

**Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# **Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: Strojírenství

Zaměření: Obrábění a montáž

## **RACIONALIZACE OPERACÍ OBRÁBĚNÍ OZUBENÝCH KOL PRO PŘEVODOVKU MQ200 VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s., MLADÁ BOLESLAV**

## **RATIONALIZATION OF THE GEAR MACHINING OPERATIONS AT THE MQ200 TRANSMISSION IN ŠKODA AUTO a.s., MLADÁ BOLESLAV**

**KOM - 1174**

***Jan Dlouhý***

Vedoucí práce:

Doc. Ing. Karel Dušák, CSc.

Konzultant:

Bc. David Radůšek – Škoda Auto a.s.

Počet stran: 60

Počet příloh: 4

Počet tabulek: 12

Počet obrázků: 34

14. 05. 2012

**RACIONALIZACE OPERACÍ OBRÁBĚNÍ OZUBENÝCH KOL PRO  
PŘEVODOVKU MQ200 VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s., MLADÁ BOLESLAV**

*ANOTACE:*

Bakalářská práce se zabývá racionalizací operací obrábění kol 1. a 2. rychlostního stupně pro převodovku MQ 200 ve firmě Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav. Cílem je navrhnout nové uspořádání strojů a obsazení členů obsluhy na jednotlivých operacích.

**RATIONALIZATION OF THE GEAR MACHINING OPERATIONS  
AT THE MQ200 TRANSMISSION  
IN ŠKODA AUTO a.s., MLADÁ BOLESLAV**

*ANNOTATION:*

This bachelor thesis focuses on rationalization of the 1st and 2nd gear machining operations at the MQ 200 transmission in Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav. The objective is to propose new layout of productive machines and operators function for individual operations.

Klíčová slova: RACIONALIZACE, MQ 200, OZUBENÉ KOLO

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2012

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 60

Počet příloh: 4

Počet tabulek: 12

Počet obrázků: 34

## ***MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ***

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

14. 05. 2012

.....

Jan Dlouhý

## Obsah

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Seznam použitých zkratek a symbolů .....                     | 6  |
| 1. Úvod .....                                                | 7  |
| 1.1 Historie firmy Škoda Auto a.s. ....                      | 8  |
| 1.2 Současný popis firmy .....                               | 9  |
| 1.3 Sortiment a výroba agregátů.....                         | 10 |
| 1.4 Výroba převodovek MQ 200 .....                           | 11 |
| 2. Převodovka MQ 200.....                                    | 12 |
| 2.1 Konstrukce převodovky MQ 200 .....                       | 13 |
| 2.2 Popis kol 1. a 2. rychlosti .....                        | 17 |
| 3. Výroba kol 1. a 2. rychlosti převodovky MQ 200.....       | 19 |
| 3.1 Výrobní postup .....                                     | 20 |
| 3.2 Výrobní systém.....                                      | 26 |
| 4. Racionalizace výrobního systému .....                     | 30 |
| 4.1 Měření spotřeby času.....                                | 30 |
| 4.2 Způsob měření a vyhodnocení výsledků .....               | 32 |
| 4.3 Analýza současného stavu .....                           | 35 |
| 4.4 Navrhovaná opatření pro racionalizaci výroby .....       | 38 |
| 4.4.1 Opatření A .....                                       | 39 |
| 4.4.2 Opatření B .....                                       | 42 |
| 4.4.3 Opatření C .....                                       | 46 |
| 4.4.4 Opatření D .....                                       | 49 |
| 4.5 Popis výrobního střediska po racionalizaci operací ..... | 51 |
| 4.6 Ekonomické zhodnocení.....                               | 56 |
| 5. Závěr.....                                                | 58 |
| Seznam použité literatury .....                              | 60 |
| Seznam příloh .....                                          | 60 |

## Seznam použitých zkratk a symbolů

|                    |                                                                           |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b>           | Označení vozidel nižší střední třídy                                      |
| <b>A00</b>         | Označení třídy vozidel skupiny mini                                       |
| <b>CNC</b>         | Počítačem řízený stroj                                                    |
| <b>H1, H2, H3</b>  | Haly hutního provozu                                                      |
| <b>HTP</b>         | 3-válcový zážehový motor 1.2l                                             |
| <b>KPO</b>         | Kontrolní plán operace                                                    |
| <b>MQ 100</b>      | Typ převodovky pro přenos kroutícího momentu motoru do 120 Nm             |
| <b>MQ 200</b>      | Typ převodovky pro přenos kroutícího momentu motoru do 200 Nm             |
| <b>M2</b>          | Výrobní hala komponentů převodovky MQ 200                                 |
| <b>M6</b>          | Montážní hala převodovky MQ 200                                           |
| <b>NS 2142</b>     | Nákladové středisko hnaného hřídele                                       |
| <b>NS 2144</b>     | Nákladové středisko chemicko-tepelného zpracování                         |
| <b>Op.</b>         | Operace                                                                   |
| <b>SQ 100</b>      | Typ automatické převodovky pro přenos kroutícího momentu motoru do 120 Nm |
| <b>TSI</b>         | 4-válcový přeplňovaný zážehový motor 1.2l                                 |
| <b>VA</b>          | Výroba agregátu                                                           |
| <b>02T 311 251</b> | Výrobní číslo kola 1. rychlostního stupně                                 |
| <b>02T 311 261</b> | Výrobní číslo kola 2. rychlostního stupně                                 |

## 1. Úvod

Vzhledem k sílící konkurenci v automobilovém průmyslu je čím dál více za potřeby za stejné náklady zvyšovat kvalitu a výbavu vyráběných automobilů. Jen díky tomu si lze udržet dostatečný počet zákazníků umožňujících rozvoj firmy a jejího produktového portfolia.

Jedním ze způsobů jak toho docílit, je snižovat náklady na výrobu formou racionalizací a vylepšení pracovišť výrobních středisek. Díky tomu se mohou snížit výrobní časy, či zlepšit procesy výroby a ušetřit tak ročně nemalé náklady.

Bakalářská práce se zabývá časovou studií a návrhem racionalizace pracovišť výroby kol 1. a 2. rychlostního stupně převodovky MQ 200 ve firmě Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav.

Cílem je navrhnout jednotlivá opatření vedoucí k rovnoměrnému využití obsluhy strojů se zachováním či zlepšením ergonomie a materiálového toku a minimalizovat tak ztrátové časy při stávající produkci a návratností investic do dvou let.

Bakalářská práce je rozdělena do části teoretické, kde je popsána výroba agregátů ve společnosti Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav a konstrukce převodovky MQ 200. Dále je zde uveden popis jednotlivých výrobních operací kol 1. a 2. rychlostního stupně.

V druhé experimentální části je popis metodiky časové studie použité při analýze výrobního střediska. Analýza spočívá v měření časů obsluhy s jejich následným vyhodnocením.

Zjištěné hodnoty jsou zapsány do přehledných tabulek a zobrazeny v grafech. Po analýze těchto hodnot jsou navržena jednotlivá opatření pro racionalizaci pracovišť.

Podklady pro zpracování bakalářské práce byly získány z odborné literatury zabývající se touto problematikou a internetových stránek. Dalšími potřebnými a cennými zdroji informací byly interní materiály společnosti Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav.

## 1.1 Historie firmy Škoda Auto a.s.

Historie firmy Škoda Auto začala v roce 1895, kdy knihkupec Václav Klement a mechanik Václav Laurin založili malý podnik na výrobu jízdních kol.

Poté v roce 1899 začali s výrobou motocyklů pod značkou Laurin & Klement, s kterými se účastnili i motocyklových závodů.

Rozmachu se firma dočkala v roce 1905 po výrobě prvního modelu automobilu značky Voiturette A, který je vidět na obrázku 1. Díky komerčnímu úspěchu se firma stala v roce 1907 akciovou společností.



Obr. 1 – Automobil Voiturette A

Během první světové války se podnik stal součástí válečné výroby. Po válce společnost rozšířila nabídku o nákladní automobily, ale také i o letecké motory.

V roce 1925 se firma spojila s plzeňským strojírenským podnikem Škoda, což znamenalo zánik značky Laurin & Klement a nadále bylo používáno jméno a znak Škoda.

V průběhu velké hospodářské krize byla společnost přejmenována na ASAP (akciová společnost pro automobilový průmysl), pokračující však v úspěšné éře, přerušené až druhou světovou válkou, za které se stala částí koncernu Hermann-Göring-Werke a musela se plně orientovat na válečnou výrobu.

Po válce se oddělila výroba autobusů a nákladních vozidel do samostatných firem v Jablonci nad Nisou a Mníchově Hradišti, a posléze byla výroba autobusů značky Škoda úplně přerušena a monopolním výrobcem se stala firma Karosa ve Vysokém Mýtě. Nákladní automobily byly nadále vyráběny pod značkou LIAZ.

Poté byla automobilka oddělena od plzeňské části podniku a přeměněna na AZNP (automobilové závody, národní podnik) Mladá Boleslav.

16. dubna roku 1991 se Škoda stala spolu se značkami WV, SEAT a AUDI čtvrtou značkou koncernu Volkswagen a byla opět přejmenována, tentokrát na Škoda, automobilová akciová společnost. Díky tomuto kroku se podařilo dohnat technologický skluz vzniklý izolací od západních států [1].

## **1.2 Současný popis firmy**

Nyní je jediným akcionářem automobilky Škoda Auto společnost Volkswagen International Finance N. V. sídlící v Amsterdamu. Od 1. září 2010 je jejím předsedou představenstva Prof. Dr. h. c. Winfried Vahland spolu s dalšími šesti členy.

Kromě Mladé Boleslavi, Kvasin a Vrchlabí má Škoda Auto závody také mimo naši republiku a to na Ukrajině, v Indii, Bosně a Hercegovině, Kazachstánu, Číně a Rusku. Vyrábějí se zde modely Citigo, Fabia, Octavia, Octavia Tour, Roomster, Yeti, Superb a Rapid. Kromě modelů Citigo, Octavia Tour a Rapid jsou k dostání také ve verzích GreenLine, což jsou výbavy, které s rezervou plní emisní normu EU5 a Škoda Auto se tak jednoznačně hlásí k trendu snižování spotřeby pohonných hmot a emisí CO<sub>2</sub>.

V roce 2011 automobilka vyrobila 762 600 vozů, které prodala téměř do celého světa a díky těmto tržbám patří firma Škoda Auto mezi podniky s největším exportem u nás.

Firma Škoda Auto se také podílí na podpoře školství, kdy kromě středního odborného učiliště ležícího přímo v závodě, nabízí studium i na Vysoké škole na Karmeli. Na středním odborném učilišti jsou všechny obory zaměřeny na strojírenství a elektrotechniku a díky tomu mají vystudovaní žáci zaručeno pracovní místo přímo v závodě Škoda Auto. Vysoká škola pak zaručuje profesní bakalářské i navazující magisterské studijní obory ekonomického zaměření. Předměty jsou orientovány na automobilový průmysl, a proto mnozí absolventi najdou uplatnění v rámci firmy Škoda Auto nebo u jejich dodavatelů [2].

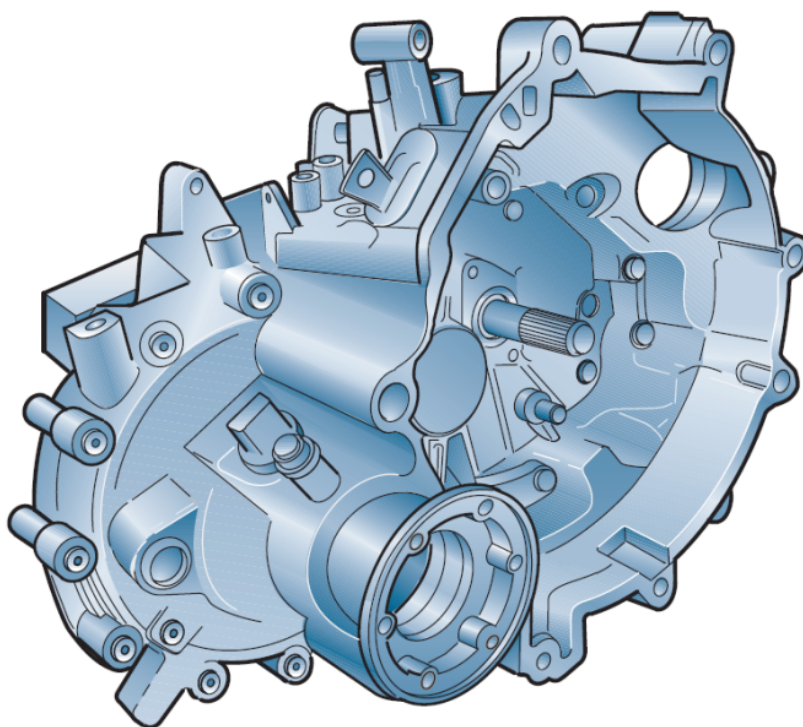
### 1.3 Sortiment a výroba agregátů

V současné době pod oddělení Výroba agregátů Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav patří čtyři výrobní útvary - výroba motorů, výroba převodovek, výroba náprav a hutní provoz a tři útvary podpůrné - technický servis, logistika a nové projekty závodu VA [3].

Pro výrobu novodobých motorů a převodovek byla v mladoboleslavském závodě vystavěna nová hala s označením M6, kde 20. 12. 2001 začala výroba motorů a pokračuje tak více než 110 let stará tradice výroby motorů v Mladé Boleslavi.

Průměrná produkce motorových linek je přibližně 3000 motorů za den, kdy se nejčastěji vyrábějí tříválcové motory 1,2 HTP s výkony 44kW a 51kW a čtyřválcové nízkoobjemové přeplňované motory 1,2 TSI s výkony 63kW a 77kW. Dále jsou zde dokončovány motory, které nejsou vyráběny přímo v závodě Škoda Auto, ale jsou dováženy ze závodů Chemnitz a Salzgitter. Z celkové produkce tvoří tyto dovážené motory zhruba 600 motorů za den.

V téže hale byla 01. 01. 2001 zahájena montáž pětistupňových převodovek MQ 200, které se vyrábějí i nyní, v různých minimálních modifikacích. Převodovka MQ 200 je znázorněná na následujícím obrázku 2.



Obr. 2 - Převodovka MQ 200

Kromě již zmíněných motorů vyráběných v závodě Škoda Auto se tento typ převodovky používá u motorů 1,4 MPI 59kW a 63kW a také u 1,4 TSI 90kW a 92kW.

Produkce dvou převodovkových linek činí zhruba 1850 převodovek za den, kdy jich za více jak deset let existence bylo vyrobeno přes 4 mil. kusů.

První linka převodovek byla v roce 2011 přestavena i na výrobu typu MQ 100, což je menší a lehčí typ převodovky, dnes používaný například ve Škodě Citigo nebo VW UP, kde je použita motorizace 1,0 MPI 44kW a 55kW. Tento typ převodovky má možnost automatizace a je v malém množství vyráběn pod označením SQ 100 [4].

## **1.4 Výroba převodovek MQ 200**

Samotná výroba převodovek MQ 200 začíná v halách H1, H2 a H3 hutního provozu, kde jsou odlévány skříně spojky a převodovky a kovány polotovary pro výrobu hřídele a pastorku. Poté jsou skříně převezeny do haly M6, kde se provádí dokončovací operace na automatických obráběcích strojích a konečná montáž na montážní lince.

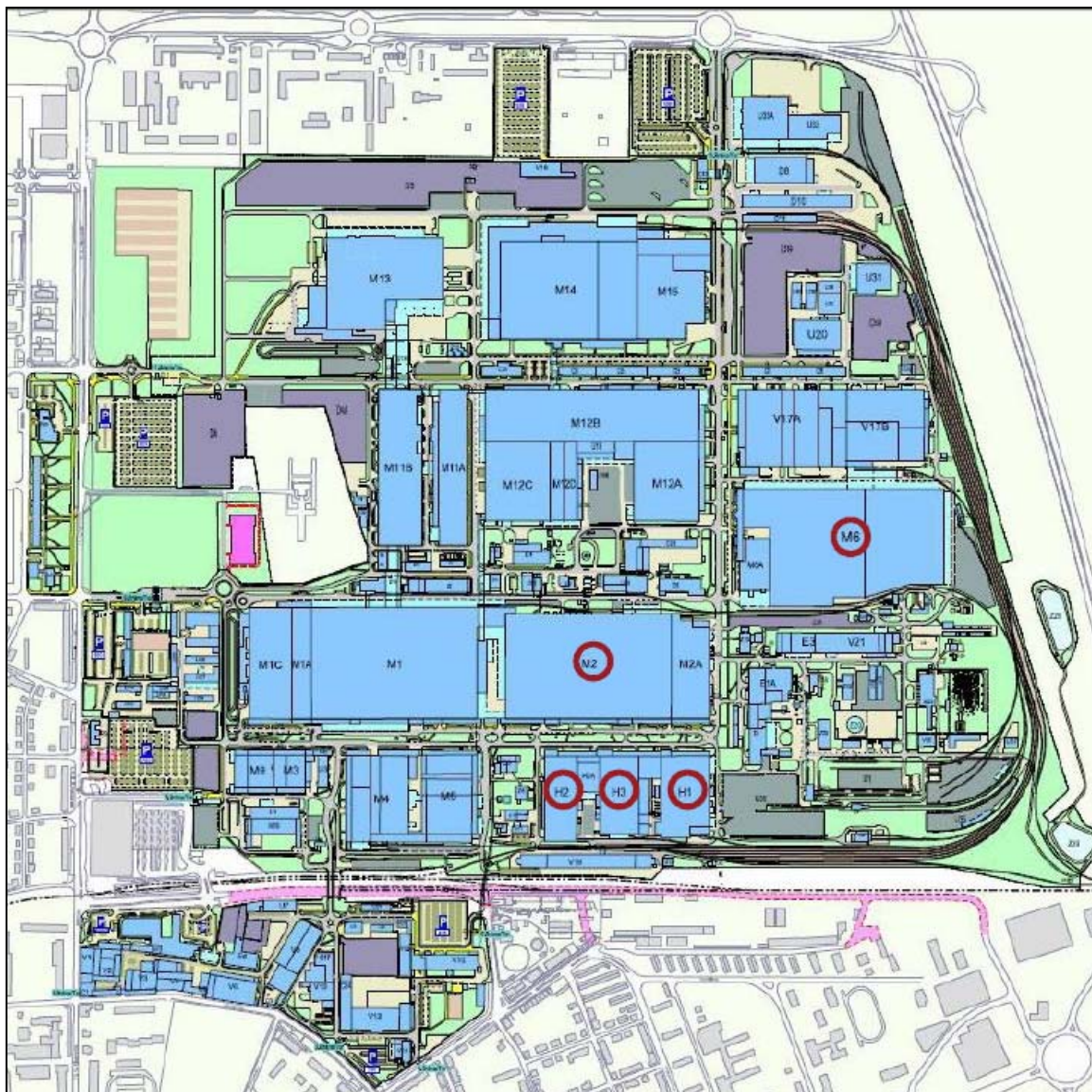
Polotovary hřídele a pastorku jsou opracovávány v hale M2, poté chemicko-tepelně upraveny v téže hale a k celkové kompletaci převáženy do haly M6. Rozmístění hal je vidět na obrázku 3.

Veškeré vyrobené díly jsou během výroby průběžně kontrolovány na kontrolních pracovištích umístěných přímo u obráběcích strojů a při jakémkoliv nedostatku buď opraveny, nebo odvezeny zpět do hutního provozu na roztavení a opětnou výrobu polotovarů.

Samotná montáž převodovky se provádí v hale M6, kde jsou k dispozici dvě montážní linky na výrobu převodovek.

Vyrobené převodovky se odzkouší na zkušebních stavech, poté se svěsí do palet, a pokud jsou pořádku, odváží se na montáž vozů, ať už v Mladé Boleslavi, nebo do závodů celého koncernu VW.

Pro výrobu hřídelí, ozubených kol, unašečů a dílů synchronizace je v hale M2 zapotřebí 164 strojů a zařízení, rozkládajících se na více než 13 800 m<sup>2</sup>. Na výrobu skříní a montáž převodovek v hale M6 o rozloze 15 726 m<sup>2</sup> je zapotřebí 72 strojů a zařízení a již zmiňovaných dvou montážních linek [5].



Obr. 3 – Rozmístění hal v závodě Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav

## 2. Převodovka MQ 200

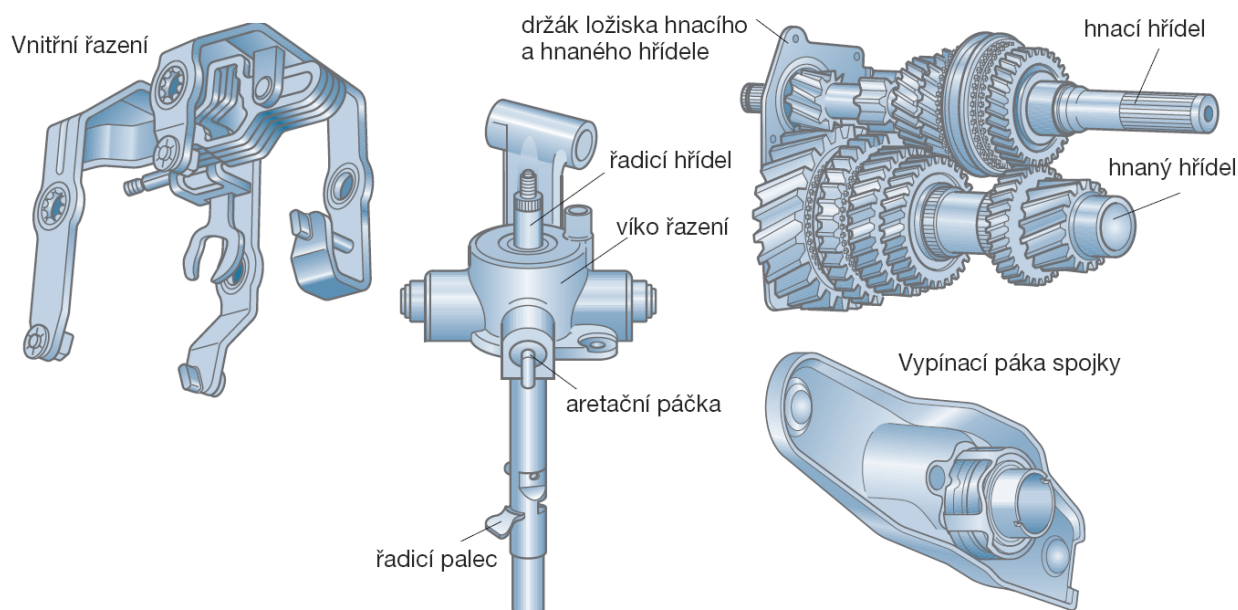
Tento typ převodovky nalézá využití u vozů celého koncernu ve spojení s mnoha typy motorů ve vozech od třídy A00 až po třídu A. Jedná se o mimořádně lehkou 5stupňovou převodovku pro vozy s náhonem na přední kola, kde je skříň vyrobena ze slitin hořčíku a již z názvu vyplývá, že dokáže přenášet krouticí moment do 200Nm [7].

Úlohou převodovky, zařazené mezi spojku a rozvodovku, je zajistit, aby byl na hnací kola vozidla přenášen vždy potřebný hnací točivý moment a umožnil tak bezproblémový pohyb motorového vozidla. Toho se docílí použitím různého převodového

stupně v převodovce a přes rozvodovku se dosáhne na hnacích kolech požadovaného počtu hnacích otáček a točivých momentů. Dále převodovka umožňuje dlouhodobé přerušování přenosu točivého momentu a změnu jeho smyslu, čímž se docílí zpětného chodu vozidla [6].

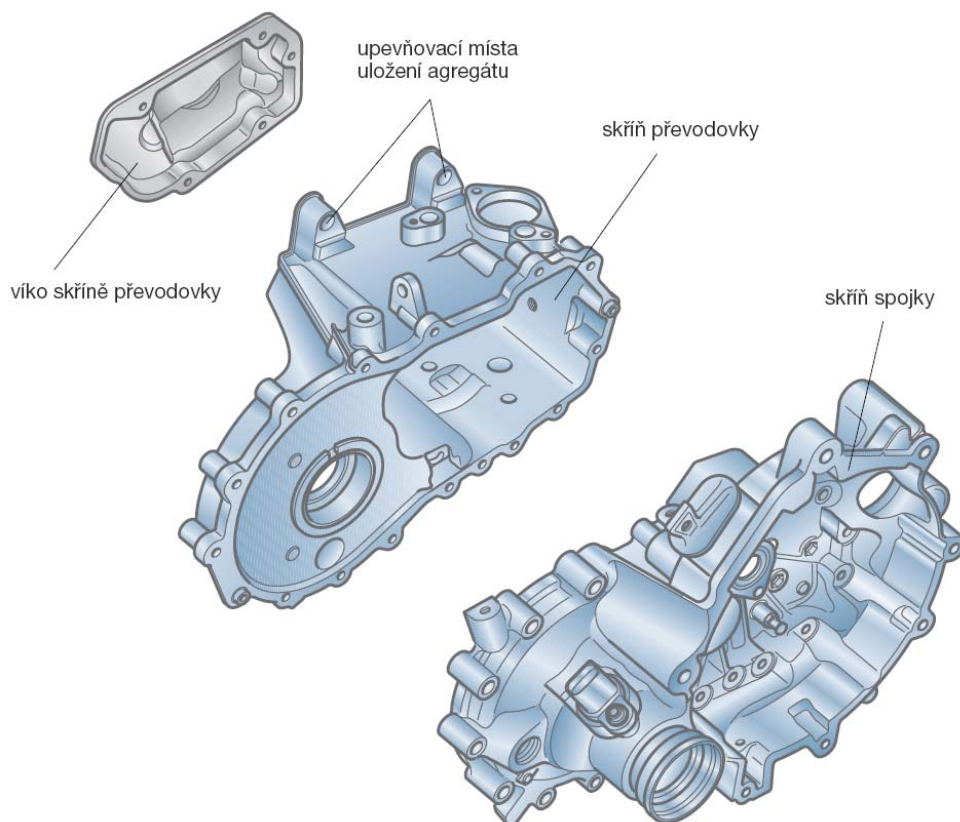
## 2.1 Konstrukce převodovky MQ 200

Kvůli zjednodušení montáže i servisu byly jednotlivé montážní skupiny vytvořeny jako moduly znázorněné na obrázku 4. Mezi tyto montážní celky patří vypínací páka spojky zahrnující v sobě vypínací páku, vypínací ložisko a vodící pouzdro. Dále pak řadicí hřídel s víkem řazení, v kterém se nacházejí všechny dorazy, pera, vodící prvky řazení a aretační páčka. Poté se k těmto celkům řadí ještě vnitřní řazení s řadicími vidličkami, pákami řazení a uložením a držák ložiska hnacího a hnaného hřídele s oběma kuličkovými ložisky a namontovanou hnací a hnanou hřídelí.



Obr. 4 – Moduly převodovky MQ 200

Skříň je tvořena dvěma částmi a to skříní převodovky a skříní spojky a směrem ven je uzavřena víkem, jak je vidět na obrázku 5. Kvůli použití hořčíkové slitiny, která má menší hustotu, ale i menší pevnost než slitina hliníková, musí být vyráběna se silnějším žebrováním a větší tloušťkou stěn. Přesto je hmotnost skříně nižší o 2,5 kg [7].



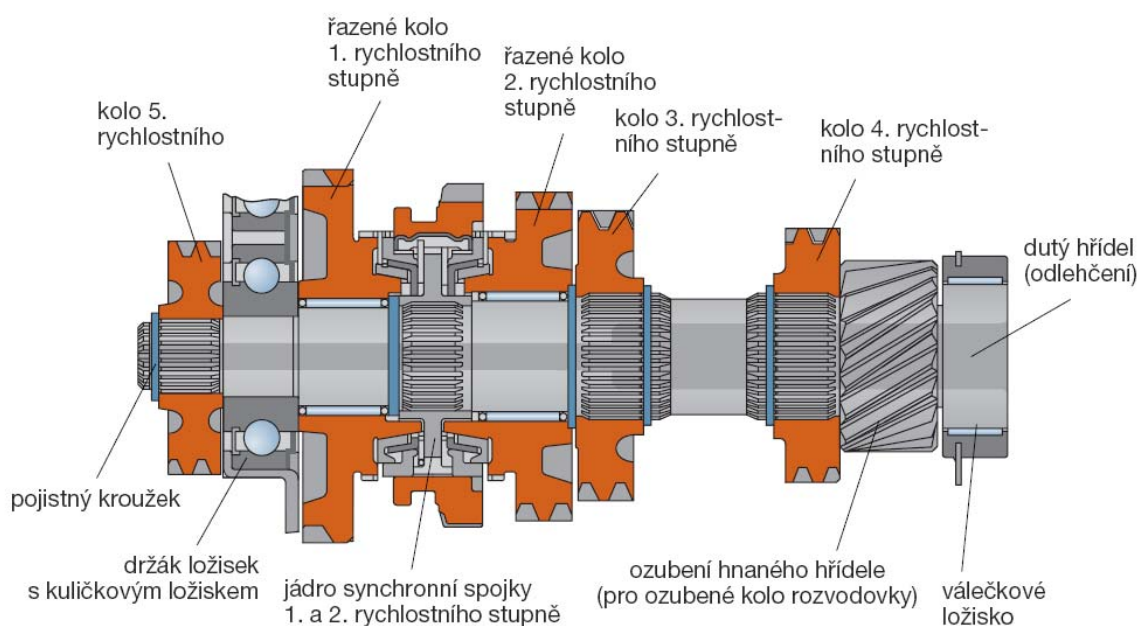
Obr. 5 – Části skříně převodovky MQ 200

Hnací hřídel je volně uložena ve válečkovém ložisku ve skříní spojky a pevně v kuličkovém ložisku, v již zmiňovaném držáku ložisek. Pro snížení hmotnosti hnací hřídele je v jeho ose vyvrtána slepá díra. Přímou na hřídeli jsou vytvořena ozubení pro kola 1. a 2. rychlostního stupně, o jejichž výrobě pojednává tato bakalářská práce a ozubení pro kolo zpětného chodu.

Na jehlových ložiskách jsou volně uložena řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně, díky čemuž je zaručen tichý chod převodovky. Jádru synchronní spojky 3. a 4. rychlostního stupně a jádru synchronní spojky 5. rychlostního stupně jsou s hnací hřídelí pevně spojena drážkováním. Pomocí pojistných kroužků jsou ve svých polohách udržovány řazená kola a synchronní spojky, a jakmile je zařazen rychlostní stupeň, je s hnací hřídelí spojeno příslušné řazené kolo [7].

Hnaná hřídel, znázorněná na obrázku 6, která je také odlehčena pomocí vyvrtané díry, je ve skříní převodovky uložena obdobně jako hřídel hnací a to tak, že na jednom konci je pevně v kuličkovém ložisku v držáku ložisek a na druhém volně ve válečkovém

ložisku ve skříní spojky. Kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně a jádro synchronní spojky 1. a 2. rychlostního stupně jsou s hnanou hřídelí spojena pomocí drážkování a ve svých polohách zajištěna pojistnými kroužky. Řazená kola 1. a 2. rychlostního stupně jsou opět uložena na jehlových ložiskách, jako je tomu u hnací hřídele s řazenými koly 3., 4. a 5. rychlostního stupně [7].



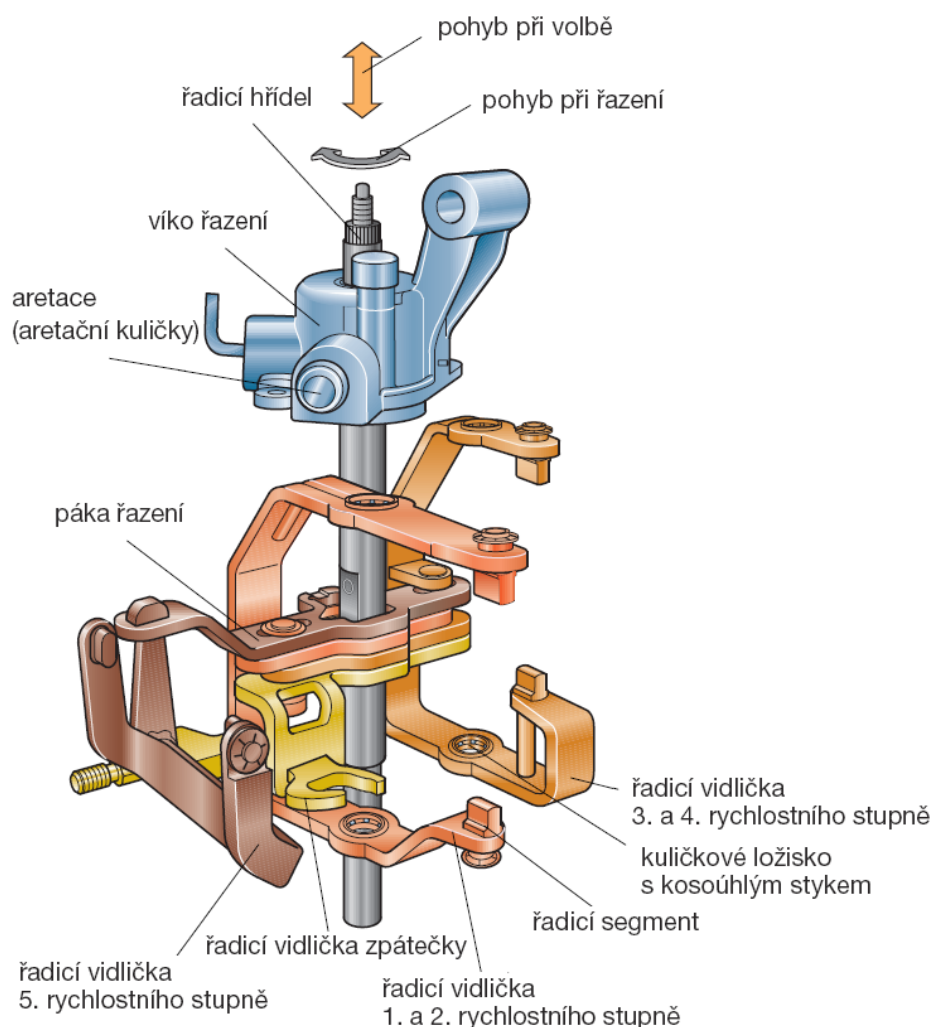
Obr. 6 – Hnaná hřídel převodovky MQ 200

Pro lepší montáž hnací a hnané hřídele se u převodovky typu MQ 200 používá držák ložisek. Obě kuličková ložiska, která slouží k pevnému uložení těchto hřídelí, nejsou nalisována do skříně, ale jsou součástí samotného dílu.

Celý modul, zobrazen na obrázku 4, skládající se z držáku ložisek a hnací a hnané hřídele se soustavou ozubených kol, se sestavuje mimo převodovku. Poté se takto vzniklý modul lehce namontuje do skříně převodovky a již na montážní lince dojde k vlisování držáku do skříně a zajistí se na ní šesti šrouby. Proti vnikání částec otěru, obsažených v převodovém oleji, jsou kuličková ložiska z obou stran chráněna těsněním [7].

Dalším dílem, který tvoří s převodovkou jednu součást, je diferenciál. Je uložen ve dvou optimalizovaných kuželíkových ložiskách nalisovaných ve skříní převodovky a ve skříní spojky. Na přírubových hřídelích jsou těsnicí kroužky s rozdílným průměrem, utěšňující skříň diferenciálu. Se skříní diferenciálu je snýtováno ozubené kolo rozvodovky a spárováno s hnaným hřídelem [7].

Kvůli přenosu vibrací a kmitání z agregátu je převodovka pomocí dvou lanek, pro volbu převodového stupně a řazení přenášejících pohyby na řadící hřídel, spojená s řadící pákou ve voze. Řadící pohyby jsou do převodovky přiváděny seshora na řadící hřídel a během pohybů při volbě se pohybuje v axiálním směru a při řazení se natáčí. Pohyby řadící hřídele jsou znázorněny na obrázku 7. V příslušných polohách je řadící hřídel jištěna dvěma aretačními kuličkami. Pro usnadnění řazení jsou řadící vidličky 1. a 2. rychlostního stupně a řadící vidličky 3. a 4. rychlostního stupně uloženy v kuličkových ložiskách s kosoúhlým stykem. Řadící vidlička pro 5. rychlostní stupeň má uložení kluzné. Při řazení posouvá hřídel řazení svým palcem páky řazení, která poté pohne řadící vidličkou a její řadící segmenty zapadnou do přesuvné objímky páru kol příslušného rychlostního stupně [7].



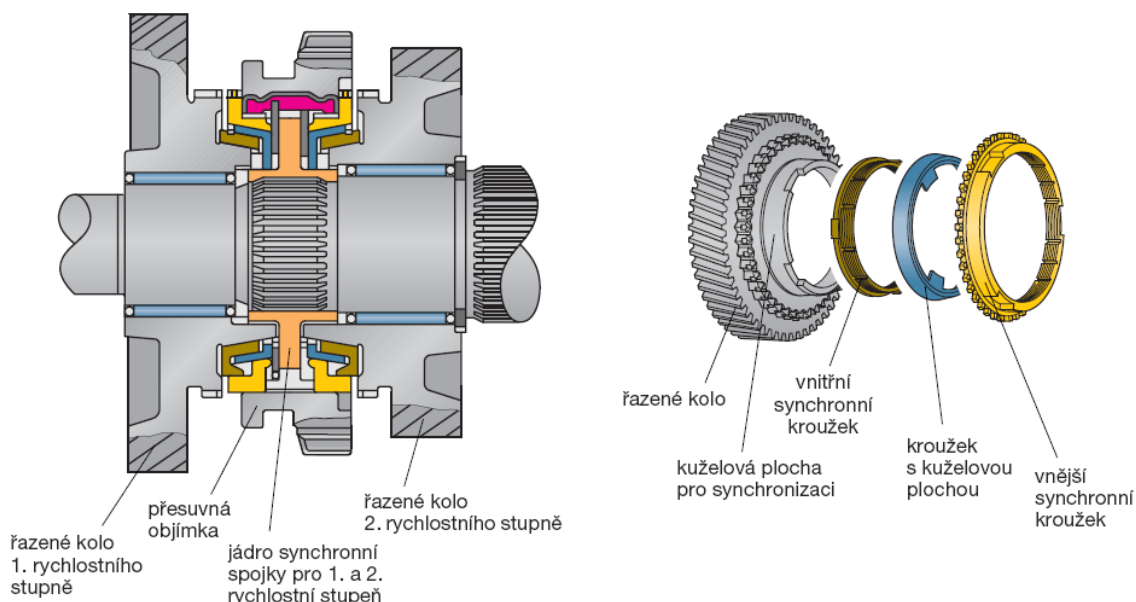
Obr. 7 – Řadící hřídel převodovky MQ 200

## 2.2 Popis kol 1. a 2. rychlosti

Ozubená kola 1. a 2. rychlostního stupně slouží k přenosu krouticího momentu motoru z hnací hřídele na ozubené kolo rozvodovky a dále na diferenciál. Krouticí moment je z ozubení hnací hřídele přenášen na hlavní ozubení kola daného rychlostního stupně a poté přes synchronní ozubení na přesuvnou objímku a jádro synchronní spojky pro 1. a 2. rychlostní stupeň. To zda je v záběru kolo prvního nebo druhého rychlostní stupně závisí na zařazeném převodovém stupni.

Převodové kolo má tedy zhruba tyto části. Hlavní ozubení se šikmými zuby, vnitřní průměr kola, v kterém je zasunuto jehlové ložisko zajišťující volné otáčení na hnané hřídeli a synchronní ozubení, kuželovou plochu a tři čelní drážky sloužících k synchronizaci hnací a hnané hřídele.

Synchronizace je prováděna kvůli snadnějšímu zařazení převodového stupně a zajišťuje dosažení stejného počtu otáček hnací a hnané hřídele. Pro lepší synchronizaci 1. a 2. převodového stupně u převodovky MQ 200 se používá dvojitá synchronizace znázorněná na obrázku 8.



Obr. 8 – Součásti dvojnásobné synchronizace u převodovky MQ 200

Díky zdvojnásobení třecích kuželových ploch se účinnost synchronizace zvýšila zhruba o 50 %, v důsledku čehož se síla potřebná k řazení snížila o polovinu.

V současné době se pro převodovku MQ 200 vyrábí 4 druhy kol 1. rychlostního stupně s označením 02T 311 251 a indexem \_\_, B, H nebo J a 6 druhů kol 2. rychlostního stupně s označením 02T 311 261 a indexem \_\_, A, G, J, K nebo N.

Rozdíly mezi těmito druhy kol jsou například v hlavovém průměru, převodovém poměru, tepelném zpracování nebo hmotností kola. Použití určitého druhu kol závisí na druhu automobilu a motorové kategorizaci, ke které je převodovka dodávána.

Kolo 1. rychlostního stupně je vidět na prvním listu výkresu TAB 001 808 v příloze 1 a v příloze 2 obsahující druhý list výkresu TAB 001 808 je zobrazena tabulka parametrů vyrábějících se kol s indexem \_\_ a B. Zobrazení kola 2. rychlostního stupně a tabulky parametrů pro kola s indexem \_\_ a A je vidět na prvním a druhém listu výkresu TAB 001 808 A v příloze 3 a 4.

Na výkresech kol jsou číselně okótovány ty rozměry, které jsou pro všechny druhy kol stejné. Je to například vnitřní průměr kola, který má u kola 1. rychlosti rozměr 32 mm a u kola 2. rychlosti 35,7 mm s příslušnou tolerancí. Dále je na prvních listech tabulka, s označením VZB, pro parametry synchronního ozubení a detaily a řezy kol pro přehlednější znázornění jednotlivých částí.

V pravém dolním rohu je tabulka s typy kol, která se vyrábí, či se vyráběla a v ní uveden převodový poměr, váha kola, materiál, z kterého je kolo vyrobeno, chemicko-tepelné zpracování, datum nasazení do výroby a číslo listu, na kterém jsou jednotlivé tabulky s parametry kol.

Na druhých listech výkresů (příloha 2 a 4) jsou jednotlivé parametry kol, jako je například počet zubů, modul, úhel sklonu zubů nebo patní a hlavový průměr. Z těchto tabulek lze třeba vyčíst, že hlavový průměr kola 1. rychlosti s indexem B je 105,3 mm a je tudíž větší, než hlavový průměr kola 2. rychlosti s indexem A, který má rozměr 90,35 mm s příslušnou tolerancí.

Výkresy v příloze 1 a 3 mají shodné měřítko, ale neodpovídá měřítku uvedenému na výkresu. Měřítko v příloze 2 a 4 také není dodrženo, ale jelikož se jedná o tabulky, není tento poměr podstatný.

### **3. Výroba kol 1. a 2. rychlosti převodovky MQ 200**

V této části bakalářské práce jsou popsány výrobní operace řazených kol 1. a 2. rychlostního stupně převodovky MQ 200, jejichž racionalizace bude prováděna.

Výroba těchto ozubených kol s označením 02T 311 251 pro kolo 1. rychlosti a 02T 311 261 pro kolo 2. rychlosti, nacházející se v nákladovém středisku NS 2142, je spolu s výrobou hnací a hnanou hřídelí, ozubených kol dalších rychlostních stupňů, hnaného kola rozvodovky a výrobou kola zpětného chodu umístěna v hale M2.

Samotná výroba začíná v hutních, kde se kola pro 1. a 2. rychlost vykovávají. Tyto výkovky jsou v plechových bednách odvezeny do haly M2 a obsluha zde podle technologických postupů zajišťuje jejich další zpracování.

Toto zpracování se provádí na 21 strojích, spadajících pod nákladové středisko NS 2142. Pro samotné obrábění se používá 17 strojů a dále pak 2 stroje pro praní, sloužících k očištění polotovarů po jednotlivých výrobních operacích a 2 stroje k měření hotových dílů.

Stroje podílející se na opracování jsou uspořádány do výrobní linky a vybaveny manipulátory a zásobníky obrobků.

Obrobené díly se ukládají do speciálních kovových schránek přizpůsobených tak, aby nedocházelo k poškození přepravovaných dílů. Materiálový tok celou výrobní linkou je prováděn pomocí mezioperačních vozíků, jejichž pohyb zajišťuje obsluha strojů.

Obráběcí stroje jsou zde připojeny k centrálnímu rozvodu elektrické energie, stlačeného vzduchu a hydraulické kapaliny. Pracoviště jsou vybavena skříněmi na nářadí a ochranné pomůcky. Pro mezioperační měření je u každého stroje měřicí a kontrolní pracoviště, kde se kromě měřidel a kontrolních přípravků nachází také dokumentace pro danou výrobní operaci. Základní dokumentací nutnou pro pracovníka je návodka s výrobním postupem a kontrolní plán operace - KPO. V návodce je uveden výrobní postup a veškeré informace, které obsluha strojů potřebuje ke své činnosti. Výrobnímu postupu odpovídá CNC program, zadaný ve stroji, podle kterého probíhá obrábění dílu.

Čísla programů pro všechny varianty vyráběných dílů jsou uvedena v návodce a v případě změny typu dílu je obsluha změni pouze pomocí operačního panelu stroje. Kontrolní plán operace obsahuje všechna předepsaná měření a kontrolní činnosti na operaci. Předepisuje také četnost měření, měřidlo nebo kontrolní přístroj, na kterém se měření provádí. V kontrolním plánu je také uvedeno, zda se měření zaznamenává, jakou formou a jaký druh formuláře musí pracovník použít k záznamu příslušných rozměrů.

### 3.1 Výrobní postup

Celý výrobní postup se skládá z operací č. 5, 15, 17, 18, 45, 48, 50, 70, 72, 73, 75, 80, 130, 132 a 150 pro kolo 1. a 2. rychlosti. Pod operaci č. 80 jsou u obou kol rychlostí zahrnuty operace č. 90, 100, 110, 120 a 120K chemicko-tepelného zpracování probíhajícího v nákladovém středisku NS 2144 téže haly.

První operace č. 5 je operace soustružení, prováděna celkem na čtyřech CNC strojích EMAG VSC200 DUO, kdy dva stroje jsou určeny pro soustružení kola 1. rychlosti a zbylé dva pro kola 2. rychlosti. Na obrázku 9 lze vidět stroj EMAG VSC200 DUO s kolem 1. rychlosti před a po obrobení.



Obr. 9 – Operace č. 5 - soustružení

Pro každý pár strojů je určena jednočlenná obsluha, která z plechových beden vkládá přivezené výkovky do zásobníku stroje. Ty jsou uvnitř stroje automaticky upnuty, opracovány dle technologického postupu a po vjetí do vykládacího zásobníku stroje rovnány do kovových schránek mezioperačních vozíků.

V této operaci jsou soustruženy podélné a čelní plochy kol, sraženy hrany a vytvořeny zápichy za kuzelem a mezi synchronem a hlavním ozubením. Správnost opracování kontroluje obsluha dle kontrolního plánu operace.

Po osoustružení následuje operace obrážení č. 15, v které jsou obráženy synchronní ozubení kol. Pro tuto operaci je opět určen zvlášť stroj pro kola 1. rychlostního stupně a

pro kola 2. rychlostního stupně. Jedná se o dva stroje Lorenz LS 122 obsluhované jednočlennou obsluhou.

Zde jsou kola vkládána do zásobníku stroje již z mezioperačních vozíků, ve stroji automaticky upnuty a po obražení vkládány z vykládacího zásobníku opět do mezioperačních vozíků. Při nakládání do vozíků obsluha sleduje a případně odstraňuje otřepy po obražení a dle kontrolního plánu kontroluje opracované díly.

Následně ta samá obsluha strojů odváží osoustružená a obražená kola na operaci č. 17, kde se na stroji ROLL RSET společném pro oba druhy kol, zobrazeném na obrázku 10, provádí praní.



Obr. 10 – Operace č. 17 - praní

Na vstupní část dopravníku pračky se ve dvou vrstvách uloží kovové schránky z mezioperačních vozíků a po skončení pracího, oplachového a sušícího cyklu se tyto schránky vrátí z výstupní části opět do vozíku. V případě potřeby se plechové schránky perou v průběžné pračce AKTIVIT.

Po výměně nástroje na některé z předcházejících operací a jednou za směnu se pomocí přístroje Klingelberg ZPK 260 provádí na operaci č. 18 v měrovém středisku

měření tvarové úchylky boku zubu, jednotlivé úchylky rozteče, součtové chyby roztečí, patního průměru a házení ozubení.

Poté jsou kusy odvezeny na operaci č. 45 a naloženy do odvalovací frézky OFA 32 CNC 6, kdy pro každý druh kola je určen jeden stroj a poté mají jeden stroj společný. Stroj OFA 32 CNC 6 spolu s dílem před a po obrobení je vidět na obrázku 11.



Obr. 11 – Operace č. 45 - frézování

Ve stroji se kus automaticky upne, ofrézuje hlavní ozubení s přídavkem pro ševingování a odloží do zásobníku.

Stroje jsou opět obsluhovány jednočlennou obsluhou, která provádí i kontrolu dle kontrolního plánu operace.

Při výměně nástroje, či jednou za směnu se v operaci č. 48 opět provádí kontrola na měrovém středisku, kde se kontroluje úhlová úchylka profilu a sklonu zubu, cyklická úchylka kola a průměr patní kružnice.

Následuje operace č. 50, kde jsou na stroji PRÄWEMA, zobrazeném na obrázku 12, opracovány úkosy spojkového ozubení, čelní drážky, provedeno sražení a odjehlení hlavního ozubení. Obrobky jsou opět automaticky upínány a vkládány a vykládány přes zásobníky obrobků. Je zde opět vícestrojová obsluha ovládající dva stroje, vždy jeden stroj pro jeden druh kola.



Obr. 12 – Operace č. 50 - frézování

Ofrézované a odjehlené kusy se pomocí mezioperačních vozíků převáží na operaci ševingování č. 70 a po automatickém upnutí je ševingováno ozubení kol.

Na tuto operaci jsou vyčleněny dva stroje SV 30 CNC pro kola 1. rychlosti a další dva stroje pro kola 2. rychlosti, které jsou ovládány jednočlennou obsluhou. Tento stroj je vidět na obrázku 13. Kontrolní plán operací určuje četnost kontrol a správné rozměry obrobku.



Obr. 13 – Operace č. 70 - ševingování

Takto obrobené kusy jsou odváženy na operaci č. 72 a schránky vkládány do pračky ROLL RSET společné pro oba typy kol rychlosti. Obrobky jsou opět vyprány, opláchnuty a osušeny.

Operace č. 73 slouží k přeměření vyrobených kusů a to po výměně nástroje na operacích č. 50 a č. 70, nebo po 1000 vyrobených kusech. Tato činnost je prováděna na stejných měřicích přístrojích měrového střediska jako op. č. 48.

Pooperační kontrola prováděná vizuálně na operaci č. 75 kontroluje, zda vyrobené kusy odpovídají všem výrobním postupům předešlých operací. Poté se každá zkontrolovaná dávka označí a potvrdí kompletnost a počet kusů.

Zkontrolované kusy v plechových schránkách musí být přeloženy do beden a poté jsou odváženy do střediska NS 2144 chemicko-tepelného zpracování. Tam se opět přeloží, tentokrát na kovové rošty a je provedena nitrocementace a popouštění dle postupu tepelného zpracování, pevnostní tryskání, kontrola materiálu a technická kontrola podle technického předpisu. Tyto operace se nachází mimo výrobní středisko NS 2142, a proto nebudou uvažovány při hledání možností zvýšení racionalizace výroby kol 1. a 2. rychlostního stupně.

Po chemicko-tepelné úpravě jsou díly přivezeny opět do nákladového střediska NS 2142 a na operaci č. 130 je broušena díra a kužel ozubených kol 1. nebo 2. rychlosti.

Pro tuto operaci jsou určeny dva stroje Reinecker ISAA – 200, každý pro jeden typ kola s jiným technologickým postupem. Stroj Reinecker ISAA – 200 je spolu s kolem 2. rychlosti před a po broušení zobrazen na obrázku 14.



Obr. 14 – Operace č. 130 - broušení

Po následném vyprání dílů na operaci č. 132 se u obou kol rychlostních stupňů provádí zkouška dvoubokým odvalem na stroji CM Digit operace č. 150 zobrazeném na obrázku 15.



Obr. 15 – Operace č. 150 – zkouška dvoubokým odvalem

Díl je obsluhou naložen do vstupního zásobníku dílů a poté automaticky vyhodnocen na hlučnost. Vyhodnocené díly se třídí a označují do tří skupin a to na díly dobré, opravitelné a neopravitelné. Díly označené jako opravitelné lze opravit pneumatickou bruskou nebo ručním brouskem a očistit silonovým kartáčkem. Díl označený jako opravitelný je ihned označen nesmazatelným fixem a znovu se vrátí k překontrolování na operaci č. 150. V případě opětovného vyhodnocení dílu jako opravitelného se díl znovu označí další značkou.

Opravené kusy se opět vloží do zásobníku a opět projdou kontrolou ozubení. Předpokládané množství opravovaných kusů je cca. 20 %. U každého kusu se stanoví kontrolní prohlídka, zda jsou provedeny všechny operace. Každý díl je možno opravovat maximálně 3x, pokud takto opravovaný díl opět nevyhovuje, dojde k jeho vyřazení. Díly označené jako N.I.O. mohou být po opravení také přezkoušeny, ale pokud je i druhá zkouška vyhodnocena jako N.I.O., je díl vyřazen.

Zkontrolované a vyhodnocené kola 1. a 2. rychlostního stupně se jako dobré díly uloží do plastových schránek a jsou převezeny na předmontáž linky. Tam je hnací a hnaný hřídel převodovky MQ 200 zkompletován.

### 3.2 Výrobní systém

V následující části je uveden popis výrobních strojů a obsazení jednotlivých operací. Pro zpřehlednění je v této kapitole uveden layout nákladového střediska NS 2142, ve kterém se nachází výroba kol 1. a 2. rychlosti převodovky MQ 200 s označením 02T 311 251 pro kolo 1. rychlostního stupně a 02T 311 261 pro kolo 2. rychlostního stupně.

Layoutem výrobního střediska se rozumí prostorové uspořádání strojů a zařízení. Stroje jsou ve výrobním středisku uspořádány s ohledem na plynulý tok výroby a přesun dílů mezi jednotlivými operacemi.

Přehled strojů a operací je uveden níže v tabulce 1 pro kolo 1. rychlosti a v tabulce 2 pro kolo 2. rychlosti. V těchto tabulkách je nejprve uvedeno označení s názvem příslušné operace a dále název stroje spolu s jeho pořadovým číslem. Například u operace č. 5 u jednoho z kol jsou použity 2 stroje označené jako EMAG VSC200 DUO, jak již bylo zmíněno, číslo v závorce značí jeho pořadové číslo.

Vzhledem k rozdílné časové náročnosti výroby u jednotlivých operací jsou z těchto důvodů u operace č. 5 a operace č. 70 použity dva stroje a u operace č. 17, 45, 72 a 132 je jeden stroj pro kola obou rychlostí. Operace č. 15, 50, 130 a 150 jsou ve výrobním středisku zastoupeny každá jedním strojem pro jeden typ kola.

U jednotlivých strojů se nachází kontrolní pracoviště, ve kterém jsou umístěna měřidla sloužící ke kontrole vyráběných dílů a technologický postup dané operace. Další součástí vybavení pracoviště je pracovní skříňka, ve které jsou uloženy řezné nástroje a nářadí pro jejich výměnu.

Výrobní středisko pro výrobu 1. a 2. kola rychlosti je obsazeno 9 člennou obsluhou v každé ze tří směn. Pracovní fond směny trvá 480 minut včetně 30 minutové přestávky na oddech. Členové obsluhy jsou organizováni do výrobních týmů, které jsou řízeny koordinátory. Týmy jsou rozděleny podle příslušných směn a společně zodpovídají za plynulý výrobní proces a kvalitu vyráběných dílů.

Z důvodu rozdílné kapacity strojů, časové náročnosti na obsluhu a seřizování, obsluha ovládá jeden stroj (jednostrojová obsluha) nebo jsou dva a více strojů ovládány jedním členem obsluhy, v tomto případě se jedná o vícestrojovou obsluhu.

Tabulka 1

| Číslo operace | Popis operace         | Název stroje             |
|---------------|-----------------------|--------------------------|
| 5             | soustružení           | EMAG VSC200 DUO (1)      |
|               |                       | EMAG VSC200 DUO (2)      |
| 15            | obrážení              | Lorenz LS 122 (1)        |
| 17            | praní                 | ROLL RSET (1)            |
| 45            | frézování             | OFA 32 CNC 6 (1)         |
|               |                       | OFA 32 CNC 6 (3)         |
| 50            | frézování a odjehlení | PRÄWEMA (1)              |
| 70            | ševingování           | SV 30 CNC (1)            |
|               |                       | SV 30 CNC (2)            |
| 72            | praní                 | ROLL RSET (1)            |
|               |                       | ROLL RSET (2)            |
| 130           | broušení              | Reinecker ISAA – 200 (1) |
| 132           | praní                 | ROLL RSET (2)            |
| 150           | kontrola ozubení      | CM Digit (1)             |

Tabulka 2

| Číslo operace | Popis operace         | Název stroje             |
|---------------|-----------------------|--------------------------|
| 5             | soustružení           | EMAG VSC200 DUO (3)      |
|               |                       | EMAG VSC200 DUO (4)      |
| 15            | obrážení              | Lorenz LS 122 (2)        |
| 17            | praní                 | ROLL RSET (1)            |
| 45            | frézování             | OFA 32 CNC 6 (2)         |
|               |                       | OFA 32 CNC 6 (3)         |
| 50            | frézování a odjehlení | PRÄWEMA (2)              |
| 70            | ševingování           | SV 30 CNC (3)            |
|               |                       | SV 30 CNC (4)            |
| 72            | praní                 | ROLL RSET (1)            |
|               |                       | ROLL RSET (2)            |
| 130           | broušení              | Reinecker ISAA – 200 (2) |
| 132           | praní                 | ROLL RSET (2)            |
| 150           | kontrola ozubení      | CM Digit (2)             |

Podle tabulky 3 lze vidět, že jednostrojová obsluha není na celém výrobním úseku kol 1. a 2. rychlosti zavedena a využívá se více strojové obsluhy pro dva, tři nebo čtyři stroje.

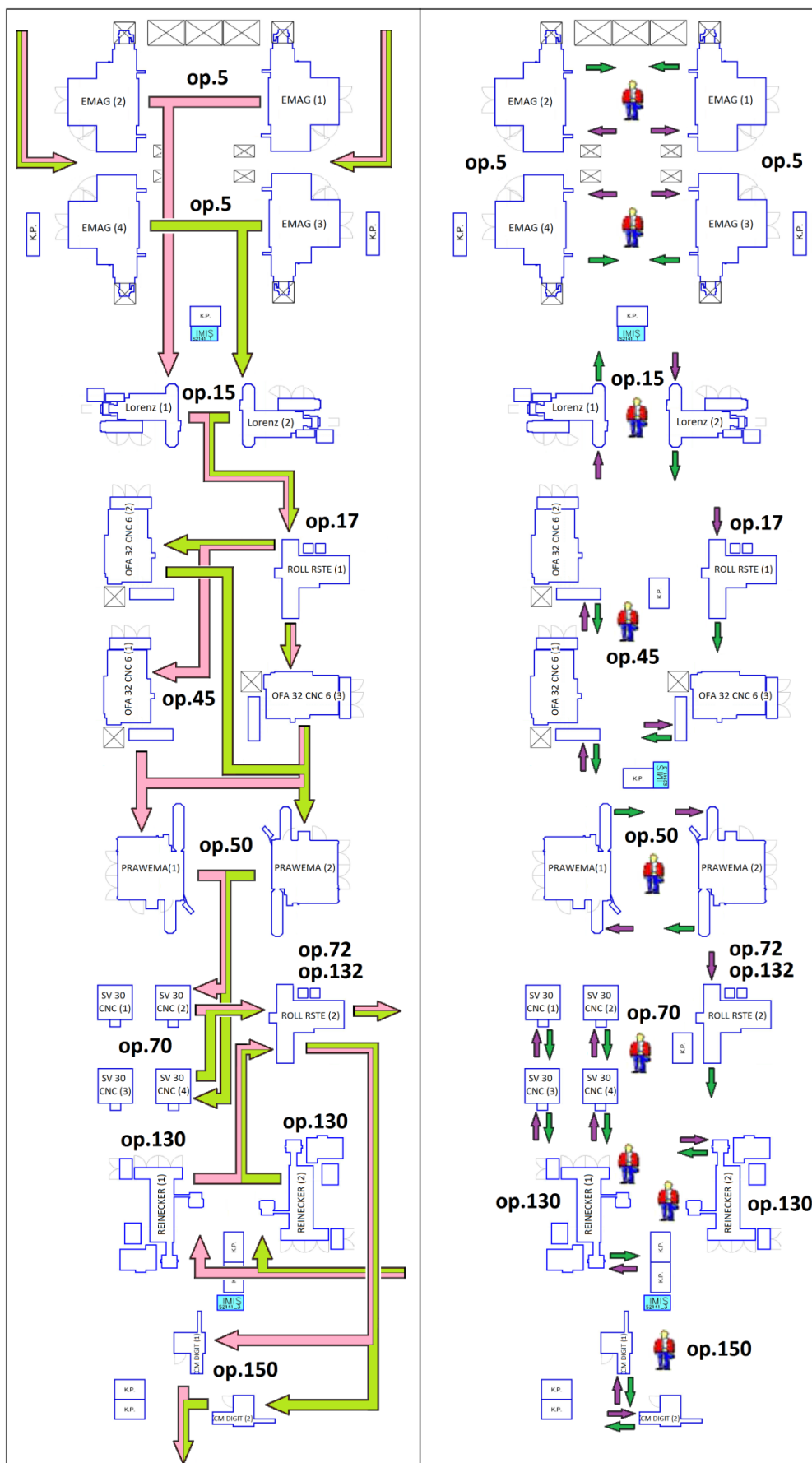
V této tabulce je nejprve uvedeno označení s názvem příslušné operace, dále název stroje spolu s jeho pořadovým číslem a počet členů obsluhy provádějící tyto operace. Například operaci č. 15 a č. 17 – obrázení a praní, obsluhuje jeden člen obsluhy a ovládá zároveň obrážecí stroje Lorenz LS 122 a pračku ROLL RSET, tudíž se zde jedná o vícestrojovou obsluhu a takto je to i u ostatních skupin strojů.

Tabulka 3

| Číslo operace | Název operace         | Název stroje             | Počet operátorů |
|---------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 5             | soustružení           | EMAG VSC200 DUO (1)      | 1               |
|               |                       | EMAG VSC200 DUO (2)      |                 |
| 5             | soustružení           | EMAG VSC200 DUO (3)      | 1               |
|               |                       | EMAG VSC200 DUO (4)      |                 |
| 15            | obrážení              | Lorenz LS 122 (1)        | 1               |
|               |                       | Lorenz LS 122 (2)        |                 |
| 17            | praní                 | ROLL RSET (1)            | 1               |
| 45            | frézování             | OFA 32 CNC 6 (1)         |                 |
|               |                       | OFA 32 CNC 6 (2)         |                 |
|               |                       | OFA 32 CNC 6 (3)         |                 |
| 50            | frézování a odjehlení | PRÄWEMA (1)              | 1               |
|               |                       | PRÄWEMA (2)              |                 |
| 72            | praní                 | ROLL RSET (2)            | 1               |
| 70            | ševingování           | SV 30 CNC (1)            |                 |
|               |                       | SV 30 CNC (2)            |                 |
|               |                       | SV 30 CNC (3)            |                 |
|               |                       | SV 30 CNC (4)            |                 |
| 130           | broušení              | Reinecker ISAA – 200 (1) | 1               |
| 132           | praní                 | ROLL RSET (2)            |                 |
| 130           | broušení              | Reinecker ISAA – 200 (2) | 1               |
| 132           | praní                 | ROLL RSET (2)            |                 |
| 150           | kontrola ozubení      | CM Digit (1)             | 1               |
|               |                       | CM Digit (2)             |                 |
| Celkem        |                       |                          | 9               |

Layout výrobního střediska pro kola 1. a 2. rychlostního stupně je uveden na obrázku 16. V levé části tohoto obrázku je šipkami znázorněna logistika materiálu, kde růžová barva značí pohyb kol 1. rychlosti a světle zelená barva pohyb kol 2. rychlosti.

V pravé části obrázku jsou fialovými šipkami znázorněna místa vstupních zásobníků a zelenými šipkami místa výstupních zásobníků obrobků. Dále je zde znázorněn celkový počet členů obsluhy jedné směny a její rozmístění u strojů.



Obr. 16 – Layout výrobního střediska před racionalizací pracovišť

## 4. Racionalizace výrobního systému

V této kapitole je uveden způsob měření spotřeby času obsluhy a způsob hodnocení výsledků měření s cílem navrhnout opatření k racionalizaci výroby kol 1. a 2. rychlostního stupně převodovky MQ 200.

### 4.1 Měření spotřeby času

Časové studie jsou nástrojem průmyslového inženýrství a byly použity pro zjištění činností obsluhy.

Jedna z metod, používající se v praxi, pro stanovení skutečné spotřeby času je snímek pracovního dne. Pomocí této metody zjišťujeme skutečnou spotřebu času pracovníka, ale i výrobního zařízení.

Snímkem pracovního dne rozumíme metodu nepřetržitého pozorování, zaznamenávání a hodnocení spotřeby pracovního času pracovníka nebo skupiny pracovníků během celé směny. Jedná se do značné míry o univerzální metodu, kterou je možné po jisté úpravě pozorovat práci dělníka, administrativního i řídícího pracovníka, ale také činnost strojního zařízení.

Výsledky pozorování lze využít k:

- určení množství jednotlivých činností vyjádřených spotřebou času
- rozboru struktury spotřeby pracovní doby
- rozboru ztrátových časů podle příčin
- vypracování výkonnostních křivek v průběhu celé směny, zejména jestliže současně sledujeme množství odvedené produkce

Snímky pracovního dne můžeme rozdělit podle níže uvedených druhů:

a) snímek pracovního dne jednotlivce

je takový druh snímku pracovního dne, při kterém pozorovatel provádí pozorování jen jednoho pracovníka,

b) snímek pracovního dne čtyř

používá se při pozorování pracovní činnosti skupiny pracovníků, kterým je přidělena společná práce (obsluha stroje, nakládka a vykládka atd.),

c) hromadný snímek pracovního dne

umožňuje pozorovat současně podle podmínek až třicet samostatně pracujících jednotlivců. Tato skutečnost je možná jen při odlišné technice pozorování, měření, zaznamenávání a výpočtu podkladů pro vypracování bilance skutečné spotřeby pracovního času v porovnání se snímkem pracovního dne jednotlivce,

d) vlastní snímek pracovního dne

zaměřuje se jen na časové ztráty vzniklé z titulu technických a organizačních nedostatků. Údaje o velikosti a příčinách ztrát zaznamenává obsluha sama. Hromadné použití tohoto snímku vede obsluhu k aktivní účasti na racionalizaci práce.

Snímek operace je metodou studia pracovního procesu, jejíž pomocí zkoumáme skutečnou spotřebu času na opakované operace nebo její části (úkony) na pracovišti jednotlivce, resp. na několika stejných pracovištích. Snímky operace můžeme rozdělit do těchto druhů:

a) plynulá chronometráž

je metoda nepřetržitého pozorování spotřeby času pro všechny úkony zkoumané operace,

b) výběrová chronometráž

je takový druh chronometráže, u které předmětem zkoumání není celá operace, nýbrž jen některé pravidelně, ale i nepravidelně se opakující předem známé úkony. Pozorovatel zaznamenává jen průběžný čas začátku a ukončení vybraných úkonů,

c) obkročná chronometráž

slouží ke zjišťování času trvání velmi krátkých částí operace. Dosahuje se toho tím, že se klouzavě sečte několik krátkých pracovních prvků do měřitelného komplexu a po vykonaném měření se zpětně vypočítávají elementární prvky,

d) snímková chronometráž

je druh snímku operace k průzkumu takových operací, jejichž průběh není možné předem stanovit. Při pozorování zaznamenáváme nejen čas (jako u chronometráže), ale i účel jeho použití (název úkonu, operace). Jedná se vlastně o kombinaci metody snímku pracovního dne a chronometráže,

e) filmový snímek

je metoda, jejíž velikou předností je získání trvalého záznamu jak spotřeby času, tak pracovních pohybů.

Jako nástroj pro řešení této bakalářské práce byla použita metoda na principu výběrové chronometráže, která byla upravena pro konkrétní potřeby sledovaného výrobního střediska kola 1. a 2. rychlosti převodovky MQ 200 popsané v následující kapitole. Pro získání konkrétních výsledků měření je třeba projít těmito etapami:

a) příprava k pozorování

Jejím úkolem je vytvoření vhodných podmínek pro nerušené pozorování a získání objektivních údajů o skutečné spotřebě času v takovém členění, jak si to žádá cíl, který je předmětem pozorování. V této etapě se řeší výběr pracovníka a určení období, v němž se pozorování provádí.

b) vlastní pozorování

V této druhé etapě se pozorovatel zaměřuje na vlastní pozorování, měření a zaznamenávání činností operátora na pracovišti od začátku do konce sledovaného období. Dále se zaznamenává začátek a konec stejných druhů činností, resp. nečinností do předem připraveného formuláře.

c) určení jednotlivých časů vyhodnocením

Každý jednotlivý čas se zhodnotí z hlediska obsahu činnosti a poté se setřídí. Skutečná bilance vyjadřuje, kolik času v minutách a procentech z času sledované doby, připadá na jednotlivé kategorie zkoumaného času [8]. Takto naměřená a setříděná data mohou být dále využita jako základ k racionalizaci výroby.

## **4.2 Způsob měření a vyhodnocení výsledků**

Jednotlivé časové intervaly obsluhy byly měřeny pomocí ručních digitálních stopek a rozděleny do čtyř kategorií podle druhu činnosti. A to do kategorie manipulace, měření, přecházení a čekání.

Kategorie manipulace se skládá z činností nakládání a vykládání dílů na zásobník, převážení dílů pomocí mezioperačních vozíků, manipulace s bedýnkami a navážení dílů.

Měření zahrnuje měření na pracovišti, odnášení dílů na technickou kontrolu, příprava dílu pro měření (praní, čištění, ofukování).

Do kategorie přecházení bylo zahrnuto přecházení mezi stroji při vícestrojové obsluze, mezi vstupním a výstupním dopravníkem a přechody kdy operátor nedrží díl.

V poslední kategorii čekání se sledují neproduktivní časy, kdy operátor čeká na vyprázdnění dopravníků.

Pro samotnou časovou analýzu bylo z objektivních důvodů prováděno šest dvouhodinových měření u každého z devíti členů obsluhy a to jedno měření v první části směny a druhé měření v druhé části směny po svačinové pauze. Takto byla měření provedena u ranní, odpolední i noční směny. Celkem bylo provedeno 54 dvouhodinových měření. Výsledné hodnoty časů jednotlivých kategorií byly spočítány z naměřených dat jako aritmetický průměr.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Takto naměřené a vypočtené hodnoty jsou uspořádány v přehledných tabulkách a grafech, kde jednotlivé kategorie mají své barevné znázornění. Obecný případ uspořádání hodnot je uveden v tabulce 4 a graficky znázorněn v grafu na obrázku 17. U výsledků z tabulek znázorněných v grafu je respektována stejná barevná symbolika. Skutečné naměřené hodnoty jednotlivých kategorií jsou uvedeny v následující kapitole 4.3.

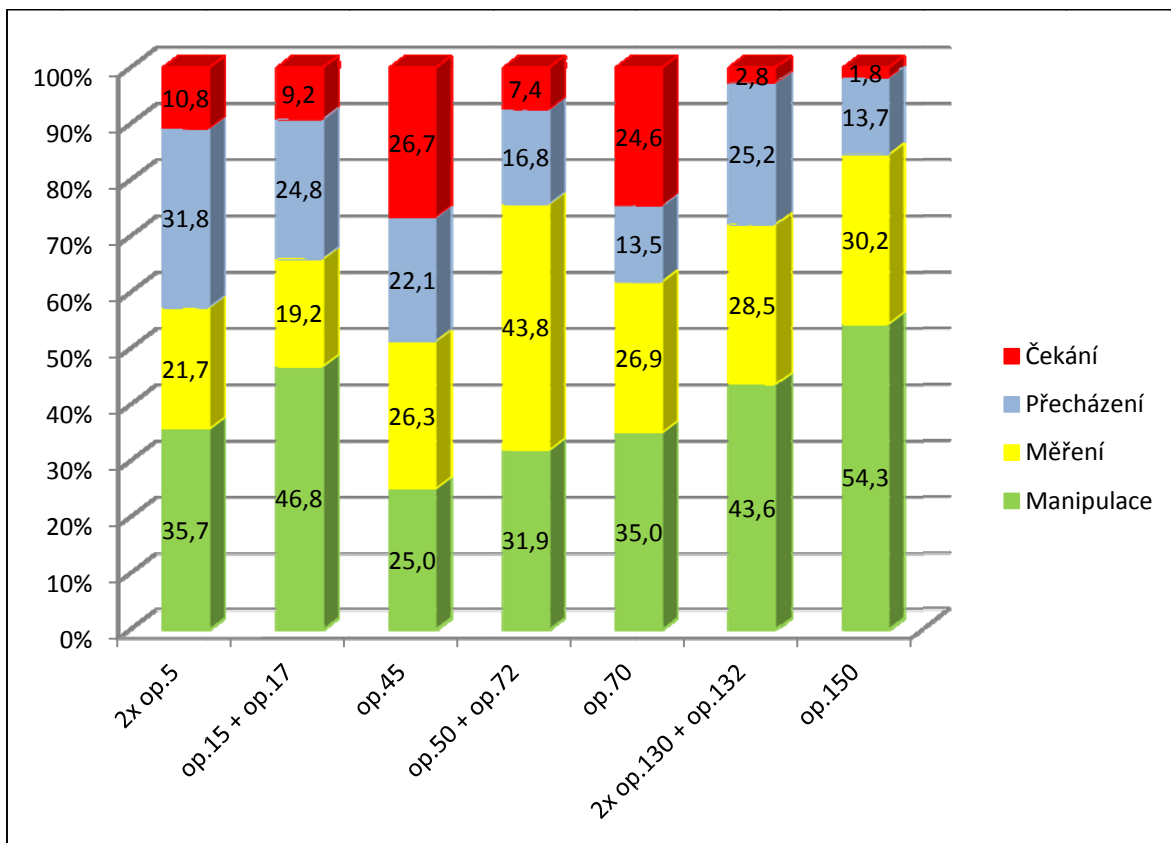
Tabulka 4

| Kategorie          | Manipulace |       | Měření |       | Přecházení |       | Čekání |       |
|--------------------|------------|-------|--------|-------|------------|-------|--------|-------|
| č.op.              | [%]        | [min] | [%]    | [min] | [%]        | [min] | [%]    | [min] |
| 2x op.5            | 35,7       | 42,8  | 21,7   | 26,0  | 31,8       | 38,2  | 10,8   | 13,0  |
| op.15 + op.17      | 46,8       | 56,2  | 19,2   | 23,0  | 24,8       | 29,8  | 9,2    | 11,0  |
| op.45              | 25,0       | 30,0  | 26,3   | 31,5  | 22,1       | 26,5  | 26,7   | 32,0  |
| op.50 + op.72      | 31,9       | 38,3  | 43,8   | 52,6  | 16,8       | 20,2  | 7,4    | 8,9   |
| op.70              | 35,0       | 42,0  | 26,9   | 32,3  | 13,5       | 16,2  | 24,6   | 29,5  |
| 2x op.130 + op.132 | 43,6       | 52,3  | 28,5   | 34,2  | 25,2       | 30,2  | 2,8    | 3,3   |
| op.150             | 54,3       | 65,2  | 30,2   | 36,2  | 13,7       | 16,4  | 1,8    | 2,2   |

V levém sloupci přehledové tabulky 4 jsou uvedena čísla jednotlivých operací, v záhlaví kategorie činností a samotné hodnoty jsou uváděny v minutách a pro přehlednost i v procentech celkového času 120 minut.

Z této tabulky lze například vyčíst, že činnost manipulace, znázorněná zelenou barvou, op. č. 15 + op. č. 17, kterou provádí jednočlenná obsluha, trvá 56,2 minuty. Poté měření, znázorněné žlutou barvou, trvá 23 minut, přecházení, znázorněné modrou barvou, 29,8 minuty a čekání, znázorněné červenou barvou, 11 minut. Celkový součet těchto činností činí 120 minut a součet procentuálního vyjádření je 100 % celkové měřené doby dvou hodin.

U operace č. 5 a č. 130 + č. 132, obsažených ve středisku NS 2142 dvakrát, jsou časy jednotlivých členů obsluh zprůměrovány.



Obr. 17 – Obecný případ grafického vyjádření naměřených hodnot

Na vodorovné ose grafu je uvedeno číslo operace, kterou se obsluha zabývá a na svislé ose procentuální vyjádření jednotlivých činností.

Z grafu je patrné, že se např. obsluha op. č. 15 + op. č. 17 věnuje 35,7 % času ze sledovaného intervalu 120 minut manipulaci, dále 21,7 % času měření, 31,8 % přecházení a 10,8 % času čekání.

### 4.3 Analýza současného stavu

Pomocí metody uvedené v kapitole 4.2 byl zjištěn stávající stav vytížení obsluhy strojů a naměřená data zapsána do následujících tabulek (5 - 8), barevně rozlišených podle druhu kategorie. Data jsou rozdělena do kategorií manipulace, měření, přecházení a čekání. K výpočtu aritmetického průměru byl použit vzorec (1) uvedený v kapitole 4.2.

Tabulky (5 - 8) uvádí výsledky naměřených hodnot, kde levý sloupec značí jednotlivé operace a dále jsou zde očíslovány jednotlivé náměry a v nich zaznamenány zjištěné hodnoty. Pro celkové vyhodnocení všech naměřených hodnot je v pravém sloupci uveden aritmetický průměr těchto hodnot.

U operací č. 5 a č. 130 + č. 132 jsou hodnoty naměřené pro obsluhu č. 1 a obsluhu č. 2 ovládající vždy jiný stroj, ale se stejnou operací.

Tabulka 5

| Manipulace [min]         |      |      |      |      |      |      |           |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Náměr                    | č. 1 | č. 2 | č. 3 | č. 4 | č. 5 | č. 6 | $\bar{x}$ |
| op. 5 - ob.1             | 38,6 | 36,1 | 41,3 | 37,5 | 36,2 | 39,5 | 38,2      |
| op. 5 - ob.2             | 27,6 | 25,8 | 28,1 | 31,4 | 30,9 | 30,2 | 29        |
| op. 15 + op.17           | 35,8 | 37,5 | 37,8 | 38,2 | 39,1 | 38,4 | 37,8      |
| op. 45                   | 54,2 | 57,1 | 55,5 | 58,8 | 56,2 | 56,6 | 56,4      |
| op. 50 + op. 72          | 43,9 | 43,2 | 45,6 | 43,9 | 41,9 | 44,3 | 43,8      |
| op. 70                   | 65,3 | 66   | 68,2 | 66,2 | 65,2 | 65,1 | 66        |
| op. 130 + op. 132 - ob.1 | 36,8 | 37,2 | 34,1 | 35,2 | 38,2 | 38,1 | 36,6      |
| op. 130 + op. 132 - ob.2 | 29,6 | 32,1 | 35,8 | 34,2 | 29,1 | 30   | 31,8      |
| op. 150                  | 50,4 | 52,2 | 54,6 | 52,4 | 51,5 | 48,5 | 51,6      |

Tabulka 5 představuje přehled výsledků časů zjištěných při činnosti manipulace. Tzn. nakládání a vykládání dílů na dopravník stroje, převážení dílů pomocí mezioperačních vozíků, manipulaci se schránkami pro díly a navážení dílů. Z této tabulky je zřejmé, že největší podíl manipulačních časů se vyskytuje u obsluhy provádějícího operace s označením op. č. 45 (frézování).

Tabulka 6

| Měření [min]             |      |      |      |      |      |      |           |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Náměr                    | č. 1 | č. 2 | č. 3 | č. 4 | č. 5 | č. 6 | $\bar{x}$ |
| op. 5 - ob.1             | 26,9 | 30,4 | 29,8 | 26,8 | 28,1 | 27,2 | 28,2      |
| op. 5 - ob.2             | 30,1 | 28,2 | 34,9 | 31,9 | 32,8 | 32,9 | 31,8      |
| op. 15 + op.17           | 22,8 | 23,9 | 26,5 | 24,2 | 23,5 | 23,1 | 24        |
| op. 45                   | 19,5 | 18,6 | 17,6 | 18,1 | 16,4 | 17,8 | 18        |
| op. 50 + op. 72          | 11,3 | 10,5 | 10,2 | 10,1 | 9,9  | 9,2  | 10,2      |
| op. 70                   | 11,9 | 10,8 | 12,3 | 11,6 | 13,1 | 12,3 | 12        |
| op. 130 + op. 132 - ob.1 | 69,3 | 68,5 | 66,2 | 67,2 | 69,4 | 70,4 | 68,5      |
| op. 130 + op. 132 - ob.2 | 70,8 | 72,7 | 69,8 | 68,2 | 70,9 | 71,8 | 70,7      |
| op. 150                  | 20,2 | 21,8 | 22,9 | 20,4 | 24,2 | 20,1 | 21,6      |

V tabulce 6 jsou uvedeny časy zahrnuté do kategorie měření. Jedná se o měření dílů na pracovišti, odnášení dílů na technickou kontrolu a přípravy dílů pro měření (praní, čištění, ofukování). Největší hodnota z těchto časů je na op. č. 130 + op. č. 132 (broušení a praní) u obsluhy č. 2.

Tabulka 7

| Přecházení [min]         |      |      |      |      |      |      |           |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Náměr                    | č. 1 | č. 2 | č. 3 | č. 4 | č. 5 | č. 6 | $\bar{x}$ |
| op. 5 - ob.1             | 9,5  | 9,3  | 9,7  | 9,3  | 9,4  | 9,2  | 9,4       |
| op. 5 - ob.2             | 9,9  | 9,8  | 9,6  | 9,7  | 9,8  | 10   | 9,8       |
| op. 15 + op.17           | 11,8 | 12   | 12,1 | 12,2 | 11,8 | 12,1 | 12        |
| op. 45                   | 18,3 | 18,1 | 17,9 | 18   | 17,9 | 17,8 | 18        |
| op. 50 + op. 72          | 7,8  | 7,9  | 7,6  | 7,7  | 7,9  | 7,9  | 7,8       |
| op. 70                   | 12,2 | 12,1 | 11,9 | 11,8 | 12,1 | 11,9 | 12        |
| op. 130 + op. 132 - ob.1 | 10,3 | 10,5 | 10,3 | 10,2 | 10,7 | 10,4 | 10,4      |
| op. 130 + op. 132 - ob.2 | 9,8  | 9,9  | 10,1 | 10,5 | 9,7  | 10   | 10        |
| op. 150                  | 11,7 | 11,1 | 10,9 | 11,2 | 11,8 | 11,7 | 11,4      |

Tabulka 7 znázorňuje hodnoty, které byly naměřeny při činnostech zařazených do kategorie přecházení. Do této kategorie byly zahrnuty časy, kdy obsluha přechází mezi stroji při vícestrojové obsluze a mezi vstupním a výstupním dopravníkem, tzn. přechody, kdy nedrží díl. Z této tabulky je zřejmé, že hodnoty těchto časů jsou u všech členů obsluhy na obdobné úrovni.

Tabulka 8

| Čekání [min]             |      |      |      |      |      |      |           |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Náměr                    | č. 1 | č. 2 | č. 3 | č. 4 | č. 5 | č. 6 | $\bar{x}$ |
| op. 5 - ob.1             | 45   | 44,2 | 39,2 | 46,4 | 46,3 | 44,1 | 44,2      |
| op. 5 - ob.2             | 52,4 | 56,2 | 47,4 | 47   | 46,5 | 46,9 | 49,4      |
| op. 15 + op.17           | 49,6 | 46,6 | 43,6 | 45,4 | 45,6 | 46,4 | 46,2      |
| op. 45                   | 28   | 26,2 | 29   | 25,1 | 29,5 | 27,8 | 27,6      |
| op. 50 + op. 72          | 57   | 58,4 | 56,6 | 58,3 | 60,3 | 58,6 | 58,2      |
| op. 70                   | 30,6 | 31,1 | 27,6 | 30,4 | 29,6 | 30,7 | 30        |
| op. 130 + op. 132 - ob.1 | 3,6  | 3,8  | 9,4  | 7,4  | 1,7  | 1,1  | 4,5       |
| op. 130 + op. 132 - ob.2 | 9,8  | 5,3  | 4,3  | 7,1  | 10,3 | 8,2  | 7,5       |
| op. 150                  | 37,7 | 34,9 | 31,6 | 36   | 32,5 | 39,7 | 35,4      |

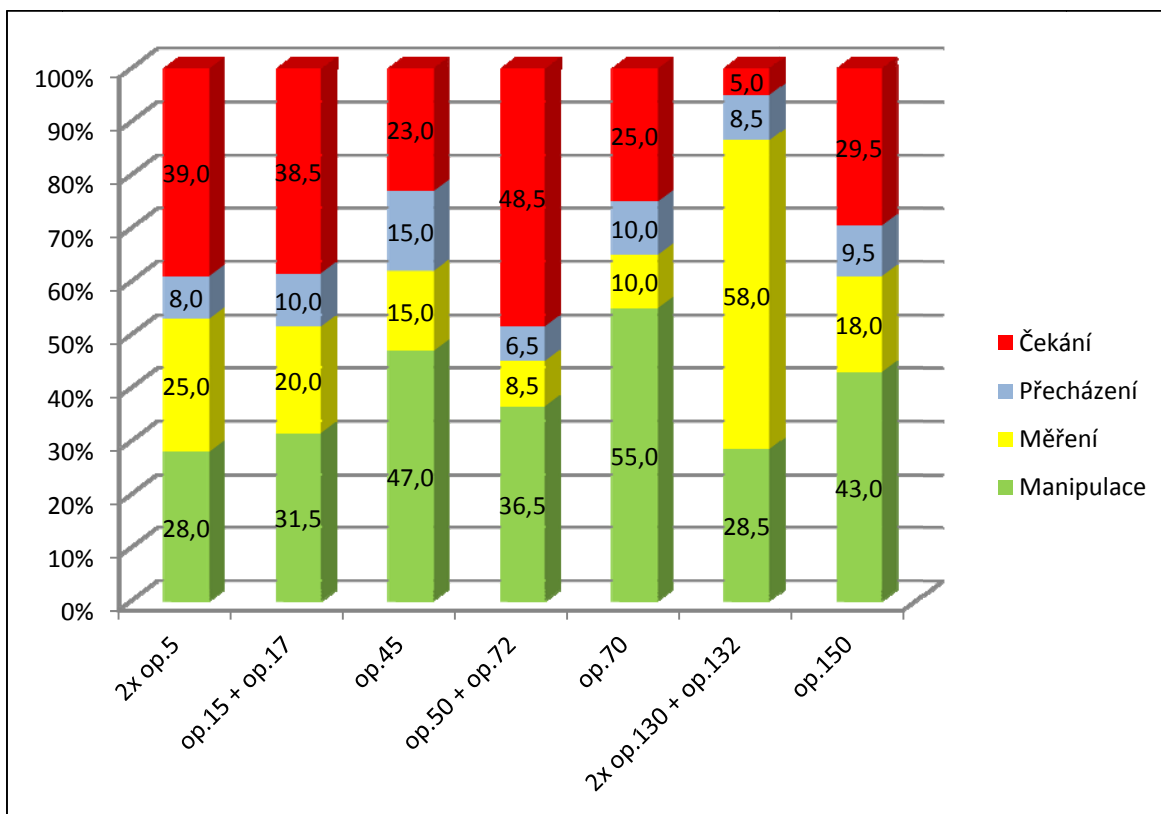
Tabulka 8 zahrnuje neproduktivní časy čekání, kdy obsluha čeká na vyprázdnění dopravníku. Největší podíl neproduktivních časů se vyskytuje u op. č. 50 + op. č. 72 - frézování a praní a to 58,2 minuty a nezanedbatelné časy jsou i u op. č. 5 - soustružení a op. č. 15 - obrážení. Nová opatření proto budou zaměřena převážně na tyto operace s cílem snížení těchto neproduktivních časů.

Tabulka 9

| Kategorie          | Manipulace |       | Měření |       | Přecházení |       | Čekání |       |
|--------------------|------------|-------|--------|-------|------------|-------|--------|-------|
| č.op.              | [%]        | [min] | [%]    | [min] | [%]        | [min] | [%]    | [min] |
| 2x op.5            | 28,0       | 33,6  | 25,0   | 30,0  | 8,0        | 9,6   | 39,0   | 46,8  |
| op.15 + op.17      | 31,5       | 37,8  | 20,0   | 24,0  | 10,0       | 12,0  | 38,5   | 46,2  |
| op.45              | 47,0       | 56,4  | 15,0   | 18,0  | 15,0       | 18,0  | 23,0   | 27,6  |
| op.50 + op.72      | 36,5       | 43,8  | 8,5    | 10,2  | 6,5        | 7,8   | 48,5   | 58,2  |
| op.70              | 55,0       | 66,0  | 10,0   | 12,0  | 10,0       | 12,0  | 25,0   | 30,0  |
| 2x op.130 + op.132 | 28,5       | 34,2  | 58,0   | 69,6  | 8,5        | 10,2  | 5,0    | 6,0   |
| op.150             | 43,0       | 51,6  | 18,0   | 21,6  | 9,5        | 11,4  | 29,5   | 35,4  |

V tabulce 9 jsou zpřehledněny výsledky průměrných hodnot ze všech měření a je patrné, že nejvíce času manipulací se zabývá obsluha na op. č. 70, která má na starosti čtyři ševingovací stroje a tudíž musí často manipulovat s díly a mezioperačními vozíky. Měření nejvíce času věnuje obsluha na op. č. 130 + op. č. 132, kde musí měřit každý vyrobený kus, což vede k velké časové náročnosti. Kvůli velké vzdálenosti frézovacích strojů s vícestrojovou obsluhou je nejvyšší naměřený čas na op. č. 45 a v kategorii čekání, jak již bylo zmíněno, je nejvíce času věnováno op. č. 50 + op. č. 72 a op. č. 5 a č. 15.

Přehlednější zpracování výsledků je znázorněno v grafu na obrázku 18, kde jsou velice dobře patrný největší časové úseky, které naznačují možnosti k racionalizaci konkrétních operací.



Obr. 18 – Grafické znázornění časů všech operací před racionalizací

#### 4.4 Navrhovaná opatření pro racionalizaci výroby

V rámci řešení této bakalářské práce bylo navrženo několik opatření k racionalizaci výroby kol 1. a 2. rychlostního stupně převodovky MQ 200. Tato opatření budou pro zjednodušení dále označována jako A, B, C, D.

Dané návrhy na nová opatření byly seskupeny do celku a výsledkem je nové technicko-organizační uspořádání, které bylo ve výrobním středisku NS 2142 aplikováno.

#### 4.4.1 Opatření A

Opatření A představuje úsporu jednoho člena obsluhy z operace č. 15 - obrázení a praní a dále umožňuje podstatné snížení časů čekání. Jednotlivá dílčí opatření jsou rozebrána níže.

Úspory jsou znázorněny v grafu na obrázku 21, kde levé sloupce představují původní stav, při kterém byly níže popsané operace obsluhovány třemi členy obsluhy. Pravý sloupec pak značí nový stav po zavedení úprav. Toto opatření se týkalo operací č. 5 a operace č. 15.

Operace č. 5 je ve středisku zastoupena dvoučlennou obsluhou, kdy každý z nich obsluhuje dva totožné stroje. Z obrázku 21 je patrné, že průměrná doba čekání těchto členů obsluhy je více než třetinová z celkového výrobního času.

Vicestrojová operace č. 15 je ovládána jedním členem obsluhy a i přes to, že tímto členem musí být obsluhována i operace č. 17 - praní, je čas čekání podobný operaci č. 5.

Z výše uvedených důvodů je patrné, že by šlo uspořít jednoho člena obsluhy a práci rozdělit mezi dva zbývající. U takto předělené práce ale nastal časový skluz obsluhy a nebyl plněn požadovaný takt výroby. Proto bylo navrženo nové opatření a mezi operace č. 5 a operaci č. 15 byl umístěn automatický dopravník obrobků vyrobený s požadavkem na maximální šetrnost k obrobeným dílům. Kvůli takto implementovanému dopravníku musely být stroje EMAG 200 DUO pro kolo 1. rychlosti a pro kolo 2. rychlosti operace č. 5 prohozeny a upraveny technologické postupy a vykládací zásobníky pro automatický odjezd obrobků ze stroje. Dále byly upraveny zásobníky obrobků u strojů Lorenz LS 122 operace č. 15, pro automatické překládání dílů z dopravníku do strojů. Zároveň byla zavedena nová technologie chlazení a změněn typ chladicí kapaliny na operaci č. 15, díky které nemusí být po obrázení prováděno dodatečné praní dílů.

Na pravé části dopravníku ve směru výrobního toku jsou přepravovány kola 1. rychlostního stupně a na části levé, kola 2. rychlostního stupně.

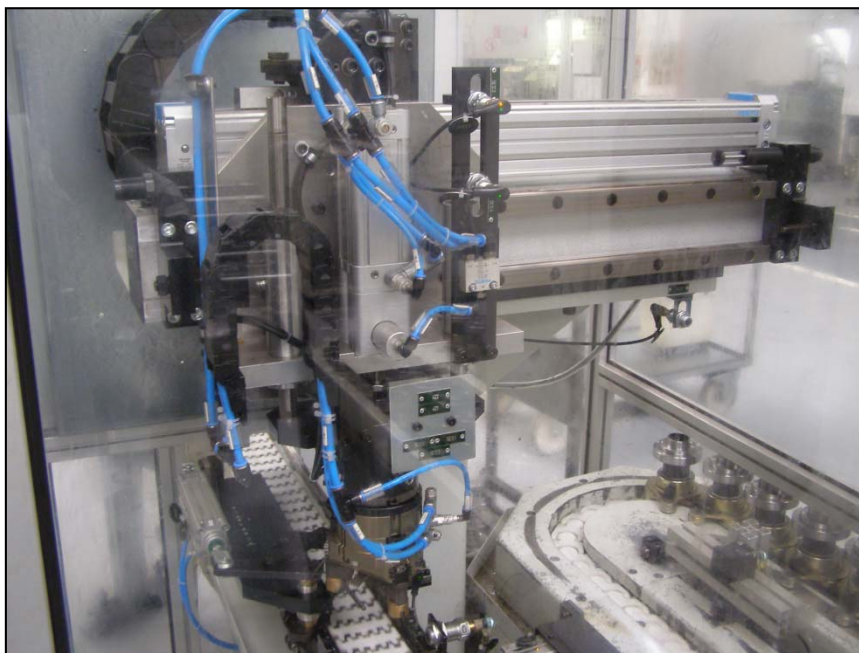
Celý proces soustružení a obrázení probíhá tak, že z hutí jsou výkovky přivezeny v kovových bednách přímo k vnější části strojů operace č. 5. Obsluha už jen poté správně orientované díly vloží do vstupního zásobníku a věnuje se jiné činnosti. Obrobek vjede do stroje, kde je osoustružena jedna část, dále automatickým manipulátorem otočen a po osoustružení zbylé části vyjíždí ze stroje na dopravník obrobků. Osoustružené díly ze dvou strojů operace č. 5 jsou dopraveny k obrážecí operaci č. 15, tam automatickými

manipulátory přeloženy a po obražení obsluhou operace č. 5 z vykládacích zásobníků vkládány do schránek mezioperačních vozíků.

Nově implementovaný dopravník obrobků spojující operace č. 5 a č. 15 je vidět na obrázku 19. Dále je na obrázku 20 znázorněn manipulátor překládající díly z automatického dopravníku do stroje operace č. 15.

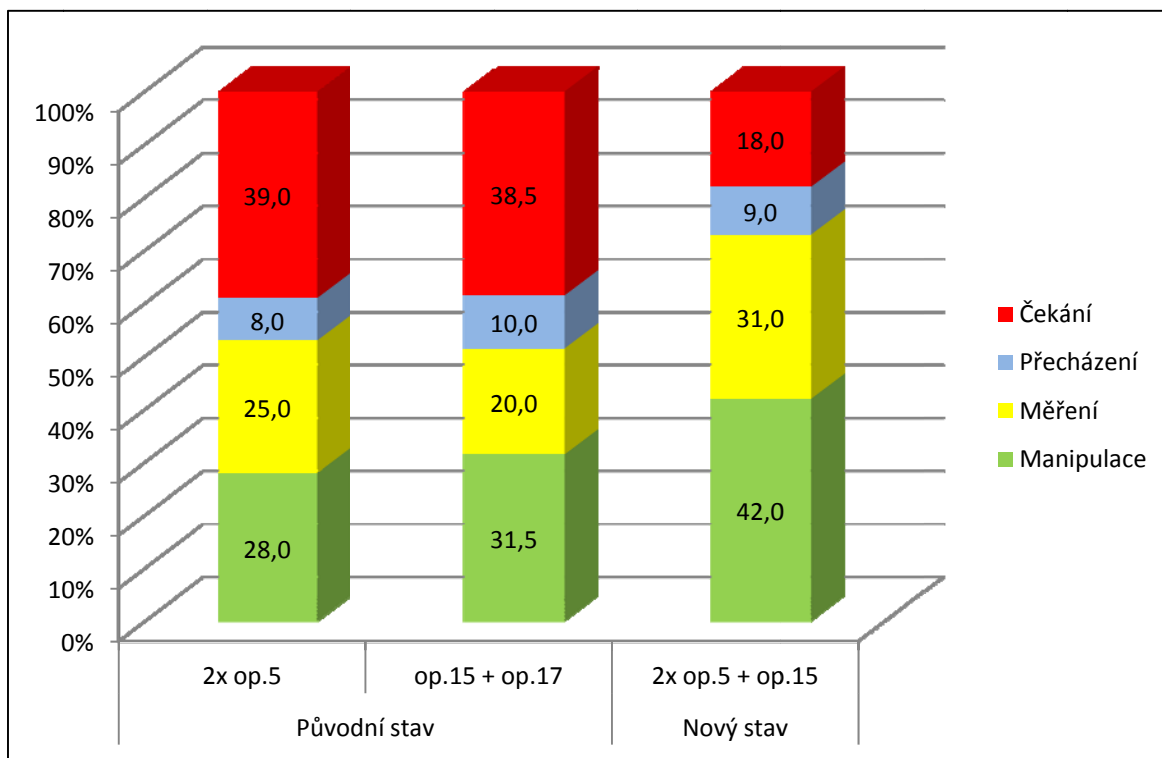


Obr. 19 – Operace č. 5 po opatření A



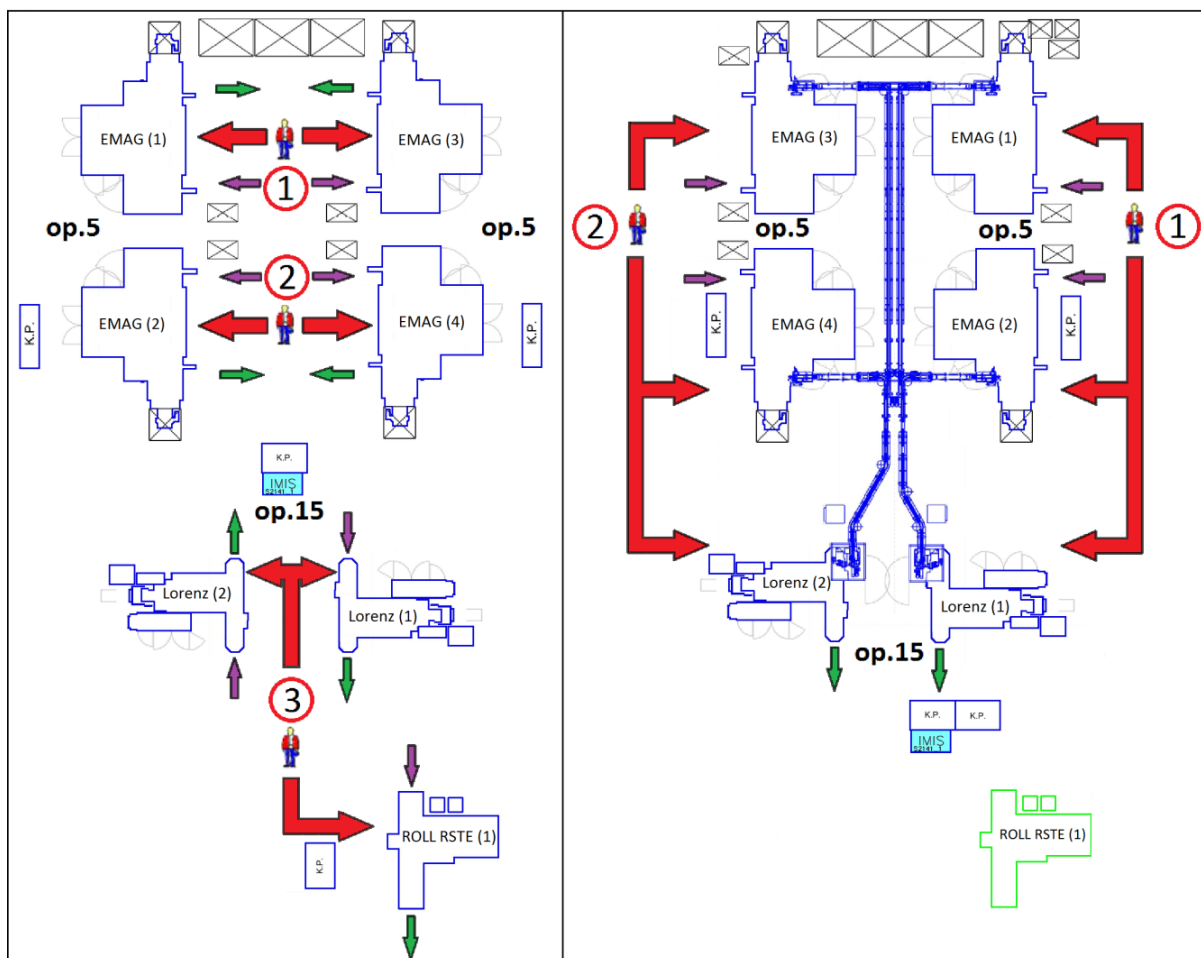
Obr. 20 – Manipulátor operace č. 15

Díky takto provedené reorganizaci a implementaci dopravníku se ušetřil jeden člen obsluhy z operace č. 15, na obrázku 22 označen číslem 3 a doba čekání byla snížena více jak na pětinu výrobního času, což lze vidět v grafu obrázku 21.



Obr. 21 – Grafické vyjádření časů obsluhy operace č. 5 a č. 15

Na obrázku 22 je také pomocí šipek znázorněna logistika materiálu, kde fialové šipky znázorňují nakládání materiálu do strojů a zelené šipky jeho vykládání do mezioperačních vozíků. Po zavedení dopravníku tak zmizely tři nakládací pozice a pět pozic vykládacích, díky čemuž byla omezena i doba manipulace s materiálem a přecházení obsluhy mezi zásobníky obrobků. Červené šipky pak ukazují stroje, jež jsou ovládány jednotlivými členy obsluhy.



Obr. 22 – Rozmístění obsluhy a strojů před a po opatření A

#### 4.4.2 Opatření B

Další opatření se zabývá sloučením operací č. 45 - frézování odvalovací frézou a operace č. 50 - frézování a odjehlení kol 1. a 2. rychlosti.

Díky provedeným opatřením je razantně zkrácen neproduktivní čas čekání a ušetřen jeden člen obsluhy z operace č. 50, na obrázku 25 označen číslem 5. Časové změny a úspory jsou opět znázorněny v grafu na obrázku 24, kde levé dva sloupce znázorňují časové vytížení operací před opatřeními B a pravý sloupec časové vytížení po sloučení operací.

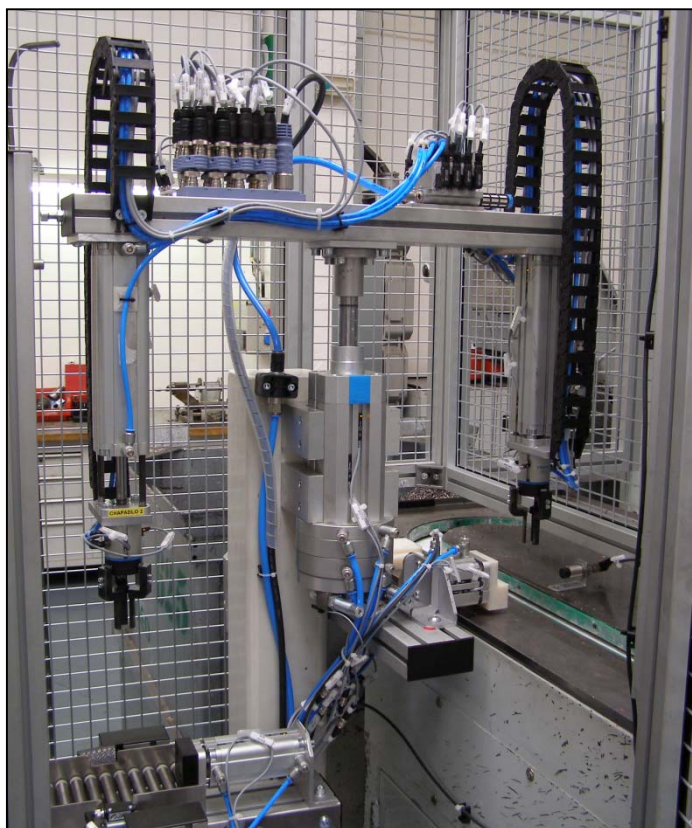
Operace č. 45 je vykonávána jednočlennou obsluhou, která se stará o ovládání tří strojů OFA 32 CNC 6. Na této operaci je frézováno hlavní ozubení kol 1. a 2. rychlostního stupně s přídavkem pro ševingování a sražený podélné hrany ozubení. Pro každé kolo rychlostního stupně je využíván vždy jeden stroj a jeden stroj může obrábět podle potřeby oba typy kol.

Na strojích PRÄWEMA operace č. 50, ovládané opět jednočlennou obsluhou, jsou opracovávány úkosy spojkového ozubení, frézovány čelní drážky a prováděno sražení a odjehlení hlavního ozubení kol. Dále je obsluhou ovládána operace č. 72 - praní, která bude také předmětem racionalizace.

Vzhledem k tomu, že technologické operace frézování hlavního ozubení a následné další opracování ozubení a drážek na sebe přímo navazují, byla provedena úprava v obsazení těchto operací. Nově jsou operace č. 45 a č. 50 obsazeny jednočlennou obsluhou a vynechána obsluha operace č. 72, která bude předmětem racionalizace dalšího opatření.

Tímto opatřením se podstatně zredukovaly neproduktivní časy, kdy obsluha čekala na vyprázdnění dopravníku.

Kvůli velkému vytížení pracovníka však musela být upravena poloha strojů, kdy se operace č. 50 přesunula blíže ke strojům operace č. 45 a stroj PRÄWEMA (1) byl otočen o 180°. Poté musely být mezi sebou prohozeny stroje OFA 32 CNC 6 (2) a OFA 32 CNC 6 (3) operace č. 45, čímž se zajistila návaznost operací pro stejný typ kola rychlosti.

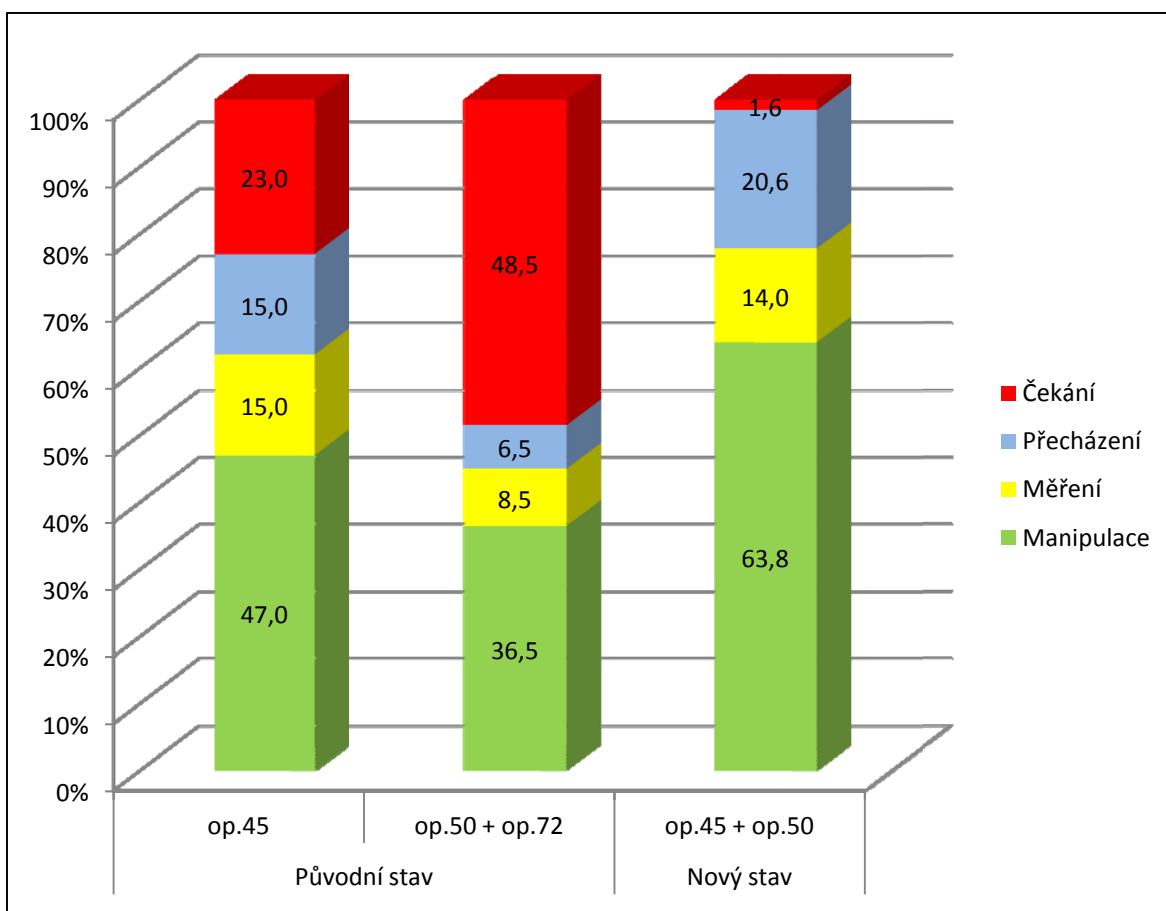


Obr. 23 – Manipulátor pro překládání dílů z operace č. 45

Dále se mezi stroje operace č. 45 a č. 50 vložily automatické dopravníky obrobků, pro každý typ kola jeden a do každého stroje byl implementován manipulátor pro překládání dílů, díky čemuž byl snížen čas manipulace a přecházení. Jeden z manipulátorů pro překládání obrobků je vidět na obrázku 23.

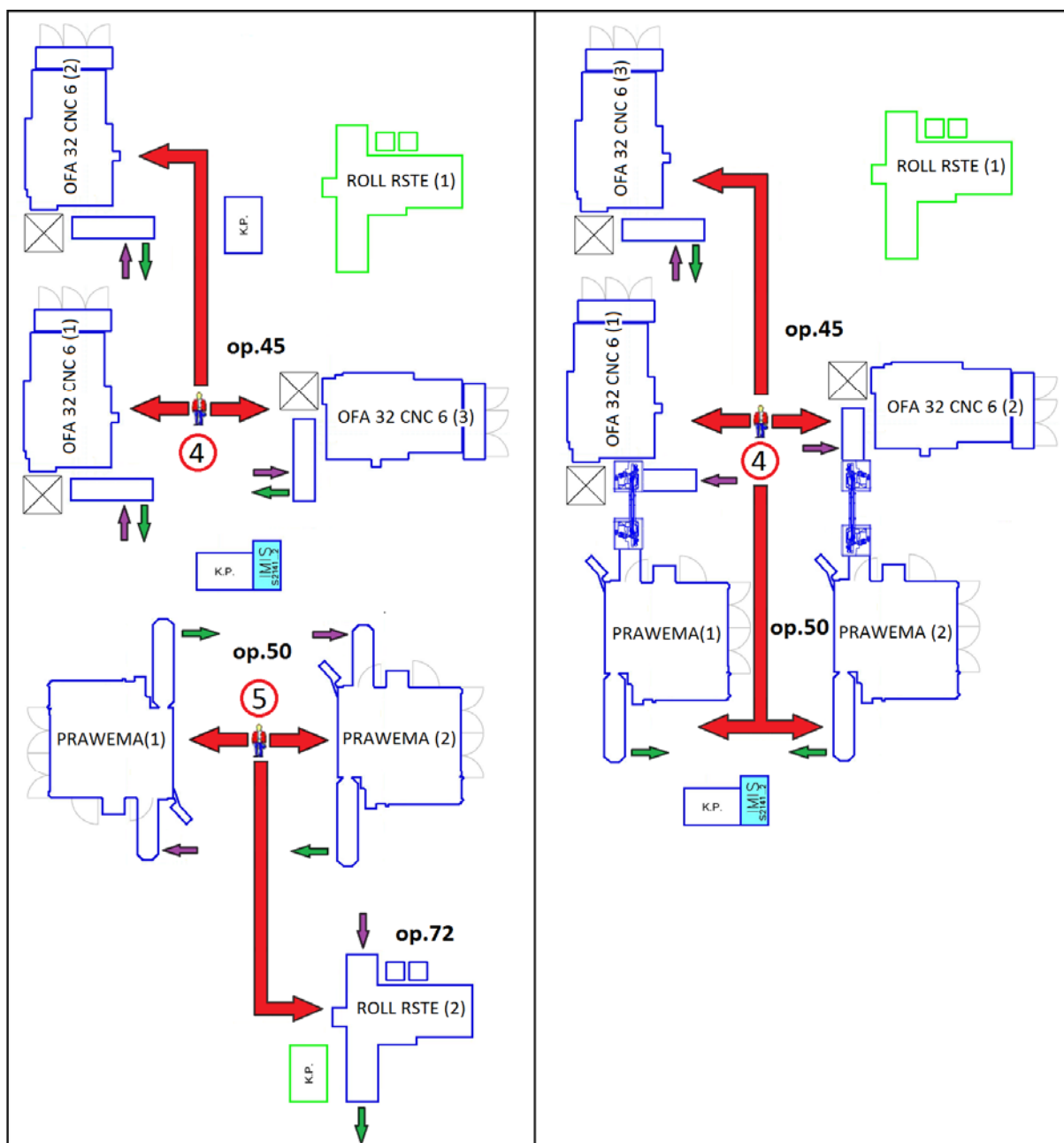
Vzhledem k nižší produkci strojů OFA 32 CNC 6 operace č. 45 vůči strojům PRÄWEMA operace č. 50 musel být kompletně vyměněn a přeprogramován řídicí systém na strojích OFA 32 CNC 6 (1) a OFA 32 CNC 6 (2). Díky tomu se udržela produkce 1850 kůsu kol za den.

Nyní obsluha po přivezení dílů z operace č. 15 založí kusy do zásobníku stroje operace č. 45 a po ofrézování jsou automatickým manipulátorem překládány na dopravník obrobků, který dopraví kusy k operaci č. 50. Tam jsou opět automatickým manipulátorem přeloženy do zásobníku stroje a po obrobení i v tomto stroji se kola naloží do mezioperačních vozíků, které si již odváží obsluha z další operace.



Obr. 24 - Grafické vyjádření časů obsluhy operace č. 45 a č. 50

Výchozí a nový stav časů vytížení na operacích č. 45 a č. 50 je po provedených opatřeních B znázorněn v grafu na obrázku 24. Původně byly tyto operace obsazeny dvěma členy obsluhy. Daná opatření umožnila sloučení operací č. 45 a č. 50 a nově tyto operace vykonává jeden člen obsluhy. Nové rozmístění strojů a přiřazení členů obsluhy je patrné z obrázku 25.



Obr. 25 - Rozmístění obsluhy a strojů před a po opatření B

#### 4.4.3 Opatření C

Opatření C bylo zavedeno kvůli přímému nakládání obrobených a vypraných dílů přímo do kovových roštů používaných ve středisku NS 2144 při chemicko-tepelném zpracování, díky čemuž je ušetřen čas manipulace s obrobenými díly.

Původně musely být obrobky po ševingování naloženy do plechových schránek mezioperačních vozíků, převezeny na operaci č. 72, tam vyprány a přeloženy do plechových beden určených na odvoz do střediska chemicko-tepelného zpracování. Tam se musely díly opět přeložit a to na kovové rošty, které se již i s díly navázely do pecí.

Díky takto aplikovanému opatření se ušetří nejen čas obsluhy překládající díly ve středisku NS 2142, ale také toho, kdo musí překládat obrobky z beden na kovové rošty přímo ve středisku chemicko-tepelného zpracování.

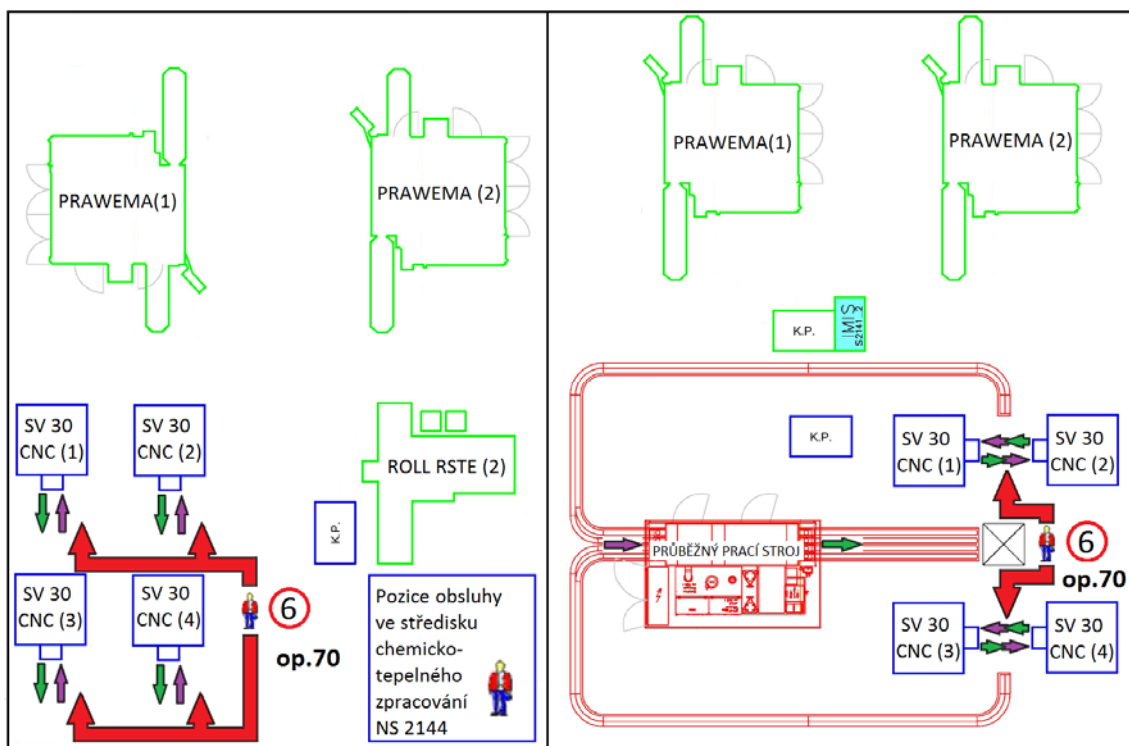
Dále se díky opatření C vykompenzovalo neobsazené místo obsluhy operace č. 72. Jelikož již obsluha z operace č. 50 stroj na praní dílů neobsluhuje, bylo zapotřebí tuto operaci nahradit.

Po provedení opatření C se sice časy obsluhy změnily jen minimálně, jak je patrné z grafu na obrázku 29, ale je vyřešena neobsazenost operace č. 72 a ušetřen čas překládání ve středisku NS 2144 chemicko-tepelného zpracování.

Ševingovací stroje SV 30 CNC operace č. 70 jsou ovládány jednočlennou obsluhou, která zajišťuje výrobu kol 1. a 2. rychlostního stupně převodovky MQ 200.

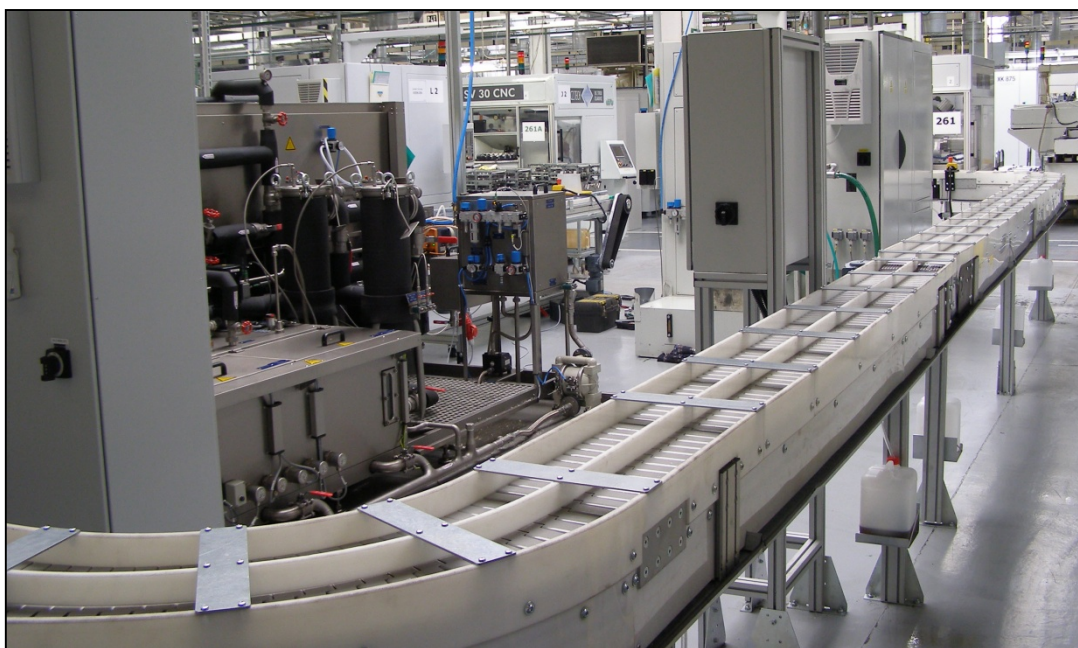
Vzhledem k tomu, že tato obsluha čtvrtinu výrobního času čeká, nabízí se možnost obsazení op. č. 72 - praní, právě tímto členem obsluhy. S takto přizpůsobeným technologickým postupem však vyšlo najevo, že se nepřiměřeně navýšily časy manipulace a přecházení mezi stroji.

Proto bylo přistoupeno ke kroku, kdy se praní dílů zautomatizovalo a to tak, že čtyři ševingovací stroje operace č. 70 byly otočeny čelem stroje k sobě a posunuty na místo původní pračky ROLL RSTE (2). Dále byl vpravo vedle nich po směru výrobního toku umístěn repasovaný průběžný prací stroj SILBERHORN a tyto dvě operace se propojily automatickým dopravníkem obrobků, opět uzpůsobeným k maximální šetrnosti k obrobeným dílům. Tento nový koncept propojení operací ševingování a praní je vidět na obrázku 26.



Obr. 26 - Rozmístění obsluhy a strojů před a po opatření C

Při takto změněné pozici strojů obsluha po přivezení dílů v mezioperačních vozících z operace č. 50 založí díly do stroje operace č. 70, ty jsou automaticky obrobeny a po vyjmutí z vykládacích zásobníků vkládány na automatický dopravník.



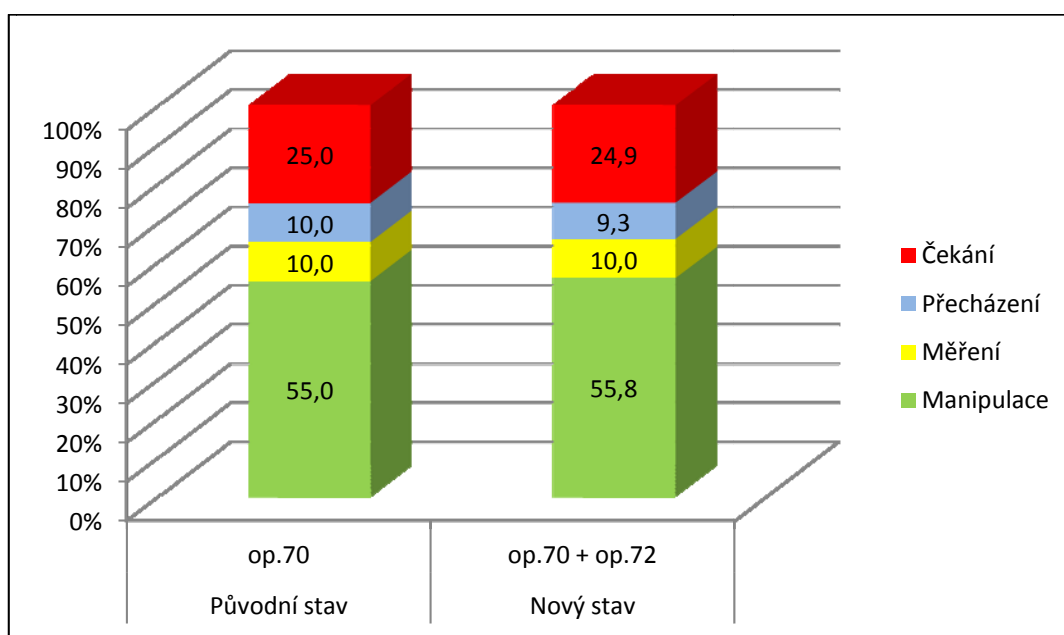
Obr. 27 - Nově implementovaný dopravník obrobků u operace č. 70

Pomocí nově instalovaného dopravníku, zobrazeného na obrázku 27 a 28, jsou obrobky dopraveny do průběžného pracího stroje, tam vyprány a po přijetí na vykládací pozici jsou vkládány do roštů připravených na odvoz do střediska chemicko-tepelného zpracování.



Obr. 28 - Výstupní dopravník obrobků z pračky SILBERHORN

Z následujícího grafu na obrázku 30 je vidět, že se opatřením C mírně změnily časy manipulace a přecházení a čas měření zůstal nezměněn.



Obr. 30 - Grafické vyjádření časů obsluhy operace č. 70 a č. 72

#### 4.4.4 Opatření D

K tomuto poslednímu opatření mohlo dojít díky tomu, že byl v minulosti změněn technologický postup výroby kol 1. a 2. rychlosti v operaci č. 130 – broušení, ale ještě nebyla provedena racionalizace pracovišť.

Po provedení opatření D byl snížen stav členů obsluhy o jednoho člena a došlo k otočení jednoho stroje Reinecker ISAA – 200 o 180°.

Jelikož jsou operace č. 130 ovládány dvoučlennou obsluhou, mohla být po změně intervalu měření, provedené v kontrolním plánu operace, uskutečněna racionalizace těchto pracovišť a snížen počet členů obsluhy. Na obrázku 31 je tento člověk označen číslicí 8.

Tato změna intervalu měření byla provedena v důsledku ustálení spolehlivosti strojů, kolísající z důvodů konstrukčních vad zařízení.

Po úpravě konstrukce strojů Reinecker ISAA – 200 a technologického postupu obrábění, byla změněna poloha stroje Reinecker ISAA – 200 (2), který byl otočen o 90° proti směru hodinových ručiček.

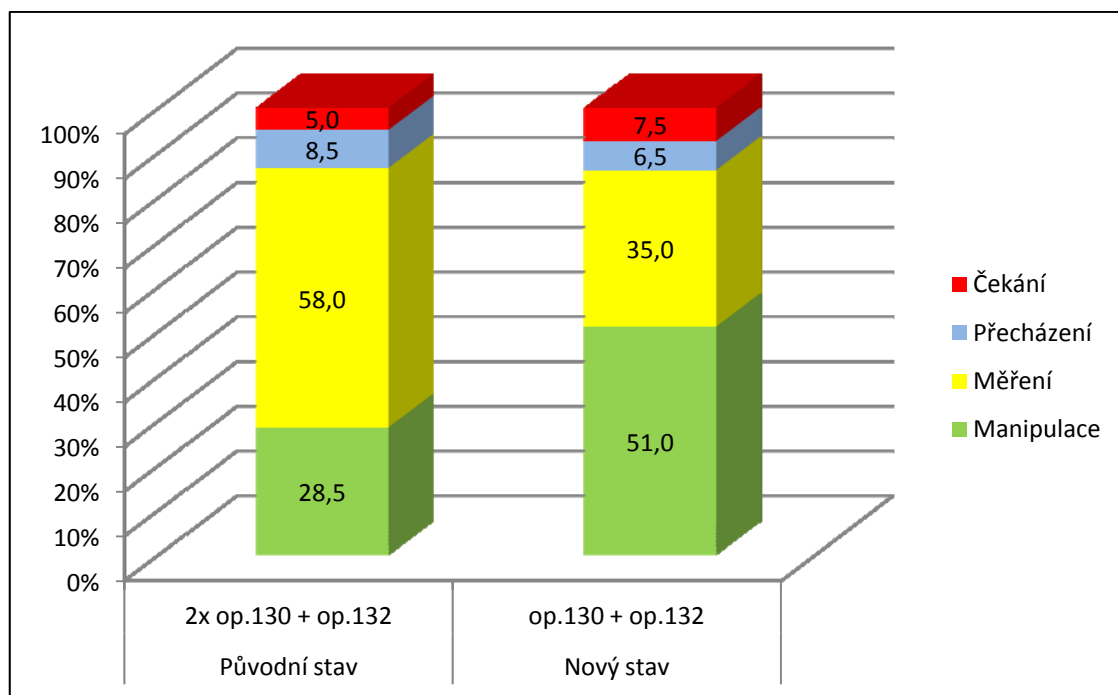
Nyní po přivezení již chemicko-tepelně upravených dílů obsluha střídavě obstarává stroje pro broušení kol 1. a 2. rychlosti.

Díly jsou vykládány z plechových schránek, umístěných v kovových bednách, do vstupních dopravníků obou strojů. Po obrobení a naložení kol do mezioperačních vozíků jsou odváženy k vyprání ve stroji operace č. 132.

Tato pračka byla původně umístěna u švingovacích strojů a v důsledku racionalizace operace č. 70, umístěna poblíž strojů pro kontrolu ozubení.

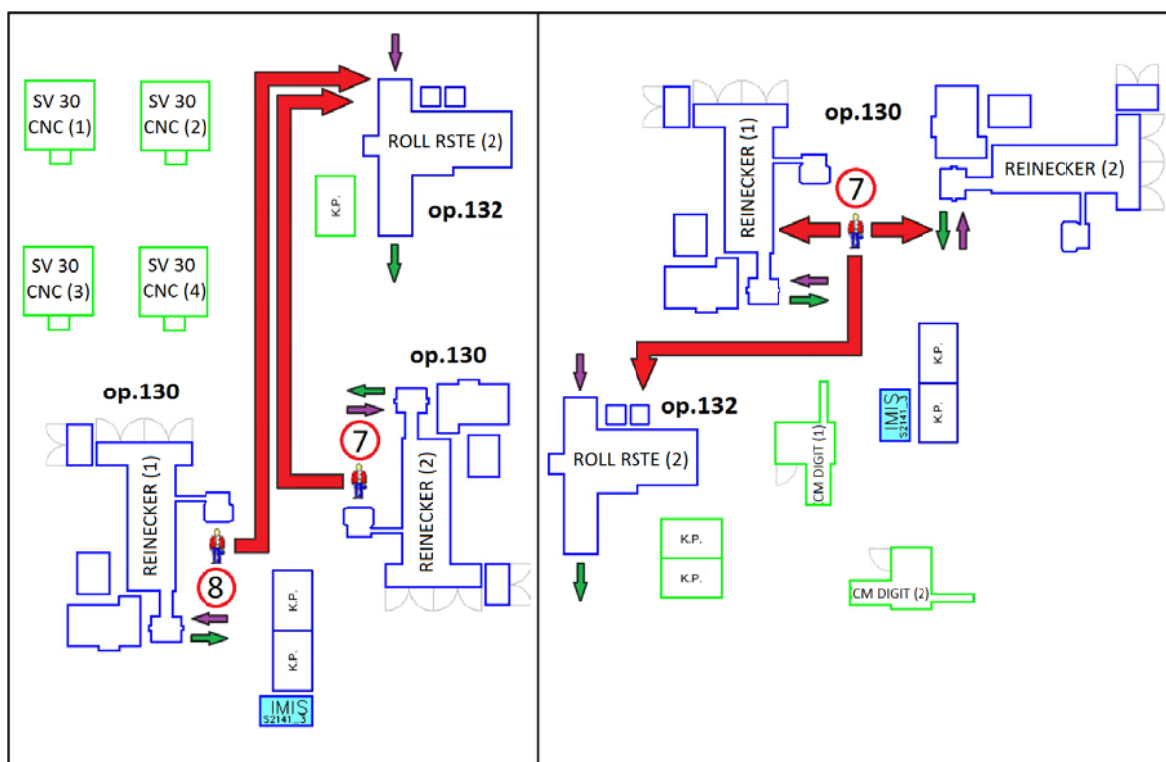
Vyprané díly si již odváží obsluha operace č. 150 zajišťující kontrolu ozubení vyrobených kol 1. a 2. rychlostního stupně převodovky MQ 200.

Výchozí a nový stav časů vytížení na operacích č. 130 a č. 132 je po provedených opatřeních D znázorněn v grafu na obrázku 30. Jak je vidět, čas manipulace se v důsledku omezení počtu členů obsluhy zvětšil skoro na dvojnásobek a čas měření, kvůli změně KPO, zmenšil z 58 % na 35 % výrobního času.



Obr. 30 - Grafické znázornění časů obsluhy operace č. 130 a č. 132

Původní a nové rozmístění strojů opatření D je znázorněno na obrázku 31. Jak lze vidět, díky racionalizaci operace č. 130 se ušetřil jeden člen obsluhy.



Obr. 31 - Rozmístění obsluhy a strojů před a po opatření D

#### 4.5 Popis výrobního střediska po racionalizaci operací

Po provedení racionalizace operací v nákladovém středisku NS 2142 byl snížen stav o 3 členy obsluhy v každé směně při zachování původní výrobní kapacity 1850 ks za den. Nové obsazení operací a strojů je uvedeno v tabulce 10.

Tabulka 10

| Číslo operace | Název operace         | Název stroje             | Počet operátorů |
|---------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| 5             | soustružení           | EMAG VSC200 DUO (1)      | 1               |
|               |                       | EMAG VSC200 DUO (2)      |                 |
| 15            | obrážení              | Lorenz LS 122 (1)        |                 |
| 5             | soustružení           | EMAG VSC200 DUO (3)      | 1               |
|               |                       | EMAG VSC200 DUO (4)      |                 |
|               | obrážení              | Lorenz LS 122 (2)        |                 |
| 45            | frézování             | OFA 32 CNC 6 (1)         | 1               |
|               |                       | OFA 32 CNC 6 (2)         |                 |
|               |                       | OFA 32 CNC 6 (3)         |                 |
| 50            | frézování a odjehlení | PRÄWEMA (1)              |                 |
|               |                       | PRÄWEMA (2)              |                 |
| 70            | ševingování           | SV 30 CNC (1)            | 1               |
|               |                       | SV 30 CNC (2)            |                 |
|               |                       | SV 30 CNC (3)            |                 |
|               |                       | SV 30 CNC (4)            |                 |
| 130           | broušení              | Reinecker ISAA – 200 (1) | 1               |
| 130           | broušení              | Reinecker ISAA – 200 (2) |                 |
| 132           | praní                 | ROLL RSET (2)            |                 |
| 150           | kontrola ozubení      | CM Digit (1)             | 1               |
|               |                       | CM Digit (2)             |                 |
| Celkem        |                       |                          | 6               |

V rámci opatření A došlo k prohození strojů EMAG VSC200 DUO operace č. 5 pro výrobu kol 1. a 2. rychlosti a následné implementaci automatického dopravníku mezi tyto stroje. Kvůli plynulému toku materiálu byla změněna konstrukce výstupních zásobníků strojů této operace a přidělány manipulátory pro přendávání obrobků ze stroje na dopravník. Nyní jsou obráběné díly automaticky dopravovány až k operaci č. 15, tam pomocí nově instalovaných manipulátorů překládány na stroje Lorenz LS 122 a za těmito operacemi nakládány do mezioperačních vozíků.

Dále byla změněna řezná kapalina ve strojích operace č. 15, v důsledku čehož nemusí být prováděno praní obrobených dílů a v technologickém postupu vynechána operace č. 17 - praní. Díky těmto modifikacím došlo ke zkrácení časů přecházení a manipulace s materiálem a následkem toho k úspoře jednoho člena obsluhy v každé směně.

Opatření B v sobě zahrnovalo prohození strojů OFA 32 CNC 6 operace č. 45, kdy jeden stroj frézuje kola 1. a 2. rychlostního stupně a druhý jen kola 2. rychlostního stupně. Dále kompletní výměnu a přeprogramování řídicího systému dvou strojů OFA 32 CNC 6.

Dalším krokem byl přesun strojů PRÄWEMA operace č. 50 blíže k operaci č. 45 a následné otočení o 180° jednoho z těchto strojů obrábějícího kola 1. rychlosti.

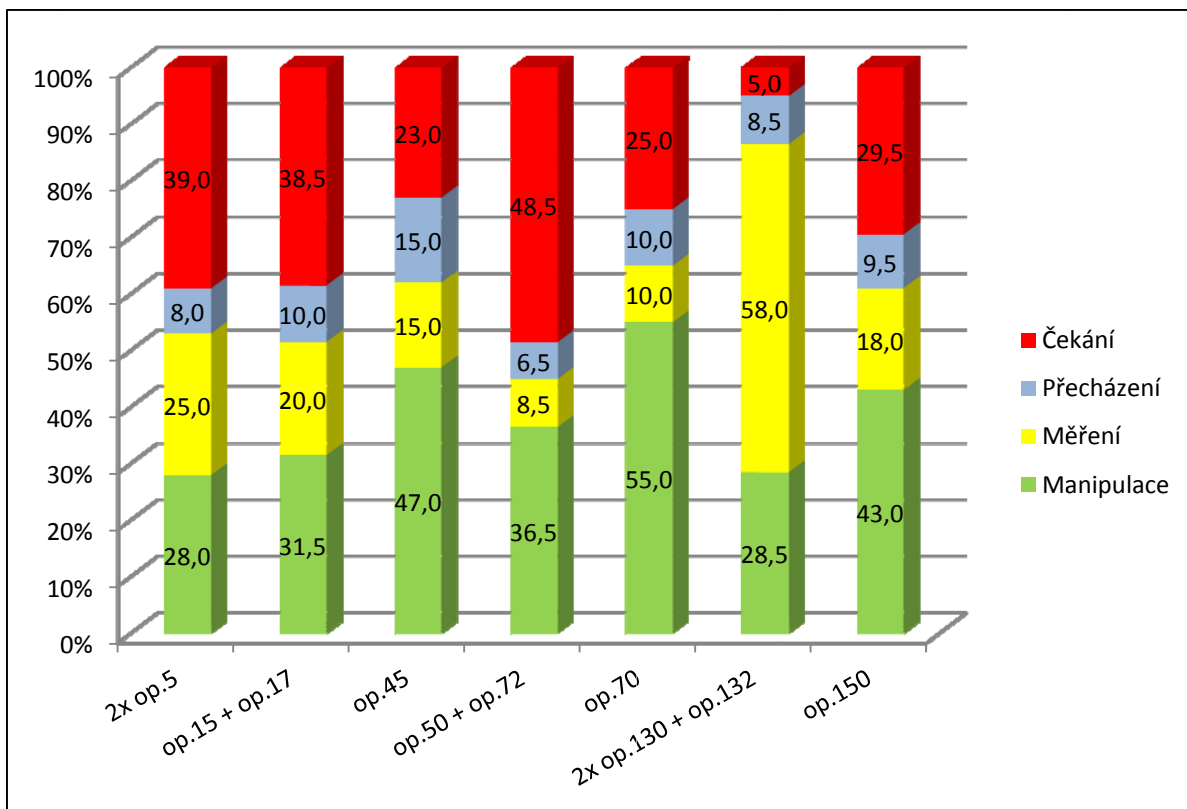
Konečným krokem tohoto opatření byla implementace manipulátorů do strojů obou operací a vřazení automatických dopravníků pro zkrácení časů přecházení a manipulace s obrobenými díly. Pomocí této změny došlo opět k úspoře jednoho člena obsluhy v každé směně.

Po aplikaci opatření C došlo k zautomatizování praní obrobených dílů po operaci č. 70 - ševingování, v důsledku čehož mohla být z původního technologického postupu vyřazena operace č. 72. Toho bylo dosaženo změnou pozic strojů SV 30 CNC operace č. 70 a instalací nového automatického dopravníku, do kterého byla vřazena repasovaná průběžná pračka, dříve se používající v jiném nákladovém středisku.

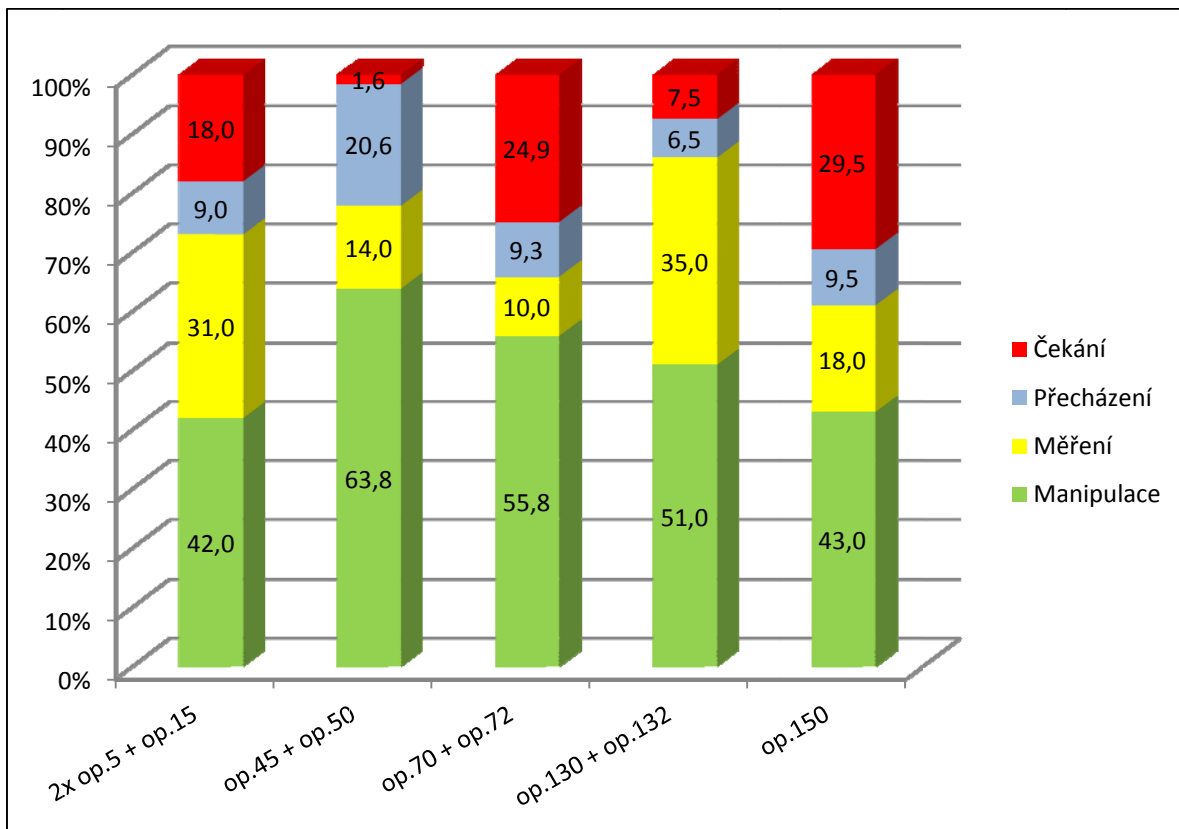
Dále došlo k úspoře času manipulace a přecházení obsluhy ve středisku chemicko-tepelného zpracování. Toho bylo dosaženo nakládáním obrobků z nově instalovaného dopravníku přímo na kovové rošty požívající se v pecích střediska NS 2144. Na základě této změny a racionalizaci operací ve středisku NS 2144 došlo k úspoře jednoho místa obsluhy chemicko-tepelného zpracování.

Opatřením D bylo dosaženo sloučení operací č. 130 - broušení kol 1. a 2. rychlosti, čímž došlo k úspoře jednoho člena obsluhy. Této úspory bylo dosaženo změnou kontrolního plánu operace, v kterém byly upraveny četnosti měření obrobených dílů. Zároveň byl otočen stroj Reinecker ISAA – 200 pro kola 2. rychlosti o 90° proti směru hodinových ručiček a tím snížen čas přecházení a manipulace s obrobky. V rámci tohoto opatření byl také přemístěn stroj ROLL RSTE (2) operace č. 132, v kterém jsou prány obroušená kola 1. a 2. rychlostního stupně převodovky MQ 200.

V následujících grafech na obrázku 32 a 33 lze porovnat vytížení obsluhy před a po provedení racionalizace pracovišť.



Obr. 32 - Vytížení členů obsluhy před racionalizací operací



Obr. 33 - Vytížení členů obsluhy po racionalizaci operací

Z uvedených grafů obrázku 32 a 33 je patrné, že největší podíl neproduktivních časů, kdy obsluha čekala na vyprázdnění dopravníku, byl na operacích č. 5, 15, 17, 50 a 72.

Po provedených opatřeních došlo ke snížení těchto časů u operace č. 5 a č. 15 + č. 17 z původního stavu 39 % resp. 38,5 % na hodnotu 18 % pro oba členy obsluhy této operace.

V případě přeorganizování obsluhy na operacích č. 45 + č. 50 došlo k úspoře časů čekání z původních hodnot 23 % resp. 48,5 % na hodnotu 1,6 %. U ostatních operací, kde byla provedena nová opatření, se neproduktivní čas změnil jen minimálně.

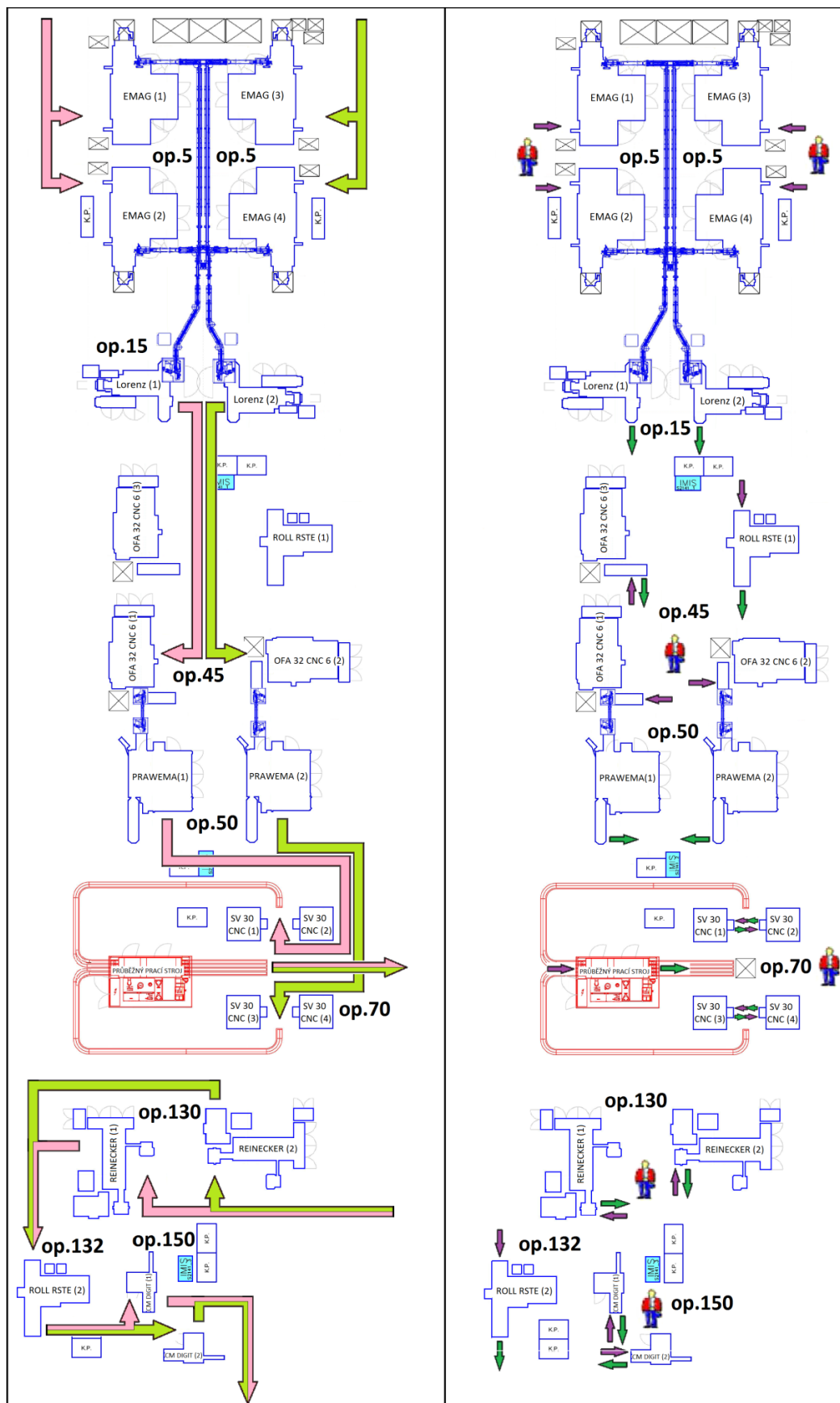
Výsledky využití členů obsluhy spolu s novým přerozdělením operací jsou uvedeny v tabulce 11. V levých sloupcích jednotlivých barevných oblastí je uvedeno procentuální vyjádření zjištěných časových hodnot ze sledované doby 120 minut, v pravých sloupcích pak v jednotkách minut tomu odpovídající časový interval.

Tabulka 11

| Kategorie       | Manipulace |       | Měření |       | Přecházení |       | Čekání |       |
|-----------------|------------|-------|--------|-------|------------|-------|--------|-------|
|                 | [%]        | [min] | [%]    | [min] | [%]        | [min] | [%]    | [min] |
| č.op.           |            |       |        |       |            |       |        |       |
| 2x op.5 + op.15 | 42,0       | 50,4  | 31,0   | 37,2  | 9,0        | 10,8  | 18,0   | 21,6  |
| op.45 + op.50   | 63,8       | 76,6  | 14,0   | 16,8  | 20,6       | 24,7  | 1,6    | 1,9   |
| op.70 + op.72   | 55,8       | 67,0  | 10,0   | 12,0  | 9,3        | 11,1  | 24,9   | 29,9  |
| op.130 + op.132 | 51,0       | 61,2  | 35,0   | 42,0  | 6,5        | 7,8   | 7,5    | 9,0   |
| op.150          | 43,0       | 51,6  | 18,0   | 21,6  | 9,5        | 11,4  | 29,5   | 35,4  |

Layout nového uspořádání strojů pro výrobu kol 1. a 2. rychlosti je znázorněn na obrázku 34. Jsou zde spojena všechna čtyři opatření A, B, C a D a je vidět celková posloupnost operací.

Dále je zde jako na obrázku 16 v levé části znázorněna logistika toku materiálu, kde růžová barva značí kola 1. rychlosti a světle zelená barva kola 2. rychlosti. V pravé části obrázku jsou vidět vstupní zásobníky materiálu znázorněny šipkami fialové barvy a výstupní zásobníky znázorněny šipkami zelené barvy. Ikony panáčka znázorňují rozmístění obsluhy jedné směny.



Obr. 34 - Layout výrobního střediska po racionalizaci pracovišť

## 4.6 Ekonomické zhodnocení

Racionalizací střediska NS 2142 pro výrobu kol 1. a 2. rychlosti převodovky MQ 200 bylo dosaženo snížení počtu členů obsluhy z původních 9 na současných 6 členů v jedné směně při zachování produkce 1850 ks kol 1. i 2. rychlosti za den. Dále částečně jednoho člena obsluhy ve středisku chemicko-tepleného zpracování úsporou času při překládání dílů na kovové rošty. Díky tomu došlo ke snížení personálních nákladů, které jsou součástí nákladů na vyrobený díl.

Současné personální náklady na jednoho člena obsluhy jsou ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav stanoveny na cca. 400 000 Kč/rok. Celkové úspory v personálních nákladech tedy činí 3 600 000 Kč/rok za ušetřených 9 členů obsluhy, vždy z každé směny tři a 600 000 Kč/rok za 3 členy obsluhy ze střediska NS 2144. Úspory za tuto trojčlennou obsluhu jsou rozpočítány mezi obě nákladová střediska NS 2142 a NS 2144. Po započítání nákladů na technická řešení tak můžeme vyjádřit celkové náklady a dobu návratnosti.

Prvním z těchto řešení je přesunutí strojů EMAG VSC200 DUO operace č. 5, což činilo náklady 386 000 Kč. Dále implementace automatických dopravníků a manipulátorů, které propojily operace č. 5 a č. 15 za náklady ve výši 2 782 000 Kč.

Druhé řešení zahrnovalo prohození strojů OFA 32 CNC 6 operace č. 45 v hodnotě nákladů 97 600 Kč. Poté přisunutí strojů PRÄWEMA operace č. 50 a otočení jednoho z nich o 180° ve výši nákladů 157 800 Kč. Následovala implementace krátkých dopravníků a manipulátorů zajišťujících propojení obou operací a tyto úpravy činily náklady 798 100 Kč. Poslední úpravou tohoto řešení byla výměny a přeprogramování řídicího systému dvou strojů v hodnotě 2 489 600 Kč.

Třetí technické řešení je přesun a otočení strojů SV 30 CNC operace č. 70 v hodnotě 187 600 Kč. Dále instalace průběžného pracího stroje a automatických dopravníků, u které částka na náklady činila 68 000 Kč a 1 375 800 Kč. Poslední částí tohoto řešení je přesun pracího stroje ROLL RSTE (2) za 47 800 Kč.

Čtvrtým řešením je otočení stroje Reinecker ISAA – 200 operace č. 130 o 90° proti směru hodinových ručiček. Náklady na otočení činily 75 600 Kč.

Při změně umístění stroje, ať už jde jen o otočení či posunutí, jsou do nákladů započítávány úpravy rozvodů elektřiny, vzduchu, hydraulické kapaliny a náklady na přestěhování a zprovoznění stroje odbornou firmou.

V instalaci dopravníků a manipulátorů je zahrnuta implementace do výrobní linky, naprogramování řídicích automatů těchto zařízení, přívod rozvodů elektřiny a vzduchu a následné zprovoznění se zajištěním servisu ve zkušebním provozním období.

Dále jsou pro zlepšení ergonomie práce do celkových nákladů započítány přesuny a úpravy technického vybavení a kontrolních pracovišť v hodnotě 53 600 Kč a nové značení zón pro manipulační vozíky a bedny s obrobky v částce 15 400 Kč.

Pro zpřehlednění jsou tyto náklady zobrazeny v tabulce 12. První část zahrnuje jednotlivé náklady na technická opatření, které celkově činí 8 534 900 Kč.

V druhé části je uvedena úspora personálních nákladů v hodnotě 4 200 000 Kč/rok za ušetřených 9 členů obsluhy ve středisku NS 2142 a 3 členů střediska NS 2144.

Návratnost vložených prostředků lze stanovit podílem nákladů na technická opatření  $tn$  a uspořené personálních nákladů za rok  $pn$ .

$$\frac{tn}{pn} = \frac{8\,534\,900}{4\,200\,000} = 2,03 \text{ roku} \quad (2)$$

Návratnost nákladů je tedy 2,03 roku, což činí přibližně 25 měsíců.

Jelikož je ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav při přestavbách strojů a zařízení požadována návratnost do dvou let, tak jsou náklady na tuto racionalizaci operací ve středisku NS 2142 mírně překročeny. V tomto případě však bylo překročení návratnosti o necelý měsíc tolerováno.

Tabulka 12

| TECHNICKÁ ŘEŠENÍ                                              | NÁKLADY             |
|---------------------------------------------------------------|---------------------|
| Přesun strojů EMAG VSC200 DUO                                 | 386 000 Kč          |
| Automatické dopravníky a manipulátory op.č. 5 a č. 15         | 2 782 000 Kč        |
| Prohození strojů OFA 32 CNC 6                                 | 97 600 Kč           |
| Výměna řídicího systému dvou strojů OFA 32 CNC 6              | 2 489 600 Kč        |
| Přesun a otočení strojů PRÄWEMA                               | 157 800 Kč          |
| Automatické dopravníky a manipulátory op.č. 45 a č. 50        | 798 100 Kč          |
| Přesun a otočení strojů SV 30 CNC                             | 187 600 Kč          |
| Přesun průběžného pracího stroje                              | 68 000 Kč           |
| Automatické dopravníky op. č. 70                              | 1 375 800 Kč        |
| Přesun stroje ROLL RSTE                                       | 47 800 Kč           |
| Otočení stroje Reinecker ISAA - 200                           | 75 600 Kč           |
| Přesuny a úpravy technického vybavení a kontrolních pracovišť | 53 600 Kč           |
| Nové značení zón                                              | 15 400 Kč           |
| <b>Celkové náklady na technická řešení</b>                    | <b>8 534 900 Kč</b> |
|                                                               |                     |
| Úspora personálních nákladů NS 2142 za rok                    | 3 600 000 Kč        |
| Úspora personálních nákladů NS 2144 za rok                    | 600 000 Kč          |
| <b>Celková úspora personálních nákladů za rok</b>             | <b>4 200 000 Kč</b> |

## 5. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala racionalizací operací ve středisku NS 2142 výroby kol 1. a 2. rychlosti převodovky MQ 200 ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav s cílem snížení výrobních nákladů.

Úvodní část pojednává o konstrukci a výrobě převodovky MQ 200 a dále pak o popisu výrobního střediska a jeho jednotlivých operací. V hlavní části je dle metodiky uvedené v kapitole 4.2 provedena časová analýza před racionalizací střediska.

Na základě zjištěných údajů byla navržena nová technicko-organizační opatření, díky nimž došlo k úspoře 3 členů obsluhy v každé směně a snížení vytížení pracovníka ve středisku NS 2144.

Z ekonomického hlediska byly celkové náklady vyčísleny na 8 534 900 Kč a návratnost těchto financí spočítána na 25 měsíců. Vzhledem k tomu, že byl požadavek dodržení návratnosti nákladů do dvou let překročen jen o necelý měsíc, byly tyto náklady tolerovány.

Automobilka Škoda Auto prodala v roce 2011 do celého světa 879 194 vozů, tedy více než kdykoliv předtím v její historii. Jelikož má nyní za cíl do roku 2018 překročit hranici 1,5 milionu prodaných vozů za rok, je v dnešním konkurenčním prostředí, zejména ze strany východních automobilek, nutnost zvyšovat kvalitu výrobků a snižovat náklady na jejich výrobu. Toho lze docílit buď přesunem výroby na trhy s levnější pracovní silou, nebo zefektivněním současně výroby.

Nyní, díky kvalitě a spolehlivosti vozů Škoda, roste poptávka po celém světě a zejména pak na trzích Indie, Číny a Ruska.

V roce 2012 se má rozšířit závod v Mladé Boleslavi a začít výroba nového modelu automobilu. Současně se navýší výroba Octavií a produkce vzroste z 800 na 1200 aut denně.

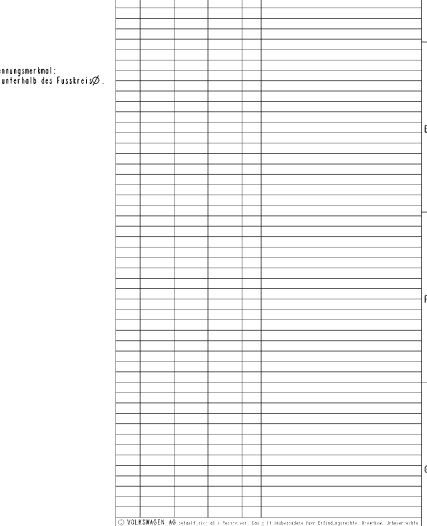
V úspěšném růstu podniku má pomoci také výroba nové přímo řazené převodovky DQ 200, známá pod označením DSG. Má se začít vyrábět koncem roku 2012 v závodě ve Vrchlabí v počtu 1000 převodovek za den a dodávat do celého koncernu VW.

## Seznam použité literatury

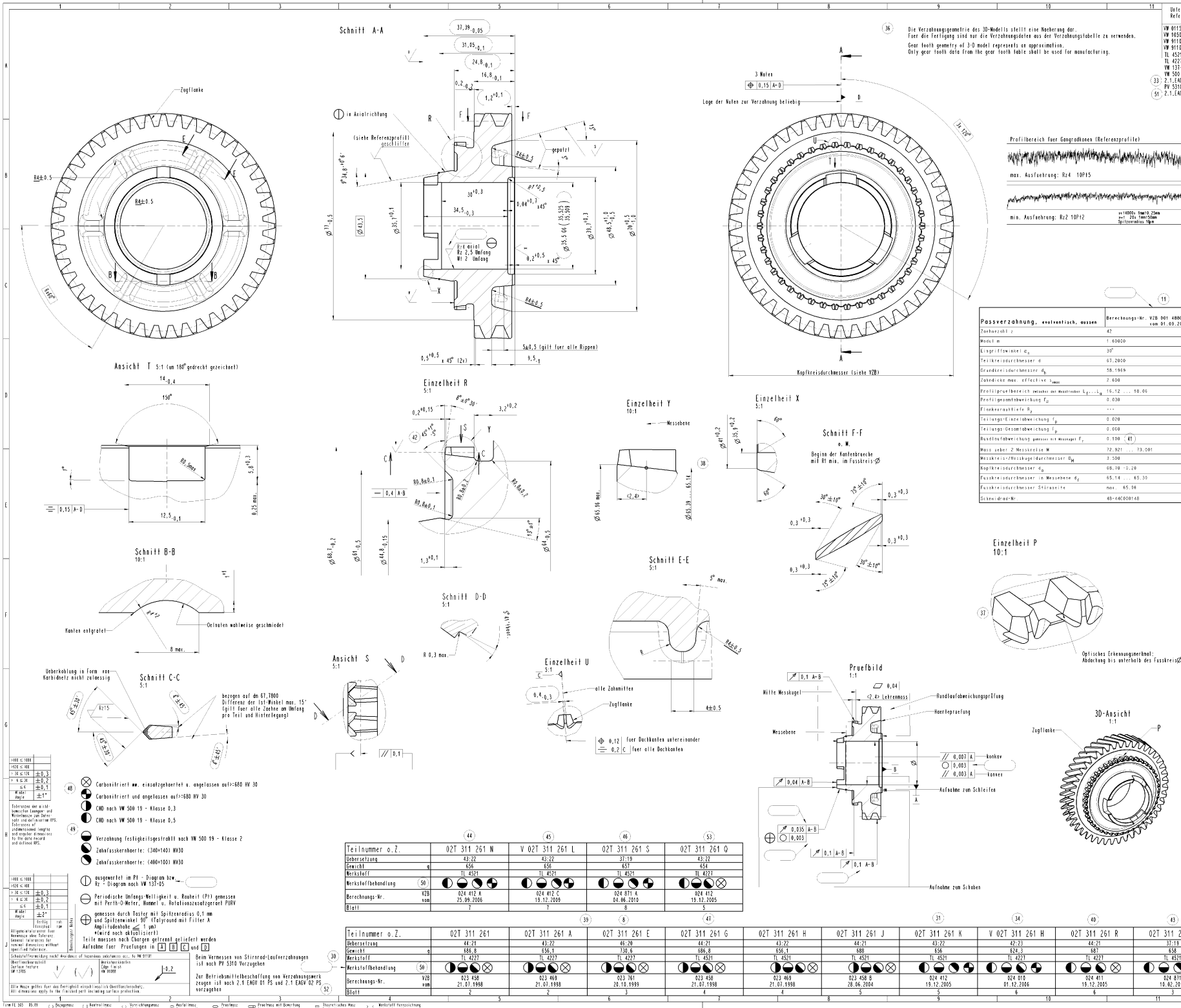
- [1] KRÁLÍK, J.: *100 let historie automobilů L&K - Škoda*, Brno, 2005
- [2] <http://www.skoda-auto.cz/>
- [3] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: Intranet VAP ŠKODA AUTO
- [4] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: Prezentace CC VAP.pdf
- [5] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: Prezentace závodu VA.pdf
- [6] Časopis – *Autoexpert (praktická dílna)*, březen 2007
- [7] ŠKODA Auto a.s., Mladá Boleslav: *Dílenská příručka Fabia, Převodovka 02T*, 2003
- [8] NOVÁK, J., ŠLAMPOVÁ, P.: *Racionalizace výroby*, VŠB – Technická univerzita, Ostrava, 2007

## Seznam příloh

1. Výkres kola 1. rychlostního stupně (výkres TAB 001 808, list 1)
2. Tabulka parametrů kol 1. rychlostního stupně s označením 02T 311 251 a indexem \_, B (výkres TAB 001 808, list 2)
3. Výkres kola 2. rychlostního stupně (výkres TAB 001 808A, list 1)
4. Tabulka parametrů kol 2. rychlostního stupně s označením 02T 311 261 a indexem \_, A (výkres TAB 001 808A, list 2)

[illegible]

[illegible]

[illegible]

|             |       |     |                          |     |                               |     |                                   |   |                                |   |                        |   |                                                 |   |                                   |     |                                             |
|-------------|-------|-----|--------------------------|-----|-------------------------------|-----|-----------------------------------|---|--------------------------------|---|------------------------|---|-------------------------------------------------|---|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------|
| Form FE 504 | 05.09 | ( ) | Bezugsmaszk<br>Ref. dim. | [ ] | Kontrollmaszk<br>Control dim. | < > | Vorrichtungsmaszk<br>Fixture dim. | ⊖ | Ausfallmaszk<br>Temporary dim. | ⊖ | Prüfmaszk<br>Test dim. | ⊖ | Prüfmaszk mit Bewertung<br>Dim. to be inspected | = | Theoretisches Maszk<br>Basic dim. | > < | Werkstoff-Kennzeichnung<br>Material marking |
|-------------|-------|-----|--------------------------|-----|-------------------------------|-----|-----------------------------------|---|--------------------------------|---|------------------------|---|-------------------------------------------------|---|-----------------------------------|-----|---------------------------------------------|