

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Diagnostika a servis silničních vozidel

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh řešení generativního 3D modelu produktové řady

Autor: **Petr Nosek**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr NOSEK**

Osobní číslo: **S16B0193P**

Studijní program: **B2341 Strojírenství**

Studijní obor: **Diagnostika a servis silničních vozidel**

Název tématu: **Návrh řešení generativního 3D modelu produktové řady.**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Cílem této práce je navrhnout základní řešení systematiky pro tvorbu generativního 3D modelu pro produktovou řadu. Dále provést specifikaci požadavků s ohledem na využívání 3D modelů v produktové řadě. Z navrženého postupu řešení bude zpracován vzorový 3D model a návod pro systematický postup. U výsledného konceptu návodu provést zhodnocení zvoleného systematického postupu tvorby generativního 3D modelu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematického popisu funkce.
2. Vypracování generativního modelu produktové řady v sw Creo Parametric.
3. Vypracování návodu pro práci s generativním modelem.
4. Zhodnocení navrženého koncepčního systematického postupu návrhu.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

VALA, M. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Univerzita Pardubice, Pardubice, 2003

VLK, F. *Stavba motorových vozidel*. Brno: Vlk, 2005

ŘAŠA, J., ŠVERCL, J.: *Strojnické tabulky*. Scientia, Praha, 2004

HOSNEDL, S. A KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra*. Brno: Computer Press, 1999

Podkladový materiál, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Zuzana Baslová**


ZF Engineering Plzeň s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 16. října 2018

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Rád bych využil této příležitosti k vyjádření svých díky, a to především panu doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D., za trpělivost, ochotu, poskytnuté cenné rady a odborné vedení této práce, ale také za bezmeznou ochotu a pomoc za každé situace během celého studia.

Velký dík také patří společnosti ZF Engineering a všem z oddělení detailingu, za přátelský kolektiv, celkový přístup, poskytnuté cenné rady a také materiály nezbytné k vpracování této práce.

Své poděkování bych dále rád věnoval celé své rodině, především ale rodičům, za projevenou důvěru a pomoc jak morální, tak fyzickou.

Petr Nosek

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Nosek	Jméno Petr	
STUDIJNÍ OBOR	2341R001-60 „Diagnostika a servis silničních vozidel“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh řešení generativního 3D modelu produktové řady		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	41	TEXTOVÁ ČÁST	33	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Cílem této práce je navrhnout základní řešení systematiky pro tvorbu generativního 3D modelu pro produktovou řadu. Dále provést specifikaci požadavků s ohledem na využívání 3D modelů v produktové řadě. Z navrženého postupu řešení bude zpracován vzorový 3D model a návod pro systematický postup. U výsledného konceptu návodu provést zhodnocení zvoleného systematického postupu tvorby generativního 3D modelu.
KLÍČOVÁ SLOVA	3D, model, modelování, CAD, produkt, převodovka

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Nosek	Name Petr	
FIELD OF STUDY	2341R001-60 "Road Vehicle Diagnostics and Service"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek,Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	The Design of a Generative 3D Model Solution of a Product Group		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	41	TEXT PART	33	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The aim of this work is to propose a basic systematic solution for generative 3D modeling for a product line. Further, specify the requirements with regard to the use of 3D models in the product line. An exemplar model and instructions for systematic procedure will be elaborated from the proposed solution procedure. In the final draft, evaluate the chosen systematic procedure of generative 3D model creation.
KEY WORDS	3D, model, modeling, CAD, product, gearbox

Použité zkratky

2D	Two-dimensional (dvou-rozměrný)
3D	Three-dimensional (troj-rozměrný)
CAD	Computer aided design (počítačem odporovaný design)
SW	Software (program)
16S	Šestnáct stupňů
OEM	Original Equipment Manufacturer (výrobek prodáváný pod jinou obchodní značkou)
PTO	Power take-off (pomocný náhon)
PDM	Product Data Management (řízení výrobních dat)
EBM	Ein Baum Model (model z jednoho stromu)

Použité veličiny

Hmotnost	m	[Kg]
Točivý moment	M_t	[N.m]
Hladina intenzity zvuku	L	[dB]
Délka	l	[mm]
Výkon	P	[k.W]

Obsah

1	ÚVOD	10
2	3D MODELOVÁNÍ	10
2.1	KONSTRUKČNÍ PRVKY	11
2.2	STROM MODELU	12
2.3	VZÁJEMNÉ VZTAHY RODIČ A POTOMEK.....	12
2.4	ASOCIATIVITA MEZI 2D A 3D.....	12
2.5	POMOCNÉ GEOMETRICKÉ PRVKY	12
2.6	REŽIMY	12
2.6.1	Skicář	12
2.6.2	Díl	13
2.6.3	Sestavy	13
2.6.3.1	Tvorba sestav	14
2.6.3.2	Vazby v sestavách	14
2.6.3.3	Koordinátní systémy v sestavách.....	17
2.6.3.4	Typy sestav dle reprezentací	17
2.6.3.5	Zjednodušené reprezentace	18
2.6.3.6	Rozpadové sestavy	19
2.6.4	Výkresy	19
2.6.5	Vrstvy	19
2.6.6	Měření	19
3	VLASTNÍ NÁVRH PRO TVORBU 3D MODELŮ	20
3.1	PROBLEMATIKA TVORBY 3D MODELŮ VE SPOLEČNOSTI ZF	20
3.2	PRODUKT ECOSPLIT	20
3.2.1	Historie Ecosplit.....	21
3.2.2	Ecosplit 3.....	21
3.2.3	Layout převodovky Ecosplit	22
3.2.4	Pneumatické řazení	23
3.2.5	Aktivace řazení.....	24
3.2.6	Synchronizátor	25
3.3	VOLITELNÁ VYBAVENÍ.....	25
3.3.1	Intarder.....	25
3.3.2	PTO jednotky	26
3.3.3	ZF-Transmatic.....	26
4	NÁVRH GENERATIVNÍHO MODELU	27
4.1	POUŽÍVANÉ 3D MODEL Y.....	27
4.1.1	AXALANT	27
4.1.2	INTRALINK	27
4.2	VYTVOŘENÍ MODELU	29
4.3	PRÁCE S MODELEM	30
4.3.1	Odmazání nepotřebných podsestav	30
4.3.2	Zjednodušené reprezentace	30

5	KONCEPČNÍ VARIANTY TVORBY MODELŮ	32
5.1	DIFERENCE KONCEPTŮ	32
5.1.1	Varianta č. 1 – stávající systém	32
5.1.2	Varianta č. 2 – odstranění nežádoucích podsestav	33
5.1.3	Varianta č. 3 – zjednodušená reprezentace	33
6	ZHODNOCENÍ A VÝBĚR POSTUPU	34
6.1	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU	34
7	NÁVOD PRO PRÁCI S GENERATIVNÍM MODELEM	35
7.1	VYUŽITÍ KUSOVNÍKU	35
7.2	VYTVOŘENÍ SESTAVY	36
7.3	KUSOVNÍKY JAKO ZJEDNODUŠENÁ REPREZENTACE	36
8	ZÁVĚR	40
	SEZNAM OBRÁZKŮ	41
	SEZNAM TABULEK	41
	SEZNAM PŘÍLOH	41
	LITERTURA	42

1 Úvod

Tato bakalářská práce se po analýze zadání bude zabývat návrhem postupů tvorby 3D modelů šestnáctistupňových synchronizovaných manuálních převodovek typu Ecosplit. Tyto převodovky jsou používány převážně v nákladních vozidlech, tahačích a jiných speciálních vozech. Díky své spolehlivosti, účinnosti a univerzálnosti použití se s téměř třemi miliony prodaných kusů jedná pro společnost ZF o nejlukrativnější převodovku z portfolia.

Vlastí tvorba určitých 3D modelů těchto produktů však v současné době neprobíhá nejefektivnější možnou cestou. Konstruktor může trávit v závislosti na variantě převodovky tvorbou modelu 40 až 90 hodin (ojediněle až 120 hodin). Těchto modelů v současné době firma produkuje až 400 během jediného roku, do budoucna je však očekáváno další narůstání tohoto trendu. Jednoduchým výpočtem lze stanovit, že se ročně může jednat i o více než 30 000 hodin konstrukčního času věnovaného tvorbě 3D modelů pro zákazníky. Vzhledem k výše popsanému je na místě najít efektivnější způsob této tvorby a zkrátit možný konstrukční čas věnovaný této problematice na minimum.

K návrhu bude použit CAD software Creo Parametric 4, který se ve firmě k tvorbě 3D modelů a sestav využívá. Dále bude zpracován systematický návod pro práci s generativním modelem.

2 3D modelování

V dnešních dnech je parametrické 3D modelování klíčovou technikou ve velmi širokém poli různorodých aplikací. V moderním světě lze tyto 3D modely nalézt prakticky ve všech firmách zabývajících se ať už kusovou nebo sériovou výrobou, vývojem prototypů, výzkumem.



Obrázek 1 - 3D model v řezu [1]

„3D modelování je proces, který začíná získáváním dat a končí vizuálně interaktivním 3D modelem. Probíhá za pomoci různých CAD software, např. Solidworks, AutoCAD, Creo Parametric. CAD software se opírá o datovou strukturu, jež udržuje třídídimenzionální informace o specifických funkcích modelu asociativním způsobem (rodič/dítě). Jinými slovy, veškeré funkce v modelu jsou hierarchicky propojeny a vytváří síťovou strukturu, kde každý uzel představuje prvek a každé spojení představuje závislost mezi dvěma prvky. Tato struktura se běžně označuje jako strom.“ [2]

V modelu je geometrie řízena z větší části ne-geometrickými funkcemi neboli parametry. [3] Funkce mohou být nadefinovány rozměry, geometrickými nebo

algebraickými vazbami. Pokud je model sestaven korektně, lze pomocí úprav hodnot některých parametrů jednoduše měnit design tohoto modelu.

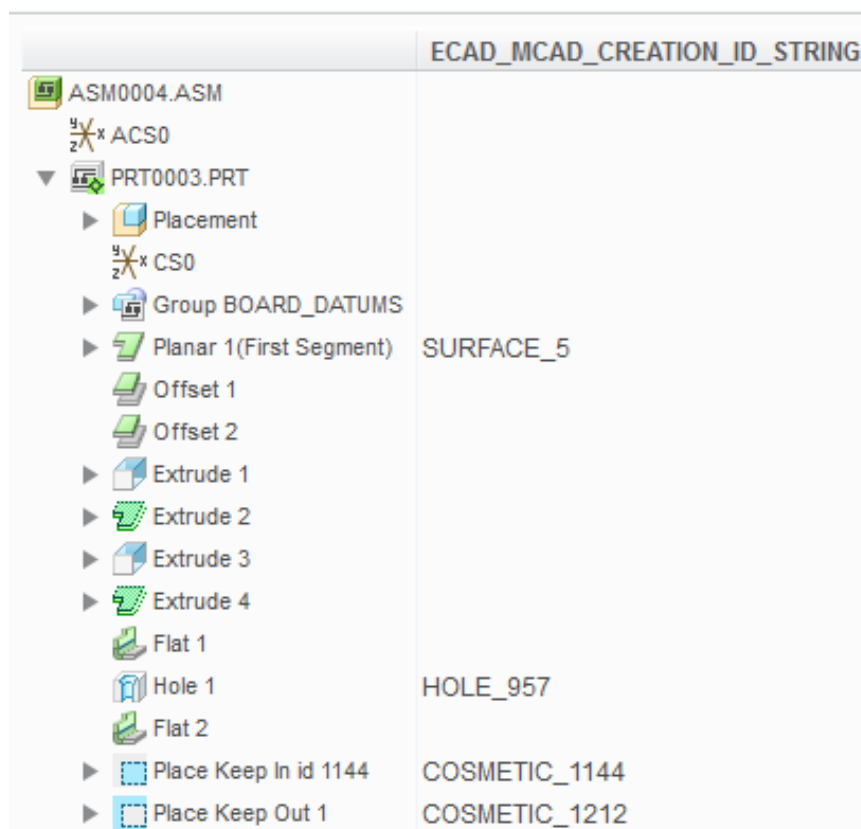
Nesporným přínosem 3D modelu je celkové urychlení a efektivita procesu vývoje a následná práce s konkrétním produktem. Možnost opakovaně využívat a upravovat stávající modely do značné míry usnadňuje práci konstruktérům, potažmo firmám.

V této části práce, popisující konstruování využívající CAD software, byla věnována zvláštní pozornost použité české terminologii. Vzhledem k tomu, že je česká lokalizace systému Creo Parametric velice ojedinělá, jsou často uváděny původní anglické výrazy v závorkách, aby tak nedocházelo k nedorozuměním.

S ohledem k zadání bude detailněji rozebrána část týkající se 3D operací a prací s 3D modelem a s 3D sestavami.

2.1 Konstrukční prvky (features)

Objekty jsou definovány pomocí features – složitějších konstrukčních prvků. Neuplatňují se zde tedy základnější geometrické definice, kterými mohou být například úsečky, oblouky a další. Jako konstrukční prvky lze označit například přidání/ubírání materiálu, sražení, zaoblení a také pomocné roviny či body. Součást je tedy konstruována postupným vytváření veškerých konstrukčních prvků, obr. 2, které tuto součást tvoří. Tyto prvky mohou být vytvářeny ze zadaných skic, nebo za pomoci kopírování, zrcadlení a znásobení již existujících konstrukčních prvků. Tato metoda je obecně známa jako modelování založené na konstrukčních prvcích (feature-based modeling) a umožňuje konstrukci poměrně snadným, rychlým a intuitivním způsobem.



Obrázek 2 - konstrukční prvky ve stromu modelu

2.2 Strom modelu (model tree)

Stromem modelu, obr. 2, se u konkrétní součásti rozumí výčet veškerých konstrukčních prvků zahrnující i pomocné prvky (datum) a souřadnicové systémy (coordinate system). U sestav se v tomto výčtu nacházejí jednotlivé prvky sestav, podsestav a jednotlivých dílů. Pořadí těchto jednotlivých prvků je samozřejmě určeno dle hierarchie rodič/potomek. Jednotlivé prvky jsou podle typu funkce přehledně rozděleny dle ikon.

2.3 Vzájemné vztahy rodič a potomek (parent/child)

Každý jednotlivý prvek v modelu je provázán nejméně s jedním dalším prvkem. Toto provázání způsobuje vzájemnou závislost prvku Potomek na prvku Rodič. V praxi to znamená, že pokud je prvek Rodič pozměněn, může být na základě této změny pozměněn i prvek Potomek. Tato změna může mít za následek i úplné odstranění prvku Potomek.

2.4 Asociativita mezi 2D a 3D, resp. 3D a 2D

Mezi 2D výkresem a asociovaným 3D modelem, resp. 3D modelem a asociovaným 2D výkresem probíhají vzájemné aktualizace automaticky. Pokud je tedy změněna kóta na výkrese, resp. je provedena změna ve 3D modelu, projeví se tato změna automaticky i ve 3D modelu, resp. i na 2D výkrese.

2.5 Pomocné geometrické prvky (datum)

Hlavním významem pomocné geometrie je odkazování se. U kruhové díry se jako pomocná geometrie uplatňuje pomocná osa, která reprezentuje její středovou osu. K této ose je pak možné kótovat další vytvářené konstrukční prvky, které se podle vztahu rodič/potomek sdruží.

2.6 Režimy (mode)

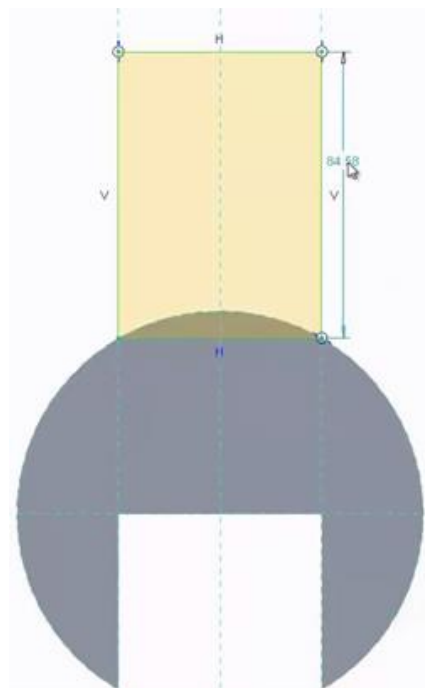
Různá pracovní prostředí označuje CAD software jako režimy. Základními režimy jsou:

- Sketcher
- Part
- Assembly
- Drawing

Poznámka: V závislosti na zakoupené licenci může být seznam režimů značně rozšířen.

2.6.1 Skicář (sketcher)

Při tvorbě některých konstrukčních prvků je třeba začít naskicováním náčrtku. Jako skicu lze definovat skupinu dvourozměrných, vazbami určených elementů, kterými jsou kupříkladu úsečky nebo kružnice a od kterých se odvíjí velikosti a tvary trojrozměrných konstrukčních prvků. Skica se používá především k vytvoření prvku vytaženého kolmo k základně (extrude), rotačního prvku (revolve), tažení po trajektorii (sweep) nebo spojitých prvků (blend). Režim skicování dovoluje



Obrázek 3 – náčrtek v Creo [4]

vytvářet skicu a ukládat ji i pro pozdější použití v konstrukčních prvcích. Pokud jsou však vytvářeny konstrukční prvky, které skici vyžadují, systém režim skicář otevře automaticky.

Základní metodologie skicování:

- 1) Naskicování hrubé geometrie
- 2) Omezení geometrie vazbami (okótováním, ztotožněním...)
- 3) Upravení geometrie

Existují dvě možnosti pro použití skic:

- 1) Samostatná skica, kterou je dále možné používat pro různé účely, avšak původní skica zůstává stále zachována ve stromě modelu.
- 2) Skici v konkrétním prvku, kdy je použita pouze pro tento konkrétní prvek, ve kterém je zahrnuta a dále se ve stromě modelu neobjevuje.

2.6.2 Díl (part)

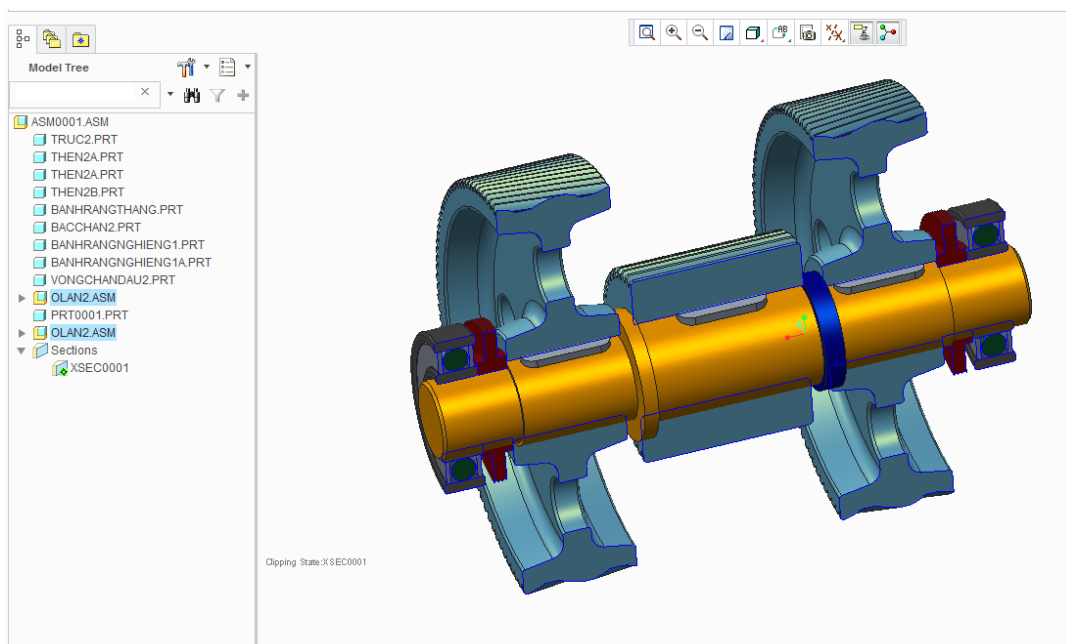
V tomto režimu lze vytvářet trojrozměrné díly, které mohou vycházet z předem vytvořených skic, nebo přímo použitím nástrojů pro 3D operace. Následuje výpis některých nástrojů: *vytažení (extrude)*, *rotace (revolve)*, *sražení (chamfers)*, *vzor (pattern)* nebo *díra (hole)*.

2.6.3 Sestavy (assembly)

Jako sestava lze označit skupinu dvou a více základních dílů, které na sobě mohou být určitým způsobem závislé a dohromady tvoří funkční celek. Sestava v řezu je znázorněna na obrázku 4.

Tvorba základních i složitějších sestav je prováděna v režimu assembly systému Creo Parametric. Tento režim umožňuje velice intuitivní sestavování již zkonstruovaných dílů do sestavy. Příkladem dílů je ozubené kolo, zatímco příkladem sestavy může být převodovka.

Vzájemné pozicování jednotlivých součástí v sestavě spočívá v připojování vzájemných logických vazeb a omezení (constraints). Tyto vazby dávají do vztahu geometrii jednoho dílu s geometrií druhého dílu. Použité vazby řídí sestavu absolutně. Pokud se tedy změní parametry jednoho z dílů použitých v sestavě, sestava na tuto změnu reaguje zachováním veškerých již definovaných logických vazeb. Tato reakce může být demonstrována na příkladu sešroubované převodové skříně. Pokud se zmenší tloušťka stěny skříně, šrouby, které spojují části skříně, opět dolehnou na své místo. Tento dynamický vztah je základním pilířem parametrického konstruování. [5]



Obrázek 4 - řez sestavou v Creo [6]

Díky vytvořené sestavě je možné ověřovat správnost konstrukce nebo jednotlivých součástí. Příkladem mohou být kolize součástí, vůle či lícování.

2.6.3.1 Tvorba sestav

Při tvorbě sestavy jako takové je nutno nejprve zvolit základní komponentu sestavy. Za tento díl se obvykle volí největší nebo základní díl. Každý další, do sestavy přidaný díl, se definuje dle již známého vztahu rodič/potomek. Software dovoluje do sestav jako komponentu přidávat již vytvořenou sestavu, která může obsahovat více jednotlivých komponent. Takto vložená sestava se definuje jako podsestava.

2.6.3.2 Vazby v sestavách (constraints)

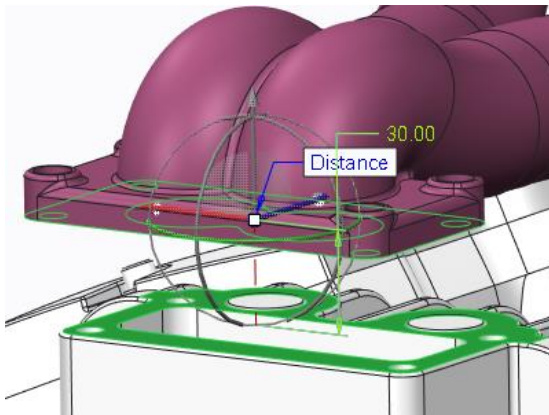
Komponenta sestavy je zcela zavazbena, pokud je zbavena všech svých stupňů volnosti a zároveň je jednoznačně umístěna v prostoru. Vazby jsou použity jako připojení dalších součástí k již dříve umístěným komponentám.

- Vzdálenost (distance constraint)

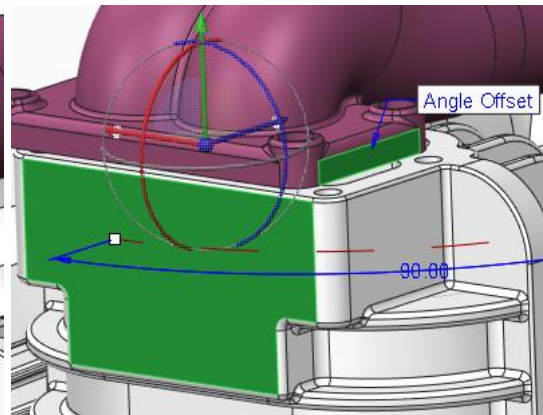
Používá se k jednoznačnému určení vzdálenosti pozice komponenty vůči sestavě. Referencemi pro tuto definici mohou být dvojice bod – bod, bod – úsečka, úsečka – úsečka, rovina – rovina, rovina – bod, úsečka – rovina.

- Úhlový posun (angle offset)

Tato vazba funguje jako pozicování vybraného referenčního prvku komponenty pod určitým úhlem vůči vybranému referenčnímu prvku sestavy. Referencemi pro tuto definici mohou být dvojice úsečka – úsečka, úsečka – rovina, rovina – rovina.



Obrázek 5 – vzdálenost [7]



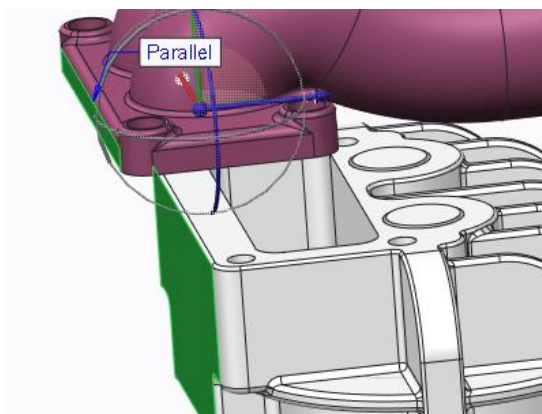
Obrázek 6 – úhlový posun [8]

- Rovnoběžnost (parallel constraint)

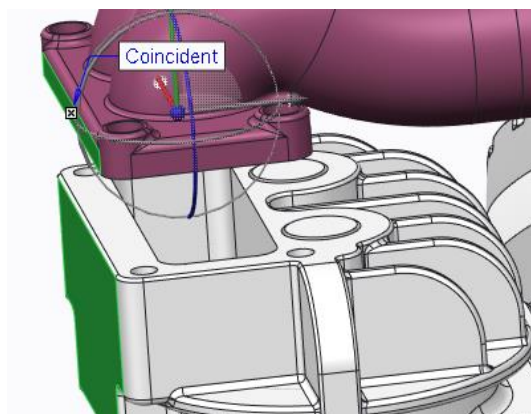
Referenční prvek komponenty je umístěn rovnoběžně s referenčním prvkem sestavy. Referencemi pro tuto definice mohou být dvojice úsečka – úsečka, úsečka – rovina, nebo rovina – rovina.

- Shodnost (coincident constraint)

Definuje vybranou referenci umístované komponenty jako shodnou s vybranou referencí sestavy. Těmito referencemi se mohou stát libovolné dvojice prvků, jako jsou body, úsečky, roviny, části ploch.



Obrázek 7 – rovnoběžnost [9]



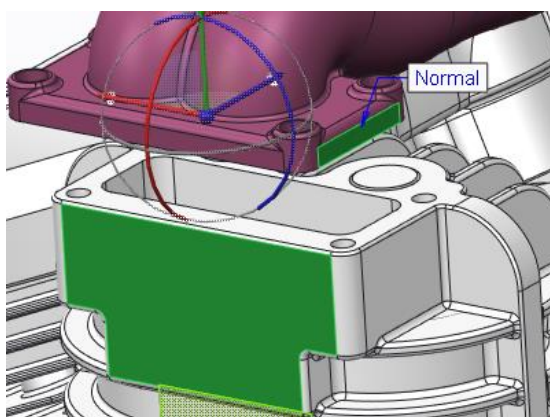
Obrázek 8 – shodnost [10]

- Kolmost (normal constraint)

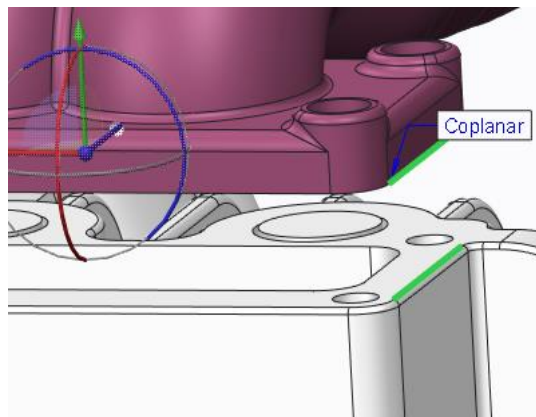
Touto vazbou se vybraná reference vkládané komponenty definuje jako kolmá k vybrané referenci sestavy. Referencemi mohou být dvojice úsečka – úsečka, úsečka – rovina, rovina – rovina.

- Koplanárnost (coplanar constraint)

Pomocí této vazby se umísťují hrany, osy nebo plochy vkládané komponenty koplanárně k podobné referenci sestavy. Referencí může být pouze dvojice úsečka – úsečka.



Obrázek 9 – kolmost [11]



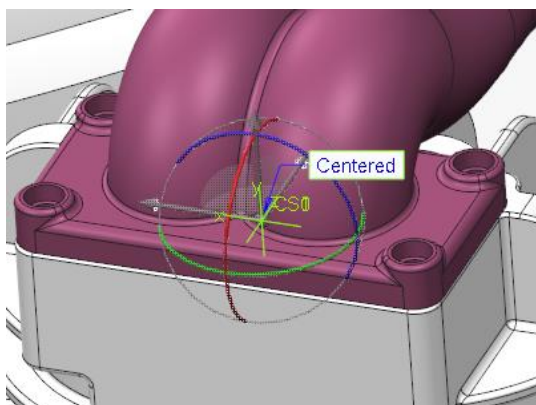
Obrázek 10 – koplanárnost [12]

- Vycentrování (centered constraint)

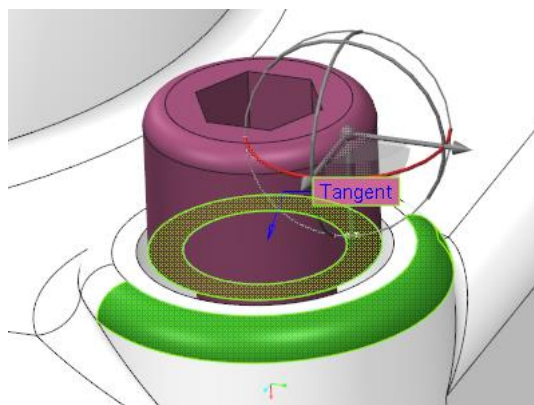
Vycentrování kuželového povrchu, kulové plochy anebo toroidního povrchu komponenty k podobnému povrchu sestavy. Referencemi zřejmě mohou být pouze dvojice rotačních ploch.

- Tečnost (tangent constraint)

Tato vazba svazuje dva různé povrchy v jejich vzájemném tečném bodě.



Obrázek 11 – vycentrování [13]

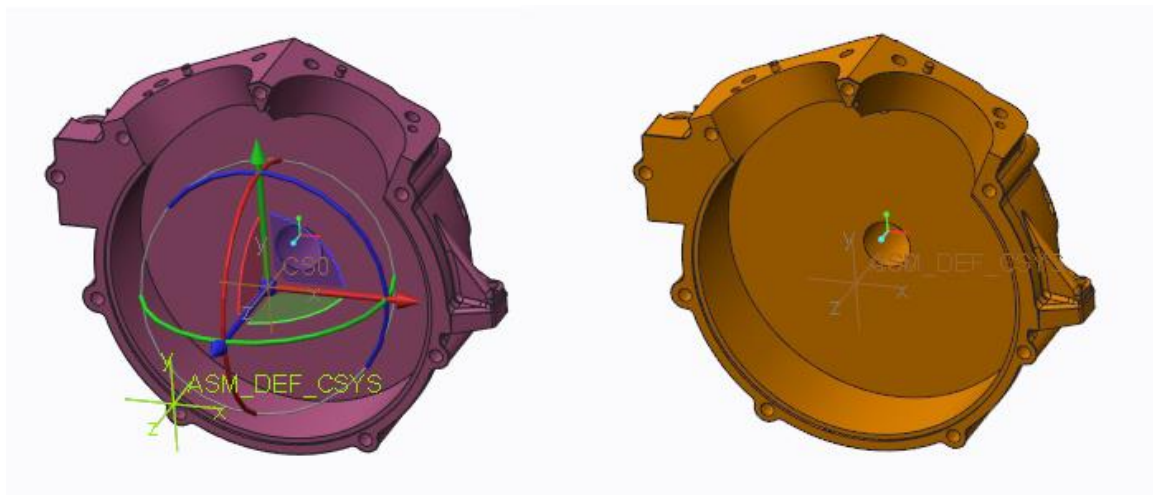


Obrázek 12 – tečnost [14]

- Výchozí (default constraint)

Vazba sloučí vytvořený souřadný systém komponenty s výchozím počátkem soustavy souřadnic systému sestavy.

Poznámka: Tato vazba je v korporátním prostředí jednou z nejdůležitějších vazeb vůbec. Zákazník totiž jasně definuje souřadnicový systém, ve kterém se musí dodavatel pohybovat. 3D data od každého konkrétního dodavatele pak zákazník snadno pozicuje ve finálním modelu s velkým obsahem prvků, podsestav i sestav – vše podle jednoho středu souřadného systému.



Obrázek 13 – výchozí [15]

- Pevná vazba (fix constraint)

Tato vazba je používána k pevnému zafixování komponenty v současné pozici vůči sestavě či koordinátnímu systému.

2.6.3.3 Koordinátní systémy v sestavách

Tyto systémy lze používat jako odkazy pro umisťování jiných geometrických referencí. Systémy vyžadují definici počátku (tzv. nulový bod) a tímto počátkem procházející tři na sebe kolmé osy určující tři dimenze. Osy bývají běžně označovány písmeny x, y, z. Toto pojmenování však může konstruktér libovolně změnit, případně může dle libosti překlápět jejich směry.

2.6.3.4 Typy sestav dle reprezentací

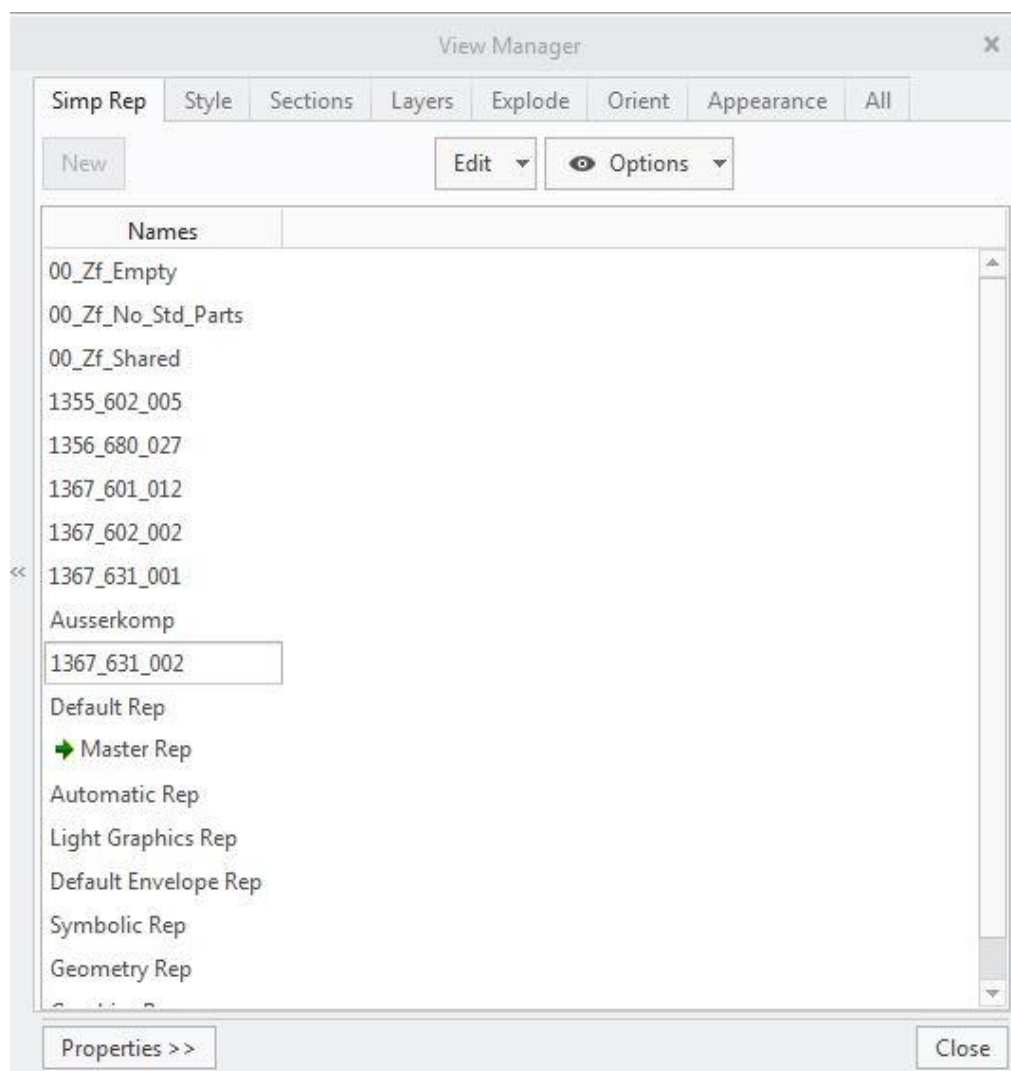
V použitém software se rozlišuje několik druhů sestav. Jsou jimi zejména:

- **Hlavní (master)**
 - Sestava je vyobrazena s veškerými detaily v plném rozsahu. Obsahuje veškeré komponenty, které sestava obsahuje. Při tvorbě sestav je výchozí reprezentace a hlavní reprezentace totožná.
- Automatická (automatic)
 - Tento typ se používá především k rychlému načítání sestav. Uživatelé převážně zajímá vnější geometrie sestav. Systém automaticky vyhodnotí, které součásti mohou být kritické a na základě tohoto vyhodnocení zobrazí zjednodušenou sestavu.
- Definovaná uživatelem (user defined)
 - Aktivuje vybranou zjednodušenou reprezentaci z vybrané komponenty.
- Výchozí obálková (default envelope)
 - Tato reprezentace zobrazuje komponenty sestav zjednodušené obálkovou metodou. Jednotlivé obálky jsou navzájem propojené automaticky vygenerované zjednodušené součásti.
- Vyloučená (excluded)
 - Vyloučí vybrané komponenty z reprezentace.

- Zjednodušená (simplified)
 - Popisu zjednodušených sestav je věnován následující odstavec.

2.6.3.5 Zjednodušené reprezentace (simplified representation)

Funkce, jejíž výhoda spočívá nejen v ušetření paměťových nároků systému, dovoluje nahrazovat komponenty v sestavě jejich zjednodušenými verzemi, což mimo jiné zvyšuje efektivitu práce. V možnostech funkce zjednodušené reprezentace se zvolí, které komponenty ze sestavy či podsestavy budou zobrazeny a které se skryjí. Takovýchto reprezentací lze vytvářet i více pro jednotlivé sestavy. Sestavu lze zjednodušit vyloučením komponentů z kompletní sestavy nebo nahrazením určité komponenty (podsestavy) komponentou jinou. Tyto substituce výrazně zjednodušují geometrii, při čemž stále zachovávají kritické rozměry sestav.



Obrázek 14 – manažer reprezentací sestav v sw Creo

Zjednodušená reprezentace může být vytvářena během samotné tvorby nebo úprav sestav, nebo také podle předem nadefinovaných pravidel. Tato pravidla se mohou týkat názvů modelů, geometrických parametrů, vztahu rodič/potomek nebo třeba parametrických prvků. Takováto reprezentace se samozřejmě parametricky aktualizuje v důsledku změn v modelech. Tato zjednodušení se reflektují pouze v aktuální reprezentaci. V původních sestavách zůstávají prvky beze změny.

Další možností využití zjednodušené sestavy je například zvýraznění určitého prvku, který by mohl v hlavní reprezentaci zaniknout, nebo třeba zobrazení pouze určitých prvků v sestavě.

Software Creo Parametric dovoluje přiřazovat zjednodušené reprezentace pouze sestavám a podsestavám, k nimž veškeré další komponenty v příbuzenském vztahu potomek, jsou již sami zjednodušenou sestavou.

2.6.3.6 Rozpadové sestavy (explode)

Pro různé účely může být snadno v programu Creo Parametric vytvářena rozpadová, rozstřelená, nebo také rozložená sestava. Základní komponenta si při rozstřelu sestavy zachovává vždy své původní místo. Ostatní komponenty sestavy se rozloží způsobem, který určí software. Dále je možné tento rozpad manuálně upravit dle požadavků.

2.6.4 Výkresy (drawing)

Vzhledem ke skutečnosti, že je stále nezbytné opírat se o papírovou formu výkresové dokumentace, je tvorba výkresu konstrukce neméně důležitou součástí procesu. Software Creo Parametric umožňuje intuitivně volit a přidávat jakékoliv druhy pohledů, měřítek, řezů, kót, poznámek. Při tvorbě výkresových dokumentací je třeba dbát na dodržení požadovaných norem. Zhotovené výkresy jsou opět vzájemně asociovány s přidruženým 3D modelem.

Základní metodologie tvorby výkresu:

- 1) Určení formátu výkresu
- 2) Umístění hlavního pohledu
- 3) Umístění projekčních pohledů
- 4) Vytvoření řezů
- 5) Umístění pohledů řezů
- 6) Okótování
- 7) Vyplnění razítka nebo kusovníku
- 8) Přidání poznámek a vysvětlivek

2.6.5 Vrstvy (layers)

Funkce vrstev spočívá ve zjednodušeném zobrazování komponenty. V některých případech mohou totiž pomocné prvky jako například pomocné roviny způsobovat nepřehlednost v 3D modelu. Tyto rušivé vlivy lze snadno sjednocovat do takzvaných vrstev, s kterými lze snadno manipulovat a v případě potřeby je skrývat.

2.6.6 Měření (measuring)

V modelu lze zaměřovat mezi zvolenými základními prvky různými způsoby. Vzdálenost (distance), délka (length) úhel (angle) a plocha (area) jsou jen krátkým výčtem možností měření.

3 Vlastní návrh pro tvorbu 3D modelů

3.1 Problematika tvorby 3D modelů ve společnosti ZF

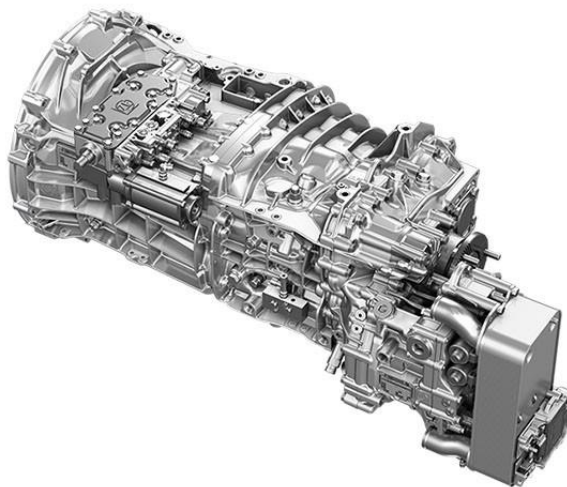
Tato společnost čítá více než 230 poboček ve 40 zemích světa. Ze svého širokého portfolia hnací a podvozkové techniky dodává díly pro oblasti automotive, nákladní a užitková vozidla nebo například lodě či letadla. [16] Vlastní technická dokumentace jednotlivých produktů je v korporátním prostředí stěžejní, a proto musí ke každému jednotlivému produktu připadat odpovídající technický výkres. Tyto výkresy v moderním světě dnešních dní vychází z 3D modelu sestavy produktu.

3.2 Produkt Ecosplit

Tato práce je věnována zefektivnění tvorby jednotlivých modelů převodovky typu Ecosplit, určených do rukou přibližně 20 různých zákazníků. Tyto převodovky, používané především v nákladních vozidlech, tahačích a jiných speciálních vozech, mohou vážit mezi 280 až 320 kg a jsou vybaveny dvanácti nebo šestnácti rychlostmi v závislosti na variantě. Vstupní momenty mohou dosahovat až 2 700 Nm, čímž jsou vhodné i pro motory vozidel s nižším točivým momentem.

V dnešní době jsou relevantní dvě generace těchto převodovek, Ecosplit 3 a Ecosplit 4. Obě tyto generace mají teoreticky obrovské množství svých vlastních variant, v závislosti na požadavcích zákazníka. Nové varianty vznikají zejména modifikacemi systému řazení, uvolňování spojky, připojovacích talířů, skříní, krytů, sady kol, výstupní příruby, nebo také přizpůsobením se hnacím, spojovacím a hlavním hřídelům či volitelnou výbavou. Ve velkém množství různých sestav těchto převodovek je samozřejmě použito velké množství různých podsestav opakovaně. Obecně lze tvrdit, že na čím nižší úrovni stromu modelu se podsestava nachází, tím je pravděpodobnější její opakovaný výskyt. Jako příklad lze uvést samostatný šroub – je velice pravděpodobné, že se tento šroub opakovaně nachází v mnoha dalších sestavách a podsestavách.

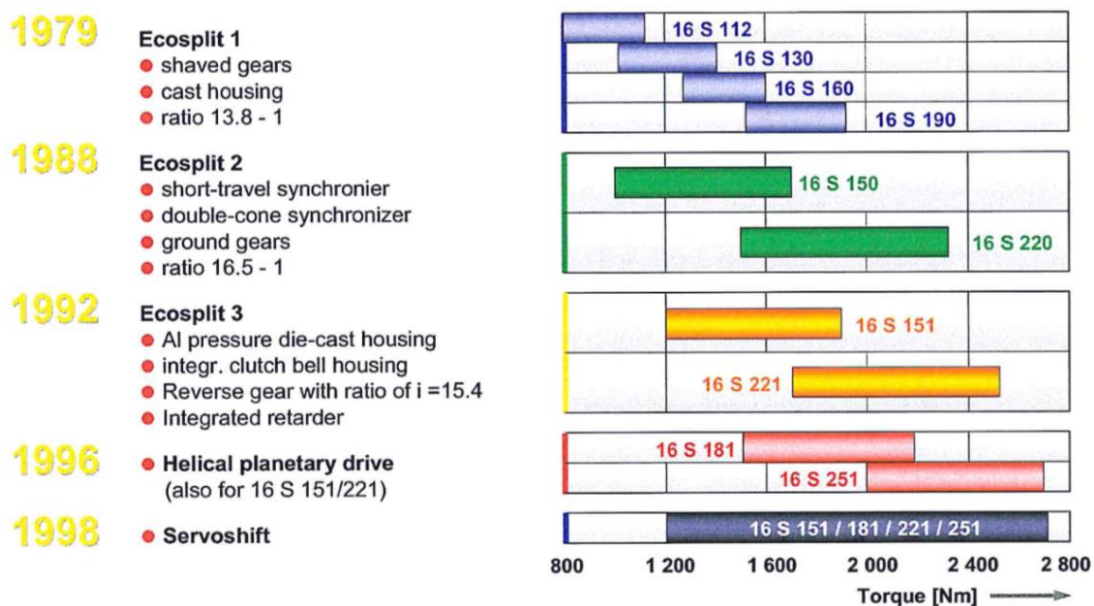
GENERACE	POČET VARIANT
ECOSPLIT 3	3312
ECOSPLIT 4	978



Obrázek 15 – model převodovky Ecosplit 4 [17]

3.2.1 Historie Ecosplit

- 1979 – V tomto roce společnost ZF začíná s produkcí převodkového systému s pojmenováním Ecosplit. Jedná se o převratný systém, který uspokojuje široký trh s těžkými nákladními auty, a to hlavně díky rozsahům převodových poměrů, převodových stupňů, přenositelného točivého momentu a díky svým možnostem vlastní instalace do tahačů.
- 1988 – Rozsah výroby byl optimalizován s ohledem na výrobní požadavky a byl rozdělen zavedením převodovky s označením Ecosplit 2.
- 1992 – V tomto roce dochází k zavedení objemové výroby 16S 151/221 převodovky s označením Ecosplit 3.
- 1996 – Příchod 16S 181/251 a přechodu z planetových soukolí na šroubová soukolí. O dva roky je již možné dodávat veškeré převodovky s označením Ecosplit 3 se servo-systémem řazení.
- 2000 – Je prodáno již více než milion převodovek Ecosplit.



Obrázek 16 – srovnání generací převodovek Ecosplit [18]

3.2.2 Ecosplit 3

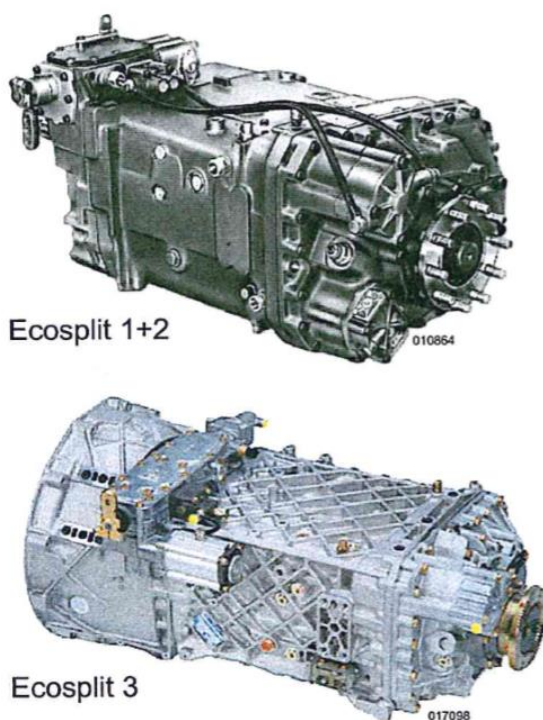
Třetí generace Ecosplit, zahrnující varianty 16S 151, 16S 181, 16S 221 a 16S 251, se od svých předchůdců liší:

- Zlepšení v oblastech výkon – váha
 - Použitím lehkých slitin pro skříně převodovek a také kompaktnějšího designu.
- Integrované pouzdro spojky
 - Tímto je dosaženo pokroku v logistice pro OEM (převodovka je plně připravena k montáži)
- Tichý chod převodovky
 - Díky počítačem optimalizovanému designu skříní a použití kol s nižším provozním hlukem
- Výrazné snížení sil potřebných k řazení
 - Použitím speciálního ZF synchronizačního kroužku při řazení mezi prvním a druhým stupněm. Neopomenutelnou roli také hraje řazení pomocí serv.

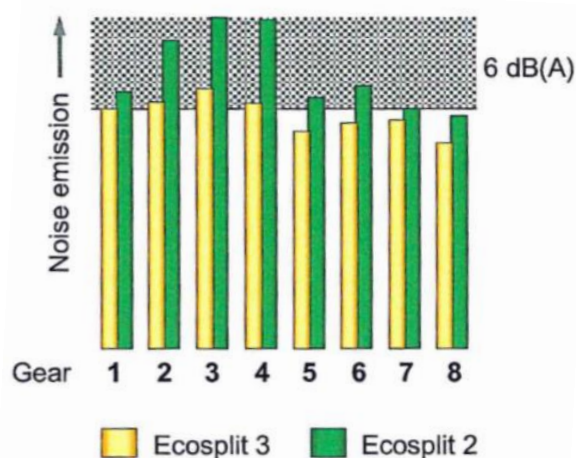
Třetí generace disponuje různými možnostmi modifikací, jako jsou PTO systémy, Intardery, konvertory točivého momentu, nebo třeba možnost separátního připojení tepelného výměníku.

Lehké, hliníkové, tlakově lité skříně a promyšlené uspořádání vnitřních komponent výrazně přispívá ke snížení hmotnosti. Tato redukce znamená nižší váhu nenaloženého vozidla.

Zákazník a legislativa také požadují nízké hladiny emitovaného zvuku. Tichý provoz se v dnešní době stává majoritním argumentem pro prodej. Od roku 1996 musí nákladní automobily splňovat předepsanou normu maximálního provozního hluku do 80 dB. Zvuky v převodovkách vznikají převážně díky působení vratných sil během řazení a používání spojky. Tyto síly jsou přenášeny mezi ozubenými koly, hřídeli a ložisky do skříní, které je emitují ve formě zvuků. Během vývoje třetí generace převodovky Ecosplit byla věnována zvláštní pozornost právě redukci těchto zvuků. Zvuky vznikající mezi ozubenými koly byly redukovány rozšířením záběrových oblastí ozubených kol. Konstrukční opatření provedená na skříních převodovek pomohly k redukci rezonančních zesilování zvuků. Díky výše popsanému byla snížena úroveň hluku přibližně o 6 dB.



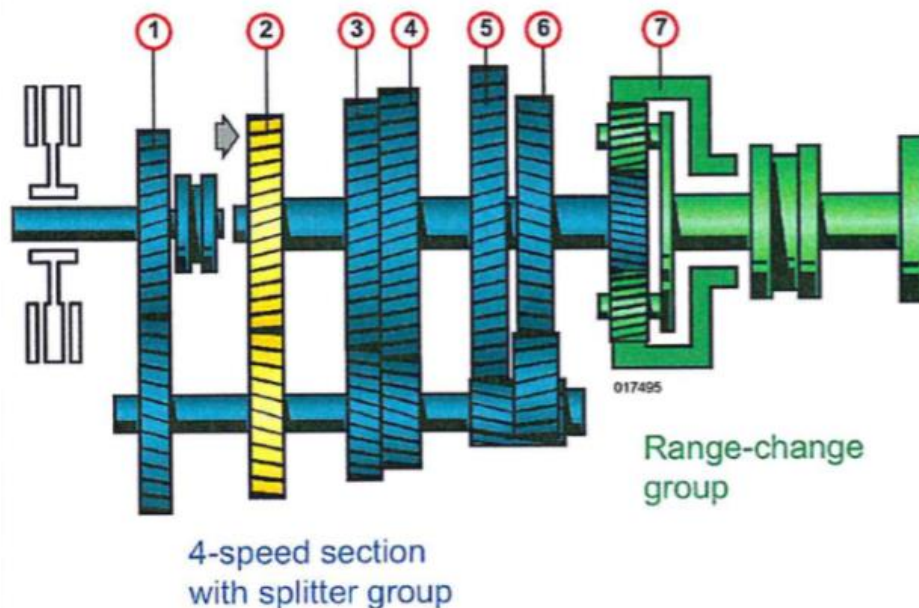
Obrázek 17 – srovnání skříní převodovek [19]



Obrázek 18 – srovnání 2. a 3. generace z hlediska emitovaného zvuku [20]

3.2.3 Layout převodovky Ecosplit

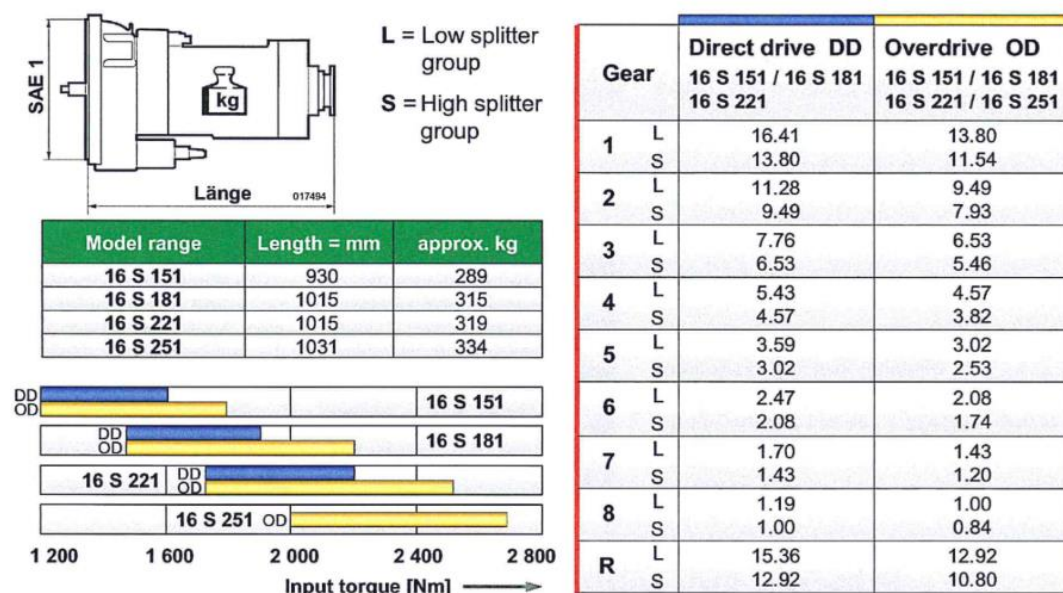
Tato převodovka sestává z čtyřstupňové převodovky s děličem montovaným zpředu a z planetového soukolí měnicí rozsah v zadní části. Rozsah měnicí skupiny se používá ke zdvojnásobení počtu převodových poměrů ze 4 na 8. Dělič je používán k rozdělování (půlení) těchto 8 rychlostí na tzv. velkou a malou sadu. Celkem je tedy k dispozici 16 rychlostí pro směr vpřed a 2 rychlosti pro směr zvad.



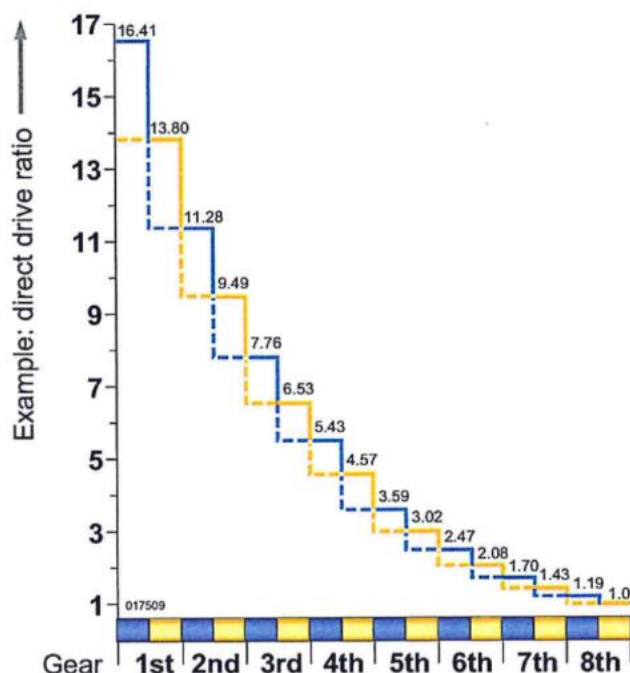
Obrázek 19 – layout převodovky Ecosplit [21]

3.2.4 Pneumatické řazení

Dělič a měnič rozsahu převodových poměrů jsou aktivovány a ovládaný pomocí pneumatického systému. Pomocí řídicího ventilu (obvykle umístěn v řadicí páce) se přes relé volí mezi malou a velkou sadou převodů. Uvolňovací ventil se otevírá, pokud se aktivuje spojka. Měnič rozsahu řadí v reakci na řazení řidiče automaticky od rychlostí 3/4 do 5/6 a vice versa. Stlačený vzduch je veden do řadicího válce přes řadicí ventil, mezitímco je páka řazení v neutrální pozici.



Obrázek 20 – přehled převodových poměrů a vstupních točivých momentů převodovek Ecosplit [22]

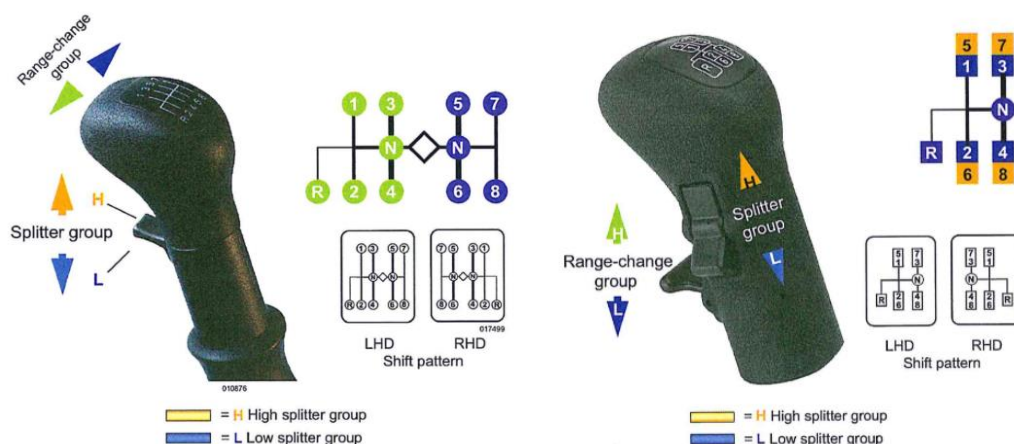


Obrázek 21 – graf převodových poměrů [23]

3.2.5 Aktivace řazení

Každý z osmi dopředných rychlostních stupňů má svou vlastní polohu znázorněnou na obr. 24. Takovýto vzor je označován jako „dvojitě H“. Neutrální poloha páky řazení je mezi rychlostmi 3/4 a 5/6. Během řazení kladou pružiny umístěné v řadicím systému v různých polohách různé velké odpory. Tyto odpory umožňují intuitivní a efektivní pohyb řadicí páky.

Další možností vzoru řazení je „překryté H“, kdy na páce přibývá další přepínací prvek, vzhledem k povaze vzoru, obr. 24. Neutrální poloha řadicí páky je mezi polohou 3/4.

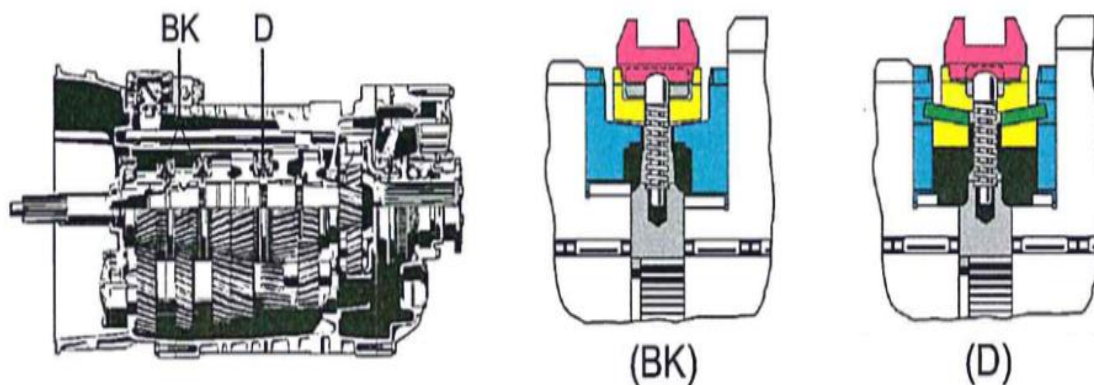


Obrázek 22 – vzory řazení [24]

3.2.6 Synchronizátor

Ve třetí generaci převodovek Ecosplit jsou používány dva druhy synchronizátorů.

- **BK** – Používá se především pro aplikace do vozidel určených pro krátké tratě. Jedná se o 14 mm dlouhý synchronizátor. V porovnání s následujícím typem vyžaduje menší síly k uvedení do provozu.
- **D** – Vnitřní prostor synchronizátoru zaujímá dvojitý kužel. Synchronizace je prováděna zdvojnásobením třecích ploch.

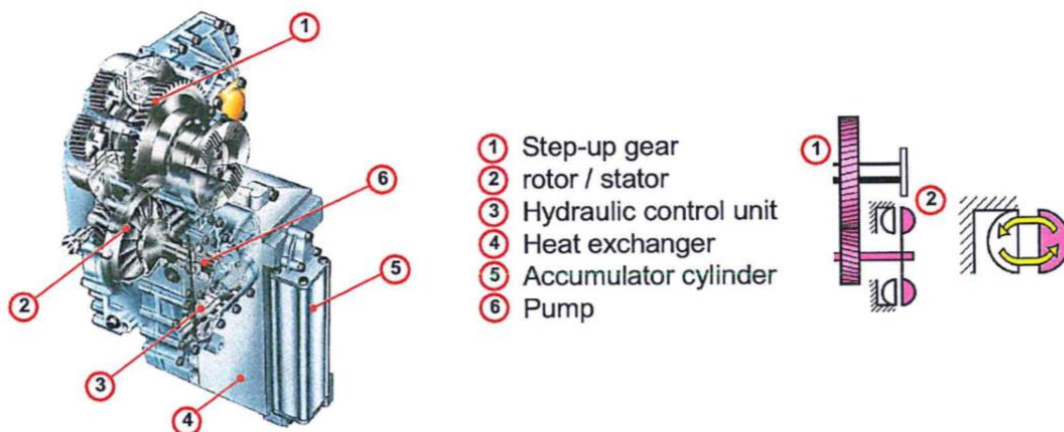


Obrázek 23 – typy synchronizátorů a jejich umístění [25]

3.3 Volitelná vybavení

3.3.1 Intarder

Převodovky mohou být dovybaveny integrovaným brzdovým systémem. Systém je připojen přímo k výstupnímu hřídeli převodovky převodem v poměru 1:2. V Intarderu a převodovce se sdílí stejný olej. Během brzdné operace je však olejový obvod oddělen od převodovky a dokud olej nezchladne, není míšen s olejem v převodovce. K průběžným výměnám tepla se do sestavy přidává jednotka výměníku tepla.



Obrázek 24 – integrovaný brzdový systém Intarder [26]

3.3.2 PTO jednotky

„Power-takes-off“ je označení pro jednotky, díky kterým se užitková vozidla mohou transformovat na vozidla speciální. Příkladem mohou být nákladní auta pro sběr odpadků, hasičská vozidla, žací stroje, vozidla pro čištění ulic a jakákoliv další vozidla určená pro specifické úkoly.

Dle výstupu:

- a) S výstupní přírubou
- b) Dle normy ISO

Dle pohonu:

- a) Závislé na motoru

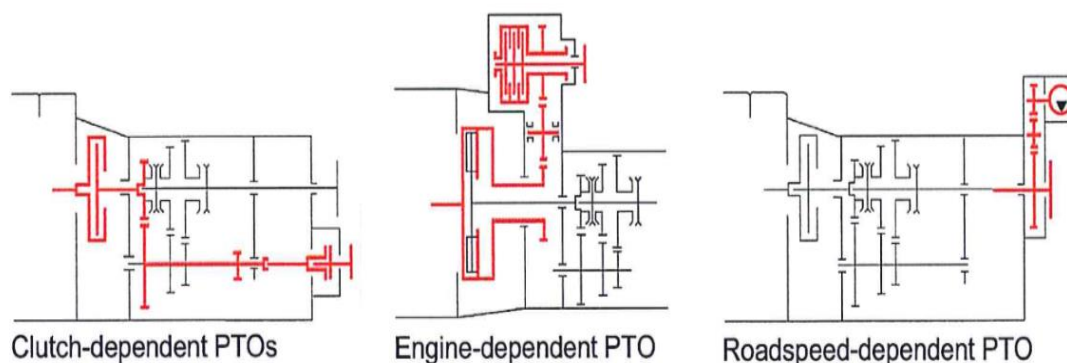
Umístění mezi motorem a převodovkou, pohon vždy přímo motorem připojeným speciální spojkou, kterou lze kdykoliv aktivovat či deaktivovat. *Vysokotlaká čerpadla hasičských vozidel, míchačky betonu...*

- b) Závislé na spojce

Umístění na konci nebo boku skříně převodovky. Provoz pouze za běhu motoru a aktivované spojky. *Kompresory, čerpadla...*

- c) Závislé na pohonu

Připojení k výstupnímu hřídeli. Aktivace probíhá pomocí hnacích kol. *Dvouokruhové hydraulické systémy...*



Obrázek 25 – schémata PTO jednotek [27]

3.3.3 ZF-Transmatic

Spojka konvertoru točivého momentu. Používá se především pro speciální vozidla a „heavy-duty“ instalace, k motorům s výkonem do 500 kW.

4 Návrh generativního modelu

4.1 Používané 3D modely

Ve společnosti ZF jsou běžně využívány pro konkrétní produkt různé typy 3D modelů. Jedná se především o:

- 1) model, který je určený k tvorbě výkresové dokumentace potřebné k vlastní výrobě jednotlivých produktů (tzv. montážní model)
- 2) model, který je vytvořen pro různé účely konkrétního zákazníka (tzv. zákaznický model).

Je zřejmé, že první zmíněný model musí obsahovat bez výjimky veškeré detaily a reprezentace potřebné k přesné výrobě a sestavení produktu. Tento typ modelu je striktně interní záležitostí společnosti.

Naproti tomu druhá varianta využívaných typů je určena spíše k reprezentaci konkrétního produktu pro návazné sestavy daného zákazníka, který si takto může snadno ověřovat případné kolize, lícování, připojovací rozměry a provádět jiné simulace ve svém konkrétním finálním produktu. Je evidentní, že pro tento účel není třeba reprezentovat veškeré detaily produktu. Ve většině případů by dokonce docházelo k úniku know-how společnosti, což je samozřejmě nepřijatelné.

V modelech určených pro zákazníka jsou stěžejní především vnější rozměry celé sestavy, dále rozměry a umístění veškerých vstupů a výstupů produktu a koordinátní systém celé sestavy. Vzhledem k výše uvedenému je běžnou praxí zjednodušovat 3D modely určené do rukou zákazníka co možná nejvíce. Toto zjednodušování modelu má za následek také výrazné ušetření paměťových nároků 3D modelu, což je žádoucí.

Skutečnost, že se v nových modelech z drtivé většiny objevují sestavy, podsestavy a komponenty, které již v minulosti byly použity, umožňuje vzniku Master modelu – jeden model s obsahem veškerých existujících podsestav a komponent.

Interní management dat 3D modelů spravují následující software.

4.1.1 Axalant

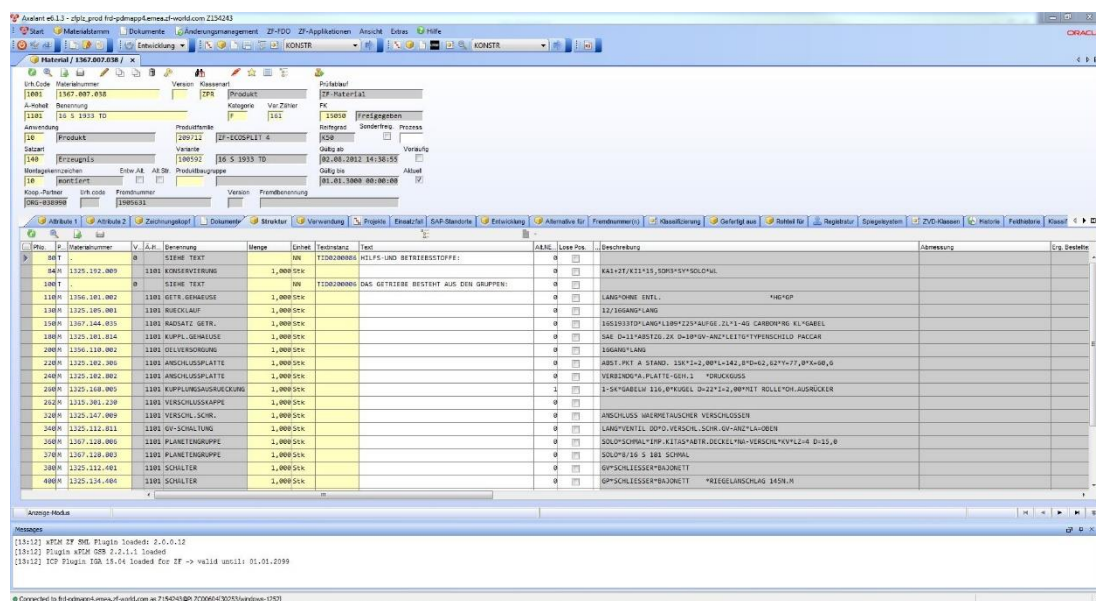
Axalant poskytuje základní služby v oblasti PDM pro správu dokumentů, projektů/zakázek, součástí, kusovníků, technologických postupů. K dispozici jsou výkonné funkce pro správu struktur zmíněných objektů, změnové řízení a správu procesů (workflow). Uživatelská práva jsou řízena systémem práv uživatelů, skupin uživatelů a jejich rolí. Menu aplikace a dostupné funkce je možné individuálně nastavit pomocí uživatelských profilů a rolí. V oblasti správy dokumentace je potřebné zdůraznit, že dokument může být reprezentován jedním a více soubory. Všechny soubory jsou uloženy v zabezpečené oblasti. Dokumenty mohou být editovány, prohlíženy a poznámkovány zákazníkem vybranými aplikacemi. Pro integrace a výměnu dat se spolupracujícími systémy je určena široká škála specializovaných modulů od integrací s CAD systémy (například AutoCAD, CATIA) přes kancelářské aplikace (Microsoft Office) po podnikové informační systémy. [28]

Společnost ZF již řadu let tento software hojně využívá pro správu velkého množství dat. V dnešních dnech se však připravuje přechod k software Intralink.

4.1.2 Intralink

Intralink je podobně jako Axalant systém pro řešení, správu a organizaci dat. Řadí se do systémů řízení jakosti. Umožňuje provádět nezávisle na sobě návrhy, sledování souběžných činností, úpravy souborů... Jedná se o systém PDM (připojuje se k aplikaci Creo Parametric). Tyto systémy se uplatňují především ve větších společnostech, kdy je nutná spolupráce mezi větším množstvím pracovníků, potažmo pracovišť.

Intralink je oproti Axalantu PDM softwarem s lepšími možnostmi uplatnění pro společnost ZF. Hlavním důvodem plánovaného přechodu na Intralink je bezpochyby lepší provázanost s programem Creo Parametric. V obou případech se totiž jedná o software vyvíjený společností PTC. Možnosti tohoto vzájemného propojení dovolují vzniku návrhu generativního 3D modelu a standardizaci 3D modelů, určených do rukou konkrétních zákazníků.

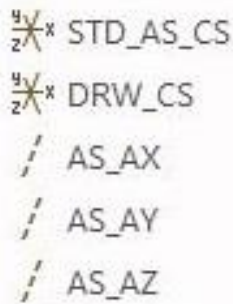


Obrázek 26 – ukázka prostředí programu Axalant

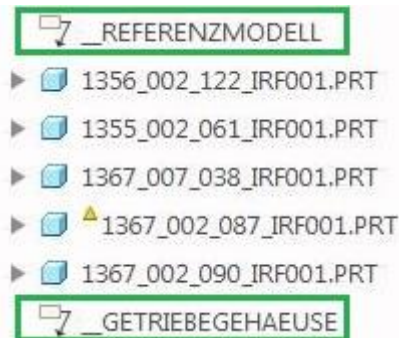
4.2 Vytvoření modelu

Model byl vytvořen v sw Creo Parametric jako zcela nová nezávislá sestava, do které byl nejprve vložen koordinátní systém (obrázek 27) používaný pro produkt Ecosplit. Tento koordinátní systém slouží jako „rodič“ dalším přidávaným podsestavám. Každá podsestava má své unikátní číslo, podle kterého je také pojmenována. Podsestavy tedy byly přidávány jako prvky typu „potomek“ ke koordinátnímu systému.

Dále bylo zapotřebí vizuálně odlišit kategorie, do kterých jednotlivý díly patří. K tomu slouží poznámka ve stromu modelu (obrázek 28).



Obrázek 27 – koordinátní systém



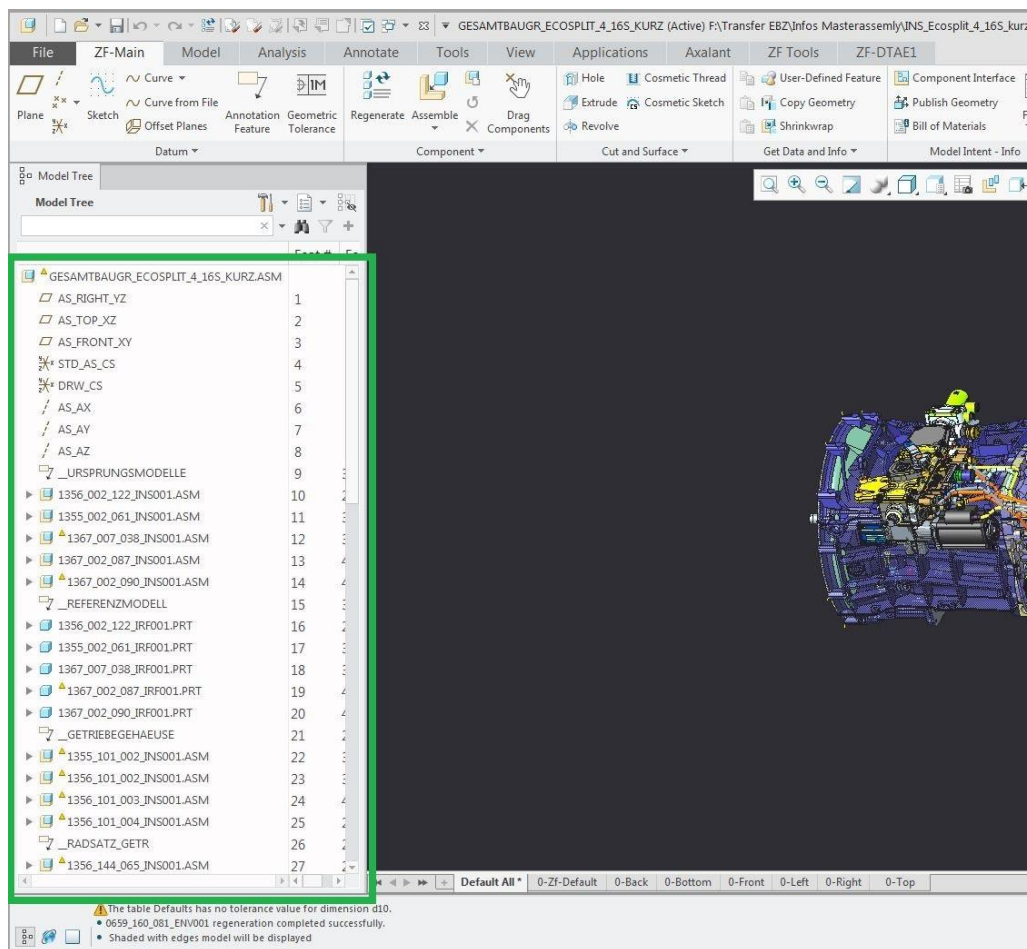
Obrázek 28 – poznámky ve stromě modelu

Dále se bylo nutné zabývat problematikou krátkých a dlouhých skříní převodovek Ecosplit. Je totiž běžné, že se totožné podsestavy objevují na obou typech převodovkových skříní – krátkých a dlouhých. Z tohoto důvodu byly podsestavy do generativního modelu přidávány duplicitně, a to na svá veškerá možná umístění pro všechny typy skříní.

Je běžné, že některé díly použité v sestavách a podsestavách bývají inovovány. Ať už se jedná o pouhou změnu materiálu, či např. nové konstrukční řešení, je vždy nutné na tuto změnu v generativním modelu reagovat. Pokud je konkrétní díl vyřazen z výrobního cyklu, je také zodpovědným pracovníkem odstraněn z databáze. Toto odstranění z databáze má také za následek automatické odstranění dílu z generativního modelu. Na takovou změnu lze však snadno reagovat, jelikož konstruktér pracující s generativním modelem tento díl jednoduše nedokáže v generativním modelu najít. Podle čísla dílu a jeho koordinátního systému lze snadno identifikovat umístění dílu a substituovat chybějící díl dílem inovovaným.

Takto vytvořený Master model bude sloužit jako výchozí stav pro tvorbu každého nového 3D modelu. Na obrázku 29 je demonstrován strom vytvořeného generativního modelu.

*Poznámka: Jako příklad pro účely této práce byl společností ZF uvolněn model pro převodovku **Ecosplit 4 16S Kurz** (krátká verze). Veškerý další postup je tedy demonstrován pouze na tomto konkrétním modelu.*



Obrázek 29 – celkový pohled na generativní 3D model pro Ecosplit 4 16S Kurz včetně stromu modelu

4.3 Práce s modelem

Z výše popsaného generativního modelu, obsahujícího veškeré dostupné podsestavy pro jednotlivé varianty Ecosplit je tedy třeba dále generovat odpovídající kýžené modely pro konkrétní zákazníky. Toho lze dosáhnout dvěma různými způsoby:

4.3.1 Odmazání nepotřebných podsestav

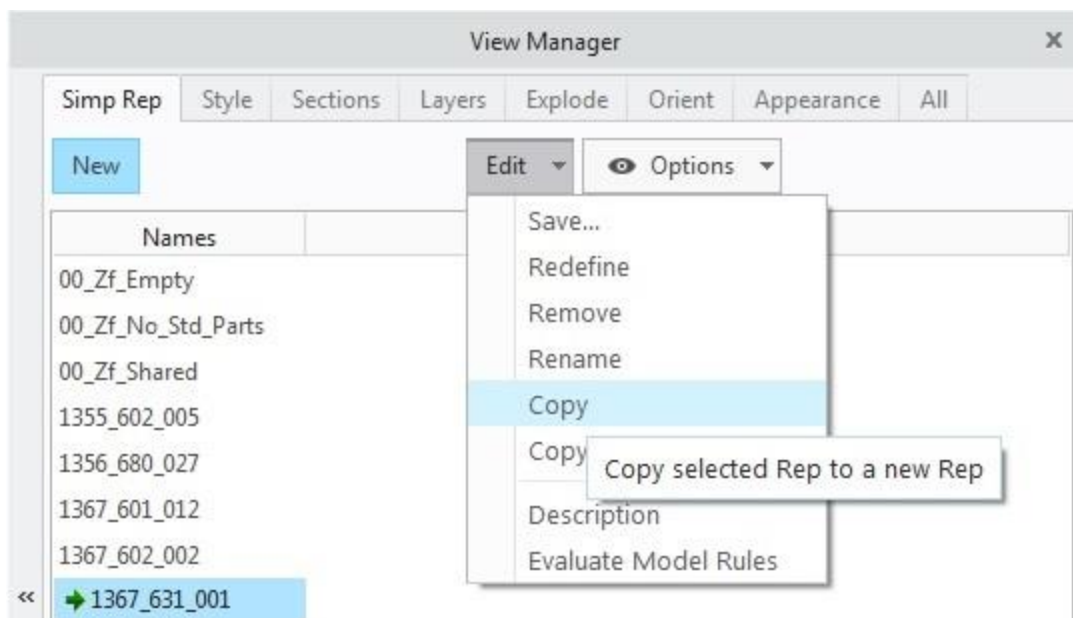
Konstruktor si nejprve dle kusovníku ze zadání práce vyhledá čísla dílů potřebných pro zadaný model. Následně je ze stromu generativního modelu nutné ručně odstranit veškeré nepotřebné podsestavy. Posledním krokem je uložení vzniklého modelu jako nové sestavy.

4.3.2 Zjednodušené reprezentace

Konstruktor si opět nejprve podle zadání vyhledá čísla jednotlivých dílů. Následně si v generativním modelu otevře možnosti zobrazení (views), kde se v záložce reprezentací zvolí nová zjednodušená reprezentace. Pokud je zadáním požadována podsestava, která se v generativním modelu nenachází, je třeba tuto sestavu do kusovníku generativního modelu přidat. Pokud s jedná o zcela novou sestavu, je na konstruktérovi, aby takovou sestavu vytvořil a implementoval do generativního modelu, a to včetně záznamu o provedené změně.

V možnostech této reprezentace se pak navolí veškeré potřebné komponenty, včetně počátečního koordinátního systému. Generativní model jako takový tedy oproti metodice využívající odmazávání nepotřebných podsestav zůstává beze změny. Mění se vždy pouze způsob reprezentace generativního modelu a to tak, že zobrazeny zůstávají pouze relevantní díly.

V možnostech úprav reprezentace se dále zvolí vykopírování zjednodušené reprezentace jako nové sestavy (copy) pod novým jménem. S takovýmto modelem již lze pracovat jako s plnohodnotnou sestavou s vazbou na koordinátní systém.



Obrázek 30 – vykopírování reprezentace

5 Koncepční varianty tvorby modelů

Tato práce má za cíl navrhnout efektivnější systém tvorby tzv. zákaznických 3D modelů. Je žádoucí, aby tato tvorba probíhala snadno a co možná nejrychleji. Je nutné si uvědomit, že převodovky typu Ecosplit jsou pro společnost ZF stále jedny z nejprodávanějších manuálních převodovek vůbec.

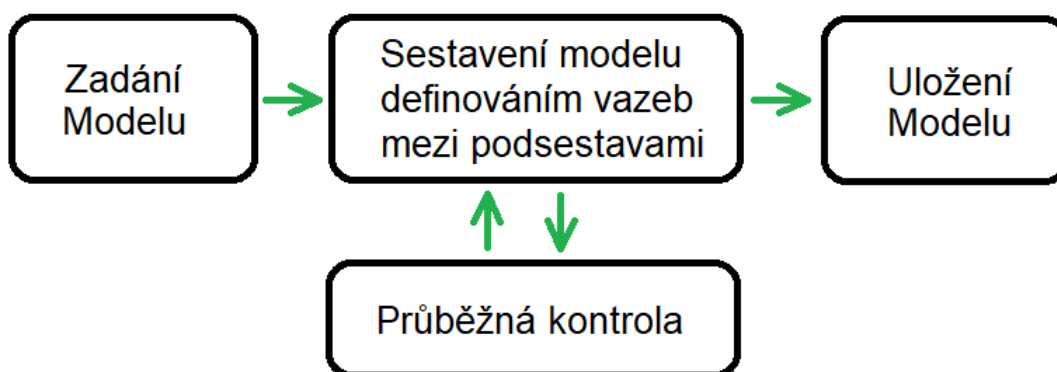
Doposud byl totiž aplikován systém, kdy se každý nový model kompletní převodovky tvořil od počáteční sestavy definováním vazeb s dalšími komponentami a podsestavami dle požadavků zákazníka. Tento systém se jeví jako velice neefektivní s ohledem na interní průzkum společnosti, který vykazuje zaokrouhlený průměrný čas věnovaný tvorbě konkrétního modelu 30 až 120 hodin konstrukční práce, v závislosti na variantě.

5.1 Diference konceptů

Z výše uvedeného tedy plynou celkem 3 koncepty pro tvorbu 3D modelů.

5.1.1 Varianta č. 1 – stávající systém

Tato varianta je v současné době aktivně využívána pro tvorbu veškerých 3D modelů sestav převodovek Ecosplit. Varianta klade nulové požadavky na přípravu pro integraci systému, a to jednak proto, že je již do praxe zavedená, a také proto, že princip tvorby spočívá v postupném sestavení zákazníkem požadovaného produktu. Sestavování probíhá zvolením základní komponenty, ke které se postupně pomocí vazeb připojují další moduly, komponenty a podsestavy dle požadavků diktovaných zákazníkem.



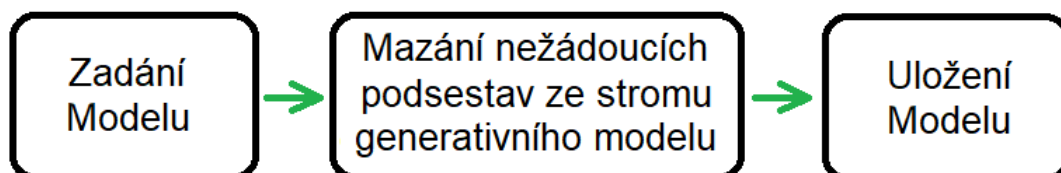
Obrázek 31 – varianta č. 1

Tento postup však klade relativně vysoké nároky na konstruktérův čas strávený vlastním sestavováním požadovaného modelu. Další nevýhodou je požadavek na určitou zkušenost a znalost dotyčného produktu konstruktérem. Je totiž v první řadě třeba zkontrolovat, zde se kýžené podsestavy daného produktu již nacházejí v databázi firmy, načež je ještě třeba ověřit správnost jejich sestavení a dále aktuálnost jednotlivých dílů. Pokud není předchozí podmínka splněna, je nutné tyto podsestavy nejprve vytvořit. Konstruktér je pak za tyto podsestavy sám zodpovědný.

5.1.2 Varianta č. 2 – odstranění nežádoucích podsestav

Použití a zavedení varianty, která vychází z master modelu, je tedy podmíněno předchozím vytvořením tohoto modelu. To se však vzhledem k velkému množství možných použitých podsestav a modifikací jeví jako časově velmi náročný úkol.

Zavedení této varianty znamená výrazné snížení dopadu lidského faktoru na konstrukci. Konstruktor se totiž při vlastní tvorbě oprostí od veškerého pozicování podsestav a komponent. Na druhu stranu je však nutné ručně odstranit veškeré nežádoucí komponenty obsažené v master modelu, což je také vzhledem k velkému množství obsažených komponent časově velice náročné.

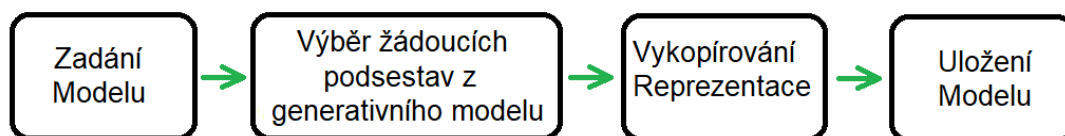


Obrázek 32 – varianta č. 2

5.1.3 Varianta č. 3 – zjednodušená reprezentace

Varianta vychází stejně tak jako varianta č. 2 z předem vytvořeného master modelu. Rozdíl však spočívá ve využití funkce zjednodušené reprezentace (simplified representation), kterou software Creo Parametric disponuje.

Metoda se kromě nutnosti předchozího vytvoření master modelu těší mnoha výhodám. Spočívá v ručním výběru požadovaných komponent sestavy, a to pomocí integrovaného vyhledávače. Následně se zvolené komponenty a podsestavy tvořící finální sestavu vykopírují a uloží jako sestava nová. Takováto metodika je příjemně snadná a časově velmi nenáročná.



Obrázek 33 – varianta č. 3

6 Zhodnocení a výběr postupu

Následující tabulka hodnotí jednotlivé parametry navržených variant. Bodové ohodnocení jednotlivých parametrů u konkrétních variant bylo vytvořeno na základě analýzy a konzultací s odpovědnými pracovníky firmy ZF. Jedná se tedy převážně o subjektivní hodnocení, které může být mimo jiné ovlivněno zkušeností a schopnostmi dotazovaných konstruktérů.

Hodnotící parametry	Variant č. 1	Varianta č. 2	Varianta č. 3	Ideální stav
Integrace do systému	5	1	2	5
Konstrukční čas	1	3	5	5
Obtížnost konstrukce	2	4	5	5
Přínos do budoucna	1	3	4	5
Celkový součet	9	11	15	20

Tabulka 1 – zhodnocení konceptů

Z tabulky číslo 1 tedy nejlépe vychází varianta číslo 3 – využití zjednodušené reprezentace na základě generativního modelu pomocí programu Creo.

6.1 Technicko-ekonomické zhodnocení návrhu

Dle uvedených požadavků a cílů byly navrženy koncepty pro tvorbu 3D modelů převodovek Ecosplit. Následuje zhodnocení výsledného konceptu.

Nejprve bylo nutné sestavit generativní 3D model s obsahem veškerých podsestav včetně vícenásobných umístění na jejich veškeré možné pozice. To byl z hlediska konstrukčního času značně náročný úkol. Tvorba takového modelu probíhala v řádu až stovek hodin. Následně bylo nutné model zkontrolovat na správnost provedení zodpovědnými osobami.

Na základě tohoto generativního modelu však lze vytvářet konkrétní zákaznické modely s výrazným ušetřením konstrukčního času. V závislosti na variantě lze při tvorbě jednoho modelu ušetřit mezi 35 až 90 (v extrémních případech) konstrukčními hodinami.

Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že se počáteční konstrukční práce věnovaná generativnímu modelu začíná již po řádově desítkách zakázkách vyplácet.

Dále je nutné zmínit jednoduchost zvoleného konstrukčního procesu. Konstruktér pouze zvolí požadované sestavy a nezabývá se vzájemným pozicováním těchto sestav a také dalšími složitými kontrolami sestaveného modelu.

Návrh metodiky tedy splnil kladené požadavky, a je proto po zaškolení pracovníků plně schopný zavedení do provozu. V dohledné době společnost plánuje zavedení tohoto postupu pro tvorbu modelů dalších produktů obsahujících větší množství shodných podsestav.

7 Návod pro práci s generativním modelem

Vygenerování konkrétního modelu spočívá v následujících krocích:

1. Využití kusovníků pro vyhledání relevantních výkresů
2. Vytvoření sestavy
 - a) Otevření generativního modelu v software Creo Parametric
 - b) Výběr relevantních podsestav pomocí zjednodušené reprezentace
 - c) Vykopírování relevantních podsestav do nezávislé sestavy
 - d) Doplnění případných chybějících podsestav
 - e) Uložení nezávislé sestavy

7.1 Využití kusovníku

Prvním krokem při tvorbě konkrétního modelu převodovky typu Ecosplit, určeného do rukou konkrétního zákazníka, je jednoznačné vyjasnění veškerých zákaznických specifikací a požadavků. Tyto požadavky obvykle definuje projektový inženýr.

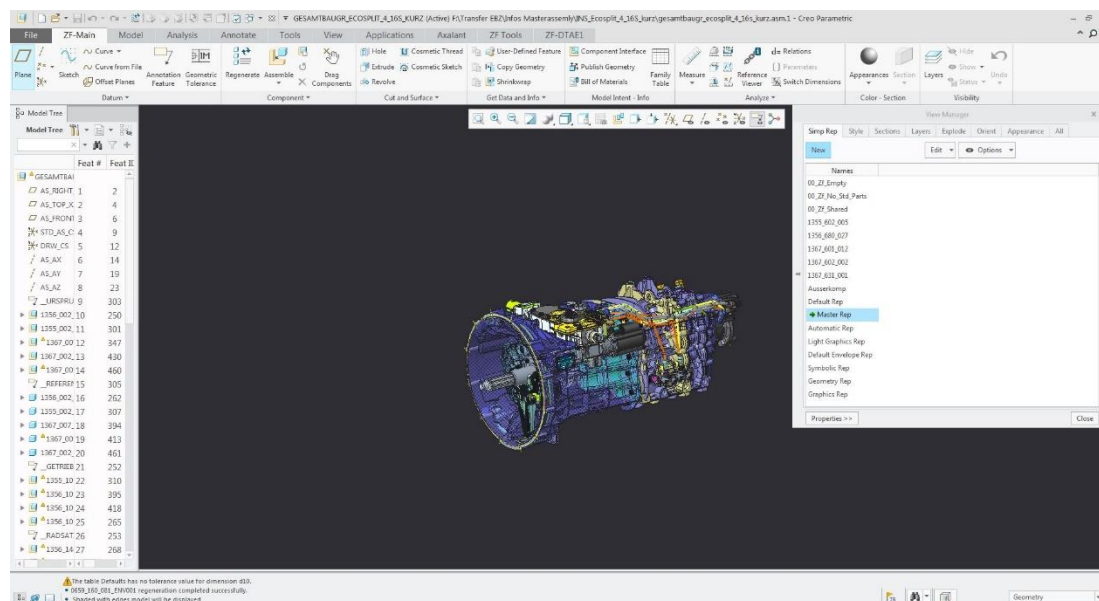
Další krokem tohoto postupu je otevření příslušného výkresu pomocí programu Axalant. Toho lze docílit zadáním čísla příslušného výkresu do pole s označením „Material“, obr. 34.

Pho.	P.	Materialnummer	V.	Ä.H.	Benennung	Menge	Einheit	Textinstanz	Text	ALNE	Los Pos.
80	T	.	0		SIEHE TEXT		NN	TID0200006	HILFS-UND BETRIEBSSTOFFE:	0	<input type="checkbox"/>
84	M	1325.192.009		1101	KONSERVIERUNG	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
100	T	.	0		SIEHE TEXT		NN	TID0200006	DAS GETRIEBE BESTEHT AUS DEN GRUPPEN:	0	<input type="checkbox"/>
110	M	1356.101.002		1101	GETR.GEHAUSE	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
130	M	1325.105.001		1101	RUECKLAUF	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
150	M	1367.144.035		1101	RADSATZ GETR.	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
180	M	1325.101.014		1101	KUPL.GEHAUSE	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
200	M	1356.110.002		1101	ÖELVERSORGUNG	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
220	M	1325.102.306		1101	ANSCHLUSSPLATTE	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
240	M	1325.102.002		1101	ANSCHLUSSPLATTE	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
260	M	1325.168.005		1101	KUPLUNGSANSRUECKUNG	1,000	Stk			1	<input type="checkbox"/>
262	M	1315.301.230		1101	VERSCHLUSSKAPPE	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
320	M	1325.147.009		1101	VERSCHL.SCHR.	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
340	M	1325.112.011		1101	GV-SCHALTUNG	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
360	M	1367.128.006		1101	PLANETENGRUPPE	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
370	M	1367.128.003		1101	PLANETENGRUPPE	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
380	M	1325.112.401		1101	SCHALTER	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>
400	M	1325.134.404		1101	SCHALTER	1,000	Stk			0	<input type="checkbox"/>

Obrázek 35 – vyhledání výkresu v Axalant

7.2 Vytvoření sestavy

Po využití požadovaných kusovníků je nutno veškeré obsažené objekty zahrnout do seznamu v programu Excel, zkontrolovat a případně odstranit případné duplikáty. Dále se dle následujících specifikací definuje již konkrétní model převodovky.



Obrázek 36 – zjednodušené reprezentace v generativním modelu

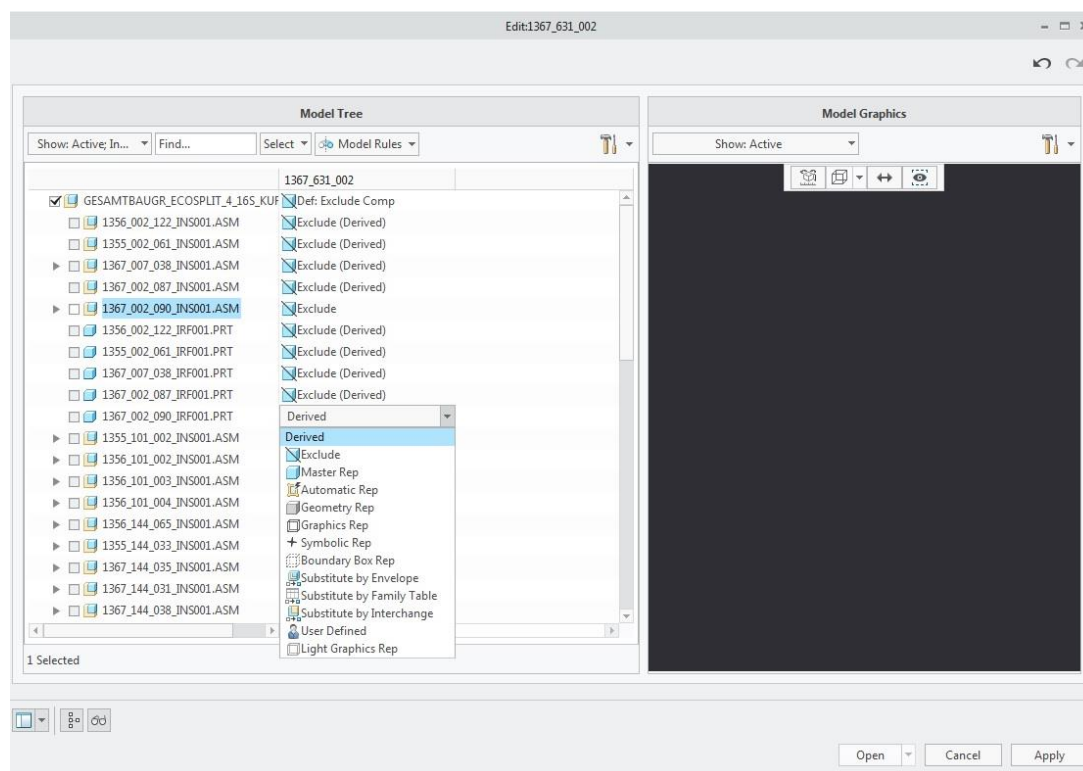
Struktura sestavy dle jejích hlavních součástí:

- Referenční model (Ecosplit 3, Ecosplit 4)
- Systém řazení
- Skříň převodovky
- Skříň spojky
- Systém uvolňování spojky
- Spojovací talíř
- Uzavírací víko
- Řazení
- Planetové soukolí
- Skříň řazení

V programu Creo Parametric se otevře generativní model s obsahem veškerých podsestav. Dále se zvolí funkce manažer reprezentací, ve které se zvolí možnost zjednodušené reprezentace (simple rep).

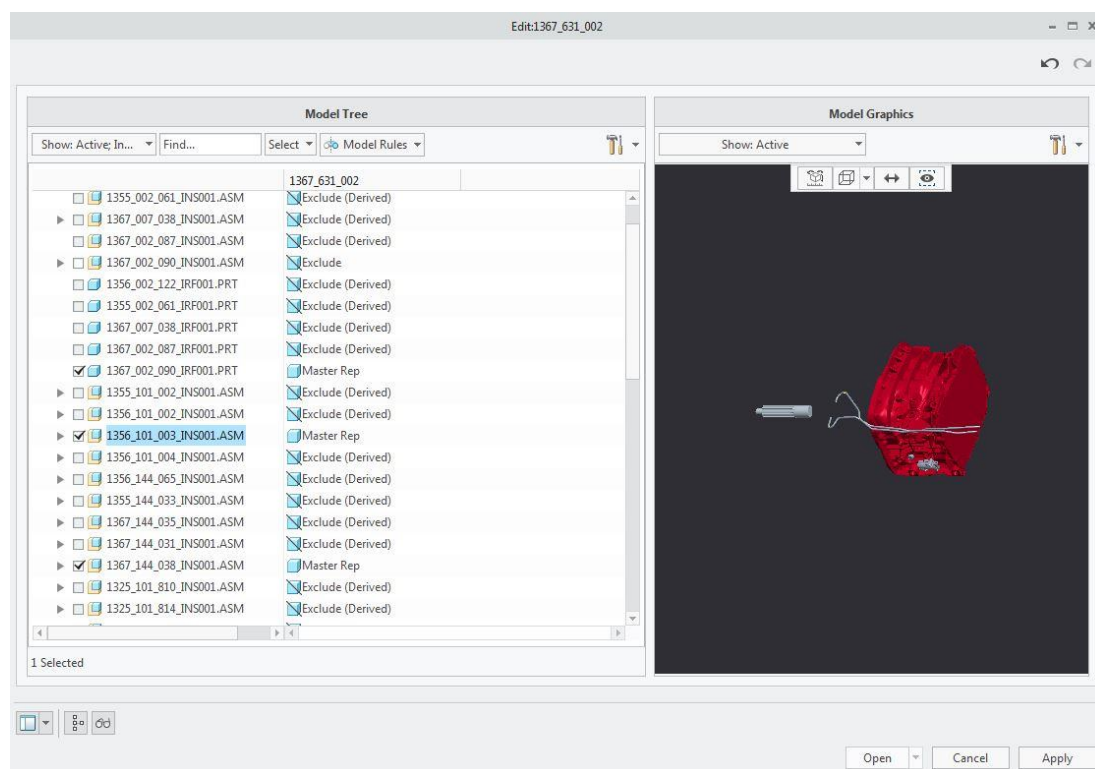
7.3 Kusovníky jako zjednodušená reprezentace

V okně s možnostmi reprezentací programu Creo se vytvoří pro příslušný kusovník zjednodušená reprezentace. Na základě zadání se vyhledají pomocí integrovaného vyhledávače požadovaná čísla podsestav podle předem vyhledaných čísel výkresů.



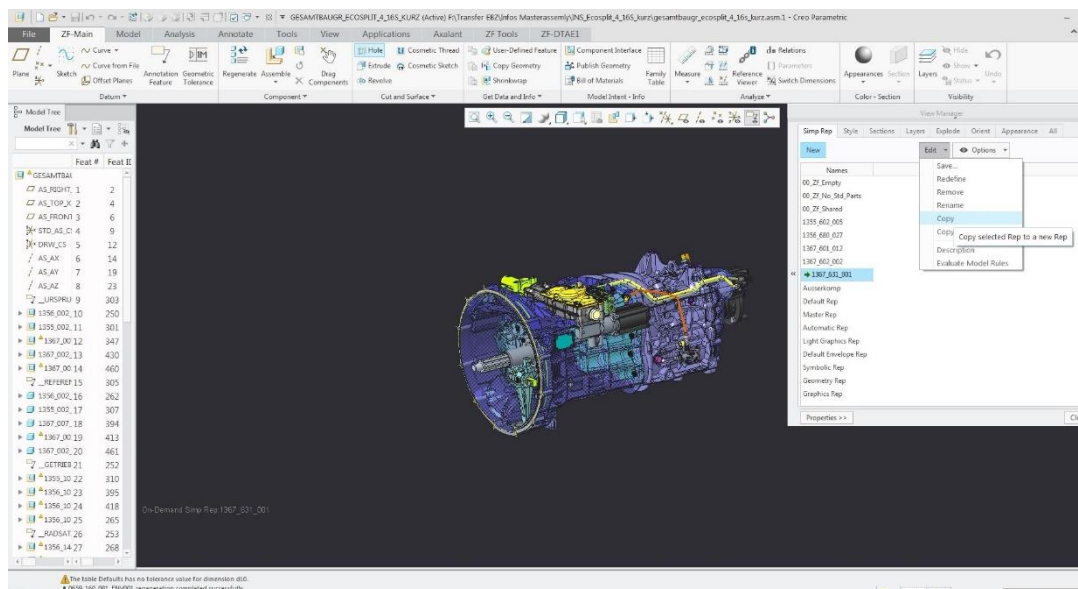
Obrázek 37 – zahrnutí podsestav do zjednodušené reprezentace

Požadované podsestavy se pomocí volby možností reprezentace, umístěné po pravé straně od čísel jednotlivých podsestav, definují jako hlavní reprezentace (master rep). U každého modelu je však nutné zahrnout jednotný koordinátní systém. Takto zahrnuté podsestavy se v reálném čase zobrazují v okně s náhledem na reprezentaci.



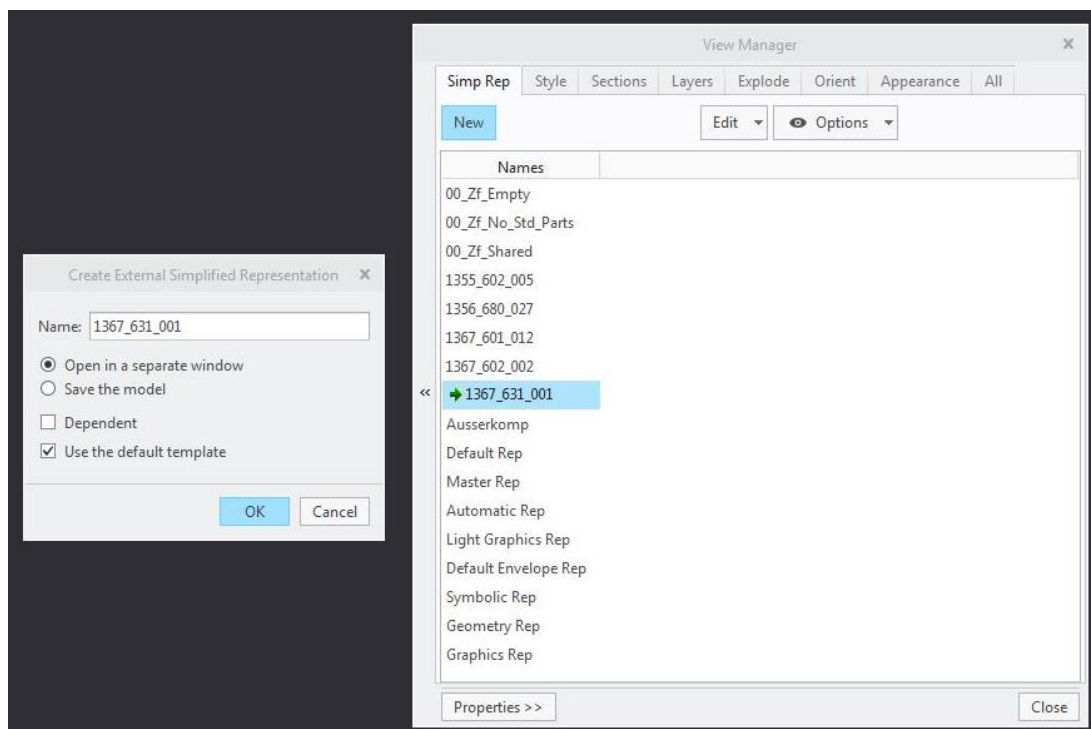
Obrázek 38 – generování modelu dle zahrnutých podsestav

Dalším krokem při tvorbě konkrétního modelu ze základního generativního modelu je po zahrnutí veškerých kýžených podsestav vykopírování takto vzniklé reprezentace do nového okna programu Creo Parametric jako reprezentace nezávislé na prvotním generativním modelu. Toho se docílí rozbalením roletového menu s možnostmi úprav v manažeru reprezentací, kde se zvolí vykopírování vybrané reprezentace do zcela nové reprezentace. Takto vykopírovaná reprezentace se po potvrzení objeví v seznamu vytvořených reprezentací.

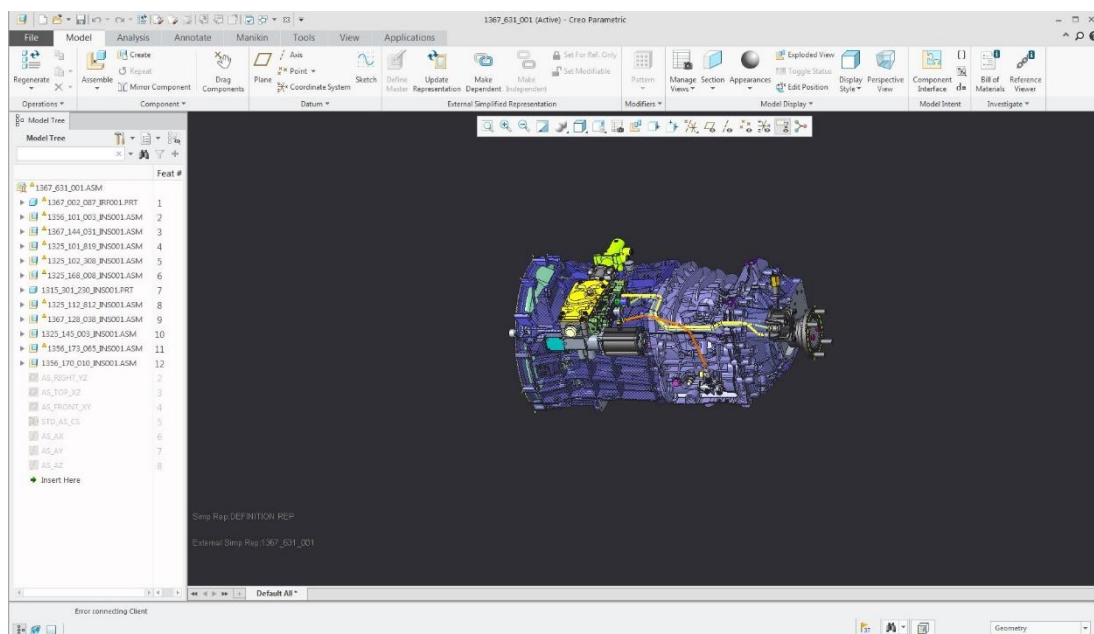


Obrázek 39 – kopírování vytvořené reprezentace z generativního modelu

Dalším krokem je vykopírování této reprezentace do zcela nezávislého modelu. V manažeru reprezentací se zvolí „nový (new)“ a poklepe se na připravenou reprezentaci. Tím se otevře dialogové okno, ve kterém se po pojmenování reprezentace dle svého přiřazeného čísla, zvolí otevření v separátním okně (open in a separate window).



Obrázek 40 – otevření zjednodušené reprezentace jako nezávislé sestavy



Obrázek 41 – nezávislá sestava dle zjednodušené reprezentace

Poté, co se požadovaný model otevře v novém okně jako samostatná nezávislá sestava, se provede finální uložení vzniklého modelu. Takto vzniklý model je již zcela připraven na předání do rukou konkrétního zákazníka.

8 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou tvorby 3D modelů převodovek typu Ecosplit, určených do rukou zákazníka.

V úvodní části byly vysvětleny potřebné základy práce v prostředí použitého software a základy týkající se 3D modelování obecně. Byl zpracován a popsán přehled pro tuto práci důležitých funkcí, přičemž byl kladen důraz na vlastní práci se sestavami 3D modelů.

V další části byla popsána problematika tvorby 3D modelů převodovek typu Ecosplit a byly specifikovány požadavky kladené na tvorbu a využívání 3D modelů v produktové řadě převodovek typu Ecosplit. Díky tomu bylo možné porozumět této problematice jako celku. Byly popsány typy 3D modelů ve společnosti ZF a jejich používání.

Dále bylo demonstrováno, jakým způsobem byl generativní 3D model vytvořen a čím vším se bylo nutno zabývat. U tohoto modelu byl vypracován výpis možností práce s modelem, z čehož vznikly porovnávané koncepty pro tvorbu. Konceptní varianty byly detailně popsány, a to včetně svých výhod i nevýhod. Koncepty byly také porovnány s dříve využívanou metodikou tvorby 3D modelů. Byla zpracována porovnávací tabulka variant tvorby, ze které byl bodovým ohodnocením vybrán nejlepší možný koncept a sice koncept využívající zjednodušené reprezentace založené na generativním 3D modelu s obsahem veškerých dostupných komponent.

V práci je dále zpracován systematický návod pro práci s vytvořeným generativním modelem. Tento návod bude sloužit jako systematický návod pro konstruktéry ve společnosti ZF, zabývajících se tvorbou 3D modelů převodovek Ecosplit, určených do rukou zákazníka.

Díky této práci bylo možné zkrátit čas věnovaný tvorbě zákaznických modelů převodovek Ecosplit přibližně o 75-90 %. Dalším nesporným přínosem bylo výrazné usnadnění vlastní tvorby těchto modelů. Chyby způsobené lidským faktorem jsou při využívání této metodiky v porovnání s dosud využívanou metodikou potlačeny na minimum. Jedná se tedy o výrazný přínos pro společnost ZF, a to hlavně v oblasti ekonomické a také jakostní.

Seznam obrázků

1	3D model v řezu [1]	10
2	Konstrukční prvky v modelu stromu	11
3	Náčrtek [4]	12
4	Řez sestavou v Creo [6]	14
5	Vzdálenost [7]	15
6	Úhlový posun [8]	15
7	Rovnoběžnost [9]	15
8	Shodnost [10]	15
9	Kolmost [11]	16
10	Koplanárnost [12]	16
11	Vycentrování [13]	16
12	Tečnost [14]	16
13	Výchozí [15]	17
14	Manažer zjednodušování sestav	18
15	Model převodovky Ecosplit 3 [17]	20
16	Srovnání generací převodovek [18]	21
17	Srovnání skříní převodovek [19]	22
18	Srovnání 3. a 4. generace z hlediska emitovaného zvuku [20]	22
19	Layout převodovky Ecosplit [21]	23
20	Přehled převodových poměrů a vstupních točivých momentů [22]	23
21	Graf převodových poměrů [23]	24
22	Vzory řazení [24]	24
23	Typy synchronizátorů a jejich umístění [25]	25
24	Integrovaný brzdový systém Intarder [26]	25
25	Schéma PTO jednotek [27]	26
26	Ukázka prostředí programu Axalant	27
27	Koordinátní systém	28
28	Poznámky ve stromě modelu	28
29	Generativní 3D model pro Ecosplit 4 16S Kurz	29
30	Vykopírování reprezentace	30
31	Varianta č. 1	31
32	Varianta č. 2	32
33	Varianta č. 3	32
34	Vyhledávací tabulka	34
35	Vyhledávání výkresů v Axalant	34
36	Zjednodušené reprezentace v generativním modelu	35
37	Zahrnutí podsestav do zjednodušené reprezentace	36
38	Generování modelu dle zahrnutých podsestav	36
39	Kopírování vytvořené reprezentace z generativního modelu	37
40	Otevření zjednodušené reprezentace jako nezávislé podsestavy	37
41	Nezávislá sestava dle zjednodušené reprezentace	38

Seznam tabulek

1	Zhodnocení konceptů	33
---	---------------------	----

Seznam příloh

Elektronické přílohy na CD

Generativní 3D model: INS_Ecosplit_4_16S_kurz

Literatura

[1] PTC Creo 5.0.2.0 and 4.0 M060 HelpCenter Free Download - PC Wonderland. PC Wonderland - Your ultimate source to download free pc software. [online]. Copyright © Copyright 2019, All Rights Reserved [cit. 17.03.2019].

<https://pcwonderland.com/ptc-creo-5-0-2-0-and-4-0-m060-helpcenter-free-download/>

[2] Utz, James; Cox, W. Robert. Inside Pro/Engineer : profesionální průvodce systémem Pro/Engineer. 1. čes. vyd. Přerov : ISICAD, 1995. s. 15, ISBN 80-900074-6-5.

[3] Assessment of features technology - ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 1991 Published by Elsevier Ltd. [cit. 2.5.2019].

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001044859190027T>

[4] Tips & Tricks: How to Sketch a Feature | PTC. Digital Transformation Solutions to Unlock the Value of IIoT | PTC [online]. Copyright © Copyright 2019 PTC [cit. 13.04.2019].

<https://www.ptc.com/en/cad-software-blog/tips-tricks-how-to-sketch-a-feature>

[5] Utz, James; Cox, W. Robert. Inside Pro/Engineer : profesionální průvodce systémem Pro/Engineer. 1. čes. vyd. Přerov : ISICAD, 1995. s. 58, ISBN 80-900074-6-5.

[6] Creo Parametric: Assembly | GrabCAD Tutorials. GrabCAD: Design Community, CAD Library, 3D Printing Software [online]. Copyright © 2019 GrabCAD, a STRATASYS solution [cit. 4.1.2019].

<https://grabcad.com/tutorials/creo-parametric-assembly>

[7 - 15] Creo Help Center. 301 Moved Permanently [online] Copyright © 2019 [cit. 1.2.2019].

http://support.ptc.com/help/creo/creo_optm/usascii/index.html#page/optm/options_modeler/asm_four_sub/About_Using_Placement_Constraints.html

[16] Company Profile - ZF Friedrichshafen AG. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © ZF Friedrichshafen AG [cit. 28.03.2019].

https://www.zf.com/mobile/en/company/company_profile_zf/company_profile_zf_new.html

[17] Ecosplit - ZF Friedrichshafen AG. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © ZF Friedrichshafen AG [cit. 28.03.2019].

https://www.zf.com/products/en/trucks/products_29183.html

[18 - 27] Downloads - ZF Friedrichshafen AG. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © ZF Friedrichshafen AG [cit. 17.11.2018].

https://www.zf.com/products/en/trucks/downloads/qqakymvxpr.ml/d82333/zf_16s_151_repair_manual.pdf

[28] PACHER, Tomáš. System Online [online]. 2000, [cit. 29.03.2019].

<https://www.systemonline.cz/clanky/axalant-nova-generace-pdm.htm>