



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

Kalkulace a optimalizace výrobních časů při sériové výrobě

Bakalářská práce

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Autor práce: **Pavλίna Marková**

Vedoucí práce: Ing. Martin Vlasák



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavλίna Marková**
Osobní číslo: **M14000258**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Informatika a logistika**
Název tématu: **Kalkulace a optimalizace výrobních časů při sériové výrobě**
Zadávací katedra: **Ústav mechatroniky a technické informatiky**

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

1. Prozkoumejte možnosti časových analýz výrobních procesů a porovnejte jejich výhody a nevýhody. Pro vypracování BP použijte analýzu MTM-UAS.
2. Vytvořte Excelovou šablonu propojenou s dalšími potřebnými daty, které budou naplněné analýzami podle MTM-UAS.
3. Vytvořte a naplňte databáze pomocí MTM-UAS analýz a proveďte kontrolu funkčnosti šablony pomocí časové kontroly. Na základě výsledných dat navrhnete optimalizaci výrobního procesu.


Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 30–40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

- [1] **SDRUŽENÍ MTM PRO ČESKOU REPUBLIKU A SLOVENSKOU REPUBLIKU. MTM-UAS: Sdružení MTM pro Českou republiku a Slovenskou republiku [online]. Copyright 2014 MTM Association for Standards and Research, Copyright 2014 Sdružení MTM pro Česk. 2013, 108 s. [cit. 2015-09-30].**
- [2] **Jak na Microsoft Office (Excel, ..). LASÁK, Pavel. MS Office - ať pracuje za vás [online]. 2015 [cit. 2015-09-30]. Dostupné z: <http://office.lasakovi.com/>**


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Vlasák**
Ústav mechatroniky a technické informatiky

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Kamenický, Ph.D.**
Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **10. října 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2016**


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




doc. Ing. Milan Kolář, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. října 2015

Prohlášení

Byla jsem seznámena 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 vědoma 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.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 3. 1. 2017

Podpis: 

Poděkování

Děkuji Ing. Martinovi Víchovi Vlasákovi za cenné rady, připomínky a za čas, který mi věnoval při vedení bakalářské práce. Děkuji také své rodině, která mě po dobu studia podporovala.

Abstrakt

Tato práce řeší zpracovávání časů jednotlivých pracovních úkonů v sériové výrobě pomocí aplikace a jeho následné použití při výpočtu personálu v jednotlivých oblastech výroby.

Cílem této práce je optimalizace personálu z pohledu nákladů výroby pomocí zpracování časů jednotlivých operací v procesu. Zvolený problém je řešen pomocí nástroje pro zrychlenou tvorbu analýzy. K řešení byla použita MTM metoda, tedy metoda předem stanovených časů.

Podstatou je, že za krátký časový úsek lze zpracovat velké množství operací. Podařilo se dosáhnout nasazení nástroje do výroby, otestování v provozu a následné plné nasazení k výpočtům.

Přínosem této práce je, že nyní již může být personál plánován na jednotlivé kalendářní týdny. Toto dříve nebylo možné.

Výsledky této práce umožňují plánování personálu po jednotlivých kalendářních týdnech, podle objemu výroby a rozdělení pracovníků do jednotlivých hal podle pracovního vytížení.

Klíčová slova

MTM, výpočet personálu, vytíženost pracovníků

Abstract

This work solves the processing times of individual work tasks in mass production using an application and its subsequent use in calculating staff in various areas of production.

The aim of this work is the optimization of the staff in terms of cost of production by processing times of individual operations in the process. Selected problem is solved through the tool for the acceleration of the analysis. For the solution was used MTM method, a method of predetermined times.

The idea is that we can handle a large number of operations in a short period of time. We succeeded in deploying this tool to manufacture, test operation and then to full deployment calculations.

The contribution of this work is that now staff can be planned for each calendar week. This was not possible before.

The results of this study allow planning staff for individual calendar weeks, depending on production volume and distribution staff in individual halls according to workload.

Key words

MTM, the calculation of personnel, occupancy workers

Obsah

Úvod	7
1 Druhy časových analýz	8
1.1 Kódování	11
2 Aplikace	13
2.1 Návrh Aplikace	13
2.2 Struktura Excel šablony	14
2.2.1 Vstupní list	15
2.2.2 Dodavatelský obal	15
2.2.3 SAP	16
2.2.4 Expediční obal	17
2.2.5 Manipulace z dodavatelského balení	18
2.2.6 Ochrana dílu	20
2.2.7 Manipulace do EB	20
2.2.8 Výstupní list	20
2.2.9 Databáze analýz	21
3 Zálohování jednotlivých balicích předpisů	24
3.1 Struktura seznamu balicích předpisů	24
3.2 Soubor mapování	25
3.3 Popis funkcí potřebných pro import a export z šablony do seznamu dílů	26
3.3.1 Export z šablony do seznamu	27
3.3.2 Export ze seznamu do šablony	28
4 Kontrola funkčnosti šablony a ověření časů	29
4.1 Tvoření analýzy	29
4.2 Kontrola šablony	29
4.3 Kontrola časů	30
5 Výpočet personálu	31
5.1 Důvody optimalizace	32
5.2 Optimalizace výrobního procesu	32
6 Závěr	35
Seznam použitých zdrojů	37

Seznam

Tab. 1 - Ukázka MTM-UAS analýzy	10
Tab. 2 - Ukázka MTM-Logistik analýzy.....	10
Tab. 3 - Časové jednotky MTM	11
Tab. 4 - Rozklad manipulace s materiálem.....	18
Tab. 5 - Výstupní list Excel šablony	21
Tab. 6 - Ukázka tabulek vytvořené MTM analýzy z databáze analýz	22
Tab. 7 - Databáze analýz pro Excel šablonu	23
Tab. 8 - Seznam dílu s časy	25
Tab. 9 - Mapování Excel šablony	26
Tab. 10 - Optimalizace času	33
Tab. 11 - Výsledek optimalizace	34

Seznam obrázků

Obr. 1 - Příklad kódování	12
Obr. 2 - Návrh aplikace	13
Obr. 3 - Struktura Excel šablony	15
Obr. 4 - Příklad spojených kartonových hřebenů	18
Obr. 5 - Funkčnost zálohování	25
Obr. 6 - Diagram exportu z šablony do seznamu.....	27
Obr. 7 - Diagram exportu ze seznamu do šablony.....	28

Úvod

Cílem bakalářské práce je vytvořit kalkulaci a optimalizaci výrobních časů v sériové výrobě pomocí mého navrženého programu. Sériová výroba znamená, že do výroby je zadáno velké množství stejných produktů, které se vyrábí v sériích.

Tato práce se zabývá reálným zadáním podniku, jehož činnosti se vztahují především na přebalování dodávek materiálu do krabic vhodných pro distribuci v rámci své další výroby. Zadání zní optimalizovat tuto činnost tak, aby byla co nejrychlejší a zároveň nejlevnější.

V první části, se práce bude zabývat výběrem analyzační metody, kde budou možnosti a vlastnosti metod popsány. Následovat bude detailní popis vybrané metody.

Další část se bude zabývat výběrem programovacího prostředí, které je vhodné pro nasazení ve firmě, například ve vztahu k licenční politice podniku. Bude popsána tvorba samotné aplikace a dalších modulů potřebných ke správné funkci programu.

Poslední část se bude zabývat reálným použitím aplikace. Půjde o naplnění vstupními daty – různá měření úkonů v rámci činnosti přebalování dílů. Kde výsledkem bude například návrh optimalizovaného počtu zaměstnanců při dané dodávce objemu materiálu.

1 Druhy časových analýz

Metody měření času jsou nástroje průmyslového inženýrství zaměřené na oblast měření a analýzy práce. Pro různé typy výroby existují jiné metody tvoření časových analýz.

Cílem vytvoření analýzy je zjištění spotřebovaného času na jednotlivé činnosti vykonané pracovníkem. Výstupem měření je norma obsluhy, spotřebovaný čas a následná optimalizace.

Časové analýzy se dělí na přímé a nepřímé.

Ke zjištění časů přímým měřením se používají techniky, které lze rozdělit do tří skupin:

- snímky pracovního dne
- momentové pozorování
- snímky operace

Snímky pracovního dne lze měřit na jednom anebo více pracovnících ve směně. Posuzují se časové ztráty v celé směně a jejich výsledkem je realizace optimálního využití celé směny.

Momentové pozorování (Multimoment Aufnahmen, Activity sampling) je technika založená na teorii pravděpodobnosti. S několika pracovníky je zapotřebí vytvořit vzorek náhodně zjištěných údajů. Výsledkem momentového měření je jejich podíl v čase směny. Toto měření je možné provádět jedním pracovníkem na více pracovištích.

Snímky operace lze využít v praxi tam, kde se jednotlivé operace opakují v krátkých časových intervalech. Z jedné operace se určuje pravděpodobná střední hodnota všech naměřených totožných operací. Tyto údaje jsou hlavním členem výpočtu normy času.

Nepřímá metoda je například MTM (Methods-Time Measurement) – platí pro ni v celém světě jednotné standardy.

MTM v překladu znamená měření času metody. Základní kořeny má tato metoda již ze 40. let z USA jako systém předem stanovených časů se standardizovanými prvky z MTM (MTM1) pro vytváření pracovních postupů. Výstupem MTM je analýza pracovního postupu, která může sloužit jako podklad pro pracovní návodky a jako podklady plánování procesů. Proto patří mezi nejčastější používané metody. MTM metodu firmy využívají z důvodu snížení nákladů, konkurenceschopnosti, optimalizace a plánování. Ostatní druhy metod jsou specifické podle použití. Je důležité, jaký druh procesu chceme zanalyzovat a poté určit metodu.

Druhy MTM:

MTM-1

- výroba s velkým charakterem opakování
- detailně navržené postupy
- u zaměstnanců se téměř nedají rozeznat odchylky ve způsobu práce

MTM-2

- pro velkosériovou výrobu
- pro pracovní postupy s delšími cykly
- u zaměstnanců se dají rozeznat odchylky ve způsobu práce

MTM-UAS

- univerzální rozborový (analyzační) systém
- k strukturování pracovních postupů
- k plánování pracovních postupů
- pro sériovou výrobu
- pro rutinované pracovníky
- délka pracovního cyklu delší než u velkosériové výroby

Tab. 1 - Ukázka MTM-UAS analýzy

Popis činnosti	KÓD	TMU	Počet	Četnost	TMU celkem
Shýbnutí ke složenému GLT	KB	60	1	1	60
Uchopení a omístění víka GLT po chůzi	AL1	80	1	1	80
Chůze s víkem tam a zpět (2*2m)	KA	25	2	2	100
Shýbnutí se ke složenému GLT na paletě	KB	60	1	1	60
Roztáhnutí vnější části GLT	AA3	50	1	1	50
Dorovnání vnějších stěn GLT	AA1	20	2	1	40
Chůze k druhé straně GLT (2m)	KA	25	1	2	50
Shýbnutí se k vnitřní části GLT	KB	60	1	1	60
Roztáhnutí vnitřní strany GLT	AA3	50	1	1	50
Dorovnání vnitřních stěn GLT	AA1	20	2	1	40
Chůze pro víko tam a zpět	KA	25	2	2	100
Uchopení a umístění víka	AM1	95	1	1	95
Dosazení víka	PA1	10	2	1	20

MTM-MEK

- pro kusovou a malosériovou výrobu
- velká různorodost druhů a variant výrobků
- neustálé změny pracovních postupů a podmínek

MTM VA

- zraková kontrola

MTM-Logistik

- pro dopravu s různými dopravními prostředky
- manipulace s kartony, obaly

Tab. 2 - Ukázka MTM-Logistik analýzy

Popis činnosti	KÓD	TMU	Počet	Četnost	TMU celkem
Palety odebrat ze země	SAAASM	983	1	1	983
Jízda 10 m	SFILF	17	10	1	170
Jízda zpět	SFISF	13	10	1	130
Zatáčky	SFKLF	56	2	1	112
Zatáčky	SFKSF	16	2	1	32

MTM-UAS je pro náš proces nejlepší volbou. Obsahuje detailní popsání pohybů, které pracovník provádí. Od uchopení a odložení dílů až po manipulaci s pomůckou. S metodou MTM-UAS dokážeme vytvořit komplexní analýzu procesů.

U MTM-UAS se jedná o praktický analyzační systém, který předpokládá typickou úroveň metod typu procesu 2 (stupeň zaučení a rutinovanosti v pohybových procesech).

Daná metoda má jednotku měření času Time Measurement Unit – TMU. Analýzy jsou pro firmu přepočítávané na jednotku sekundy.

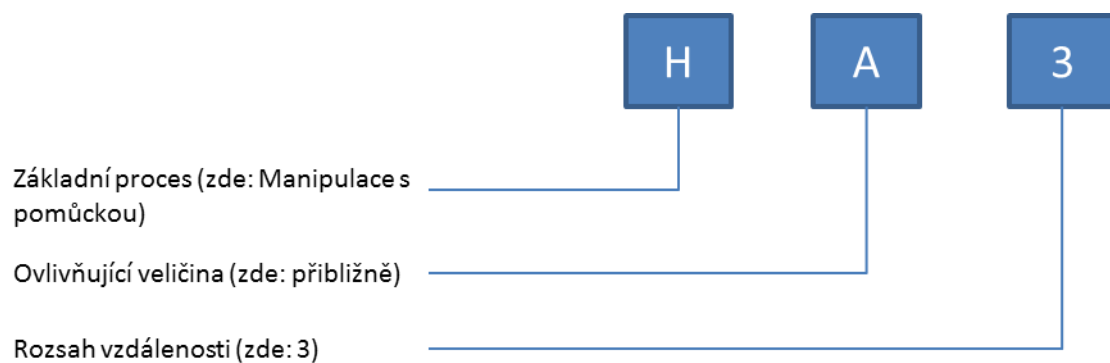
Tab. 3 - Časové jednotky MTM

Časové jednotky			
TMU	sek	min	h
1	0,036	0,0006	0,00001

1.1 Kódování

Procesní prvky základních procesů MTM-UAS mají kódování skládající se ze dvou abecedních znaků a případně jedné číslice.

První místo kódování je abecedně mnemotechnické a odpovídá danému základnímu označení. Druhé místo je abecedně označené od 1. ovlivňující veličiny. U základních procesů Uchopení a umístění, Manipulace s pomůckou, Nastavení a Pohybové cykly je na třetím místě kódování číslice pro rozsah vzdálenosti.



Obr. 1 - Příklad kódování

2 Aplikace

Úkolem tohoto bodu je vytvořit aplikaci pro jednodušší zpracování analýz MTM-UAS pro přebalování dílů.

Aplikace bude používána v komerčním prostředí, proto je potřeba řešit licenční podmínky vývojového prostředí. Zadavatel nemá k dispozici komerční licenci vývojového softwaru, proto byl z možných programů vybrán tabulkový procesor Excel. Některé funkce budou naprogramovány pomocí Visual Basicu, který je součástí výše zmíněného programu. Mezi výhody Excelu patří, že je již schválen IT oddělením firmy, protože dle interních metodických pokynů nelze využívat neschválený SW. Balík kancelářských programů Microsoft Office je ve firmě standardně používán. Jedním z dalších požadavků bylo, že aplikace musí být uživatelsky přehledná a jednoduše upravitelná.

2.1 Návrh Aplikace

Návrh vychází z teoretických poznatků o MTM-UAS, které jsou potřeba pro zpracování analyzovaných zadání.



Obr. 2 - Návrh aplikace

Vstupní data jsou umístěna v jednotlivých listech Excelu. Obsahují název dílu a jeho ID, potřebné kroky s dodavatelským obalem, administrativní činnost, přebalování dílů a práci s expedičním obalem.

Pro jednodušší práci bude výsledek uložen jako šablona a na každé nové přebalování se použije nový soubor dle Excel šablony.

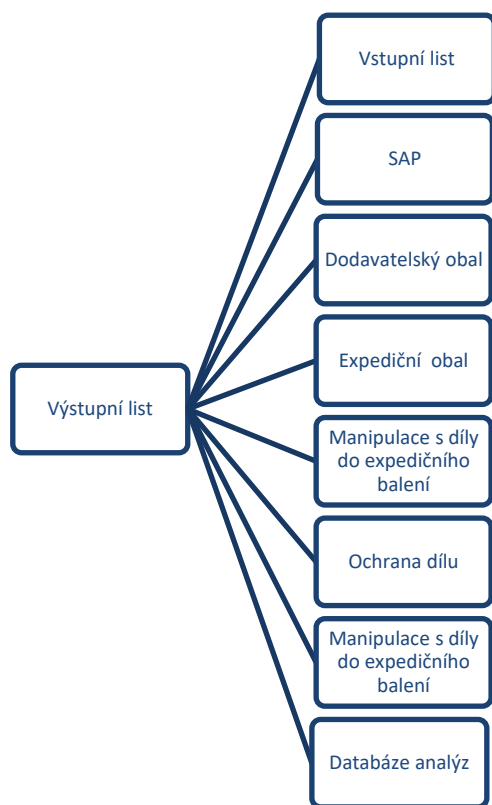
Celkový čas balicího předpisu obsahuje sumu časů vycházejících z jednotlivých analýz ze všech vstupních dat.

2.2 Struktura Excel šablony

Před vytvořením Excel šablony byla stanovena osnova, která určovala varianty, které mohou v procesu balení vzniknout. V první fázi probíhalo sledování v procesu, rozhovory s pracovníky a studování balicích předpisů.

V druhé fázi byla vytvořena struktura šablony, rozdělením činností podle funkčních celků do jednotlivých listů. Všechny tyto listy vyhledávají časy analýz z listu Databáze analýz.

V průběhu celé Excel šablony lze zadávat chůzi. Chůze je pohyb těla, při kterém se pohybuje tělo při provádění jednoho nebo více kroků dopředu a zpět. Toto je definice z MTM-UAS, podle které se analyzuje krok. Chůze je důležitým aspektem optimalizace procesu. Pokud se při provádění jakékoliv činnosti zkrátí vzdálenosti, které pracovník musí ujít, má to velký vliv na celkový čas. Možnost zadání chůze je pro každou operaci v balení. Chůze se může měnit podle uspořádání pracoviště.



Obr. 3 - Struktura Excel šablony

2.2.1 Vstupní list

Vstupní list nese základní informace o balení, což je číslo dílu, číslo balicího předpisu a počet kusů v expedičním balení. Tyto informace se budou automaticky převádět do ostatních listů a budou uvedeny v hlavičce jako hlavní informace. V případě potřeby je zde možnost uvedení poznámky do každého listu zvlášť.

2.2.2 Dodavatelský obal

Dodavatelský obal nám určuje, v jakém balení díly od dodavatele přijdou. Důležitý je typ obalu, jestli je to malá krabice, nebo velká bedna, která se bude muset po vyložení dílů složit a poslat zpět dodavateli. Pokud má balení víko, musí být započítaný čas na sundání víka jeho odnesení stranou a po skončení balení, víko opět nasadit na bednu.

Pokud dodavatelské balení obsahuje proložky, speciální vložky nebo stahovací pásky, musí se z balení odstranit, a proto je potřeba zadat u každého materiálu i jeho počet kusů.

Rozměry dodavatelského balení se zadávají jen z informativního hlediska.

Počet kusů v dodavatelském balení se píše z důvodu, abychom věděli, kolik budeme potřebovat dodavatelských balení k naplnění expedičního balení.

$$\text{Počet dodavatelských balení} = \frac{\text{počet kusů v expedičním balení}}{\text{počet kusů v dodavatelském balení}}$$

Ve firmě se používá metoda FIFO (první dovnitř, první ven) k určení pořadí jednotlivých dílů k balení. Pokud je v dodavatelském balení více kusů než potřebujeme pro expediční balení, automaticky přičítáme 4 minuty na počítání zbylých dílů, které se musí naskladnit.

V čase dodavatelského balení nesmí chybět sejmutí čárových kódů, které jsou přilepeny na všech krabicích, které budeme přebalovat do expedičního balení. Zde se zadává jen obtížnost odtrhání kódů, jestli jsou špatně přístupné anebo lehce přístupné. Tato hodnota je násobena počtem dodavatelských balení.

2.2.3 SAP

SAP je firemní systém, který slouží například jako přehled pohybu materiálu po jednotlivých halách. Každý pracovník má určená práva v systému pro svou práci. Balicí pracovníci v SAPu vidí zásoby obalového materiálu anebo například balicí předpis, který si musí otevřít před každým začátkem balení. K zohlednění práce se systémem slouží tento další list. V tomto listě je uvedena náročnost balicího předpisu, která je rozdělená do tří úrovní - jednoduchý, střední a složitý. Určení kategorie záleží na počtu obalového materiálu, který je použit při daném balení a na jeho náročnosti zpracování.

Pokud je balicí předpis jednoduchý, tak většinou obsahuje jen krabici a počet dílů, které do ní přijdou. Středně náročný balicí předpis už obsahuje různé proložky, sáčky, atd. Složitý balicí předpis obsahuje kartonové hřebeny, které se musí složitě skládat do sebe a musí se nastudovat všechny druhy hřebenů, které do balení přijdou.

Určení skupiny je na vlastním zvážení a na zkušenostech z provozu.

2.2.4 Expediční obal

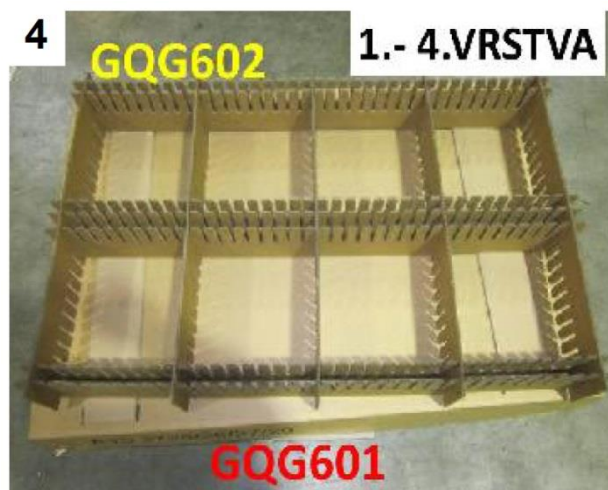
Najdeme zde všechno, co se vztahuje k balení, tedy krabice, do kterých jsou přendávány díly. Patří sem například sestavení krabice včetně víka. Do krabice se vkládá pytel, aby nebyly díly ve styku s krabicí. Dále se tam vkládají mezi vrstvy dílů proložky, výztuže a výplň. K zabezpečení obalu dojde stahovací páskou nebo fólií.

Nepatří sem nic, co se vztahuje na jednotlivé díly (vkládání dílu do sáčku, omotávání apod.).

Zde se vyplňuje počet kusů v balení, aby se mohl dopočítat počet dodavatelských balení.

Specialitou tohoto listu jsou kartonové hřebeny sloužící k oddělení jednotlivých dílů.

Kartonové hřebeny, které se do sebe zasouvají přesně podle typu a rozměrů, které jsou uvedeny v balicím předpisu. Vybereme zde typ hřebenu, pod kterým se skrývá pouze nulový čas, poté kusy, které budeme potřebovat, počet pater a počet spojů hřebenů na jedno patro. Poslední dvě položky jako počet pater a počet spojů na patro jsou rozhodující v tom, jakou pracnost činnost bude mít. Na začátku projektu byly analýzy i pod jednotlivými hřebeny, ale postupem času se zjistilo, že je tolik různých typů a kombinací sestavování, že pro nás je důležité kolik spojů má celý sestavený hřeben.



Obr. 4 - Příklad spojených kartonových hřebenů

Při procházení různých balicích předpisů se postupem zjišťovalo, že některé hřebeny jsou tak atypické, že je potřeba vytvořit vlastní zářezy na hřebenu. Proto byla přidána položka „vytvořit zářezy na hřebenu“, pro kterou bylo důležité, jaký nástroj byl použit pro řez a kolik bylo vytvořeno řezů, aby šel do výřezu vložit další hřeben. Pro jedno zasazení nutno vytvořit 3 řezy, první vedl nahoru, a další do strany a dolů.

2.2.5 Manipulace z dodavatelského balení

Manipulace s díly z dodavatelského balení do expedičního balení je vytvořena na principu MTM tabulky ze skript MTM-UAS. Manipulace je rozdělena do dvou hlavních kategorií a to jsou díly přendávané po 1 ks a díly přendávané po dávce.

Tab. 4 - Rozklad manipulace s materiálem

Manipulace s materiálem														
Díly po 1 ks												Díly po dávce		
Přeložit díl <= 1 kg						Přeložit díl >1 kg <= 8 kg			Přeložit díl > 8 kg			Plná ruka	Lopatka	Sypání
Lehce			Těžce											
Přibližně	Volně	Těsně	Přibližně	Volně	Těsně	Přibližně	Volně	Těsně	Přibližně	Volně	Těsně	Přibližně	Přibližně	Přibližně
Dávka												Počet dávek		

Hlavní rozdělení této kategorie je podle váhy jednoho předávaného dílu. Pokud má díl jeden hlavní rozměr > 80 cm nebo dva hlavní rozměry $>$ než $30*30$ cm, automaticky se manipulace přesouvá do další váhové kategorie a tyto díly se označují jako neskladné.

Váhové kategorie

- přeložit díl ≤ 1 kg
- přeložit díl $> 1\text{kg} \leq 8$ kg
- přeložit díl > 8 kg

Způsob uchopení dílu se určuje pouze v první váhové kategorii do 1 kg.

- lehce - samotně ležící předmět
- těžce - neuspořádaně ležící předměty

Zraková kontrola balení je uvedena v pravidlech MTM-UAS a vypočítává se z plochy dílů.

Tento list a list manipulace do expedičního balení je potřeba pro určení času manipulace – pouze přendávání dílů z krabice do krabice, vyskládání na pracovní stůl, přesypání dílů na váhu a podobně.

2.2.6 Ochrana dílu

List ochrana dílu slouží k výpočtu času stráveným balením jednotlivých dílů – vkládání do sáčku, zatahovování, omotání strečovou fólií, vkládání proložky pro jednotlivé díly, sestavování kartonových obalů.

Manipulace s některými díly je nebezpečná a bezpečnost práce vyžaduje ochranné pomůcky – rukavice při balení ostrých kovových dílů, při manipulaci se skly a podobně. Proto je potřeba zadat počet nasazení a sundání ochranných pomůcek.

2.2.7 Manipulace do EB

Obsahuje stejné data jako list Manipulace z dodavatelského balení. Slouží k větší variabilitě popisu manipulace s díly.

2.2.8 Výstupní list

Výstupní list je souhrn všech činností a časů. Z tohoto listu lze vytvořit soubor ve formátu pdf a lze ho použít jako přehled k dílům, které si firma může vyžádat.

Výstupní list obsahuje hlavní informace k danému balení jako je číslo balicího předpisu a dílu, název dílu, lokaci projektu, počet dílů v dodavatelském i expedičním balení, zbylé ks v dodavatelském balení a přičtený čas za naskladnění zbylých dílů.

Tabulka obsahuje tři důležité časy.

- čas potřebný na balení m³
- čas potřebný na zabalení jednoho dílu
- čas potřebný na výstupní balení

Pro výpočty personálu používáme čas potřebný na výstupní balení.

Pro lepší přehlednost vidíme i jednotlivé listy (Dodavatelský obal, SAP, Expediční obal, Manipulace z DO, Ochrana dílů, Manipulace do EO), které mají každý svůj sumární čas za balení a za chůzi.

Tab. 5 - Výstupní list Excel šablony

BALICL_PREDPIS	0	LOKACE:	-	VYTVORIL:				0	[h /m ³]	DÍL [h]	BP [h]	
CISLO_DILU	0			ks v DO	ks v EO	zbylé ks v DO	zbytek dílů v DO do skladu [s]	DNE:	30.3.2016 8:54	0,000	0,000	0,000
NAZEV_DILU	0	POČET DÍLŮ V		0	0	0	0			[ks]	0	
7. Výstupní list												
100	Dodavatelský obal	typ obalu	-	[ks]	0	[m ³]	0	chůze [m]	0	čas [s]	0,00	
101	SAP	seznamění s BP		odejmutí popisů z kódem	0	práce s PC	0	chůze [m]	0	čas [s]	0,00	
102	Expediční obal	typ obalu	-	[ks]	0	[m ³]	0,000	chůze [m]	0	čas [s]	0,00	
103	Manipulace z DO	[ks]	0					chůze [m]	0	čas [s]	0,00	
104	Ochrana dílů							chůze [m]	107,88	čas [s]	0,00	
105	Manipulace do EO	[ks]	0					chůze [m]	0	čas [s]	0,00	

Export Vstupní list
odeslání dat do TOTAL

2.2.9 Databáze analýz

Poslední list šablony se nazývá „Databáze analýz“. Tento list obsahuje 1255 časů (řádků). Každý čas se vytvořil pomocí MTM-UAS analýzy za použití kódu dle definice normy. Analýza obsahuje popis činnosti, samotný kód, jednotku TMU, počet a četnost, a TMU celkem. Popis činnosti

musí být výstižný a jasný každému, kdo analýzu otevře. Značení kódu pohybu udává metoda MTM-UAS, která má každý pohyb popsáný.

Počet a četnost, se dobře vysvětluje na chůzi. Pracovník ušel 10 m (počet), tam i zpět (četnost). Poté není potřeba daný kód psát dvakrát a s danou četností určím frekvenci pohybu.

Analýzy jsou vytvořené na obalový materiál, který je potřebný k přebalení dílů a na pomocné činnosti, které se v procesu opakují. Název a výsledný čas je poté uveden v databázi analýz.

Tab. 6 - Ukázka vytvořené MTM analýzy z databáze analýz

Popis činnosti	KÓD	TMU	Počet	Četnost	TMU celkem
Složení krabice					
Sehnutí do zásobníků pro složený karton	KB	60	1	1	60
Složená krabice ze zásobníku na stůl	AH1	25	1	1	25
Rozložení kartonu	AA2	35	2	1	70
Sklopení chlopní	AA2	35	4	1	140
Zalomit	ZA2	15	4	1	60
Krabici otočit k vkládání dílů	AH3	55	1	1	55
Zavření krabice					
Sklopit schlopně	AA2	35	4	1	140
Zalomit	ZA2	15	4	1	60

Databáze slouží i pro tvorbu rozevíracích seznamů v šabloně. Do listu lze přidávat či opravovat časy jednotlivých analýz, takže není databáze uzavřena a jednotlivé změny se promítnou do výpočtů a do vybíracích seznamů, kde se položky zobrazí pro výběr.

Tab. 7 - Databáze analýz pro Excel šablonu

Název	Oblast	Řádek	Vzorec	KÓD	čas [s]	čas [min]	čas [TMU]
proložka pro chromové lišty B6	355	a	B5a_CRL00	CRL004	1,62	0,027	45
proložka pro chromové lišty B6	355	a	B5a_CRL00	CRI005	1,62	0,027	45
proložka pro klimatizace A5, B6	355	a	B5a_SVK20	SVK202	1,62	0,027	45
proložka pro box SEAT19	355	a	B5a_SEAT1	SEAT19	1,62	0,027	45
proložka pro box SEAT21	355	a	B5a_SEAT2	SEAT21	1,62	0,027	45
proložka pro klimatizace A7 CKD Indie	355	a	B5a_SVK20	SVK203	1,62	0,027	45
proložka pro palety 114888	355	a	B5a_ZLG00	ZLG006	1,62	0,027	45

V listu se orientujeme podle názvu analýzy, sloupce B – „Oblast“, který určuje místo použití. První číslice určuje list v šabloně. Oblast se může skládat z více položek – řádků. Tyto položky jsou poté identifikovány písmeny abecedy, viz sloupec C – „Řádek“. Vzorec slouží pro lepší filtrování a vnikl pomocí spojení oblasti a části oblasti. Kód je interní označení obalového materiálu sloužícího k zabalení dílů.

Časy v databázi analýz máme tři:

- čas v sekundách, který se nám objevuje v celé šabloně
- čas v minutách
- čas v TMU

Případné vnější rozměry obalového materiálu, objem a jednotky jsou pouze informativní.

3 Zálohování jednotlivých balicích předpisů

Používáním šablony, kdy vznikala spousta souborů s jednotlivými přebalováními a různými verzemi, vznikl požadavek na jejich přehlednější archivaci a práci s jednotlivými verzemi.

Pro tuto potřebu vznikly další dva soubory, které doplňují aplikaci. Jako první vznikl hlavní seznam přebalovaných dílů s vlastním archivem a jako druhý soubor mapping, kde je zmapovaná celá šablona. Každá položka, kterou lze vyplnit v šabloně se exportuje do jednoho řádku v seznamu. Toto provázání v rámci exportu je popsáno v tabulce mapping, která přesně popisuje buňky, které se kopírují z šablony do seznamu a naopak. Pokud nastane změna balení a stejný díl se vyexportuje znovu, tak se starý záznam přesune do archivu, aby byl seznam stále aktuální pro další práci.

3.1 Struktura seznamu balicích předpisů

Tento sešit byl pojmenován seznam_dilu.xlsx a obsahuje dva listy a to seznam všech vyexportovaných přebalovaných dílů z šablony a archiv samotného seznamu. Při stisknutí tlačítka v Excel šabloně Export se informace, které jsme vyplnili, vyexportují do jednoho řádku. Seznam má 520 sloupců a každý řádek nese informaci k danému přebalovanému dílu. V prvním sloupci je uvedeno číslo dílu, které se většinou skládá z 9 znaků. V dalším sloupci je název dílu a v posledním čas v sekundách, který je určený podle MTM-UAS analýz.

Pokud je potřeba upravit postup balení, je možnost z seznam_dilu.xlsx vyexportovat jakýkoliv díl zpět do šablony. Po znovu vyexportování do aktuálního seznamu se starý záznam sám vloží do archivu tak, aby v seznamu byla poslední verze a pod stejným číslem dílu nebyly nalezeny dvě totožné položky



Obr. 5 - Funkčnost zálohování

Tab. 8 - Seznam dílu s časy

Pracovní návodka	Číslo dílu	Název dílu	Lokace	Dne	Čas [s]	ks
356456-01	N 9076597896	SROUB DO PLECHU VNITŘNÍ	Indie	04.06.2015	1097,894	70000
235894-02	3V5 02365789	DRZAK	Čína	12.06.2015	1273,23	6900
654632-06	5L3 03650689	SKLO CELNI	Indie	12.06.2015	1475,553	120
326523-02	WHT005816	ZAMEK	Indie	24.06.2015	2594,67	6000
400365-03	3V5 02365790	TESNENI SKLA	Čína	01.07.2016	636,766	30
569836-01	5L3 03650690	KLIKA	Indie	03.07.2016	717,144	2500

3.2 Soubor mapování

Soubor mapping.xlsx slouží k zmapování celé šablony. Tento soubor je založen z důvodu automatizování exportu z šablony do databáze dílů a naopak.

Každá buňka, která se exportuje do seznamu dílů, má svoje počáteční umístění – list, sloupec, řádek a koncové umístění v seznamu dílů - sloupec.

Po stlačení tlačítka export, se otevře pomocný soubor mapping, který určuje, jaká buňka z šablony se bude exportovat a kam se vloží do databáze.

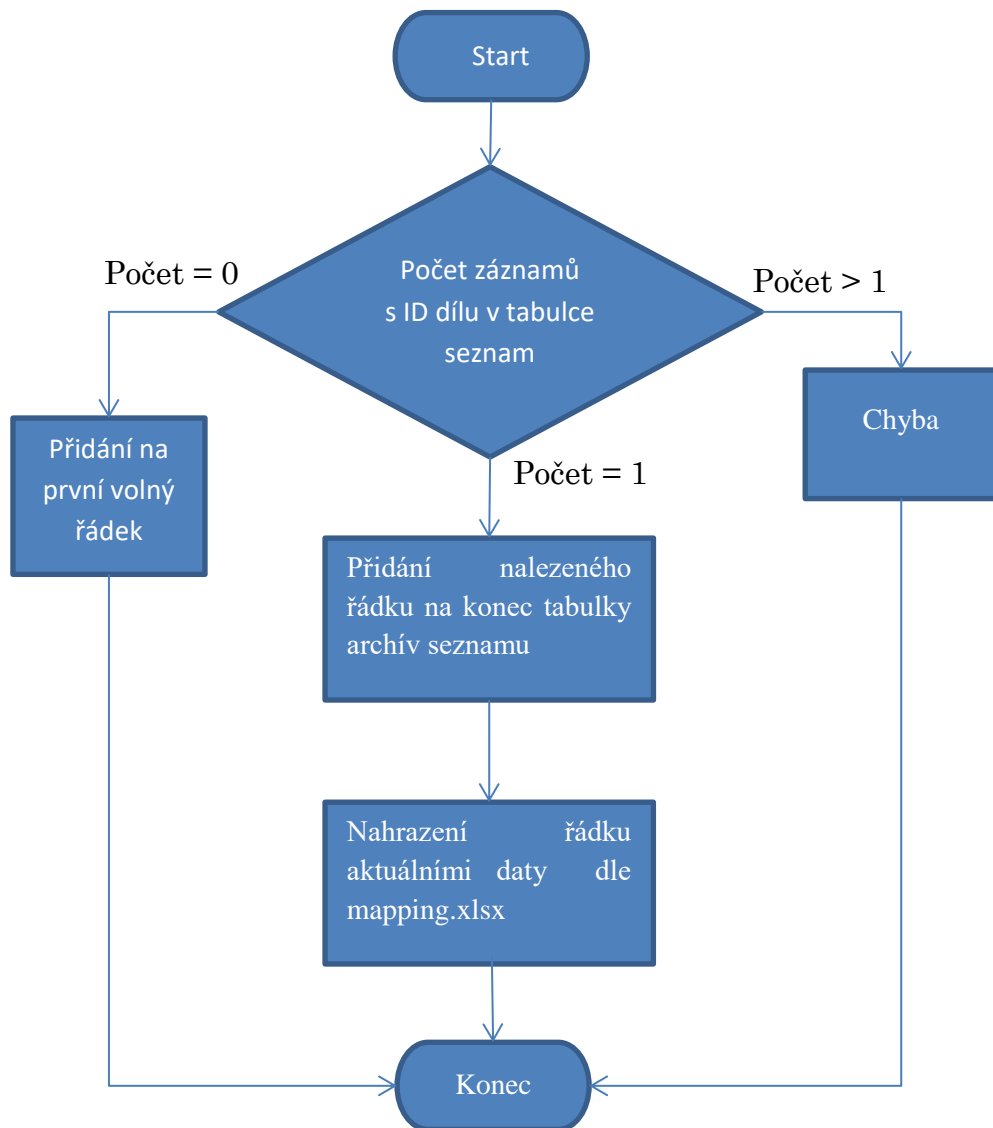
Tab. 9 - Mapování Excel šablony

ITC	TOTAL (sloupec)	Poznámka	List	Poznámka
D1	A	BALICI_PREDPIS	0_Vstupní list	
D2	B	CISLO_DILU	0_Vstupní list	
D3	C	NAZEV_DILU	0_Vstupní list	
E6	D	poznámka	0_Vstupní list	
E7	E	poznámka	0_Vstupní list	
E8	F	poznámka	0_Vstupní list	
E9	G	poznámka	0_Vstupní list	
E10	H	poznámka	0_Vstupní list	
E11	I	poznámka	0_Vstupní list	
F1	J	LOKACE:	0_Vstupní list	
K1	K	VYTVORIL:	0_Vstupní list	

3.3 Popis funkcí potřebných pro import a export z šablony do seznamu dílů

Fungování exportu a importu je znázorněné na vývojovém diagramu, který slouží ke grafickému znázornění jednotlivých kroků aplikace.

3.3.1 Export z šablony do seznamu



Obr. 6 - Diagram exportu z šablony do seznamu

3.3.2 Export ze seznamu do šablony



Obr. 7 - Diagram exportu ze seznamu do šablony

4 Kontrola funkčnosti šablony a ověření časů

Kontrola a ověřování časů byl požadavek můj i firmy. Ověřování probíhalo již od začátku daného projektu. Nemohli jsme si dovolit, aby byly výsledky na konci zkreslené, proto provádět ověřování byla nutnost.

4.1 Tvoření analýzy

Tvorba spočívá v pozorování reálného pracovního procesu, kdy se zapisuje každý úkon pracovníka pomocí kódu – uchopení a umístění, pohyb pracovníka, chůze apod.. Každý proces byl pozorován a analyzován při různých směnách, tak jak vyžaduje norma MTM-UAS, ve které se hovoří o průměrně zaučeném pracovníkovi, který provádí svojí činnost.

4.2 Kontrola šablony

V šabloně se kontrolovalo každé pole, do kterého lze něco vyplnit. Postupovalo se po jednotlivých oblastech. Kontrolovaly se seznamy, které se v určitých částech skrývají, z důvodu správnosti obsahu. Seznamy se vybíraly přímo z listu „Databáze analýz“, která obsahuje cca 1255 řádků. Než byla finální verze vytvořena, dělaly se, jak menší, tak větší úpravy, protože postupem času se přicházelo na oblasti a na procesy, které v šabloně chyběly.

Každý zásah, ať menší nebo větší, znamenal důkladnou kontrolu celé šablony. V čase, kdy byla šablona připravená k prvnímu použití, se začali vytvářet první časy podle balicích předpisů. Databáze se postupně začala plnit a mohla nastat kontrola jednotlivých časů.

4.3 Kontrola časů

Ověřování časů probíhalo stopkami. Nejdříve se ověřovaly operace jako řezání, stříhání, motání, atd. Další fáze bylo ověřování obalových materiálů, což je skládání krabic všech velikostí, tavení sáčků a folií. Nakonec bylo souhrnné ověřování celků.

Začaly se zpracovávat celé balicí předpisy. Pro začátek byly vybírané lehčí varianty balení a postupně se obtížnost zvyšovala. Ověřování probíhalo přímo na balicím pracovišti. Začalo se u práce na počítači a studování daného balicího přepisu a skončilo se u úklidu dodavatelského balení.

Daných dílů bylo prověřeno cca 300 a průměrná odchylka vyšla 7,78%, což znamenalo, že naše časy byly rychlejší o 7,78% než reálný čas balení. Tím ověřování neskončilo, začaly se vybírat náročnější díly, které se ověřují postupně během celého roku.

Postupem času přišly i takové díly, jako například skla, na které by bylo velice obtížné vytvořit analýzu, a proto byl čas do databáze vložen naměřený. Jedná se o velikou dřevěnou paletu, která se musela šroubovat, přiřezávat a složení nebylo vůbec lehké.

5 Výpočet personálu

Pokud máme naplněnou databázi a ověřená data, můžeme začít s výpočtem personálu. Vyfiltrujeme si kalendářní týden nebo období, které nás zajímají, a provedeme sumu m^3 . Jelikož máme čas na 1 balicí předpis a balení je mnohem víc, musíme každý balicí předpis vynásobit počtem jednotek a z toho vytvoříme sumu hodin.

$\text{Čas na } 1m^3 = \frac{\sum h}{\sum m^3}$ K tomuto času se musí připočítat směnové časy t_c a nevytížení.

t_{c1} – čas směnové práce je souhrn všech časů směnové práce pracovníka jako je příprava nástrojů a pomůcek na začátku a jejich úklid na konci pracovní směny

t_{c2} – čas směnových obecně nutných přestávek je souhrn všech časů těchto přestávek pracovníka jako jsou například čas na zvláštní oddech v pracovní směně, čas na přirozené potřeby a hygienu během pracovní směny

t_{c3} – čas směnových podmíněčně nutných přestávek, to je souhrn všech těchto přestávek pracovníka, například zaběhnutí – zahřátí přesných obráběcích strojů na počátku pracovní směny apod.

$$t_c = t_{c1} + t_{c2} + t_{c3}$$

T – značí čas pracovní směny (450 minut – 7,5 hodiny)

Pokud by nás zajímal personál pouze z této části výpočtu na přebalení, tak nám budou stačit následující vzorce.

Vzorce k výpočtu personálu na den

1. Σm^3
2. $\frac{h}{m^3} = h(\text{balicího předpisu}) * \text{počet jednotek}$
3. $\frac{h}{m^3} = \frac{\Sigma h/m^3}{\Sigma m^3}$
4. Celkový čas = $\frac{h}{m^3} + tc + \text{nevytížení}$
5. $\frac{\text{Personál}}{\text{období}} = \frac{\Sigma h * \text{Celkový čas} \frac{h}{m^3}}{T}$
6. $\frac{\text{Personál}}{\text{den}} = \frac{\frac{\text{personál}}{\text{období}}}{\text{počet prac.dnů}}$

V případě, že bychom chtěli plánovat personál v celé hale, je zapotřebí zpracovat 20 oblastí, na které je hala rozdělena. Přebalování dílů patří do jedné z nich. Další oblasti jsou například transportní cesty ekonorů, systémový příjem a výdej. Výsledky ze všech oblastí se doplní do tzv. normy obsluhy, která se odevzdává s týdenním předstihem odpovědným pracovníkům na plánování výroby. Norma obsluhy obsahuje kalendářní týden, názvy oblastí, jednotlivé operace a jejich časy a nakonec výsledný počet personálu z jednotlivých oblastí.

5.1 Důvody optimalizace

Optimalizace práce se v dnešní době řeší v každé firmě. Hlavním důvodem je vyšší finanční výnos za kratší období. Firma měla zadání na práci, které znělo:

- jak zjistit, kolik pracovníků je potřeba pro daný projekt
- umět plánovat i na určité kalendářní týdny dopředu
- případně optimalizovat procesy, které lze provádět efektivněji.

5.2 Optimalizace výrobního procesu

Optimalizace procesů probíhala během vytváření celého projektu. Optimalizovaly se vzdálenosti, které pracovník urazil během balení dílů. Některé vzdálenosti se eliminovaly přiblížením materiálu k pracovnímu

stolu, kde pracovník přebaloval. Vytvořily se nové ukládací prostory pro obalový materiál. Pracovníci dostali na pracoviště vlastní váhy a nářadí, aby nemuseli chodit na vedlejší pracoviště.

Při úpravě pracoviště se dbalo na správnou ergonomii pohybů těla. Aby bylo zamezeno ohýbání a otáčení osy těla, zdvihání loktů nad úroveň ramen, bylo zapotřebí předělat pracoviště tak, aby pracovník při balení nedělal nežádoucí pohyby. Klasické stoly byly vyměněny za stoly ergonomické, které jsou polohovací.

Optimalizovat lze i způsob balení dílů. Vruty, které se musely do dřevěných palet šroubovat, se nyní vyměnily za nastřelovací hřebíky. Odpadový papír, který byl vkládán z důvodu utěsnění dílů, byl zaměněn za skartovací proložky, které připravují pracovníci chráněné dílny. Prostor je tak utěsněn a vyplněn mnohem rychleji, než při řezání a skládání odpadových materiálů.

Tab. 10 - Optimalizace času

Před optimalizací

Díl	Páka ruční brzdy
Čas/balící předpis	0,297 h
Díl vkládaný po	1 ks
Každý díl opatřen	sáček

Po optimalizaci

Díl	Páka ruční brzdy
Čas/balící předpis	0,235 h
Díl vkládaný po	4 ks
Každý díl opatřen	proložka

Na daném příkladu je vidět, kolik času se ušetří, pokud se změní druh balení a manipulace s jednotlivými díly. Na každém balení ušetříme 4 minuty. Pokud by naše směna činila 480 minut, což je 8 pracovních hodin,

tak stihneme zabalit 27 balení. V případě, že po optimalizaci stihneme zabalit 34 balení za směnu viz přehled níže.

Tab. 11 - Výsledek optimalizace

Stav	h	min	počet balení
Před optimalizací	0,297	17,8	27
Po optimalizaci	0,235	14,1	34

Důvody optimalizace:

- zlepšovací návrh z důvodu ušetření materiálu
- zlepšovací návrh z důvodu ušetření času
- zvýšení/ponížení dodávky dílů v balení na základě optimalizačního semináře
- požadavky zákazníka

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit program, který po naplnění daty spočítá čas výrobního procesu a na základě výsledku si určí firma způsob optimalizace. Zadání bakalářské práce vychází z reálného zadání firmy.

Byl zvolen analyzační systém MTM-UAS, protože umožňuje analyzovat sériovou výrobu. Pomocí MTM-UAS jsou tvořeny všechny analýzy potřebné pro následný výpočet výrobního času. Pro naplnění interní databáze jsem vytvořila cca 1255 analýz, které vznikaly pomocí pozorování výroby. Bohužel některé části procesů nebylo možné analyzovat, proto byly naměřeny a zadány jako procesní čas do interní databáze programu. Již na základě těchto pozorování byla prováděna optimalizace pracoviště a pracovních postupů.

Na základě pracovního procesu byla zvolena struktura programu, jejíž databáze je tvořena již zmíněnými MTM-UAS analýzami. Program je vytvořen v Microsoft Excelu z důvodů interních požadavků. Program tvoří tři základní soubory pro Excel. První slouží pro zadávání informací o pracovním procesu, v našem případě jde pouze o balení dílů. Tento soubor je rozdělen na několik listů z důvodu přehlednosti – vstupní list, dodavatelský obal, SAP, expediční obal, manipulace s dílem z dodavatelského balení, ochrana dílu, manipulace do expedičního balení, výstupní list a interní databáze MTM-UAS analýz. Vytvoření struktury předcházelo sledování daných procesů na pracovištích. Abychom nemuseli každý pracovní postup ukládat zvlášť do souboru, jsou součástí programu další zmiňované soubory. Oba slouží k ukládání všech zmíněných vyplněných informací do jedné tabulky. Jeden z nich je úplný seznam všech pracovních postupů. Jednotlivé uložené informace o pracovním procesu lze jednoduše editovat pomocí zpětné konverze do původní tabulky.

Interní databáze programu se neustále rozšiřuje nejenom o nové MTM-UAS analýzy, ale například z důvodu použití nových

optimalizovaných obalových materiálů nebo o nové MTM-UAS analýzy, které jsou potřeba vytvářet z důvodu nových výrobků.

Výsledné časy na základě analýz jsou potřebné k výpočtu a optimalizaci personálu, výsledek je obsažen v normě obsluhy. Proto jsou výsledky předávány jednotlivým odpovědným pracovníkům za plánování výroby. Výpočet se provádí s týdenním předstihem, z důvodu plánování a optimalizace objemu výroby.

Po sérii testů s ověřováním výsledků práce byl program nasazen k reálným výpočtům. Za dobu nasazení se nevyskytly žádné závažné chyby v aplikaci s reálným provozem v rámci optimalizace pracovníků. To znamená, že časy z analýz nebo změřených časů odpovídají reálné výrobě.

Téma této bakalářské práce se zdálo velmi zajímavé. Na začátku jsem vůbec netušila, že existují nějaké možnosti na výpočet času výroby. Bylo potřebné nastudovat možnosti typů analýz výrobních postupů a možnosti optimalizace, které pracovníkům ulehčí práci. Pro naplnění programu jsem musela nastudovat pracovní postupy. Myslím, že výsledky kterých bylo dosaženo, objasnily mnoho neznámých v této oblasti a firma nyní dokáže plánovat podle kalendářních týdnů i měsíců personál.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Váš průvodce programem Microsoft Excel a programováním maker ve VBA: Vytvořte si vlastní makro v Excelu!. Wwww.wall.cz [online]. 2011 [cit. 2016-06-05]. Dostupné z: <http://wall.cz/excel-navod/vytvorte-si-vlastni-makro-v-excelu>
- [2] Jaknaoffice: Přehled funkcí v Excelu. Jak na Office - tutoriály, video návody [online]. Havlíčkův Brod: just4web.cz, 2016 [cit. 2016-06-05]. Dostupné z: <http://www.jaknaoffice.cz/7-excel/28-excel-2010/74-funkce-v-excelu/>
- [3] Analýza a měření práce [online]. Slaný: API - Akademie produktivity a inovací, 2015 [cit. 2016-06-05]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [4] SDRUŽENÍ MTM PRO ČESKOU REPUBLIKU A SLOVENSKOU REPUBLIKU. MTM-UAS: Sdružení MTM pro Českou republiku a Slovenskou republiku [online]. Copyright 2014 MTM Association for Standars and Research, Copyright 2014 Sdružení MTM pro Česk. 2013, 108 s. [cit. 2015-09-30].