloautomatických či automatických přípravků. V současné době v sériové a hromadné výrobě a s trendem INDUSTRY 4.0 je nasazení těchto výrobních přípravků a zařízení aktuální problematikou. Jejich výhodou je i záznam dat o jejich funkci v reálném čase a dle toho lze řídit např. takt linky nebo paralelní výrobní procesy.

*Ad 5.1. Řídící prvky:* rozvaděče, šoupátka, ventily, řídicí PC, elektrokomponenty a další potřebné prvky související s řízením a logikou pracovního procesu daného přípravku

*Ad 5.2. Ovládací prvky:* kontrol panel (dotykový či s klávesnicí), stop tlačítka, spínače tlačítka, nožní pedály a další elektronické prvky sloužící obsluze pro kontrolu a ovládání daného přípravku

*Ad 5.3. Bezpečnostní a signalizační prvky:* senzory, optické závory, kamery, semaforey, optická čidla, čítače kusů a další prvky přispívající k bezpečnému provozu a bezpečnosti obsluhy i osob v blízkém okolí přípravku



Příklady provozně/obslužných prvků: nožní pedál, signalizační maják, stop tl. [dostupné online na conrad.cz]

## 6. Pomocné/doplňkové prvky

Tyto prvky nemusí být součástí každého výrobního přípravku/zařízení. Jedná se většinou o volitelné prvky, které buď vyplývají z legislativy pro danou aplikaci přípravku/zařízení, nebo zvyšují jeho užitnou hodnotu, anebo se jedná o požadavek zákazníka.

*Ad 6.1. Prvky pro manipulaci:* tyto prvky slouží pro ulehčení manipulace s přípravkem/zařízením. Rukojeti, držadla, nosná oka, pojezdová kolečka pro větší a těžší přípravky/zařízení a další vhodné prvky pro různé způsoby manipulace.

*Ad 6.2. Prvky pro krytování:* většinou je zákazník požaduje jako další prvek bezpečnosti ať již samotného přípravku, nebo jako opatření proti krádeži. Mezi tyto prvky patří ocelová pletiva, plexiskla, krycí plechy apod.

*Ad 6.3. Ostatní speciální prvky:* jedná se o prvky, které zákazník speciálně požaduje. Tyto prvky mohou být různého charakteru a vždy závisí na dané aplikaci. Příklad může být zobrazovací zařízení, které zobrazuje např. montážní postup/montážní návodku.

## 7. Normalizované prvky

Tyto prvky slouží pro vzájemné spojení, doplnění, zprovoznění a zajištění funkce všech předchozích skupin uvedených v Ad 1.1 až Ad 6.3

*Ad 7.1. Spojovací materiál:* šrouby, matice, kolíky, čepy, nýty apod.

*Ad 7.2. Katalogové součásti:* tyto součásti slouží jako speciální spojovací prvky nebo jako samostatné prvky pro zajištění dané funkce. Tyto prvky lze najít v katalogích dodavatelů např: Essentra Components, Kipp, Norelem, Haberkorn, Eles a Ganter a mnoho dalších. Do této skupiny lze zařadit i nářadí (klíče, utahováky, svorky a další).

*Ad 7.3. Spotřební materiál:* Skříně rozvaděčů, hadice pro pneumatické obvody, hydraulické hadice, kabely, koncovky, konektory, chrániče, oplety, izolace, nálepky s piktogramy a další materiál.

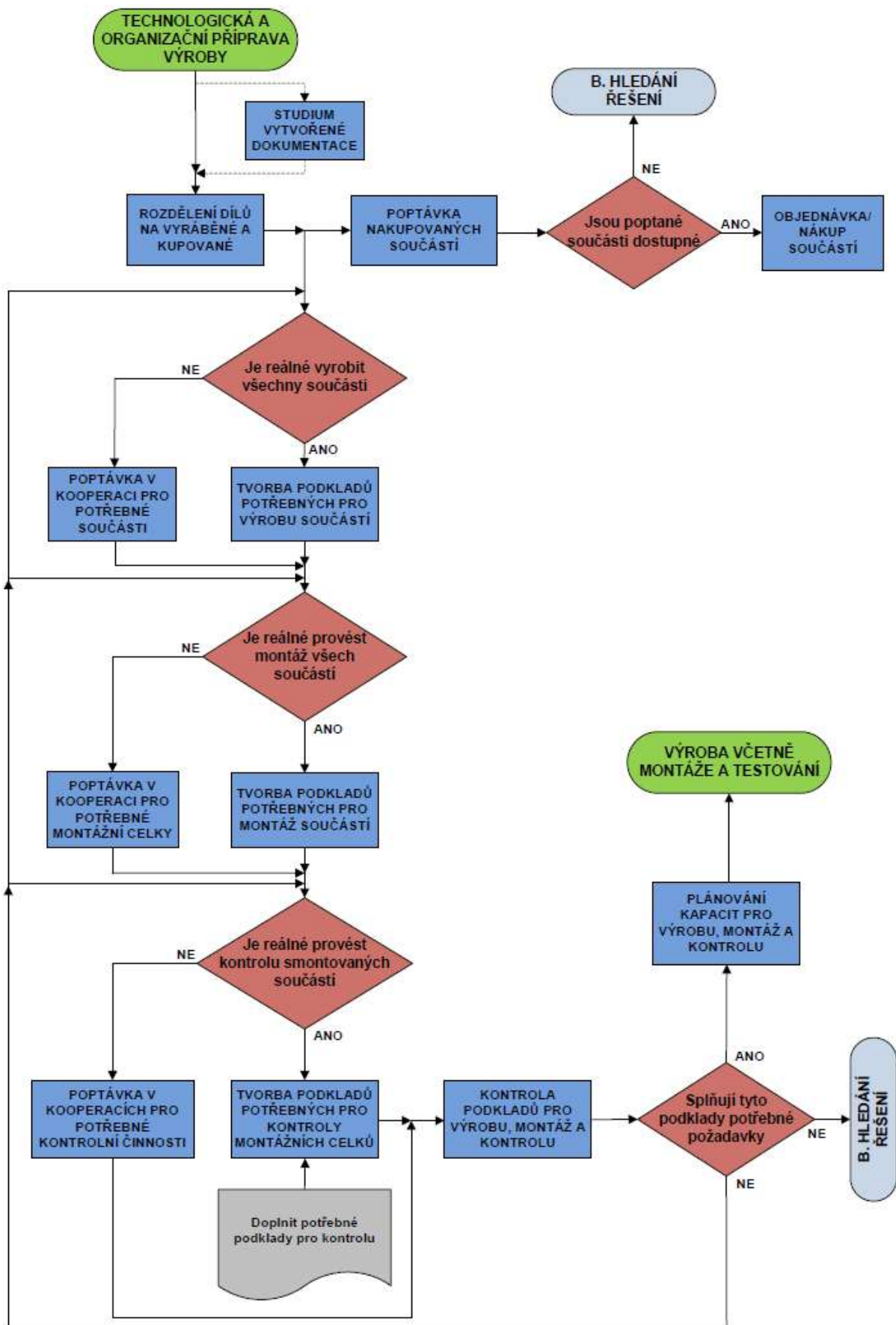


Příkl. normalizovaných prvků: aretační čep, západka, regulovatelná páka [dostupné online na [elesa-ganter.cz](http://elesa-ganter.cz)]

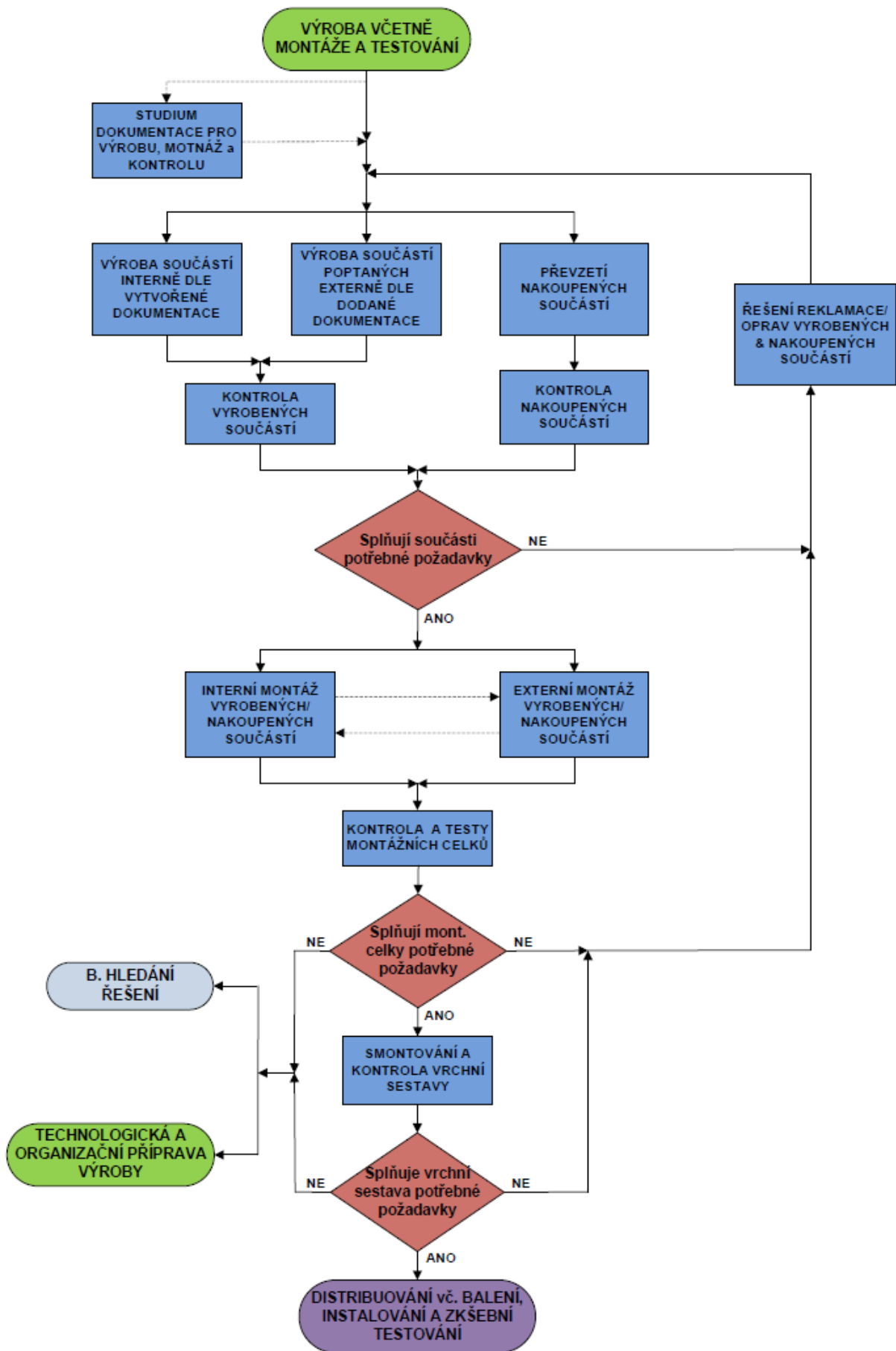
## 8. Ostatní prvky

Prvky, které nejsou uvedeny v Ad 1.1 až Ad 7.3, Jelikož oblast jednoúčelových výrobních přípravků a zařízení je rozsáhlá, lze s největší pravděpodobností nalézt ve výrobních podnicích přípravky a zařízení, jejichž prvky nejsou zahrnuty v této taxonomii, avšak pro daný přípravek/zařízení a jeho funkční princip mohou mít klíčový význam. Autor této DisP se prozatím s žádným takovým prvkem nesešel, tím ovšem nelze vyloučit jeho existenci.

**Zobrazení fáze realizace  
montážních přípravků a zařízení**



Vývojový diagram pro technologickou a organizační přípravu výroby [zdroj autor]



Vývojový diagram pro výrobu včetně montáže a testování [zdroj autor]

**Požadavky na montážní přípravky a zařízení**

## 1. Zdroje požadavků

Zde uvedené zdroje požadavků jsou rozděleny dle profese a dle informačního zdroje, který požadavky poskytuje.

Různé profese mohou poskytnout stejné požadavky, proto druhy požadavků u zde uvedených profesí nejsou směrodatné, ale mají hlavně informativní charakter.

Zdroj dle profese	Popis a možné příklady
Konstruktér	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavky na základní rozměry, funkci, použité materiály, požadavky na dokumentaci</li><li>- ukázka výsledného produktu a jeho funkce, ukázka rozebraných součástí pro montáž, měření a další montážní činnosti</li></ul>
Technolog	<ul style="list-style-type: none"><li>- pracovní postupy (montážní, měřicí, kontrolní...)</li><li>- požadavky na použité nářadí a zařízení pro montážní operaci, použitá měřidla a jejich kalibrace příp. další použitelné TS</li></ul>
Pracovník nákupu (sourcing)	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavky na díly od preferovaných a vyzkoušených dodavatelů tj. nakupované součásti v návrhu připravku pořizovat od konkrétních dodavatelů</li><li>- požadavky na cenové relace nakupovaných součástí</li></ul>
Projektový manažer	<ul style="list-style-type: none"><li>- harmonogram projektu / průběh projektu, termíny, kontroly apod.</li><li>- rozpočet, podmínky dodání</li><li>- zodpovědnosti na straně dodavatele a zákazníka</li></ul>
Marketing	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavky na finální produkt jako výsledek montážní operace</li><li>- informace o konkurenčních MPaZ, případně stávajících MPaZ</li></ul>
Průmyslový inženýr	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavky na umístění MPaZ na daném pracovišti, v dané montážní lince</li><li>- informace o činnostech předcházejících dané montážní činnosti, pro kterou je navrhován MPaZ a činnostech navazujících, požadavek na takt linky</li><li>- požadavky na pracovní manuál</li><li>- požadavky na prostor v okolí MPaZ</li></ul>
Ergonom	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavky na obsluhu/operátory pro práci s MPaZ</li><li>- požadavky na rozmístění ovládacích prvků</li></ul>
Bezpečnostní technik	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavky na rozmístění bezpečnostních prvků</li><li>- požadavky na elektro revize, prohlášení o shodě apod.</li><li>- požadavky na krytování, ostré hrany, mezery, spáry, pohyblivé části a další potenciální zdroje nebezpečí</li></ul>
Operátor výroby	<ul style="list-style-type: none"><li>- informace o zvyklostech a postupech práce s MPaZ (současný, podobné, jiné)</li><li>- informace o zkušenostech při práci s MPaZ</li><li>- požadavky na rozmístění jednotlivých prvků</li><li>- požadavky na manipulaci s MPaZ, (uchopení, pracovní pohyby)</li></ul>
Mistr	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavek na počet pracovníků pro práci s MPaZ</li><li>- pravidla a zvyklosti pro montážní operace</li><li>- informace o zásobování součástmi daného montážního pracoviště a jejich rozmístění</li></ul>
Údržbář	<ul style="list-style-type: none"><li>- požadavky na servis a údržbu</li><li>- požadavky na demontáž a rychlou výměnu součástí</li><li>- požadavky na počet a druh náhradních dílů</li></ul>
Ostatní profese	Požadavky další profesí pokud to účel daného MPaZ vyžaduje – např. externí expert, materiálový inženýr, pracovník IT

Tabulka zdroje požadavků pro návrh MP/MZ dle jednotlivých profesí [zdroj autor]

Zde uvedené informační zdroje korespondují s vývojovým diagramem na Obr. 12-3.

Zdroj dle informačního zdroje	Popis a možné příklady
Zadání	-požadavky stanovené zákazníkem
Stávající MPaZ	- analýza stávajícího MPaZ (funkční MP/MZ v provozu, vyřazené/původní MP/MZ) - konstrukční návrhy požadovaného MP/MZ - prototyp navrženého MP/MZ
Srovnatelné/konkurenční MPaZ	- požadavky získané z analýz srovnatelných (podobných) a konkurenčních MPaZ
Norma/předpis	- normy národní a mezinárodní - patenty, užité a průmyslové vzory - licence, ochranné známky - předpis/standard dané firmy - prohlášení o shodě
Analýzy	- studie proveditelnosti - SWOT analýzy - rizikové analýzy
Ostatní	- požadavky získané z odborné literatury - expertních studie - odborné posudky

Tabulka zdroje požadavků pro návrh MP/MZ dle různých informačních zdrojů [zdroj autor]

## 2. Forma požadavku

Požadavky získané z různých **zdrojů** lze získat v různých **formách**. Každá forma má svoji vypovídající hodnotu pro získání potřebných požadavků. Přehled nejčastějších forem požadavků je uveden v následující tabulce.

Forma	Popis a možné příklady
Text	textový popis požadavku včetně potřebných hodnot (mail, poznámka, dokument)
Obrázek	- CAD modely součástí, sestav, výkresů - schéma elektrického/hydraulického/pneumatického obvodu - schéma uspořádání pracoviště
Foto	- smontovaný produkt/rozmontovaný produkt - průběh současné montážní operace bez MPaZ nebo se stávajícím MPaZ
Video	- průběh současné montážní operace bez MPaZ nebo se stávajícím MPaZ - montážní linka - funkce podobných MPaZ
Simulace	- sekvence různých montážních postupů - manipulace s jednotlivými součástmi např. při zakládání do MPaZ, vyjmutí smontované části produktu apod. - průběh montáže pro zjištění času montážní operace, taktu linky
Skica	- koncepční varianty - navrhované řešení - konkrétního konstrukčního „uzlu“ pro rychlé posouzení - prostorového uspořádání pracoviště
Odkaz na daný zdroj	- externí zdroje informací související s návrhem MPaZ - interní zdroje z databáze znalostí - odkazy na prototypy MPaZ
Ostatní	- další možné formy požadavků závislé na daném MPaZ

Tabulka formy požadavků pro návrh MP/MZ [zdroj autor]



### 3. Způsob zaznamenání požadavku

Požadavky získané z různých zdrojů v různých **formách** je potřeba **zaznamenat**. Zaznamenání požadavku může probíhat způsoby, které jsou uvedené v následující tabulce.

Způsob zaznamenání	Popis a možné příklady
Osobní setkání/meeting	<ul style="list-style-type: none"> <li>- meeting se zákazníkem obvykle v místě výrobního podniku/u montážní linky kde bude MP/MZ provozován</li> <li>- zaznamenání požadavků ve formě zápisu z jednání</li> <li>- vyplnění vytištěných formulářů na požadavky během meetingu</li> <li>- požadavky sděleny nejčastěji ústně během meetingu, případně zákazník poskytne dokument obsahující požadavky</li> </ul>
Online	<ul style="list-style-type: none"> <li>-online práce s dokumenty obsahující požadavky pro navrhovaný MP/MZ – mezi užívané online prostředky patří Office 365, Google drive, Icloud, PDF editor apod.</li> <li>- požadavky do specifikace může současně zadávat více uživatelů</li> <li>- požadavky sdělovány obvykle telefonicky, mailem, videokonferencemi</li> <li>- data pro tvorbu a průběžné revize specifikace požadavků, lze efektivně sdílet v řešitelském týmu např. pomocí služeb Dropbox, Onedrive, Sharepoint apod.</li> <li>- náročnější na hlídání revizí/změn</li> </ul>
Offline	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dokument specifikace požadavků je uložen v PLM, PDM systému pro správu dat, včetně dat obsahující požadavky pro tvorbu specifikace.</li> <li>-dokument s požadavky upravuje vždy konkrétní osoba (nelze upravovat současně více osobami)</li> <li>- revize/změny požadavků jsou přehledně evidovány</li> </ul>

Tabulky způsobů zaznamenání požadavků pro návrh MP/MZ [zdroj autor]

### 4. Nástroj pro zaznamenání požadavku

Pro **zaznamenání** požadavků lze využít různé **nástroje**. Od vytištěných formulářů po dokumenty vytvořené např. pomocí MS Office až po speciální software pro záznam požadavků. Používané nástroje pro zaznamenání získaných požadavků jsou uvedeny v následující tabulce.

Nástroj	Popis a možné příklady
Textový editor	soupis požadavků jako prostý text nebo vyplnění připraveného formuláře např. v MS Word případně formuláře ve formátu PDF
Tabulkový editor	připravená tabulka pro záznam požadavků např. v MS Excel
Databáze	zaznamenání požadavků do databáze např. v MS ACCES
Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>-software vyvinutý pro záznam požadavků</li> <li>- aplikace pro tablet či mobilní telefon pro záznam požadavků</li> </ul>
Tištěné dokumenty	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formuláře</li> <li>- šablony</li> <li>- tabulky</li> </ul>
Součást software	<ul style="list-style-type: none"> <li>- součást software na řízení životního cyklu výrobku PLM/PDM</li> <li>- součást podnikového informačního systému (SAP a další)</li> </ul>
Ostatní	specializované nástroje pro záznam požadavků (uvedeno pro úplnost)

Tabulka nástroje pro zaznamenání požadavků pro návrh MP/MZ [zdroj autor]

## 5. Ověření požadavků

Požadavky **zaznamenané** do zvoleného **nástroje** pro zaznamenání požadavků je vhodné **ověřit**. U dané vlastnosti a jejího indikátoru vlastnosti se ověřuje hodnota indikátoru vlastnosti (viz. Obrázek 3-5), zda tato hodnota je správná a realizovatelná pro návrh MP/MZ.

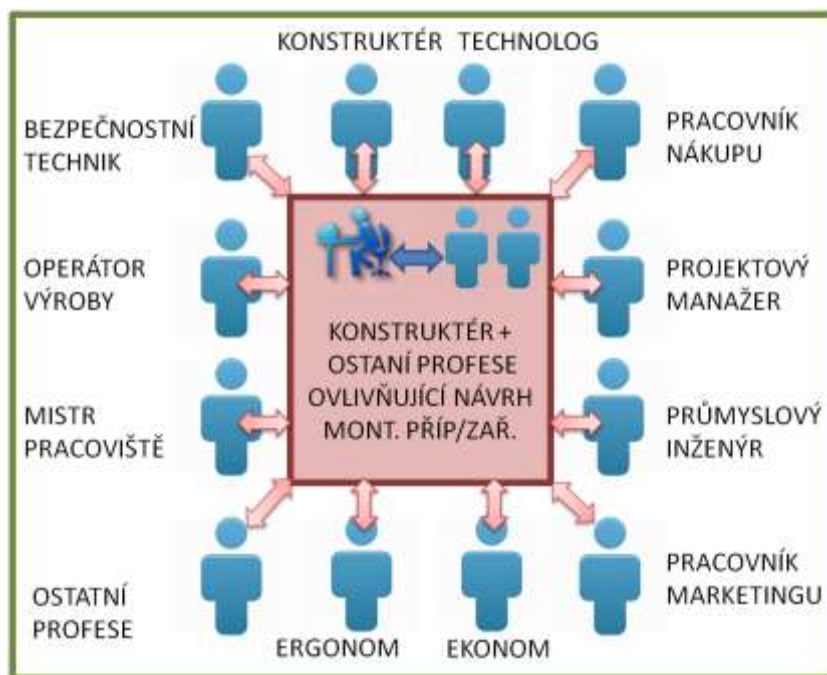
Např. je opravdu potřeba velikost ovládací síly = 1000 N, počet upínacích prvků = 4 upínky, půdorysné rozměry zařízení = 500x750 mm atd.

Pokud je v průběhu ověřování požadavků indikováno potenciální riziko nebo problém pro splnění požadavku je potřeba provést revizi hodnoty indikátoru vlastnosti.

Hodnotu indikátoru vlastnosti lze ověřit opět různými způsoby/možnosti, které jsou uvedené v následující tabulce.

Způsob ověření	Popis a možné příklady
Zkušenost/znalost	ověření na základě získaných zkušeností a znalostí pro posouzení možné realizace požadavku
Zdroj požadavku	Různé profese a informační zdroje poskytují nejrůznější požadavky – viz obrázek pod touto tabulkou. Pokud si konstruktér MPaZ není jistý správností požadavků, je vhodné požadavek od jedné profese ověřit u jiné např. požadavek od obsluhy ověřit u mistra nebo jiné profese
Teoreticky podložený požadavek	- obecně platný požadavek na základě např. fyzikálních zákonů - požadavek ověřený výzkumem a vývojem uvedený v odborné publikaci
Norma, předpis	požadavek vyplývající z normy, který je jasně daný a musí odpovídat informacím uvedených v dané normě nebo firemním předpisu
Koncepční návrh	ověření požadavků na základě koncepčního návrhu v podobě variant orgánových struktur příp. hrubé stavební struktury
Konstrukční návrh	ověření požadavků na základě konstrukčního návrhu v podobě hrubé stavební struktury a úplné stavební struktury
Měření	měření rozměrů a dalších veličin na současném pracovišti, lince, současném montážním přípravku nebo zařízení za účelem ověření zadaných rozměrů a dalších veličin (síla, tlak, teplota, hluk apod.)
Dotaz na externí dodavatele	ověření požadavku u dodavatele nakupovaných komponent, které jsou využity v navrhovaném/navrženém řešení MPaZ, tj. zda nakupovaný komponent splňuje potřebné/ očekávané požadavky
Analýza, výpočet	ověření požadavků výpočtem analytickým, výpočtem pomocí metody konečných prvků, kinematickou studií apod. pro ověření okrajových podmínek vyplývajících z požadavků pro dané vlastnosti zaměřené především na pevnost, tuhost, teplotu, vibrace, a další veličiny dle povahy navrhovaného MPaZ
Experiment, test	Ověření požadavků na základě experimentu na vzorku nebo poskytnutém současném MPaZ. Hotový MP/MZ se poté testuje ve zkušebním provozu před jeho „ostrým“ uvedením do provozu a tím jsou nejlépe ověřeny všechny požadované vlastnosti
Rapid prototyping	Vzorek z 3D tiskárny na ověření tvaru a rozměru, smontovatelnosti případně dalších vlastností dle povahy navrhovaného MPaZ ve fázi návrhu
Ostatní	Další známé způsoby ověření požadavků (uvedeno pro úplnost)

Tabulka způsobů ověření požadavků pro návrh MP/MZ [zdroj autor]



Schematické zobrazení ověření požadavku získaných z jednotlivých profesí [zdroj Autor]

## 6. Hodnocení požadavků

**Ověřené** požadavky jsou v posledním kroku tvorby specifikace požadavků **ohodnoceny**. Zda je potřeba požadavky hodnotit po jejich ověření či nikoliv je vždy na rozhodnutí řešitelského týmu pro návrh přípravku. Obecně je to doporučeno.

Hodnocení požadavků je výhodné provádět v průběhu řešení MP/MZ v následujících činnostech:

- Analýza zadání: důležité pro hodnocení je znát informace alespoň o stávajícím návrhu
- Analýza požadavků: důležité pro hodnocení je znát informace o stávajícím návrhu a o konkurenčních/podobných řešeních
- Koncepční návrh: hodnocení navržených koncepčních variant pro splnění požadavků
- Konstrukční návrh: hodnocení konstrukčního návrhu pro splnění požadavků

Způsob hodnocení	Popis a možné příklady
Textové	textové zhodnocení (popis) chování/odezvy daného požadavku/požadavků např. do připraveného formuláře/šablony
Číselné	- bodové hodnocení pouze na základě stanové stupnice - bodové hodnocení splnění požadavků na základě stanovené stupnice a vah
Porovnání	-porovnání splnění požadavků pro více navržených řešení na základě předem stanovených kritérií -porovnání realizace požadavků na základě podobnosti se stávajícími nebo dostupnými řešeními MPaZ
Grafické	grafické zhodnocení požadavků ve formě grafů, tabulek, animací apod.
Expertní posudek	posudek nezávislého experta pro hodnocení splnění/nesplnění požadavků pro navržené řešení MPaZ
Týmové hodnocení	subjektivní názory jednotlivých členů řešitelského týmu hodnotící míru splnění požadavku/požadavků
Přístup ANO/NE	subjektivní hodnocení zda je daný požadavek splněn (ANO) nebo není (NE)

Tabulka způsobů hodnocení požadavků pro návrh MP/MZ [zdroj autor]

**Třídy vlastností pro montážní přípravky a zařízení**

Třídění vlastností TS dle EDSM (zestručněno)	Třídění vlastností pro MPaZ na základě EDSM
1. Vlastnosti TS k jeho pracovním funkcím/účinkům	1. Vlastnosti MPaZ na provozní proces
2. Vlastnosti TS k lidem	2. Vlastnosti MPaZ na obsluhu
3. Vlastnosti TS k ost. Hmot. prac. prostředkům	3. Vlastnosti MPaZ na potřebné TS
4. Vlastnosti TS k prostředí	4. Vlastnosti MPaZ na pracovní prostředí
5. Vlastnosti TS k informačním systémům	4. Vlastnosti MPaZ na požadované informace
6. Vlastnosti TS k manažerským systémům	4. Vlastnosti MPaZ na řízení (Mng. projektu)
7. Vlastnosti ke stavební struktuře	7. Vlastnosti MPaZ na stavební strukturu <i>(dále členěno na jednotlivé prvky pro návrh MPaZ)</i>

Tabulka taxonomie vlastností pro MPaZ na základě EDSM [zdroj autor]

### 1. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na provozní proces

Tato třída vlastností je zaměřena na základní informace o produktu. Požadavky v ní uvedené se týkají produktu (Technického produktu), pro jehož montážní operaci/operace je MP/MZ navrhován. Jednotlivé příklady vlastností a požadavků jsou uvedeny v následující tabulce.

1. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na provozní proces	
Vl. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
1.1 Produkt / Technický systém	- výsledný smontovaný produkt: rozměry, hmotnost, hlavní a vedlejší funkce - montážní varianty/alternativy produktu
1.2 Pracovní postup	- informace o rozmontovaném produktu - informace o součástech, pro jejichž montáž se navrhuje MP/MZ - pracovní postup montáže: stávající montážní postup - pracovní postup montáže: požadovaný/inovovaný montážní postup - postup měření a kontroly: pro skupinu měřících a kontrolních MPaZ
1.3 Data a informace o produktu/TS	- CAD data dílů a sestav - výkresy sestav, výrobní výkresy, montážní výkresy - foto/video pracovního postupu se stávajícím MP/MZ - informace o podobných a konkurenčních produktech
1.4 Požadavky časové	- četnost používání: jak často (v jakém taktu) bude navrhovaný MPaZ v provozu - doba trvání stávající montážní operace: s nebo bez MP/MZ příp. podobnými - požadovaná doba trvání montážní operace s navrhovaným MP/MZ,
1.5 Podmínky pro provoz	- pracovní postup práce s přípravkem pro zajištění montážní operace - dostupné druhy energií: stlačený vzduch pro pneumatické prvky, připojení pro hydraulické prvky, elektrická přípojka, vstupy a výstupy pro řídicí PC
1.6 Životnost	- požadovaná životnost MP/MZ - faktory snižující životnost MP/MZ: nevhodné zacházení, úmyslné poškození, využívání na jiné činnosti
1.7 Servis a údržba	- informace o pravidlech údržby od zákazníka - požadavky na náhradní díly pro servis: jaké, počet, dodací termíny při poruše - časové intervaly servisu a dostupnost servisu - interval údržby: denně/týdně/měsíčně apod. - informace o postupu údržby: jak MP/MZ čistit, konzervovat, kontrolovat funkci a opotřebení „klíčových“ součástí apod.

1.8 Vyrobitelnost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- požadavky na obráběné díly, díly z plechu, plastové součásti: provedení, přesnost, preferovaný materiál aj.</li> <li>- povrchové úpravy: eloxování, pozinkování, černění aj.</li> <li>- výsledná barva povrchové úpravy</li> </ul> <p><b>Pozn. při řešení této skupiny vlastností lze výhodně využít poznatky DfM (Design for Manufacturing) uvedené v podkapitole 4.2</b></p>
1.9 Montáž MPaZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- preferovaný způsob montáže: nerozebíratelné konstrukce např. svařované ocelové konstrukce, rozebíratelné konstrukce např. smontované z Al profilů,</li> <li>- preferovaný způsob spojení: lepené spoje, šroubové spoje, spoje tvarem aj.</li> </ul> <p><b>Pozn. při řešení této skupiny vlastností lze výhodně využít poznatky DfA (Design for Assembly) uvedené v podkapitole 4.1</b></p>
1.10 ostatní	<ul style="list-style-type: none"> <li>- požadavky na specifické vlastnosti výše neuvedené, které jsou významné pro navrhovaný MP/MZ. Tyto požadavky jsou závislé na charakteru a aplikaci daného MP/MZ a jsou individuální pro konkrétní MP/MZ.</li> </ul>

Tabulka požadavků na vlastnosti pro třídu vl. na provozní proces [zdroj autor]

## 2. Vlastnosti montážních přípravků na zařízení a obsluhu

Tato třída vlastností je zaměřena na pracovníka/pracovníky obsluhy (operátora výroby) navrhovaného MP/MZ. Požadavky v ní uvedené se týkají hlavně bezpečnosti a ergonomie pro tyto pracovníky při práci s MP/MZ. Jednotlivé příklady vlastností a požadavků jsou uvedeny v následující tabulce.

2. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na obsluhu	
Vl. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
2.1 Obsluha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zkušenosti obsluhy při práci s MPaZ: zkušenosti se stávajícím MP/MZ, podobným, konkurenčním</li> <li>- zaškolení obsluhy: jak důkladně, jak dlouho, kde (pracoviště, školicí středisko)</li> <li>- charakteristika postavy: výška pracovníka, národnost, muž X žena</li> <li>- počet potřebných pracovníků pro práci s MPaZ</li> </ul>
2.2 Bezpečnost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- způsoby krytování: ochranné pletivo, plexisklo, klec, zábradlí aj.,</li> <li>- princip krytování: pohyblivé kryty (přesuvné, rolovatelné), pevné</li> <li>- ochrana před zraněním od pohyblivých dílů: eliminace „skřípacích“ mezer, zamezení nepovolenému strkání končetin do/mezi pohyblivé díly a na součásti pod proudem/tlakem aj.</li> <li>- ukotvení a uzemnění k pracovišti/okolí: způsob, kde (pozice)</li> </ul>
2.3 Ergonomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pohyby operátora výroby při práci s MP/MZ</li> <li>- pozice operátora při práci (ve stoje, vsedě)</li> <li>- rozmístění ovládacích prvků, tlačítek, nožních pedálů apod.</li> </ul>
2.4 Zdravotní hlediska	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hlučnost, zápach, prašnost, výpary, nízké a vysoké teploty, nebezpečné látky, které mohou negativně působit na zdraví operátora</li> <li>- požadavky na ochranné pomůcky: rukavice, brýle, boty, vesta aj.</li> </ul>
2.5 Ostatní	<ul style="list-style-type: none"> <li>- požadavky na specifické vlastnosti související s obsluhou, které jsou významné pro navrhovaný MP/MZ</li> </ul>

Tabulka požadavků na vlastnosti pro třídu vl. na obsluhu [zdroj autor]

### 3. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na potřebné TS

Tato třída vlastností je zaměřena na technické produkty potřebné pro práci s MP/MZ. Požadavky v ní uvedené se týkají hlavně specifikace zařízení/technických produktů, které je potřeba pro vykonání požadované montážní operace. Součástí informace uvedené v požadavku by měl být i preferovaný dodavatel požadovaného stroje/nástroje/nářadí aj. Jednotlivé příklady vlastností a požadavků jsou uvedeny v následující tabulce.

3. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na potřebné TS	
VI. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
3.1 Stroje	<ul style="list-style-type: none"><li>- roboty: pro manipulaci, paletizaci, svařování, lakování aj,</li><li>- jednoúčelové stroje: jako součást daného MP/MZ, společný pro více MPaZ</li><li>- dopravníky: provedení (pásový, válečkový..), směr pohybu, nosnost, sklon aj.</li><li>- základní zařízení a mnohé další</li></ul>
3.2. Nástroje	<ul style="list-style-type: none"><li>- hardwarové nástroje: monitory pro zobrazování informací, ovládací panel (kontrol panel), čtečky čárových kódů, tiskárny štítků aj.</li><li>- softwarové nástroje: řídicí systém, programovací jazyk aj.</li></ul>
3.3 Nářadí	<ul style="list-style-type: none"><li>- ruční nářadí: momentové klíče, klíče, šroubováky, kladiva, kleště a mnohé další</li><li>- stlačený vzduch: pneumatické šroubováky, nýtovací pistole, stříkací pistole aj.</li><li>- hydraulické: zvedáky (hevery) polohovadla, hydraulické lisy, vystřihovaly aj.</li><li>- elektrické: „aku“ šroubováky, horkovzdušné pistole, utahováky aj.</li></ul>
3.4 Měřidla	<p>U skupiny měřidel je důležité používat měřidla s platnou certifikací.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- kontrolní měřidla: kalibry, měrky, posuvná měřítka, mikrometry aj.</li><li>- porovnávací měřidla: kontrolní protikusy (negativ) aj.</li><li>- optická měřidla: kamery, lasery, skenery aj.</li></ul>
3.5 Provozní hmoty	<ul style="list-style-type: none"><li>- nátěry, laky, maziva, lepidla, pohonné hmoty, provozní kapaliny, čisticí prostředky, chemické prostředky aj.</li></ul>
3.6 Ostatní	požadavky na specifické TS, které nejsou uvedeny v předchozích vlastnostech

Tabulka požadavků na vlastnosti pro třídu vl. na potřebné TS [zdroj autor]

### 4. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na pracovní prostředí

Tato třída vlastností je zaměřena na prostředí/prostory ve kterých jsou MPaZ provozovány. Požadavky v ní uvedené se týkají pracovního prostředí a poskytují informace potřebné pro zástavbu/umístění navrhovaného MP/MZ na definované místo/místa. Jednotlivé příklady vlastností a požadavků jsou uvedeny v následující tabulce.

4. Vlastnosti montážních přípravků na pracovní prostředí	
VI. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
4.1 Vlivy okolí	<ul style="list-style-type: none"><li>- teploty: vysoké, nízké, výkyvy teplot ovlivňující funkci MPaZ</li><li>- prašnost, poletující částice: potřeba ochrany pohyblivých částí před usazením nečistot, výměny filtrů, pravidelné čištění MPaZ</li><li>- venkovní provoz: vítr, sníh, sluneční záření ovlivňující funkci MPaZ</li><li>- výpary: požadavky na odsávání (svařování, lepení, pájení apod.)</li><li>- ostatní veličiny působící přímo a nepřímo negativně na MPaZ</li></ul>
4.2 Provoz pracoviště	<ul style="list-style-type: none"><li>- počet směn: jedna směna/dvě směny/tři směny/nepřetržitý provoz</li></ul> <p><i>Pozn. vazba na intervaly údržby, servisu- viz. požadavky třída 1.4 a 1.7</i></p>
4.3 Prostorové uspořádání (layout)	<ul style="list-style-type: none"><li>- zástavbový prostor: pozice/umístění, rozměry, přivedené zdroje energie</li><li>- sled montážních operací: informace o montážních pracovištích a operacích předcházejících a navazujících na pracoviště, pro které je navrhován MP/MZ,</li></ul> <p><i>Pozn. vazba na pracovní postup- viz. požadavky třída 1.2</i></p>

4.4 Zásobování	Zásobování dílů pro montážní operace v MP/MZ na pracoviště: - Takt/ rychlost, se kterou jsou dopravovány součásti na pracoviště - pozice dílů na pracovišti pro jejich odběr pro zakládání do MP/MZ - prostory pro vadné kusy
4.5 Kotvení	Způsob kotvení MPaZ k pracovišti: - pevně kotveno k danému místu/pozici: šrouby, svary aj. - nekotveno, MP/MZ je určeno pro pohyb mezi pracovišti: pojezd po kolečkách, pohyb po kolejnici, přesun po rolnách, pohyb po dopravníku, tážné/tlační zařízení mezi pracovišti pro pohyb s MP/MZ aj. - dočasné kotvení na daném pracovišti a přesun na jiné: stavěcí patky vícesměrové, rozkládací stabilizační nohy, magnetické upínače aj.
4.6 Ostatní	- požadavky na specifické vlastnosti související s pracovním prostředím, které jsou významné pro navrhovaný MP/MZ

Tabulka požadavků na vlastnosti pro třídu vl. na pracovní prostředí [zdroj autor]

## 5. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na požadované informace

Tato třída vlastností je zaměřena na informace požadované pro postup řešení (vstupní informace) a informace o požadovaných výstupech (výstupní informace). Požadavky v ní uvedené se týkají analýz a předpisů, které je potřeba při návrhu MP/MZ dodržet. Jednotlivé příklady vlastností a požadavků jsou uvedeny v následující tabulce.

5. Vlastnosti montážních přípravků na požadované informace	
Vl. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
5.1 Vstupní analýzy	- SWOT analýza: analýza slabých a silných stránek, příležitostí a hrozeb - FMEA: analýza možného výskytu a vlivu vad - riziková analýza: vstupní riziková analýza možných nebezpečí - studie proveditelnosti - další specifické analýzy dle požadavků na MPaZ <i>Pozn. jednotlivé analýzy lze mezi sebou kombinovat</i>
5.2 Výstupní analýzy	- SWOT analýza: analýza slabých a silných stránek, příležitostí a hrozeb navrženého MP/MZ - riziková analýza: výstupní riziková analýza navrženého MP/MZ - pevnostní analýzy: analytické a FEM výpočty, simulace apod. - expertní posudky, externí posudky - další specifické analýzy dle požadavků na MPaZ <i>Pozn. jednotlivé analýzy lze mezi sebou kombinovat</i>
5.3 Postup řešení	- předpisy/ standarty zákazníka pro postup řešení: preferovaní dodavatele nakupovaných součástí, preferovaný software pro CAD modely a simulace, preferované součásti, které má zákazník „odzkoušené“ aj. - předpisy/standarty zákazníka pro podobu dokumentace: šablony vzorových výkresů, podoba kusovníku, podoba montážního návodu aj.
5.4 Požadované výstupy	- výkresová dokumentace: výkresy sestavení, výrobní výkresy, montážní výkresy - seznamy: kusovníky, seznam náhradních dílů (ND) včetně dodavatelů ND - postupy a návody: pracovní postup s MP/MZ, postup údržby - schémata: zapojení elektro, zapojení pneumatických prvků, hydraulických prvků - prohlášení o shodě, revizní posudky - atesty použitých materiálů (materiálové listy) a součástí
5.5 Ostatní	- požadavky na specifické vlastnosti související s požadovanými informacemi, které jsou významné pro navrhovaný MP/MZ

Tabulka požadavků na vlastnosti pro třídu vl. na požadované informace [zdroj autor]



## 6. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na řízení

Tato třída vlastností je zaměřena na požadavky pro řízení/management projektu zaměřeného na návrh MPaZ. Požadavky v ní uvedené se týkají řešitelského týmu a veličin Q-T-C (kvalita-náklady-čas). Jednotlivé příklady jsou uvedeny v následující tabulce.

6. Vlastnosti montážních přípravků na řízení (management projektu)	
VI. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
6.1 Řešitelský tým	<ul style="list-style-type: none"> <li>- členové týmu: seznam členů a kontaktů, odpovědnosti a role v týmu</li> <li>- kontaktní osoby za jednotlivé úseky: konstrukce, technologie, výroba apod.</li> </ul>
6.2 Kvalita montážní operace	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nastavení montážní postupu ovlivňující kvalitu montáže: sled montážních operací, čas pro montáž, jednoznačnost montážního postupu</li> <li>- používané potřebné TS v navrženém MP/MZ a jejich kvalita: použití komponent od renomované značky/firmy (obvykle vyšší cena), které zajišťují vysoký stupeň kvality a spolehlivosti</li> <li>- zaškolení obsluhy: požadavky na zaškolení obsluhy pro práci s MP/MZ</li> <li>- systém kontroly: v průběhu montážní operace a po ukončení mont. operace</li> </ul>
6.3 Čas montážní operace	<ul style="list-style-type: none"> <li>- čas montážní operace se stávajícím MP/MZ (pokud existuje)</li> <li>- čas montážní operace bez přípravku (pokud neexistuje stávající MP/MZ)</li> <li>- požadovaný čas montáže pro navrhovaný MP/MZ → předpokládaná časová úspora s navrženým MP/MZ</li> </ul> <p><i>Pozn. vazba na pož. na pracovní postup – viz požadavky třída 1.2</i></p>
6.4 Náklady na montážní operaci	<ul style="list-style-type: none"> <li>- náklady na montážní operaci se stávajícím MP/MZ (pokud existuje)</li> <li>- náklady na montážní operaci bez přípravku (pokud neexistuje stávající MP/MZ)</li> <li>- předpokládaná úspora nákladů na montážní operaci s MP/MZ</li> <li>- doba návratnosti investice do požadovaného MP/MZ</li> </ul>
6.5 Požadovaná kvalita (Q)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- požadavky na kvalitu požadovaných vstupů – viz třída 5.1 např. preferovaný poskytovatelé analýz apod.</li> <li>- požadavky na zpracování a provedení navrženého MP/MZ: požadavky zákazníka související s kvalitou v rámci politiky/systému řízení kvality dané firmy</li> <li>- požadavky na kvalitu požadovaných výstupů – viz třída 5.4</li> <li>- záruka na dodaný MP/MZ včetně způsobů reklamací</li> </ul>
6.6 Časový plán projektu (T)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fáze projektu: rozdělení projektu do fází</li> </ul> <p><i>Pozn. ne vždy je rozdělení do fází nutné např. v případě řešení jednoduchých MPaZ stačí jedna fáze obsahující všechny potřebné aktivity</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aktivity a úkoly: stanovení aktivit a s nimi související úkoly pro jednotlivé fáze, přiřazení úkolů konkrétním pracovníkům</li> <li>- termíny: termíny plnění stanovených úkolů včetně mezních termínů</li> <li>- kontrolní dny: kontrola stavu plnění jednotlivých úkolů, tvorba dalšího plánu řešení na základě výsledků z kontrolních dnů</li> </ul>
6.7 Požadovaná cena (C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- výše maximální ceny: stanovení limitu ceny pro srovnávání konkurenčních nabídek pro požadované MPaZ</li> <li>- informace o cenových nabídkách jiných dodavatelů, kteří nebyli vybráni pro realizaci (pokud je zákazník poskytne)</li> <li>- platební podmínky, zálohy, doplatky</li> </ul> <p><i>Pozn. obecně informace ohledně ceny nebývá zákazníkem běžně udávána a je na potenciálním dodavateli nabídnout cenu, kterou bude zákazník pro požadované MP/MZ akceptovat. Cenová nabídka může být rozdělena do několika etap, např. cena za konstrukční návrh, cena za realizaci apod.</i></p>
6.8 Ostatní	požadavky na specifické vlastnosti související s managementem projektu, které jsou významné pro navrhovaný MP/MZ

Tabulka požadavků na vlastnosti pro třídu vl. na řízení (management projektu) [zdroj autor]

## 7. Vlastnosti montážních přípravků a zařízení na stavební strukturu

Tato třída vlastností je zaměřena na požadavky pro stavební strukturu, které definují výslednou podobu MP/MZ. Tato třída vlastností je dále členěna na podtřídy vlastností, které vycházejí z taxonomie základních prvků výrobních přípravků a zařízení uvedených na Obrázek 7-2 a popsaných v Příloze 3.

Třída vlastností 7 je ekvivalentem funkční struktury (viz. podkapitola 3.5.2), která je „vyšeděná“ v OMPK viz. Obrázek 11-2. Podtřídy vlastností 7.1 – 7.8, které jsou v této třídě předdefinovány, nahrazují funkce, které bychom měli uvedené ve funkční struktuře jako např. součásti VLOŽIT, součásti USTAVIT, součásti UPNOUT, součásti VYHODIT apod. a pro které při řešení orgánové struktury hledáme vhodné orgány pro zajištění dané funkce.

Specifikace vlastností v těchto podtřídách poskytuje klíčové požadavky pro výsledné konstrukční řešení a funkci požadovaného MP/MZ. Jednotlivé příklady vlastností a požadavků jsou uvedeny v následující tabulce.

7. Vlastnosti montážních přípravků na stavební strukturu	
7.1. Základna (rám)	
Vl. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
7.1.1 Provedení	- montovaný: stavebnicový systém z Al profilů od výrobců např. Item, Maytec, AlutecKK, stavebnicový systém z ocelových trubek např. výrobce Beewatec - svařovaný: obvykle svařenec z ocelových profilů a plechů - odlévaný: velké rámy/lože z litiny
7.1.2 Rozměry	max. rozměry: délka, šířka, výška/hloubka stav: rozměry v rozloženém stavu, rozměry ve složeném stavu, funkční rozměry
7.1.3 Hmotnost	-max. hmotnost prázdného MP/MZ - max. hmotnost zatíženého/naplněného MP/MZ - specifické požadavky na hmotnost vybraných součástí
7.1.4 Manipulace	- použité prvky: Závěsná oka, tunely pro vysokozdvizný vozík, závěs pro jeřáb
7.1.5 Nivelace	- požití prvky: polohovací patky, nastavitelné stojky
7.1.6 Kotvení základny	- použité prvky: Kolečka s brzdou/bez brzdy (pohyblivá základna), patky, kotvy, šrouby, spojovací úhelníky, pojezdy
7.2. Vodicí a vyhazovací prvky	
Vl. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
7.2.1 Vedení a nastavení použitých TS	Stroj/nástroj/nářadí: - výchozí pozice/ koncová pozice: pozice kam jsou TS vedeny, nastavení a aretace pozice - druhy pohybů: přímočarý, rotační, kyvný apod. - ukotvení k MP/MZ: způsoby připojení vodicích prvků pro stroj/nástroj/nářadí k <i>Příklady vodicích prvků: Příloha 3 - Ad 2.1.</i>
7.2.2 vedení (vlození) součásti	-způsoby vložení: ruční, pomocí zakladače/manipulátoru/robota - naváděcí prvky: funkční princip, umístění, ukotvení, potřebný počet <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 2.2.</i>
7.2.3 Vedení upnuté součásti	- výchozí pozice/koncová pozice: pozice kam jsou upnuté součásti vedeny v daném MP/MZ - mezioperační pozice: pozice, kam jsou upnuté souč. vedeny mezi jednotlivými MPaZ, pokud je třeba danou montážní operaci provést na více MPaZ - nastavení a aretace pozice <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 2.3.</i>

7.2.4 Vyhození součástí	- způsoby ovládání: manuální, poloautomatické, automatické - provedení: funkční princip, umístění, ukotvení, potřebný počet - zdroj energie pro vyhození: stlačený vzduch, mechanicky, elektricky <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 2.4.</i>
<b>7.3. Ustavovací a opěrné prvky</b>	
VI. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
7.3.1 Ustavovací	- způsob ustavení: rovinná plocha, válcová, plocha, kulová plocha - druhy: pevné, přestavitelné, samostavitelné, stoly s drážkami - provedení: funkční princip, umístění ukotvení, potřebný počet <i>Příklady prvků: Příloha 3 Ad 3.1 – Ad 3.4.</i>
7.3.2 Opěrné	- způsob opření: plocha, hrana, bod - stupně volnosti: počet odebraných stupňů volnosti - provedení: funkční princip, umístění, ukotvení, potřebný počet <i>Příklady prvků: Příloha 3 Ad 3.1 – Ad 3.4.</i>
<b>7.4. Upínací prvky</b>	
VI. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
7.4.1 Ukotvení součástí	- upínací síla: velikost, působení - způsoby ovládání: manuální, poloautomatické, automatické - provedení: funkční princip, umístění ukotvení, potřebný počet <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 4.1</i>
7.4.2 Ukotvení MPaZ k okolí	Vlastnosti vycházejí ze skupiny vl. 7.1.6 Kotvení základy, jelikož základnou se obvykle kotví MPaZ k okolí. Mohou ovšem nastat speciální případy, kdy je třeba MP/MZ ukotvit za jiné prvky než základnu, např. za ustavovací prvky. <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 4.2</i>
<b>7.5. Provozní/obslužné prvky (pro poloautomatické a automatické MPaZ)</b>	
VI. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
7.5.1 Řídící	- provedení: funkční princip, umístění, ukotvení, potřebný počet, preferovaní dodavatelé součástí, preferovaný řídicí systém (SIEMENS, KINCO, OMRON) <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 5.1</i>
7.5.2 Ovládací	- způsob ovládání: ruka, obě ruce, noha - provedení: funkční princip, umístění, ukotvení, potřebný počet, preferovaní dodavatelé <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 5.2</i>
7.5.3 Bezpečnostní a signalizační	- provedení: funkční princip, umístění, ukotvení, potřebný počet, preferovaní dodavatelé <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 5.3</i>
<b>7.6. Pomocné/doplňkové prvky</b>	
VI. /Indikátor vl.	Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků
7.6.1 Prvky pro manipulaci	- vlastnosti vycházejí ze skupiny vl. 7.1.4 Manipulace. Vlastnosti v této podtřídě jsou specifikovány i pro ostatní prvky MPaZ kromě základny. Opět je zapotřebí vyspecifikovat umístění prvků na MP/M Z, jejich kotvení k MP/MZ, počet a požadovaný funkční princip <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 6.1</i>
7.6.2 Krytování	- vlastnosti souvisejí se skupinou vl. 2.2. Bezpečnost, kde je krytování obecného významu. Tato skupina vl. je zaměřena na způsoby krytování jednotlivých prvků uvedených v podtřídách vl. 7.1 až 7.5. - provedení: funkční princip, umístění, ukotvení, potřebný počet <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad 6.2</i>
7.6.3 Ostatní speciální	<i>Viz. informace v příloze 3 – Ad 6.3</i>

<b>7.7. Normalizované prvky</b>	
<b>Vl. /Indikátor vl.</b>	<b>Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků</b>
7.7.1 Spojovací materiál	- požadavky na daný druh spojovacího materiálu: šrouby, matice, kolíky, čepy nýty apod., včetně konkrétních rozměrů pokud jsou známe.
7.7.2 Katalogové součásti	- požadavky na preferované dodavatele, příp. odkazů na dané katalogy a jejich konkrétní komponenty, které požadujeme využít ve stavbě MP/MZ <i>Příklady katalogů: Příloha 3 – Ad 7.2</i>
7.7.3 Spotřební materiál	- požadavky na spotřební materiál potřebného při návrhu a stavbě MP/MZ. <i>Příklady prvků: Příloha 3 – Ad7.3</i> Lze specifikovat např. barvu hadice, princip vedení a kotvení hadic, prvky vedení kabeláže aj.
<b>7.8. Ostatní prvky/požadavky</b>	
<b>Vl. /Indikátor vl.</b>	<b>Popis dané vlastnosti, vč. příkladů požadavků</b>
7.8.1 Nezařazené prvky	Prvky, součásti a komponenty, které jsou významné/důležité pro návrh a následnou realizaci požadovaného MP/MZ a nejsou uvedeny v předchozích podtřídách vlastností 7.1 až 7.7
7.8.2 Nezařazené požadavky	Ostatní požadavky, které jsou pro návrh MPaZ důležité, ale nejsou uvedeny v předchozích třídách 1 až 7 včetně podtříd. Tyto požadavky mohou být např. obtížněji zařaditelné do dané třídy vl. nebo pověřená osoba/osoby pro tvorbu specifikace neví kam je přesně zařadit.

Tabulka požadavků na vlastnosti MPaZ pro stavební strukturu [zdroj autor]