

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V PRAZE**

FAKULTA STROJNÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

**Ondřej Jan
Hradecký**



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hradecký** Jméno: **Ondřej Jan** Osobní číslo: **484730**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Monitorování a řízení výrobních procesů

Název bakalářské práce anglicky:

Monitoring and regulation of production systems

Pokyny pro vypracování:

1. Teorie výrobních systémů
2. Monitorování výroby
3. Analýza současného stavu společnosti
4. Návrh systému pro monitorování výroby
5. Vyhodnocení navrženého systému

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kellner, ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Tomáš Kellner
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citovaných zdrojů. Souhlasím také s případnou publikací výsledků bakalářské práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor.

V Praze dne:

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Kellnerovi za rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce. Kolegům z firmy Jihostroj za praktické rady a názory při psaní této práce. Své rodině za trpělivost a čas, který mi poskytli při psaní této práce a za silnou podporu během studia.

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na vyhodnocení přínosu monitorovacího výrobního systému MES ve firmě Jihostroj a.s. Cílem práce je vytvoření metodiky monitoringu výroby ve smyslu její efektivity a vyhodnotit přínos nově zavedeného monitorovacího výrobního systému z pohledu využití výrobních zdrojů, úrovně nákladovosti výroby a úrovně produktivity výroby. Metodiky jsou v práci aplikovány na výrobních datech náhodného vzorku pracovišť z divize Hydraulika.

Klíčová slova

Efektivita, nákladovost, výroba, MES, strojní kapacita

Annotation

This Bachelor thesis aimed on evaluation the benefits of the monitoring production system MES in the company Jihostroj a.s. The aim of this thesis is to create methods for monitoring production in meaning of its efficiency and evaluate benefits of the newly implemented monitoring production system in terms of the use of production resources, level of production costs and production productivity level. Methods are in the thesis applied on production data of the random sample of workplaces from the Hydraulics division.

Keywords

Efficiency, production cost, production, MES, machine capacity

Seznam použitých zkratk a symbolů

- MES Manufacturing Execution System
- PLC Programmable logic controller
- TPV Technická příprava výroby
- MRP I Material Requirement Planning
- MRP II Manufacturing Resource Planning
- ERP Enterprise Resources Planning
- APS Advance Planning and Scheduling
- OEE Overall Equipment Effectiveness
- ISA International Society of Automation
- NC Numeric control
- MESA Manufacturing Enterprise Solution Association
- FPD Fond pracovní doby
- Nh Normohodiny
- IT Informační technologie
- CNC Computer Numeric Control
- 3D 3 Dimensions
- SNh Strojní normohodiny
- PNh Placené normohodiny
- Dj Jednicový dělník
- BDR Best Demonstrated Rate

Obsah

Úvod	10
1 Teorie výrobních systémů	11
1.1 Výrobní systém	11
1.2 Historie výroby.....	12
1.3 Klasifikace výrobních procesů	13
1.4 Objem výroby.....	14
1.5 Organizační uspořádání výroby.....	15
1.5.1 Hierarchická	15
1.5.2 Týmová	15
1.5.3 Mozaiková.....	16
1.6 Přístupy k řízení procesů.....	16
1.6.1 Funkční řízení	16
1.6.2 Procesní řízení	17
1.6.3 Projektový přístup.....	17
1.7 Rozdělení podle cíle	17
1.7.1 Strategické řízení	18
1.7.2 Taktické řízení	18
1.7.3 Operativní řízení	18
1.8 Organizace výroby.....	18
1.9 Výrobní cyklus	19
1.10 Dílenská výroba.....	20
1.11 Proudová výroba.....	20
1.12 Smíšené formy organizace	21
1.13 Příprava výroby	22
1.13.1 Konstrukční příprava výroby.....	22
1.13.2 Technologická příprava výroby.....	23
1.13.3 Kusovník	23
1.13.4 Normy spotřeby práce.....	24
1.14 Plánování výroby.....	25
1.14.1 MRP/ ERP	26
1.14.2 APS	27
1.14.3 Dispečerské (dílenské) řízení.....	28
2 Monitorování a vyhodnocování výrobního systému	29
2.1 MES.....	29
2.2 Vyhodnocování výrobních dat	31
2.2.1 Plnění výkonových norem.....	31
2.2.2 Využití fondu pracovní doby.....	33
2.2.3 Využití strojních kapacit	34

2.2.4	Analýza prostožů	35
3	Analýza současného stavu	37
3.1	Představení společnosti	37
3.1.1	Historie Jihostroje a.s.	37
3.2	Organizační uspořádání	38
3.3	Organizace výroby	39
3.4	Příprava výroby	40
3.5	Podnikový systém	41
3.6	Cíle k zavedení MESu v Jihostroji	42
3.7	Normotvorba, monitoring a vyhodnocování norem v Jihostroji	42
3.8	Stav před implementací MES	44
3.9	Současný stav po implementaci MES	46
3.9.1	Performance analyser	47
4	Návrh metodik pro monitorování výroby	53
4.1	Karty s daty ukazatele OEE a jejich komponent na vybraných pracovišt'	54
4.1.1	Analýza jednotlivých komponent a parametru OEE	55
4.1.2	Návrh interpretace dat ukazatele OEE a jeho komponent	56
4.1.3	Vyhodnocení interpretovaných dat dle karet vybraných pracovišt'	57
4.2	Srovnávací analýza strojních a placených hodin	58
4.2.1	Analýza vybraných parametrů z tabulky	59
4.2.2	Analýza hodnot vytvořené metodiky	60
4.2.3	Vyhodnocení vytvořené metodiky strojních a placených normohodin	62
4.3	Srovnávací analýza plnění operátorů na vybraných pracovištích	62
4.3.1	Popis zvolených parametrů z tabulky	62
4.3.2	Analýza hodnot vytvořené metodiky	62
4.3.3	Vyhodnocení metodiky plnění operátorů	63
5	Vyhodnocení přínosů zavedení MESu podle vytvořených metodik	64
5.1	Využití strojních kapacit	64
5.2	Nákladovost výroby	64
5.3	Produktivita operátorů	65
5.4	Výhody a nevýhody vytvořených metodik	65
5.5	Shrnutí vyhodnocení vytvořených metodik	66
5.6	Podmínky platnosti závěrečného hodnocení	68
6	Závěr	69
	Seznam literatury:	70
	Seznam obrázků:	73
	Seznam grafů	74
	Seznam tabulek	74
	Seznam rovnic	74

Úvod

Ve strojírenském odvětví je pro podniky důležitým aspektem pro udržitelnost konkurenceschopnosti efektivní výroba a minimalizování nákladů spojené s výrobou. Otázkou pro každou firmu zůstává, jak zjistit a zhodnotit stav efektivní výroby. Základním krokem pro funkčnost hodnocení efektivity výroby je řádná analýza současného stavu, sběr relevantních dat a stanovení vhodné metodiky hodnocení. Nástrojem pro získání relevantních a spolehlivých dat z výroby pro analýzu efektivity výroby lze provést zavedením monitorovacího výrobního systému. Získaná výrobní data vedou k přesnějším a spolehlivějším způsobu řízení samotné výroby. To přispívá ke zvýšení efektivity výroby. Je důležité získaná data s využitím vhodné metodiky analýzy správně interpretovat. Z výsledků analyzovaných dat a jejich srovnání v čase lze poté získat přehled o stavu a vývoji efektivity výroby firmy.

Bakalářská práce se v prvních kapitolách zabývá teorií výrobních systémů, monitorováním a vyhodnocováním výrobních dat. Popisuje způsoby řízení výrobních procesů, monitorování výroby a měření její efektivity.

Úvod praktické části je věnován popisu výrobního systému, organizace výroby a způsobu monitorování a hodnocení ve společnosti Jihostroj a.s., a to se zaměřením na jednu z jeho výrobních divizí (divize Hydraulika).

Hlavním cílem praktické části je analýza, hodnocení a interpretace výrobních dat za účelem odpovědi na otázku, zda se zvýšila efektivita výroby v Jihostroji po zavedení nového výrobního monitorovacího systému MES, jehož on-line výrobní data byla využita ke zpřesnění a zlepšení řízení vlastní výroby v Jihostroji.

Byly využity tři nezávislé metodiky pro srovnání efektivity výroby před a po zavedení výrobního systému. První metodika se zabývá analýzou dat MESu o využití strojních kapacit jako jeden z hlavních výrobních zdrojů v průběhu prvních dvou vyhodnotitelných měsíců po zavedení MESu. Druhou metodikou je meziroční srovnání nově vytvořeného ukazatele nákladovosti výroby. Třetí metodiku tvoří meziroční srovnání ukazatele plnění operátorů dle původní praxe v Jihostroji v podmínkách organizace výroby před zavedením MESu a v podmínkách nového způsobu řízení výroby po zavedení MESu. Metodiky jsou aplikovány na náhodném výběru dvou výrobních pracovišť divize Hydrauliky.

1 Teorie výrobních systémů

Úvodní pasáž teoretické části je věnována základnímu sblížení v oblasti výroby, výrobního systému a řízení výroby. Teorii výrobních systémů je přiblížen pohled na historický vývoj samotné výroby.

Dále jsou rozebrány vybrané aspekty ovlivňující způsob řízení výrobních procesů, monitorování výroby a měření její efektivity.

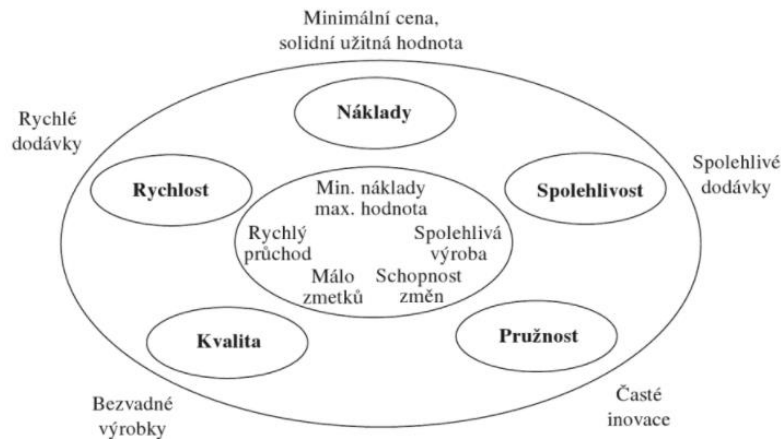
1.1 Výrobní systém

„Výroba je činnost, kde dochází k přeměně vstupů (zdrojů) ve výstupy (produkty), tj. hmotné výrobky nebo nehmotné služby. Činnost, která tvoří hodnotu.“ [1] Pod pojmem výrobní systém si představíme zejména samotnou výrobu, ale zároveň je to proces, který je utvářen vícero pracovními úseky. Počínaje přípravě materiálu, prostoru, lidí, samotnou výrobou, montáží, zkoušením výrobku, až pokračuje po kontrolu, skladování a expedici. Výrobní systém je plánován v souladu s typem organizačního uspořádání a v souladu s výrobním plánem podniku.

Výrobní systém je zapotřebí řídit a koordinovat, proto pro tuto činnost využíváme pojem řízení výroby. Řízení je cílevědomý proces tvořený lidským faktorem, kde se nehmotné plánování přetváří na hmotný proces. Řízení výroby je tedy silně spjato s plánováním, ale též s monitoringem procesu a vyhodnocováním efektivity a produktivity. Do oblasti řízení výroby zahrnujeme též organizaci výroby a výrobní procesy. Každý tento úsek spolu tvoří celek a je důležité, aby byla nastavená určitá strategie v komunikaci, spolupráci a spolehlivosti.

Řízení výroby má zásadní vliv na prosperitu podniku a na zajištění bezproblémového toku výrobního procesu. Správné nastavení řízení a plánování vede ke snížení nákladů, prostojů a ke zvýšení flexibility.

K základním cílům řízení výroby řadíme pět základních faktorů. Spolehlivost – jak zabezpečit výrobu, pružnost – jak pracovat na nových projektech a inovacích, kvalita – jak zajistit bezchybnou produkci, rychlost – jak optimalizovat výrobní tok, náklady – jak zvýšit efektivitu práce. U každého z faktorů je nutno zároveň chápat jejich interní a externí pohled a vnímání. A to z hlediska nastavení v interních procesech a z hlediska jejich dopadů na vztahy s externími partnery. Viz obrázek č. 1:1.



Obrázek 1: Vnitřní a vnější význam cílů a kritérií řízení výroby [8]

1.2 Historie výroby

Výroba je činnost, ale také si lze tento pojem představit jako hmotný historický vývoj v průmyslu. Průmysl je až moderním slovem ve srovnání, kam sahá historie výroby.

Počátky slova výroba sahají až do doby kamenné, až 11.000 let př. n. l., kdy se objevují zmínky ohledně využívání kamene na výrobu nástrojů. Například vytvarovaný pazourek a bulžník se používaly jako nástroje na řezání a zbraně. Za neznámější nástroj této doby se považuje pěstní klín určený jednak jako zbraň, tak i jako nástroj. Toto jsou první známé historicky podložené informace ohledně využití materiálu pro výrobu něčeho užitečného. [2]

V době bronzové až železné se člověk začal věnovat inovacím prostřednictvím pro ně nových materiálů a někdy je toto období nazýváno obdobím metalurgické. Charakteristické je pro tuto dobu využívání bronzu (slitiny mědi a cínu) pro výrobu důležitých potřeb a šperků a železa pro výrobu nástrojů a zbraní. Historicky dochované zmínky z mladší doby železné, kolem roku 450 př. n. l., zachycují poznatky o oppidech, shluku staveb chráněné hradbami, které se již tehdy stávaly centry řemeslnické výroby. [3]

Od počátku našeho letopočtu se výroba a primitivní výrobní procesy nadále vyvíjely a zdokonalovaly. Dostala se do popředí individuální výroba, kdy si člověk sám zajistil materiál, výrobek vyrobil a spotřeboval, tzv. sám zastával všechny fáze výrobního procesu. Individuální výroba se rozvíjela pomocí řemesel, kdy člověk začal používat specializované nástroje a pomůcky pro zdokonalení své činnosti.

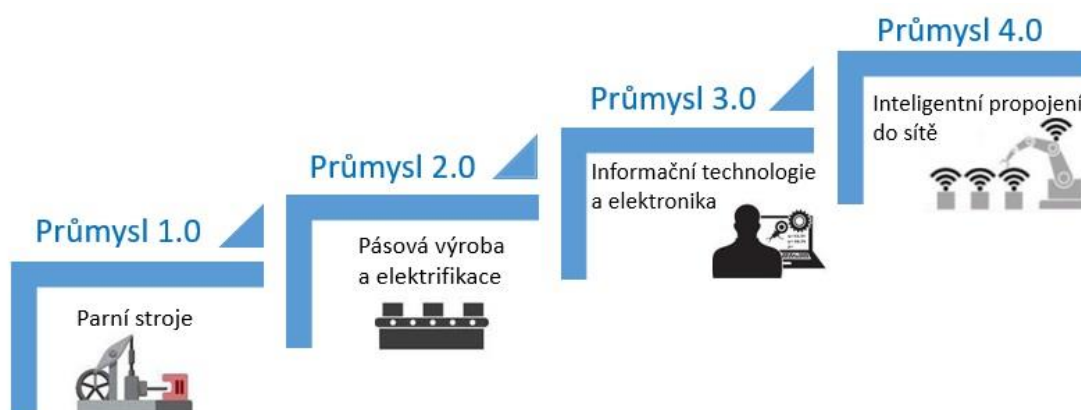
S rozvojem průmyslové výroby v 18. až 19. století došlo k technickému boomeru začleněním dělby práce a specializace (industrializace). Historicky první průmyslová revoluce začíná již koncem 18. století a největší rozmach nabývá ve století 19., přezdívaném století páry, symbolicky

známém vynálezem parního stroje. Rozmach v Evropě byl zejména v Anglii pomocí zavádění mechanizace výroby a rozvojem velkých manufaktur. [4]

2. průmyslová revoluce, nazývaná Průmysl 2.0, se objevuje ve 20. století a je spjatá s Fordovým závodem a zavedení pásové výroby. Revoluční myšlenkou bylo přemísťování výrobku za dělníkem a ne naopak.

Třetí průmyslová revoluce odstartovala příchodem výpočetní techniky a automatických výrobních linek v 70. letech 20. století, kdy byl představen první PLC (programmable logic controller). Číslicový počítač, použitý jako univerzální programovatelné zařízení, byl nasazen k řízení technologických procesů.

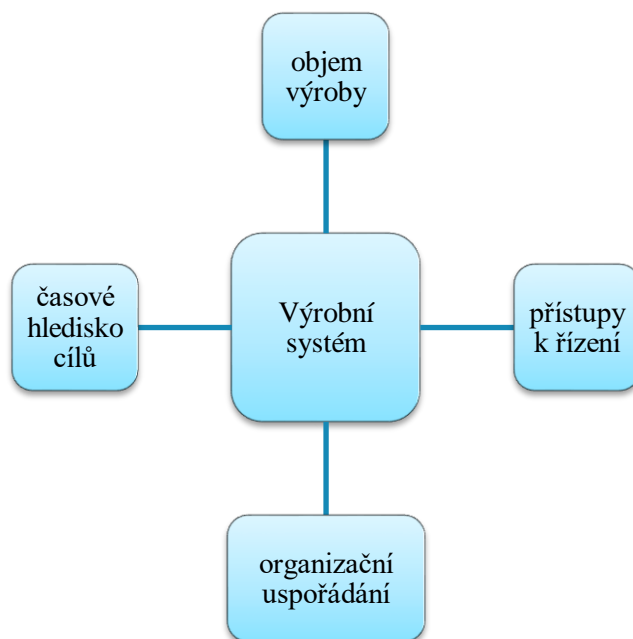
Dnes, na začátku 21. století, se nacházíme zřejmě na počátku další průmyslové revoluce, vizionářsky označované Průmysl 4.0. Tuto revoluci představuje rozvoj kyberneticko-fyzikálních systémů, díky kterým vzniknou tzv. „chytré továrny.“ V takové továrně by se procesy řídily do jisté míry samy, díky senzorům, kamerám, čtečkám čárových kódů a dalších potřebných systémech. Lidem by měl průmysl 4.0 přinést úlevu od monotónních a fyzicky náročných profesí. Zároveň by mělo dojít ke zvýšení efektivity a produkce ve výrobě. [5]



Obrázek 1:2 Historie průmyslové revoluce [5]

1.3 Klasifikace výrobních procesů

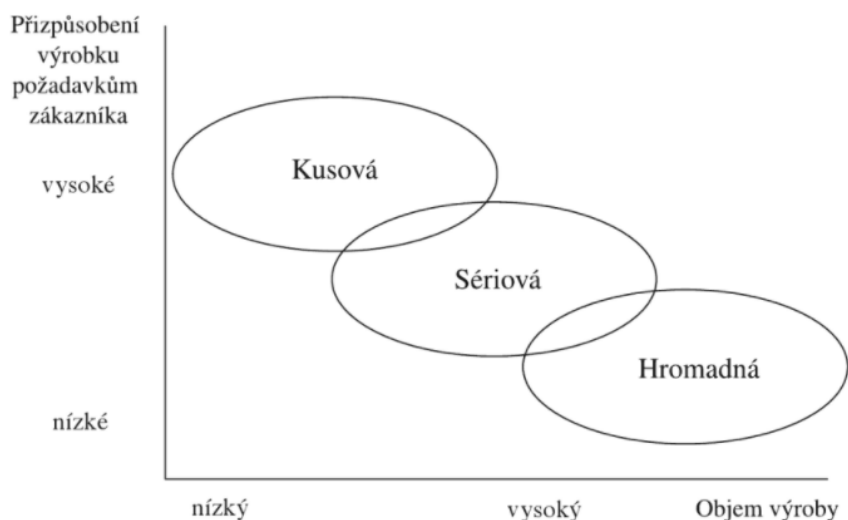
Výrobní procesy lze dnes rozdělit podle různých kritérií. Například podle obrázku 1:3 tj. podle objemu výroby, organizačního uspořádání, přístupu k řízení výrobního procesu nebo dle časového hlediska cílů výroby.



Obrázek 1:3 Klasifikace výrobních procesů

1.4 Objem výroby

Nezákladnějším rozdělením výroby dle objemu je rozdělení na výrobu kusovou, sériovou a hromadnou. Do jaké míry se výrobní a sortimentní portfolio firmy bude rozvíjet, záleží na několika základních okolnostech. Velikost firmy, pracovní prostor, typ výrobku, kapitál, pracovní síla atd. Čím větší objem výroby, tím nákladnější budou procesy, uskladnění a logistika. Na druhou stranu bude poskytován zákazníkům široký sortiment za přijatelné ceny. Kusová nebo zakázková výroba je typická menším počtem nabízených produktů, avšak mnoha různých variant. Součástky jsou velmi specifické, například výroba turbín. Sériová výroba se dělí dále na malosériovou a velkosériovou. Nedosahuje tak objemné výroby jako hromadná, ale na druhou stranu se výrobek přizpůsobuje požadavkům zákazníka a tvoří tak kompromis mezi kusovou a hromadnou výrobou nejen v ceně viz obrázek 1:4.



Obrázek 1:4 Závislost mezi objemem výroby a požadavky zákazníka **Error! Reference source not found.**

1.5 Organizační uspořádání výroby

Organizační uspořádání výroby souvisí s organizační strategií, která je zvolena v dané firmě. Organizační strukturu vytváří management a je to určitý charakteristický typ pro danou budoucí výrobu. Zásadní roli ve výrobě hraje čas a podle organizační struktury se bude odvíjet rychlost a kvalita předávání informací. Lze rozlišit tři základní typy organizačních struktur, a to jsou hierarchická organizační struktura, týmová a mozaiková.

1.5.1 Hierarchická

Hierarchická, též pyramidová, je nejrozšířenějších představitel organizační struktury. Tato struktura se může dále dělit na funkcionální (podle funkce), divizní (podle divizí) a maticovou (kombinace dvou předešlých). Ve všech typech se jedná o jeden nejvyšší post, který má na starosti celou organizaci. Pod ním jsou menší a specifičtější organizace s menšími pravomocemi. Šíření kvality informací v této struktuře se dá popsat jako hra na tichou poštu. Čím více osob předává tutéž informaci, dochází k modifikacím a na konci řetězce, výroba, může dostat zkreslený úkol (modifikovanou představu).[6]

1.5.2 Týmová

Jak již název organizačního rozdělení napovídá, tak se zde jedná o rozdělení do jednotlivých menších podskupin, kde každý tým řeší nový projekt, problém, výzkum nebo jiný úkol. Týmové rozdělení ubírá ve struktuře několik větví a urychluje tok informace. Složení týmů bývá napříč organizací. Každé týmové uspořádání má svého vedoucího, který za výkon práce zodpovídá.

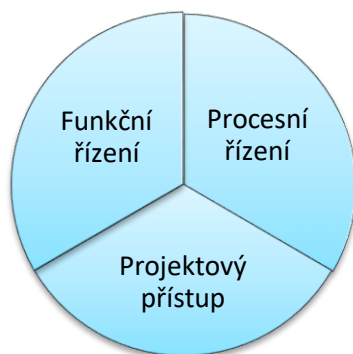
Oproti hierarchickému uspořádání, kdy se pozice jednotlivých článků nemění, se zde jedná o opak a týmy vznikají a zanikají podle doby řešení daného projektu. [7]

1.5.3 Mozaiková

Spojením klasické struktury určené pro řízení procesů a struktury určené pro řízení projektů, vznikla struktura mozaiková. Máme tedy pozice, které řídící procesy, jako marketing, vývoj, kontrola, zásobování atd. a pozice pracující na projektech. Tyto dvě pozice, které mohou zahrnout vícečlenné skupiny, by spolu měli spolupracovat a najít nejideálnější kombinaci z obou struktur.[6]

1.6 Přístupy k řízení procesů

Existují tři základní přístupy k řízení činností a procesů v organizaci podle obrázku 1:5.



Obrázek 1:5 Přístupy k řízení činností a procesů

1.6.1 Funkční řízení

Vychází z tradiční dělby práce podle specializace. To vede k rozdělení práce mezi organizační jednotky, které jsou rozdělené na základě funkcí. Tento přístup k vedení se nezaměřuje na osobnost vedoucího, ale na funkci vedení. Jmenovaný vedoucí poté vede celou skupinu. Činnosti prováděné v útvech jsou autonomní. K tomu je potřeba vysoká odbornost, specializace. Úpravy tvorby plánu nebo vedení se řeší pouze lokálně, tím se nezaručuje celková optimalizace procesu výroby. Funkční řízení vede k vytváření víceúrovňových organizačních struktur a dochází k těžkopádnější komunikaci. Informace se šíří přes nadřazené stupně a zhoršuje se adaptace na změny vnějšího prostředí. Při práci každého pracovníka pouze na svém úkolu a zaměření, se vytrácí zájem o ostatní funkce, čímž nemůže dojít ke spolupráci mezi týmy a celý proces výroby zbytečně stagnuje. [8]

1.6.2 Procesní řízení

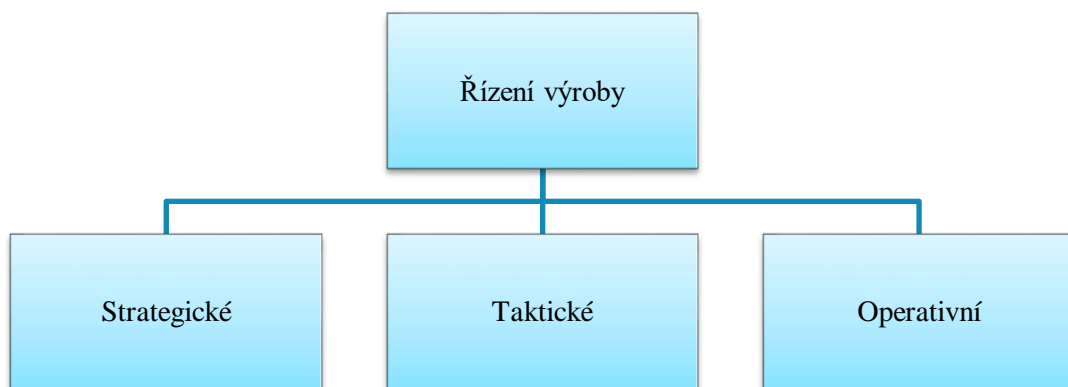
Při popisu funkčního řízení se jednalo o vertikální přístup, kdežto v procesním řízení, kdy se zaměřujeme na činnosti jdoucí napříč organizací, tedy procesy, je přístup zaměřen horizontálně. Tento přístup nahlíží na výrobu jako opakovaný proces, který je optimalizován díky informačním a komunikačním technologiím. Díky integraci činností napříč celým procesem je spolupráce pružnější a rychlejší. Při měření jednotlivých procesů je jednodušší identifikace konkrétních problémů a následně zaměření se na příčiny těchto jevů. Analyzování procesu umožňuje předejít prevenci, a tím úspoře nákladů na řešení následků. I v procesním řízení lze vytvořit týmy zaměřující se danou částí procesu, ale rozdíl bude v rychlosti komunikace mezi týmy. To přináší vyšší pružnost procesu a možnost vytváření plochých organizačních struktur. [8]

1.6.3 Projektový přístup

Při inovacích, nebo na základě specifických požadavků od zákazníka se vytváří nový produkt. Na nový projekt, který je unikátní, je vytvořen nezávislý tým, který bude vytvářet nové cesty v procesu a až v průběhu realizace se tento proces optimalizuje. Náklady na nový projekt mohou být vyšší, než provoz a optimalizace stálých procesů, ale firma si rozšiřuje portfolio, které hraje důležitou roli v porovnání s konkurencí. [8]

1.7 Rozdělení podle cíle

Řízení výroby by se dalo rozdělit do 3 základních úrovní podle kvalitativní povahy, tj. strategie, taktika a operativa viz obrázek 1.6.



Obrázek 1:6 Základní úrovně řízení výroby

1.7.1 Strategické řízení

Strategie rozhoduje, jakým směrem se bude výroba odvíjet. Je to klíčový článek pro dosažení vytyčených cílů a základní pilíř pro existenci celé firmy. Nezabývá se drobnějšími operacemi, ale celým plánem výroby tvořený na několik let dopředu. Strategie se zakládá na analýzách a vyhodnocování v přechozích obdobích výroby. Na vytvoření optimální strategie se podílí nejen samostatné vedení výroby, ale také vedení celého podniku, jelikož se jedná o komplexní plán.

Strategické cíle by měly být formulovány tak, aby firmě zajišťovaly výhodnější pozici ve srovnání s konkurencí. Měly by obsahovat základní reálně dosažitelné objemové a kvalitativní cíle, ale také ruku v ruce vývoj a posun směrem k vyšší produktivitě a efektivitě.

1.7.2 Taktické řízení

Taktické řízení je v určitém slova smyslu poddruh strategie. Je to takzvaná realizační fáze. Toto řízení má na starosti zajištění různých operací na nižších úrovních. Například nákup produktů do firmy, výroba, prodej výrobků, ale také práce v rámci personální oddělení. Za nejdůležitější úlohu taktického řízení výroby lze označit střednědobé plánování. Další úkolem taktického řízení je rozpracování strategických cílů do podmínek výroby, sestavit plán výroby, inovací, nebo určení výrobního programu. [9]

1.7.3 Operativní řízení

Podle časového rozdělení se operativní řízení nachází v detailnějším měřítku než řízení strategické a taktické. V operativním řízení se pohybujeme v rádech týdnů až měsíců. Operativní řízení zajišťuje přímé kroky k dosažení stanovených strategických cílů. Na starosti si berou taktický plán a implementují ho do detailnějšího postupu výroby podle dostupných podmínek ve firmě. Zajišťuje plynulost a rovnoměrnost čerpání zdrojů a k tomu potřebné finance. Operativní plánování zahrnuje například rozpis směn, objem výroby v položkách, plán úkolů a potřeb. [9]

1.8 Organizace výroby

Správným uskupením systému výroby se zefektivní a zrychlí celková výroba. Eliminací zbytečných prostojů, zkrácením logistiky jednotlivých součástí a vytvořením plynulého výrobního toku se zabývá organizace výroby.

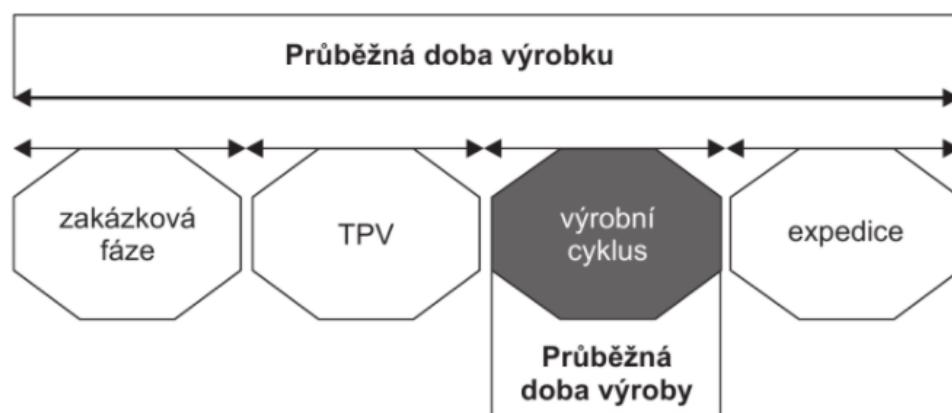
Obecně se výrobní proces rozděluje na před zhotovující (výroba polotovarů, příprava materiálu), zhotovující (předmontáž, výroba podsestav, sestav) a do zhotovující (kompletace, finalizace). Dále se dělí na stupně, operace, úkony, pohyby. Poté, co se z jednotlivých součástí stane celek, který je předán pro další zpracování, nazýváme tuto činnost „výrobní cyklus“. Organizace výroby

má za úkol účelně aplikovat profitující model toku materiálu (výrobků), zrychlit výrobu, uspořít čas a náklady. To bude mít za následek lepší konkurenceschopnost a rychlejší dodávku zákazníkovi.

Rozložení pracovišť je podmíněné v návaznosti s technologickým postupem, kde je podrobně sepsán seznam operací prováděných na sestavě. Organizování pracovišť souvisí s typem výroby (obsahem), zda se jedná o výrobu kusovou nebo sériovou, možnosti automatizace, využití robotů, velikosti pracovních prostor, vybavení firmy, nebo charakteru výrobku. Výroba jednoho typu výrobku celou organizací zjednodušuje, ale v případě strojírenského průmyslu bývá nabídka sortimentu mnohem širší a produkce je malosériová, středně sériová až velkosériová v mnoha různých modifikacích. Tím se organizace výroby stává složitou a komplexní disciplínou, dnes již bez počítačové podpory prakticky nezvládnutelnou. [10]

1.9 Výrobní cyklus

„Výrobní cyklus je součet času všech operací, tedy doba, během které projde výchozí surovina všemi operacemi až k hotovému výrobku. Výrobní cyklus zahrnuje řadu dílčích časových úseků, které lze klasifikovat ještě jiným způsobem, než na fáze před zhotovující a zhotovující, a to z pohledu charakteru operací.“ [11]



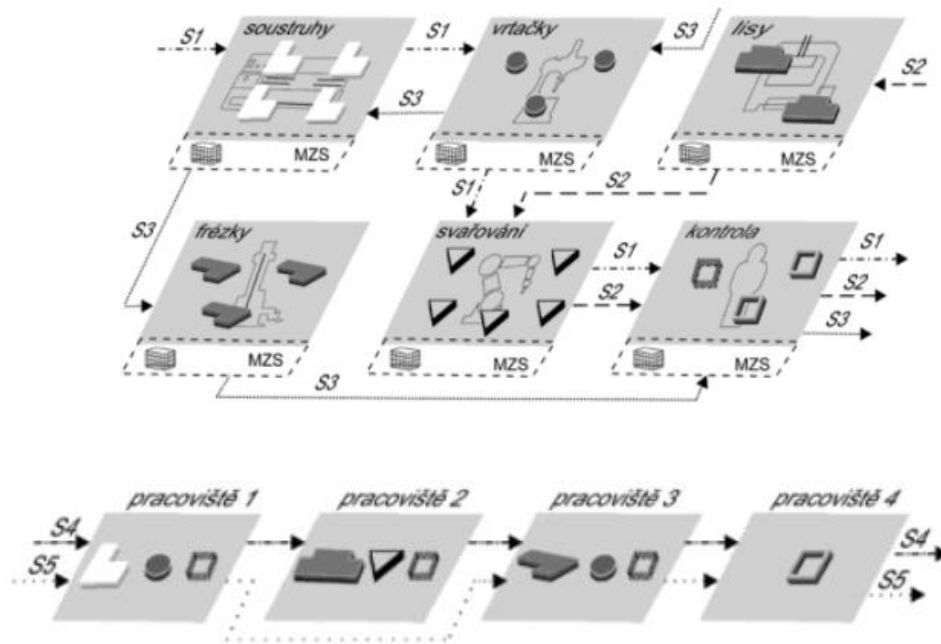
Obrázek 1:7Vztah průběžné doby výrobku a výroby [11] **Error! Reference source not found.**

Doba výroby se rozumí čas od započetí první operace až po zkompletování celé soustavy. Do celkového časového intervalu výrobku zahrnujeme také čas na expedici, technickou přípravu výrobku a sjednání zakázky.

Tento čas lze snadno kvantifikovat pomocí obecných vzorců pro výpočet cyklů operací, výroby součástí, montáže. Doba výrobního cyklu se odvíjí od předávání výrobku mezi operacemi. Některé operace jsou na sobě přímo závislé a způsob předání musí být postupný. Někdy jde cyklus urychlit díky souběžným operacím. [11]

1.10 Dílenská výroba

Z hlediska prostorové struktury se výroba rozděluje na dílenskou a proudovou. Jak napovídá titul dílenská výroba, jedná se o rozdělení pracovišť podle typu výroby. Lépe řečeno rozdělení podle funkce. Skupina je tvořena jedním či více stroji se shodnou funkcí, které nemusí vyrábět stejný typ kusu, ale pouze druh.



Obrázek 1:8 Technologické a předmětné uspořádání pracovišť[10]

Podle obrázku 1:8 lze vidět, že pracoviště jsou soustředěna do jedné organizační jednotky podle typu operací. V každé této jednotce je vyroben určitý objem výrobků, který je poté přerozdělený na jednotlivá pracoviště. Objem může být i o něco vyšší, a proto se pořizují mezisklady nebo příruční sklady. Tento typ organizace se využívá hojně ve strojírenské výrobě.

Každé uspořádání přináší své výhody a nevýhody. Výhodou dílenské výroby bych uvedl dobrou flexibilitu a schopnost přizpůsobení, rychlejší reakce na poruchy strojů či změnu plánu, vyšší variabilita produkce, využití do kusové i sériové výroby a efektivní využití pracovní síly (lze pracovat na více strojích). Pracovníci musí být dostatečně kvalifikovaní, což v dnešní době může přinášet obavy. Nevýhodou, jak byly zmíněné mezisklady, je prostorová nepřehlednost, dlouhé a nejednotné cesty, potřeba větších prostor k uskladnění, nebo delší prostoj při přeprogramování. [10]

1.11 Proudová výroba

„Proudová výroba odpovídá seřazení strojů tak, jak vyžaduje průběh technologického postupu daného produktu.“ [10] Příkladem pro proudovou výrobu jsou výrobní linky, kdy je proces

prováděn na linkách a dochází k synchronnímu materiálu toku. Výrobek se postupně skládá, až na konci linky vyjde zhotovený kus. Proudová výroba se dále dělí na jednoduchou, rozvětvenou a kombinovanou. Proudová výroba je typická pro hromadnou výrobu, jejímž charakteristikou je plynulý tok rozpracovaných výrobků mezi pracovišti. Hromadná výroba se zaměřuje na jeden typ výrobku a proces se většinou opakuje. V jednoduchém, lineárním výrobním proudu na sebe operace navazují a dochází zde k časové závislosti. Výroba se nedá urychlit souběžnou výrobou.

Rozvětvená výroba je tvořená stejným principem jako lineární, ale dochází zde v části procesu k jinému pracovnímu úkonu. Například, prvním článkem řetězce bude nařezání polotovarů na pile, dále se polotovar pošle na frézování a soustružení, v další fázi se na montáži budou tyto dva kusy spolu montovat a poté se tento „*dvojkus*“ rozdělí na další pracoviště, kde budou následovat další různé operace. Spojením těchto dvou metod se nazývá kombinovaný výrobní proud. Princip zůstává stejný, jen se proces může rozdělit. Konečnou operaci, například lakovnu, budou mít všechny cesty stejnou. [10]

Výhodou proudové organizace výroby jsou, oproti dílenské, proces manipulace a přeprava polotovarů. Snižují se přepravní a manipulační náklady, materiálový tok je přehledný, odpadá proces přeladění na jiný kus, a tím ubývá požadavek na vyškolené pracovníky, nebo snížení zásob a meziskladové prostory. Nevýhodou takového typu organizace je malá flexibilita výroby, dokonce vyšší náklady na přípravu montážní linky, potřebný vyšší kapitál na pořízení linek, velká vzájemná závislost na jednotlivých pracovištích, výpadek jednoho pracoviště blokuje navazující výrobu, či vyšší nároky na prohlídku a údržbu. Celý proces musí být dobře časově rozvrženým, jelikož v opačném případě dochází k prostojům, čekání na dodávku, a to vede k zastavení celého chodu výroby.[12]

1.12 Smíšené formy organizace

Organizace výroby nemusí být jen typově jednoho rázu, ale tam, kde je to možné, se dá využít kombinace dílensko-proudové výroby, kde začleňujeme automatizaci, nebo poloautomatizaci. Takový typ výroby je většinou tehdy, když vyráběné produkty nejsou příliš odlišné. Principem této organizace je uspořádání pracovišť do skupin. Skupinová výroba je typická tím, že uvnitř proudové výroby je několik strojů uspořádáno tak, že zde skupina pracovníků zastane různé činnosti nezávislé na výrobním taktu, aby nedocházelo k prodlevám. Podle geografické analogie této skupině strojů říkáme ostrůvky, jelikož jsou to do jisté míry nezávislé na jinak komplexní proudové výrobě. Začleněním této skupiny se eliminuje nedostatek malé flexibility v proudové výrobě.

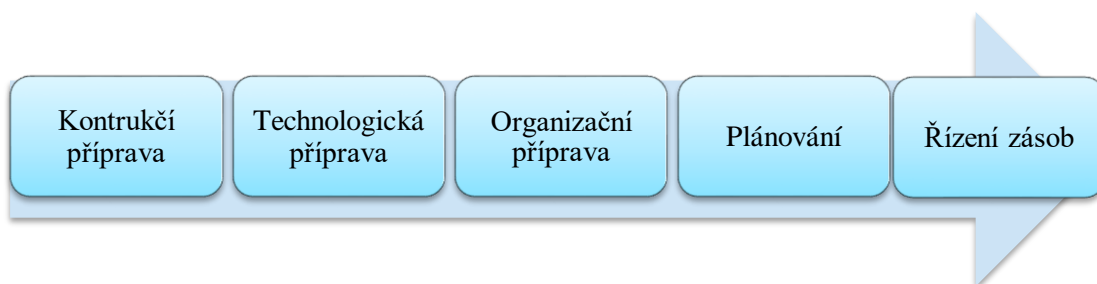
Tento způsob je znám pod pojmem výroba v centrech. Rozdílná pracoviště jsou umístěna do jednoho prostoru s nadřazenou, komplexní výrobou. Podle úrovně automatizace je dále dělíme

na pružné výrobní systémy a výrobní ostrůvky (hnízda). Pružné výrobní systémy jsou plně automatizované, dochází zde k nestálému přísunu materiálu a odsunu odpadu, pracují neustále. Pohyb výrobků, výměna nástrojů je zautomatizován na základě počtu programově řízených strojů. Výrobní ostrůvky (hnízda) jsou ostatní výrobní skupiny, které nejsou plně automatizované. Na poloautomatizovaném pracovišti s více stroji může stačit pouze jedna obsluha stroje, jde tedy o úsporu pracovní síly. [12]

1.13 Příprava výroby

Úvodní fáze při přípravě výroby se nazývá technická příprava, do které spadá příprava konstrukční, technologická a následně organizační. Zahájení konstrukční přípravy závisí na výzkumu, vývoji, průzkumu trhu, nebo požadavku zákazníka. Konstrukční příprava má na starosti úvodní dokumentaci, tedy návrh prototypu, který se vyrobí, vyzkouší a zhodnotí. Za předpokladu, že jsou požadované parametry splněny, návrh se začne zpracovávat technologicky. To obnáší vypracování technologických postupů, montážních postupů, soupis náradí a technickohospodářských norem. V následné fázi, organizační, se navrhne technickoorganizační projekt, vyrobí se a vyzkouší ověřovací série a vystaví se dokumentace.

Po úspěšné úvodní fázi nastává fáze plánování výrobního procesu. Pro maximální využití vstupních parametrů, zvýšení produktivity práce, udržení návaznosti se využívají různé informační systémy, které zefektivní plánování. Pro ucelenost výrobního plánu je důležité zvolit kapacitní řízení zásob, které bude koordinovat se s firemním softwarem plánování. [13]



Obrázek 1:9 Kroky postupu přípravy výroby

1.13.1 Konstrukční příprava výroby

Pro udržitelnost na trhu a konkurenceschopnost je důležité rozšiřování sortimentu, variant stálých produktů, nová inovace a budování projektů. Zakázky se odvíjejí od požadavků zákazníků a ve spolupráci s firmou se hledá optimální řešení. Po shromáždění dostatku informací se projekt předá ke konstrukční analýze, zda je reálné požadavkům dosáhnout. Konstruktor zajišťuje funkčnost a technickou zprávu pro nový druh produktu. Zpráva musí obsahovat podrobné

rozpracování údajů o výrobku, jeho částech, výkresy hlavních dílů, sestav a částí, materiálu a informací pro zkoušení. Poté ve spolupráci s technologem se vyrobí jeden nebo více prototypů a výrobek se musí přezkoušet. Po ověřovací fázi se výrobek buď schválí a předá do sériové výroby, nebo se konstruktér případně rozhodne pro změnu výkresové dokumentace z důvodu nesplnění předdefinovaných požadavků. Po splnění všech fází, tj. i ověřovací, se dokumentace předá ke zpracování technologického postupu. [10]

1.13.2 Technologická příprava výroby

„Technologická příprava výroby určuje způsob, jak uskutečnit jednotlivé operace, v jaké posloupnosti, s jakými nástroji, na jakém výrobním zařízení, na kterých pracovištích apod. Navazuje na konstrukční přípravu výroby věcně, i když časově se s ní překrývá.“ [14]

Technologové mají na starosti sestavit tzv. technologický postup, který bude korespondovat s výkresovou dokumentací. Takový postup zahrnuje informace ohledně strojů, pracovníků, pracovišť, materiálu, vybavení, ochranných pomůcek, či měřících přístrojů. Měl by být jasně sepsaný a roztríděný pro každou operaci zvlášť. Zmatečný postup přináší pouze chaos do celé výroby, jelikož na sebe operace navazují. Technologická příprava výroby zásadně rozhoduje o velikosti nákladů, která se projeví na ceně produktu.

Stále se pohybujeme v technologické přípravě výroby a technolog, mimo samotný postup, zároveň přiřazuje k operacím normovací čas (čas na seřízení, pracovní čas) a tvoří pracovní normy. Tyto normy určují průběh výroby každého dílu, montáže, zkoušení. Ke stanovení všech potřebných parametrů je potřeba mít k dispozici dostatek kvalitních informací, ze kterých lze vycházet. Teoretický a praktický pohled na věc by měl být doplněn daty. Ucelenost, přehlednost a přístupnost zpracování technologického postupu přispívá, a je nedílnou součástí, k procesu zlepšování a zkvalitnění výrobního procesu.

Do oblasti technologie se zahrnuje taktéž definice kontrolních úkonů. Kontrola se může vyskytovat v průběhu výroby (průběžné přeměření), nebo na konci procesu jako koncové přeměření. Postup by měl znovu obsahovat použitá měřidla a tolerance. [13]

1.13.3 Kusovník

„Kusovník je seznam všech podsestav, dílů a výchozích materiálů, ze kterých se vyrábí nějaká nadřazená sestava nebo konečný produkt, včetně množství, která jsou k tomu potřebná.“ [15] Využívání kusovníku zlepšuje přehlednost, dohledatelnost, nebo také ucelenost souborů. Nástroj kusovníku se nejen aplikuje při plánování spotřeby materiálových, kapacitních potřeb, ale rovněž

pro výpočet nákladů, stanovení ceny a finančním hodnocení činností podniku. Kusovník lze rozdělit na dva typy. Kusovník určený pro konstrukci a pro technologii. [16]

Kusovníková data pro konstrukci evidují údaje o výrobcích, vyráběných dílech a vazby mezi vyráběnými a nakupovanými díly. Vedení záznamů vyráběných, nebo nakupovaných dílů usnadňuje práci v plánování výroby a doplňování skladů. Práci konstruktéra je tedy v optimálním poměru sepsat z jakých součástí se výrobek skládá. Výstupní kusovník od konstruktéra může mít více podob, a to například sepsaný souhrnný kusovník, strukturní nebo inverzní.

Souhrnný (nestrukturovaný) kusovník je rozpis celého výrobku do jednotlivých součástí, ke kterým je přiřazena informace o množství. Nečlení se podle stupně výroby ani jiného vodícího znaku. Jde o informaci k celku.

„Strukturní kusovník je znázorněním stupňovité struktury výrobku. Jsou zde uvedeny materiály, součásti a skupiny vstupující do výrobku přímo i nepřímo, podle montážních stupňů (výrobních fází) s údajem o množství.“ [17] Detailněji rozepsaný kusovník napomůže při lepší orientaci a zároveň při sestavování plánu výroby.

Inverzní kusovník zahrnuje všechny nižší položky, myšleno nakupované i vyráběné, které budou přímo v jednom stupni výroby vstupovat do vyšší (více položek) vyráběné položky. [10]

Technologický kusovník se primárně nevyužívá pro soupis sestav, podsestav, dílů, ale pro evidenci údajů o výrobních operacích, materiálových vazbách, textech operací a výrobních pomůckách k operacím. Kusovník je také považován za můstek mezi výrobní technologií a požadavky na změny od zákazníka. Díky elektronizaci a datové sktruktúře se podle kusovníku hledají snáze konkrétní komponenty určené pro změnu. [11]

1.13.4 Normy spotřeby práce

„Normy spotřeby práce jsou měřítkem, které vyjadřují, kolik živé práce bude potřeba vynaložit na vykonání nějakého pracovního úkolu při určitém stupni rozvoje výrobních sil.“ [18] Tato norma se tedy věnuje a normuje lidský zásah do výroby. Tato norma především slouží pro plánování výrobního procesu, to znamená sestavení harmonogramu práce, rozdělení fondu pracovního času a stanovení počtu pracovníků. Roční použitelný fond pracovníka se stanovuje ze vzorečku[7]:

$$T_{\text{využ}} = (t_k - t_v) \cdot s \cdot t_{\text{sm}} - (t_d + t_n) \cdot s \cdot t_{\text{sm}} \text{ [hod/rok]}$$

Rovnice 1: Roční fond pracovníka [7]

t_k - počet kalendářních dnů v roce

t_v - počet dnů nepracovních (volných)

t_{sm} - počet hodin za směnu (přibližně 7,5h)

t_d - počet dnů dovolené pracovníka

t_n - počet dnů pracovní neschopnosti pracovníka

s – denní směnnost pracovníka (1 až 1,1)

Při sestavování normy bude hrát čas klíčovou roli. Správně sestavená norma bude pracovníka motivovat ke zlepšování se. V opačném případě při špatné úvaze a nezahrnutí všech proměnných dojde k demotivaci pracovníka a snížení efektivity práce. Čas se rozlišuje na normovatelný, nenormovatelný (ztrátový).

Normovatelný čas se dále dělí na jednotkový, dávkový a směnový. Čas jednotkový je roven jednotce výkonu, tedy čas potřebný k provedení dané jedné operace nebo výrobě jednoho výrobku. Dávkový čas, nebo také čas přípravný, se vztahuje k výrobní dávce, vyhrazený čas pro přípravu jedné dávky výrobků. Čas směnový je čas, který má pracovník vyhrazený pro přípravu směny nebo po skončení směny k úklidu pracoviště. Do normovatelného času se také započítává čas na přestávku, například si zaměstnanec musí dojít na záchod, ale také čas podmíněný, kdy zaměstnanec musí například čekat na odvezení vyrobených kusů, aby měl volné místo pro nové kusy.

Nenormovatelný neboli ztrátový čas je doba, která se nebude zaměstnanci započítávat do pracovní směny. Ke ztrátě může dojít ze strany zaměstnance, tím že přijde pozdě na směnu, ale také ze strany firmy, kdy zaměstnanec musí čekat na dodávku materiálu, stroj má poruchu, či dochází k výpadku kapacity stroje z důvodu jeho využití k nestandardním úkonům. [19]

1.14 Plánování výroby

Plánování výroby patří k hlavní fázi v procesu výroby. „Plánování je charakterizováno jako proces stanovení cílů a určení způsobů dosažení těchto cílů.“ [7] Účelem plánování výroby je zaručení plynulosti výroby, snižování výrobních nákladů, plánování kapacitního využití, sledování stavu plnění výroby, kontrola průběhu zakázky a další. Výstupem systémů zvolených pro plánování jsou data, z kterých se tvoří statistiky a grafy. Předmětem plánování výroby je výrobní program, výrobní proces a zajištění výrobních faktorů pro výrobu.

Výrobní program se skládá z konkrétních výrobků, které se budou ve firmě v určitém období vyrábět. Zakládá se na objednávkách od zákazníků, ale také na chování trhu. Podle přímé nebo nepřímé (uvolnění výrobku na trh) zakázky se stanoví plán odbytu a na základě výrobní kapacity

se zvolí vyráběný objem. Plán se rozděluje na krátkodobý, střednědobý a dlouhodobý. Při plánování je snahou udržování co nejnižšího stavu zásob, konstantního využívání pracovní síly a finančních prostředků.[10]

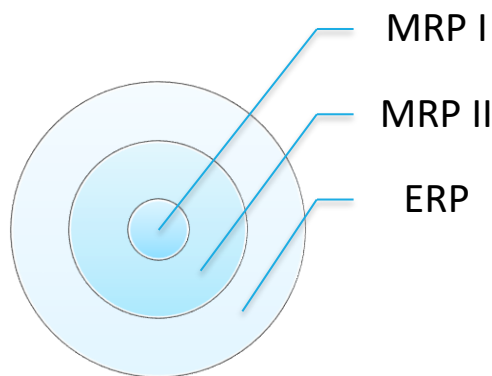
Dlouhodobé a střednědobé plánování výrobního programu se volí za předpokladu zajištění zásadní změny výrobního programu. Děje se tak v případě výroby nových produktů, které vyžadují nové výrobní kapacity, novou technologii, jiné pracovní postupy, pracovníky a finanční prostředky. Dlouhodobé plánování má vliv na ekonomický rozvoj firmy ve formě investic a financování.

Jedná-li se o konstrukční nebo designové změny konkrétního výrobku, používá se krátkodobé plánování jako modifikace dlouhodobého plánu pro konkrétní a specifickou dávku. Vychází již z existujících výrobních kapacit, technologií, organizace a současných finančních zdrojů.

Výrobní proces se zakládá na výrobním programu, který vyžaduje i koordinaci nákupu, dopravy a skladování. „Z technického hlediska je výrobní proces přeměna vstupních surovin a materiálů za aktivní účasti pracovní síly s pomocí investičního a oběžného majetku ve výrobek.“ [7] Proces přeměny by měl být co nejefektivnější, to znamená zvolit při požadované spotřebě výrobních vstupů optimální náklady a nejvhodněji zvolit výrobní postup.

1.14.1 MRP/ ERP

Jako nástroj pro zaznamenávání, zhodnocování, plánování, zefektivnění a měření výrobních procesů se využívají různé systémy. Například systém MRP I (Material Requirements Planning), MRP II (Manufacturing Resource Planning), nebo ERP (Enterprise Resource Planning). ERP systémy jsou programy zdokonalující plánování výrobního programu. Zahrnují kromě plánování výrobního programu také obchodní plánování, plánování spotřeby, termínů a postupu prací. Systémy jsou založené na operativním řízení spolu se strategickým, krátkodobým plánováním a obsazenosti strojů. Působení podnikových systémů je znázorněno na obrázku 1:10.



Obrázek 1:10 Úroveň působení podnikových systémů

U MRP I (plánování materiálových požadavků) se jedná, jak již označení napovídá, o plánování materiálu. Systém se zaměřuje na odpovědi otázek, zabývajících se tím, jaký materiál nakoupit, kolik bude potřeba materiálu a zároveň kdy materiál nakoupit. MRP I využívá inventář materiálu (dostupné množství surovin, polotovarů, hotových kusů), kusovník (pro vyhodnocení nakupovaných a vyráběných položek) a informace poptávky po produktu. Na základě těchto dat je výstupem doporučený výrobní plán a harmonogram nákupu. Výhody po zavedení systému by měly nastat ve snížení nákladů na zásoby, kontrola úrovně zásob, zkrácení čekacích dob, lepší plánování výroby a nákupu, nebo pomoc při rozhodování o nabídce.[20]

MRP II („plánování výrobních zdrojů“) je systém rozšiřující systém MRP I. Zahrnuje nejen funkce plánování nákupu a výroby, ale zabývá se též aspekty práce a strojního zařízení. Kromě proměnných otázek co, kolik a kdy koupit, si navíc MRP II klade otázky, jaké zdroje jsou nutné, jaké množství zdrojů a kdy budou tyto zdroje nutné. Přítěží v každém plánování bývají kapacity, ať skladové nebo strojní. Systém MRP II by měl identifikovat tyto potíže a nastavit optimální rovnováhu mezi dostupností zdrojů a plánovanou spotřebou. Všechny stávající výhody z MRP I zůstávají, ale jsou k nim připojeny další, jako například optimalizace využití strojů a zvýšení produktivity, koordinace a řízení výroby a zásob, flexibilita při změnách v objednávce, snížení outsourcingu a prostojů, nebo finanční znalosti plánované a skutečné výroby.[20]

ERP („plánování podnikových zdrojů“) je označení pro integrovaný systém, zahrnující oproti MRP systémům všechny, nebo alespoň většinu operativních procesů. Jde o komplexní program, který pracuje s daty od plánování, zásob, nákupu, prodeje, až po marketing, personalistiku a další. Jelikož se jedná o rozsáhlý systém, tak se rozdělí na jednotlivé podsystémy, kde má každý na starosti svůj úsek. Řídící centrum systému pak komunikuje mezi jednotlivými podsystémy a zpracovává příkazy. Správa dat by měla být organizovaná pro snadnější a rychlejší přístup. ERP oproti dílčím systémům má několik výhod. Při přehledném rozřazení podsystémů tvoří celý systém a jejich propojení usnadní rychlejší a efektivnější realizaci procesů, neboť každý úsek podniku získá potřebné informace z jiných úseků rychle a bezproblémově. Výhodou též bude možnost celkového pohledu do podniku, nízké náklady na údržbu (bude se jednat o jeden systém a nikoli několik dílčích), jednoduchost pro uživatele, nebo zvýšení efektivity procesů. [21]

1.14.2 APS

APS (advanced planning and scheduling) je systém pokročilého plánování na úrovni detailního dílenského rozvrhování. APS charakterizuje současně synchronizované plánování všech zdrojů s respektováním všech známých omezení. „*V systému se definují výchozí podmínky i vstupní parametry a systém APS má následně za úkol nalézt optimální variantu řešení. Se změnou vstupních parametrů se mohou měnit i výsledná doporučení systému. Optimalizační algoritmy*

pracují na základě kriteriálních funkcí, kde je každý požadavek ohodnocen." [16] Spolu se systémem ERP patří mezi základní kameny plánování. Koncept ERP ale spíše představuje plánovací systém založený na menším objemu zakázek. V poslední době se ale nabídka produktů z důvodu konkurenceschopnosti a zdokonalování zvýšila, podniky svůj výrobní sortiment rozšiřují a zákazník má možnost si více vybírat. Pro takovou výrobu je nutná změna systému plánování. APS je napojen na systém ERP pro získání vstupních parametrů. APS vyhodnocuje dostupné kapacity a navrhne možný plán výroby, díky tomu je zákazníkovi možné sdělit termín dodání a dodržet ho.

1.14.3 Dispečerské (dílenské) řízení

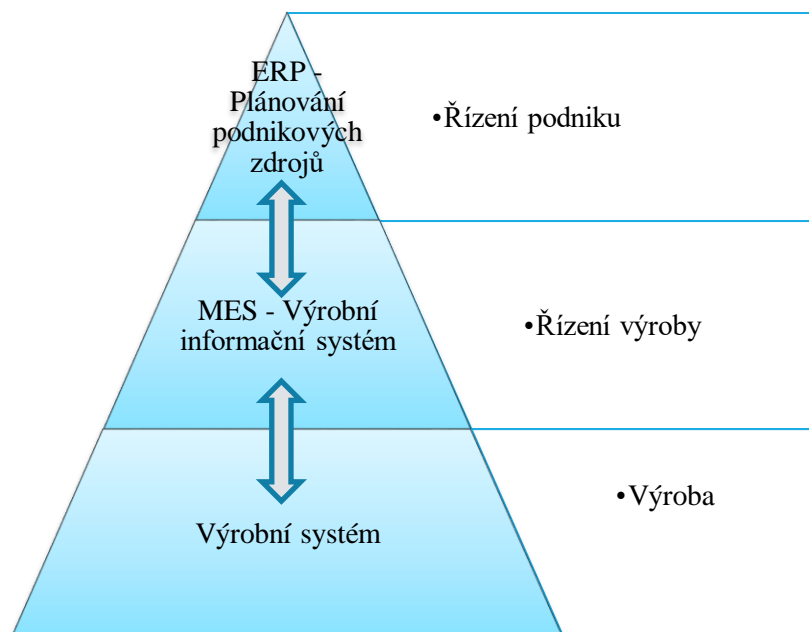
Dispečerské (dílenské) je poslední fází řízení a plánování výroby, kdy dispečer dostává pevně stanovený sled výrobních příkazů. Dílenské plánování se může dělit na více úrovní podle organizační struktury podniku, členění a velikosti firmy. Oproti předchozím podkapitolám, kde při řízení a plánování výroby figurovaly počítačové systémy, tak zde hraje hlavní roli zejména pracovník (dispečer). Změny operativního (dílenského) plánu zde probíhají už pouze na základě aktuální situace, například kvůli výpadkům kapacit, zmetkovitosti a jiných nepredikovatelných výpadků. Pro zajištění kvalitní a rychlé zpětné vazby je vhodné dílenské řízení realizovat prostřednictvím informačního systém až na konkrétním pracovišti. Interakce je pak zajištěna terminály, u kterých jednotliví pracovníci okamžitě registrují odvedené operace na výrobních zakázkách včetně případných odchylek a zajišťují tak kvalitní zpětnou vazbu pro výše uvedené procesy v předchozích subkapitolách. [11]

2 Monitorování a vyhodnocování výrobního systému

V současnosti, kdy přichází rozvoj informačních technologií ve výrobních podnicích vzhledem k průmyslu 4.0, je snahou získávat aktuální data o výrobě, analyzovat je a vyhodnotit pro optimalizaci výrobního řízení. Pro sběr dat je potřebné zavést systém, který bude shromažďovat tyto data např. ve formě monitoringu výroby, sledování spotřeby materiálu, analýzy prostojů, plnění zakázek, plnění norem, efektivity operátorů. Každý operativní proces by měl mít svá výstupní data, z kterých lze vyvodit analýzu. Lze také z dat stanovit celkovou efektivitu výrobního zařízení OEE (overall equipment effectiveness) pro jednotlivé stroje nebo celé výrobní oddělení. OEE se vyhodnocuje podle kvality (dobré x špatné kusy), výkonu (co nejrychleji) a dostupnosti zařízení (bez času prostojů) udávaný v procentech. OEE se vypočítá jako součin všech tří dílčích hodnotících ukazatelů.

2.1 MES

MES (manufacturing execution system) je výrobní informační systém určený specificky pro oblast výroby, jelikož realizuje přímo jeho řízení. Tento systém zaznamenává detailní sběr dat pro účely vyhodnocení výroby a operativního plánu. Ve srovnání se systémem ERP, který je univerzální pro celopodnikové řešení, tak na druhou stranu, MES představuje specializovaný systém ovlivněný typem výroby. Z hierarchického hlediska informačních systémů podle systému ISA S95 (International Society of Automation) se MES staví do úrovně podle následujícího obrázku 2.1:



Obrázek 2:1 MES v úrovních podnikových informačních systémů [16]

Podle schématu tvoří MES vrstvu mezi ERP, resp. APS, a technologickým procesem, kde se vyskytují NC (Numeric Control) stroje a zařízení. Systém MES podle mezinárodní asociace MESA (Manufacturing Enterprise Solution Association) podporují následující oblasti:[24]

- Sběr, kompletace a archivace dat
- Sledování produkce
- Řízení a přidělování zdrojů
- Operativní plánování a rozvrhování výroby
- Dispečerské řízení výroby
- Řízení dokumentů
- Řízení pracovních sil
- Řízení kvality
- Procesní řízení
- Analýzy a hodnocení výkonnosti

MES pracuje v reálném čase, což mu poskytuje přesné informace o probíhajících výrobních procesech, aktuálním vytížení strojů, pracovníků a ostatních výrobních kapacit. Jedná se o přímý integrovaný počítačový systém, který akumuluje metody a nástroje potřebné ke zdokonalení výrobního plánu a výroby.

Implementací systému MES a jeho podřízených systémů, jejich výstupními daty a analýzou těchto dat bych se rád zabýval později v mé praktické části. Sběr výrobních dat může být dosti různorodý a individuální, proto bych nyní uvedl aplikace systému, které se budou týkat vyhodnocování řízení výroby a řízení kvality. Specializované softwary jsou modulární systémy MES, které umožňují vytvářet zákazníkům škálovatelná řešení odpovídající jejich aktuálním potřebám s možností následného plynulého rozšiřování o další moduly a aplikace.

Aplikace Production Scheduler (plánování výroby) se zabývá detailním operativním rozvrhování plánování. Tato aplikace umožňuje zadávání výrobních objednávek, pracovních postupů a příkazů, kusovníků, nástrojových listů a ostatních nezbytných informací z ERP. Zadávání může probíhat automaticky nebo ručně. Po načtení informací přiřadí plánovač operace k jednotlivým strojům. Systém kalkuluje, vyhodnotí a přiřadí sám pro nejoptimálnější plán. To povede ke snížení nadbytečných přeseřizování strojů, spotřeby energie času a prostojů. Výhodou aplikace

je umožňující automatické připojení k výrobním strojům, ze kterých lze automaticky počítat jednotlivé kusy a čas jejich výrobního cyklu a zpětně tuto informaci on-line propojit s plánovací tabulí. Plánovací tabule bude sloužit k aktuálnímu přehledu o plnění plánu, stavu jednotlivých zakázek a jejich operací, a zároveň bude predikovat termín jejich dokončení. [25]

Pro on-line sledování vytíženosti a stavu strojů, jejich efektivního využití dle ukazatele OEE (hodnota využití normované kapacity zařízení, procentní ukazatel výrobního času, který je skutečně produktivní), sledování průběhu zakázek a práce operátorů se využívá aplikace Performace Analyser. Tato aplikace je klíčová pro vyhodnocení, jelikož se vše odehrává automaticky v reálném čase přímo ze strojů, linek a pracovních stanic. Průběh by měl být zaznamenáván od začátku směny, kdy se pracovník dostaví na své pracoviště a přihlásí, přes záznam prostojů, jejich příčin, výrobních cyklů, rychlosti výroby, počtu shodných a neshodných kusů, včetně příčin těchto neshod, až po ukončení směny a odhlášení se.[26]

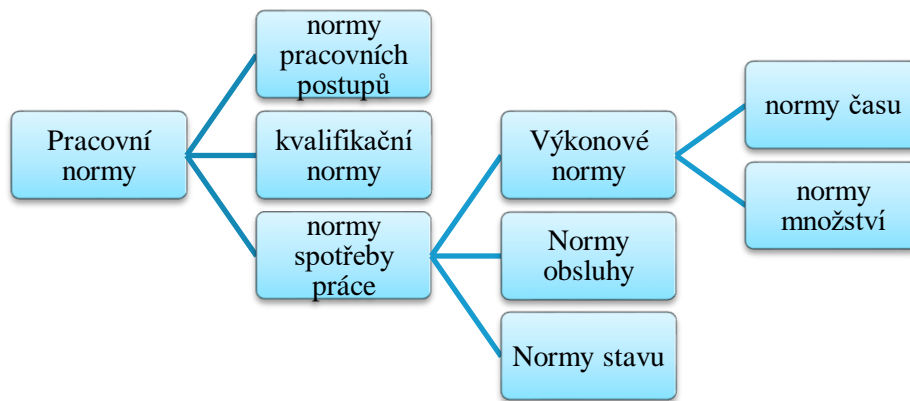
Řízení kvality v procesu výroby je důležitým bodem pro vyhodnocování produktivity. V průběhu výroby je nutné zaznamenávat každý x-tý kus a zkontrolovat ho, zda se nevyrábí mimo toleranci zmetkovitosti. Tento úkol je jako jiný normovaný a je nezbytné, pro stanovení relevantních výsledků, vzít ho v potaz. Software zajišťující zavedení kontrolních bodů se nazývá Statistical Quality Control. Informace jsou automaticky zobrazovány na výrobních terminálech operátorů, který zapíše počátek a výsledek kontroly. Zapsané výsledky se zobrazí a evidují v systému (budou přístupné ostatním příslušným zaměstnancům) pro celkovou evidenci, analýzu a reporting výsledků.[27]

2.2 Vyhodnocování výrobních dat

Co se nejčastěji vyhodnocuje v přímé souvislosti s řízením výroby? Zpravidla jsou to základní hodnotící ukazatele, jako plnění plánu výroby v hodnotovém či naturálním vyjádření, plnění výkonových norem jednicovými dělníky, využití fondu pracovní doby (FPD) pracovníků ve výrobě, využití výrobních, zejména strojních kapacit firmy, analýza prostojů dle důvodů, zmetkovitost, OEE (tento ukazatel jsem popsal již v úvodním odstavci nadpisu 2). Dále budou blíže specifikovány některé hodnotící ukazatele, používané ve strojírenství.

2.2.1 Plnění výkonových norem

Pracovní normy jsou technicky a ekonomicky zdůvodněné předpisy, které formulují, jak se má práce vykonávat ve vztahu k technickým podmínkám a hospodárnosti, jaká kvalifikace se pro práci vyžaduje a kolik živé práce (pracovníků) je na vykonání práce potřeba. Jejich součástí jsou i výkonové normy.



Obrázek 2:2 Rozdělení pracovní normy [28]

Normy spotřeby práce stanoví množství živé práce, potřebné na vykonání určité práce či splnění určitého pracovního úkolu v daných podmínkách. Výkonové normy stanovují technicky a ekonomicky zdůvodněnou spotřebu pracovního času na jednotku výroby nebo výkonu (norma času) nebo množství výrobků za jednotku času (norma množství). Norma času vyjadřuje potřebný pracovní čas na vykonání měřitelné jednotky práce. Pracovní čas se obvykle vyjadřuje jako základní normočas v tzv. normohodinách. Při vlastním výpočtu normohodin se základní čas příslušné výkonové normy na jednotku upravuje o případné normativy a vedle toho, podle konkrétních pracovních podmínek či prostředí, normativními přírážkami či srážkami k základnímu času na výsledný normočas – v normohodinách celkem. Norma množství vyjadřuje množství výrobků nebo výkonů za jednotku času (např. hodinu, směnu). [28]

Produktivita práce pak vyjadřuje účinnost lidské práce. Její mírou je obvykle množství výrobků vyrobené jedním pracovníkem za jednotku času. Pro výpočet produktivity (P) se používá rovnice 2:

$$P = \frac{Q}{t}$$

Rovnice 2: Výpočet produktivity[28]

kde „Q“ vyjadřuje množství produkce v měrných jednotkách a „t“ spotřebu časových jednotek na produkci. K základním ukazatelům produktivity práce patří: výnosy (tržby) na pracovníka, přidaná hodnota na pracovníka, zisk na pracovníka, počet normohodin na pracovníka a další.

Ukazatel plnění výkonových norem se zpravidla vyjadřuje procentuálním poměrem plánovaného a skutečného výrobního času. Plnění výkonových norem tedy vyjadřuje výkon pracovníka. V případě shody obou časů (skutečného i času udávaného v normě) je výkonová norma plněná na 100 %. [28]

2.2.2 Využití fondu pracovní doby

Obecný výpočet fondu pracovní doby řeším v kapitole 1.13.4. Každopádně zákonem stanovená obecná týdenní pracovní doba zaměstnance činí 37,5 hod., resp. 40 hodin. A to v závislosti na tom, zda je či není započítána doba na odpočinek (oběd) v délce trvání 0,5 hodiny každý pracovní den. Podle zákoníku práce má zaměstnanec po 6-ti hodinách práce nárok na 30-ti minutovou pauzu. V praxi to většinou znamená čas na oběd. Zaměstnanec je tedy v práci 8 hodin, ale činnost vykonává pouze 7,5 hod. [29]

FPD může být týdenní, měsíční, nebo roční a jedná se o průměrnou hodnotu za toto období. Přesčasová práce pracovníka tuto dobu navyšuje, na druhou stranu její zkrácení způsobují události jako nemoc pracovníka, návštěva lékaře, dovolená atd.

K využití FPD existuje řada přístupů s využitím kombinace různých podnikových informačních systémů a podsystémů. Výchozím podkladem je sledování docházky pracovníka, který se stává podkladem i pro mzdové ohodnocení pracovníka. Nejprve se definuje teoretický použitelný FPD ve dnech, což je počet kalendářních pracovních dnů, ponížený o dny pracovního klidu a dovolené. Z něho se pak odvozuje využití použitelného fondu pracovní doby manuálně pracujících zaměstnanců v průmyslu. Ten je vypočten jako podíl skutečně odpracovaných dnů na použitelném fondu pracovní doby manuálně pracujících zaměstnanců. Je vyjádřeno v %. [29]

V průmyslu je obvyklé použitelný FPD vyjadřovat v hodinách, zvýšit ho o míru přesčasové práce (např. směnnost počítat s koeficientem 1,05, což vyjadřuje 5 % míru přesčasové práce) a naopak ponížít FPD o míru nemocnosti (např. počítat s koeficientem 0,97). Takto vypočtený hodinový skutečný FPD se v průmyslu pohybuje okolo hodnoty 1.500 hodin za rok.

FPD může být využit pro různé typy výpočtů, spojených s plánem pracovníků, plněním výkonových norem atd. Podnik zná plánovaný výkon za časové období a jeho pracnost (kusy výrobků vynásobené normou pracnosti daného kusu), tj. plánovaný výkon v normovaném čase (např. v Nhod.). Poměr plánovaného výkonu vyjádřeného v normočase a předpokládaného skutečného fondu pracovní doby jednoho manuálního pracovníka pak firmě definuje potřebný počet pracovníků k zajištění produkce všech zakázek daného období.

System MES, popř. jiné systémy, vč. základního ERP systému firmy, zajišťuje sledování pracovní zakázky a vykazuje výrobní čas pracovníka na dané zakázce a stroji. Zpravidla tedy zajišťuje evidenci skutečného a plánovaného výrobního času ve vztahu k zakázce, či stroji (obecně výrobnímu prostředku). Eviduje taktéž čas pracovníka, strávený u výrobního prostředku (stroje). Využití FPD pracovníka může firma zjistit i poměrem skutečného času, stráveného u stroje, a času placeného dle docházkového systému. [30]

2.2.3 Využití strojních kapacit

Strojní kapacita stroje značí určitý maximální možný počet vyráběných kusů za určitou dobu. Vynásobíme-li počet kusů daného sortimentu jejich pracnostmi, dostaneme strojní kapacitu v normočase (např. Nhod.). V praxi mluvíme o strojních normohodinách. Tento údaj je využíván zejména v případech širokého výrobního sortimentu s různou pracností jednotlivých dílů, vyráběných na daném pracovišti.

Na rozdíl od FPD pracovníka můžeme počítat využití strojní kapacity na více nežli jednu směnu. Snahou podniku bude využít strojní zařízení 24 hodin denně a nejlépe 365 dnů v roce. K tomuto cíli firmy využívají a jistě budou využívat ještě s větší intenzitou automatizaci a robotizaci výroby při stejném počtu pracovníků ve výrobě. Pokud plánovaný čas práce stroje bude celoroční, pak využití stroje vyjadřuje poměr mezi skutečným výkonem, daným skutečným výrobním časem všech operací na konkrétním stroji, a teoretickým, maximálním výkonem, daným součinem kalendářních dnů v roce a počtem hodin ve třech směnách každý den. [10]

Dalším významným pohledem pro využití strojních kapacit je zavádění vícestrojové obsluhy do výroby. V jeho důsledku výrazně roste produktivita práce dělníků. Zvyšuje se využití pracovní doby pracovníka, pokud měříme jeho výkon strojními Nh. Zároveň klesá placený čas dělníka na jednotku strojního času (skutečného i normovaného). Roste též využití výrobní kapacity strojů při zachování počtu obsluhujících operátorů (růst směnnosti využití strojních kapacit). [31]

Důležitou činností je správně nastavit průběh operací, aby nedocházelo k prostojům strojů ve výrobním procesu. Při stanovování plynulého toku výroby můžeme např. spočítat, kolik strojů bude zapotřebí, aby následující operace nečekaly a nenabíhal prostoj u následných strojních pracovišť. Pro teoretický výpočet počtu strojů (P_{st}) pro danou operaci využijeme rovnici 3: [31]

$$P_{st} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}}$$

Rovnice 3: Výpočet počtu strojů [31]

N ... počet kusů vyráběných za rok [ks]

t_k ... čas potřebný pro provedení dané operace na daném stroji; obsahuje jednotkový čas („ t_{AC} “) i dávkový čas („ t_{BC} “); $t_k = t_{AC} + t_{BC}/N$ [min]

E_s ... průměrný čas za rok při jedné směně, kdy je použité strojní zařízení v chodu [h]

S_s ... počet směn strojních pracovišť v plánovaném provozu

k_{pns} ... koeficient překračování norem strojních

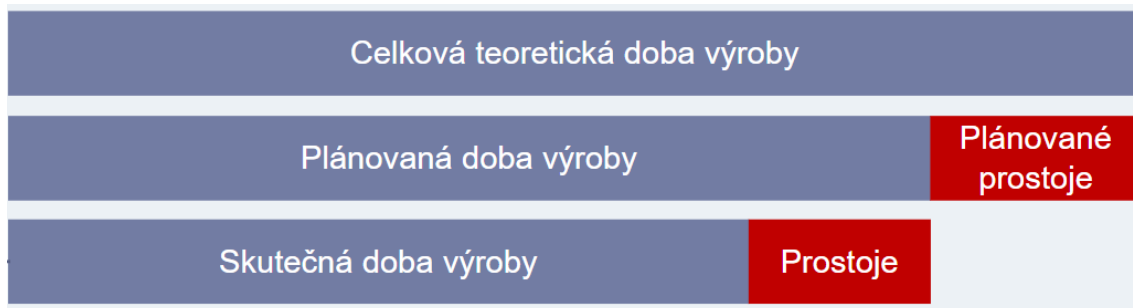
Stejným způsobem lze vypočítat teoretický počet všech strojních kapacit na výrobu celé plánované produkce za dané období, kde parametr t_k bude definovat normovaný čas na výrobu celého výrobku, resp. všech jeho operací na všech strojích.

2.2.4 Analýza prostojů

Prostoje u strojů ovlivňují jeden ze 3 základních parametrů stanovení OEE – dostupnost stroje, resp. čas výroby stroje. Při analýze těchto časových prostojů je důležité jasné rozčlenění a odůvodnění proč, nastal prostoje. Příčina pro vznik prostoje stroje je buď na straně obsluhy, nebo z organizačních důvodů. Čas neplánovaných prostojů výrobního zařízení může být způsobeno například [32]:

- Z důvodu preventivní údržby
- Z důvodu výměny nástrojů
- Z důvodů seřizování či nastavování nové série
- Z důvodu technických poruch
- Důvody organizační (výrobní)
- Čerpáním času na odpočinek a osobní spotřebu
- Nedostatek materiálu pro výrobu

Plánovaným prostojem bude například povinná 30-ti minutová pauza využitá například na oběd. Nominální časový fond (pracovní dny, tj. počet směn) se skládá z využitelného časového fondu a plánovaných prostojů. Na následujícím obrázku 2:3 je znázorněno složení celkové teoretické doby výroby a porovnání se skutečnou dobou výroby s prostojem.



Obrázek 2:3 Rozdíl mezi plánovanou a skutečnou dobou výroby **Error! Reference source not found.**

Ve firmách je z ekonomického hlediska vhodnější hledat řešení, jak eliminovat neplánované prostoje, snížit výkonnostní ztráty a zvýšit směnové vytížení strojů, než pořizovat nová pracoviště (stroje) a vynakládat nové, často značné investiční prostředky. [33]

3 Analýza současného stavu

Úvodem praktické části bakalářské práce je analýza a popis současného stavu firmy Jihostroj a.s. Nejdříve je představena společnost, organizace výroby firmy a způsob monitorování a hodnocení. Následně je popsán stav implementace výrobního systému MES.

3.1 Představení společnosti

Společnost Jihostroj a.s. je výrobní podnik v oboru přesného strojírenství. Firma působí na průmyslovém trhu výrobců letadel, automobilů, zemědělských strojů a další mobilní techniky. Mezi hlavní produkty společnosti patří výroba zubových hydraulických čerpadel a motorů, děličů průtoku, nebo systémy palivové regulace leteckých motorů.[34]

3.1.1 Historie Jihostroje a.s.

Historie společnosti Jihostroj se začala psát již v roce 1919. Ve městě Velešín byla založena firma JEVAN. Tato společnost, která je prvním předchůdcem dnešního Jihostroje, nabízela telegrafy a telefony. V roce 1920 se podnik stal součástí Telegrafia a centrála se přesunula do Pardubic. Budovy od Telegrafie odkoupili Eduard a Emil Štejnarové z Českých Budějovic, kteří se věnovali výrobě nábytkového kování. Sourozenci Štejnarové závod rozšířili a v roce 1928 do Velešína přemístili veškerou výrobu své firmy. Ta se pak jmenovala „Bratři Štejnarové – továrna na zboží ve Velešíně.“

V roce 1933, příchodem leteckého odborníka Antonína Železného, prošla firma modernizací a rozvojem leteckého průmyslu. V roce 1953 byl velešínský závod vyčleněn z Motorletu a vznikl národní podnik Jihočeské strojířny, zkráceně Jihostroj. Zásadní přelom v Jihostroji přinesla výroba zubových čerpadel pro obvody servořízení nákladních automobilů značky Tatra. Produkce hydraulických systémů je od té doby druhým nosným oborem společnosti. Sedmdesátá léta znamenala pro Jihostroj etapu rozvoje spojeného s rozsáhlou investiční činností. Podnik tehdy zahájil výrobu složitých leteckých přístrojů, které jsou v modernizované podobě dodnes klíčovou součástí jeho nabídky.

Státní podnik Jihostroj byl roku 1992 transformován na akciovou společnost a privatizován. Do obchodního rejstříku byla k 1. květnu 1992 zapsána firma Jihostroj a.s. V roce 1994 po příchodu nového generálního ředitele došlo k finanční stabilizaci firmy díky rozhodnutí rozvíjet produkci leteckých přístrojů a hydrauliky. Po přelomu tisíciletí se Jihostroj orientoval zejména na export do západních zemí, a to hlavně do USA. Společnost má za sebou několik let trvající zásadní rekonstrukci celého svého 15 hektarového areálu. Během nedávného oslavení stého výročí existence si Jihostroj upevňuje pozici českého lídra ve výrobě hydraulických zařízení a potvrzuje roli stabilní a technologicky vyspělé firmy.[35]

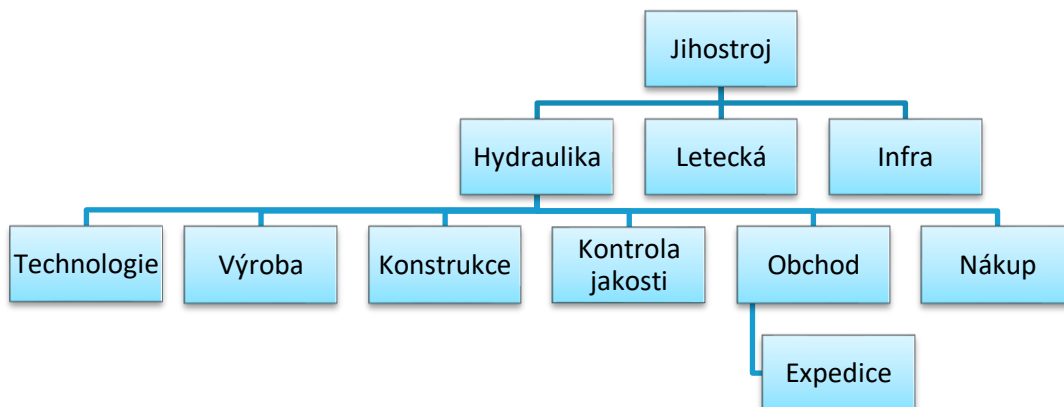
3.2 Organizační uspořádání

Organizační uspořádání v Jihostroji je hierarchického typu s jednotlivými divizemi, ale díky rozmanitosti výrobků a častým inovacím se ve firmě sestavují dočasné skupiny pro vývoj nových řešení. Ve firmě jsou tři základní business jednotky, nazvané jako divize. Divize Hydraulika, divize Letecká a divize Infra.

Divize Hydraulika je rozhodující svou velikostí a výkonem. Vytváří 2/3 tržeb a zisku společnosti. Zabývá se vývojem a výrobou zubových čerpadel, motorů a jejich aplikací. Druhá divize, Letecká, vytváří zhruba 25 % obrátu a zisku společnosti a zabývá se vývojem a výrobou hydromechanických i elektronických systémů palivových regulátorů leteckých motorů, systémů regulace a řízení vrtulí, drakových přístrojů a leteckých zařízení. Třetí divize je tvořena doplňkovou nástrojařskou výrobou a povrchovými úpravami (kalírna, galvanické pokovení). Všechny tři divize mají z hlediska funkcionality zastoupeny téměř kompletní funkce business jednotky – obchodní oddělení vč. expedice, nákup a skladové hospodářství, vývoj a konstrukci, technologii, výrobu vč. plánu výroby, údržby a kontroly vstupní, výrobní a výstupní (kompletní management jakosti). Mimo výrobní divize jsou v organizační struktuře vedeny sekce vedení firmy, řízení lidských zdrojů, financování, účetnictví a controlling, IT oddělení, marketing, správa majetku, investice a doprava.

Firma využívá všechny tři druhy řízení výroby (strategické, taktické, operativní). Strategické řízení se zaměřuje na dlouhodobé cíle objemu prodeje, zisku a výrobních kapacit. Taktické řízení na úrovni středního managementu navazuje na strategické cíle a jsou rozpracovány v horizontu 1 až 2 roky. Neméně důležitou roli zastává v hierarchii řízení operativní vedení, které se snaží o co nejefektivnější využití zdrojů podniku pomocí plánu výroby, sestavování norem atd.

V této praktické části bakalářské práce se budu nadále omezovat z důvodu úspory rozsahu práce na popis výrobních procesů a organizace a řízení práce v divizi Hydraulika, viz obrázek 3:1.

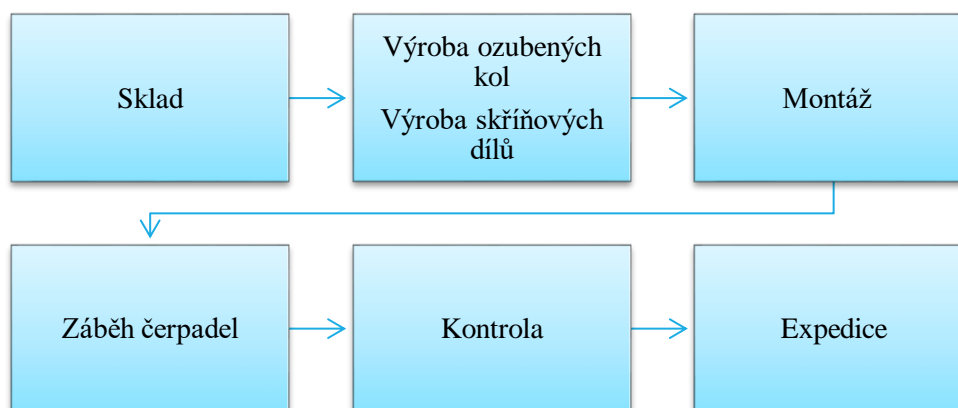


Obrázek 3:1 Hierarchické uspořádání divize Hydraulika v Jihostroji

Objem výroby v Jihostroji definuji na rozmezí malosériové a středně sériové výroby. Je silně spjatý s požadavky zákazníků, jimž se firma snaží vyhovět a vyrobit specifický výrobek. Nicméně základním nabídkou v divizi Hydrauliky je sériová výroba 13-ti řad zubových čerpadel. Čerpadla a motory se vyrábějí a prodávají s různými modifikacemi, například pro různé použití v hydraulických agregátech, mobilních strojích oboru zemědělské a stavební techniky nebo posilovačích řízení. Divize zakládá svou výrobu na vysoké jakosti a preciznosti výrobků a zároveň široké sortimentní nabídce, proto je nutné flexibilní výrobu stavět na kvalitně vybavených technologických hnízdech. Pro dosažení těchto cílů divize disponuje řadou obráběcích soustružnických a frézovacích center, CNC brusek, superfinišovacích strojů, technologií povrchové úpravy (tepelné zpracování, zinkování) a tepelné zpracování (cementace, žíhání, kalení atd.). Nemalá část technologických hnízd je vybavena manipulačním robotem.

3.3 Organizace výroby

Divize Hydraulika je v zásadě „středně velká“ firma s více než 200 zaměstnanci. Jelikož se již nejedná o malou firmu, je velmi zásadní správně organizovat výrobu. V divizi je forma organizace výroby smíšená, uspořádaná do výrobních hnízd. Tok výroby se snaží v divizi co nejvíce omezit a zkrátit, aby nedocházelo ke zbytečným přesunům obrobků přes napříč halou. Výrobní hala je rozdělená do sekcí na výrobu ozubených kol, výrobu skříňových dílů (těles, vík a přírub čerpadel a motorů) a montáž se záběhem čerpadel. Technologie výroby ozubených kol disponuje CNC soustruhy a soustružnickými centry, CNC frézovacími centry, CNC bruskami a superfinišovacími dokončovacími technologiemi. Před broušením ozubená kola prochází tepelným zpracováním v kalírně. Technologie výroby skříňových dílů disponuje zejména CNC technologiemi frézovacích center. Pro zvýšení efektivity výroby je v řadě výrobních stanovišť nainstalován robotický manipulátor a zavedena vícestrojová obsluha. Jihostroj se těmito kroky snaží zvýšit produktivitu výroby a snížit závislost na neustále se snižující kapacitu pracovního trhu. Schématický tok výroby viz obrázek 3:2



Obrázek 3:2 Schématický tok výroby divize Hydraulika

3.4 Příprava výroby

Proces přípravy výroby probíhá ještě před samotným zahájením výroby, a to v oblasti marketingu společnosti. Ten sleduje požadavky trhu, komunikuje se stálými a budoucími zákazníky a nabízí produkty ze stálého sortimentu, nebo produkty upravené dle požadavku zákazníka.



Obrázek 3:3 Schématické postupy procesu výroby v Jihostroji a.s.

Po dojednání zakázky putuje objednávka na pracoviště konstrukčního oddělení, kde konstruktéři namodelují výrobek ve 3D konstrukčním softwaru, připraví výrobní výkresy a sestaví kusovník. Již v této době konstruktéři spolupracují s technologickým oddělením ohledně dostupnosti strojů a vyrobitelnosti prototypu a následně sériového výrobku. Po prvotním schválení konstrukčního modelu se vyrobí a vyzkouší prototyp. V divizi Hydraulika tento proces zastává oddělení konstrukce s vlastní vývojovou zkušebnou pro lepší analýzu výrobku. Splňuje-li výrobek, např. hydraulické čerpadlo, požadované parametry, jako objem průtoku, pracovní tlak, otáčky, geometrické tolerance, je možné přípravu poslat dále do oddělení technologie. Kusovník, který se odešle spolu s výkresovou dokumentací, obsahuje informace ohledně vyráběných a nakupovaných položek. Na příkladu zubového čerpadla se vyráběné položky tykají zejména tělesa, hnacího a hnaného kola, příruby, víka a objímek.

Úkolem technologů je tedy pro každou tuto vyráběnou součást sestavit výrobní postup (návodku), zahrnující informace, na jakém stroji se bude vyrábět, počet potřebných pracovníků, informace o polotovaru, vybavení, pomůckách a měřicích přístrojích pro průběžnou kontrolu přesnosti. Výroba nemusí probíhat pouze na jediném stroji. Například výroba ozubených kol probíhá na soustruzích, následně na frézkách dojde k vyfrézování ozubení. Poté je nutné kola tepelně zpracovat. Až následně se ozubená kola vrací na dílnu k dokončovacím technologickým operacím, jako je broušení a superfinišování. Pro tento důvod technologové sestavují pečlivě sled výrobních operací, aby byl tok výroby optimální. Práce technologů v Jihostroji zahrnuje též velmi podstatnou úlohu, a to je stanovování pracovních norem. Tyto normy určují teoretickou produktivitu práce. Nastavování pracovních norem bude podrobněji popsáno v dalších kapitolách.

Mimo sestavení výrobních postupů pro výrobu dílů (ozubených kol a skříňových dílů) řeší technolog postup a pracnost montáže a zkoušení (záběh) čerpadla. To znamená sestavení

návodky na montáž s jednotlivými operacemi a informacemi o potřebných pomůckách. Návodka obsahuje kusovník, který pomáhá zorientovat se v sestavení čerpadla.

Po výrobě, montáži a přezkoušení odchází zkompletovaný výrobek na finální kontrolu. Ta probíhá od vizuální kontroly po konkrétní přeměření parametrů podle výkresové předlohy. Po schválení kontrolního měření putuje výrobek na expediční sklad, kde se zabalí a ochrání např. vyčnívající hřídel.

3.5 Podnikový systém

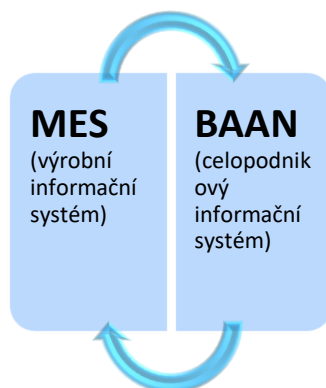
V dnešní době moderního strojírenství firmy zavádějí podnikové systémy pro lepší přehlednost a digitalizaci jako například informační podnikový systém. Jihostroj, jako středně velká firma, se rozhodl pro volbu svého podnikového systému ERP založit na softwaru INFOR LN (dříve BAAN). Jedná se o jeden komplexní softwarový systém zahrnující podskupiny (moduly) pro řízení procesů v celé firmě. Zastřešuje procesy od účetnictví a evidence majetku, přes saldokonto odběratelů a dodavatelů, až po procesy oceňování materiálu a zásob vlastní výroby, skladového hospodářství, přípravy výroby, jakož i vlastní evidence výrobních operací, provozuschopnosti strojů, plánování výrobních kapacit a potřeb, až po vyhodnocování efektivity výroby a vložených zdrojů.

Každé středisko má v Jihostroji přidělenou svou specifickou datovou složku, kde si ukládá svá data. Jelikož se jedná o komplexní software, každé středisko má přístup k ostatním složkám podle potřeby (také záleží na udělení přístupu od administrátora). Například při plánování výroby je nutné propojit požadavky (objednávky) zákazníků s kusovníkovým rozpadem objednaných čerpadel a zároveň zjistit aktuální stav kapacitních zásob materiálu a stav vyrobených polotovarů a dílů. Z rozdílu pak vychází taktický či operativní plán výroby na konkrétní období a množství objednaných čerpadel zákazníkem.

Využívané ERP napomáhá se zvýšením produktivity práce, zrychlením reakce na požadavky zákazníků, úspory výrobních a provozních nákladů, integraci výrobních a dodavatelských řetězců na základě otevřených standardů, je taktéž jakýmsi výpočtářským programem. V Jihostroji (divizi Hydraulika) se BAAN mimo jiné využívá například pro správu materiálu a náhradních dílů, řízení kmenových dat potřebných pro údržbu, odvádění pracovních hodin, sestavování hrubého plánu produkce bez ohledu na kapacity, nebo správu skladových stavů. Nicméně je základním úložištěm a zdrojem informací pro celý podnik.

Důležitou faktor je určení rozsahu a časového hlediska sběru dat z výroby v systému BAAN. Jelikož se nejedná o systém zaznamenávající real-time (skutečné časy) data z výrobních strojů, linek, pracovišť, rozhodl se Jihostroj učinit krok k implementaci nového systému MES, který je vyhrazen přímo pro sběr dat z výroby v reálném čase. Cílem je zachovat ve firmě hlavní

informační systém BAAN a k němu připojit podsystém MES se zaměřením na sběr a analýzu dat pro stanovení produktivity výroby. Oba systémy spolu komunikují pomocí exportu a importu dat viz obr 3:4 a vzniká tak nástroj pro monitoring a vyhodnocování výroby na výrobních střediscích.



Obrázek 3:4 Vzájemná komunikace podnikových systémů

3.6 Cíle k zavedení MESu v Jihostroji

Kromě sledování skutečných výrobních časů na strojích sleduje zavedení MESu v Jihostroji další cíle například:

- on-line evidence zásob rozpracované výroby v členění dle jednotlivých výrobních dávek, operací, shodných kusů a neshodných kusů
- zavedení vyhodnocování produktivity na bázi skutečných a plánovaných výrobních časů
- řízení a hodnocení využití fondu pracovní doby operátorů a montážníků
- analýza a zpřesňování stanovených norem plánovaného času výroby
- sledování technických a výrobních strojních parametrů, zavedení preventivní údržby
- zavedení procesu vyhodnocování neshodné výroby ve vazbě na související skutečná technická data

3.7 Normotvorba, monitoring a vyhodnocování norem v Jihostroji

Základní využívaná norma v Jihostroji pro účely plánování, řízení a hodnocení efektivity a produktivity výroby je norma práce (pracnost). V návaznosti na odstavce „Příprava výroby“ (1.13) je zde detailněji popsán proces normotvorby a jejich vyhodnocení.

Pracovníci oddělení technologie stanovují v rámci technologického postupu pracnost výroby jednotlivých dílů po jednotlivých operacích na konkrétním stroji či montážním pracovišti, pro konkrétní vybavení výrobními přípravky a pro konkrétní organizace výroby na daném pracovním stanovišti. Stanovují normativ pro vlastní výrobu (operační čas) a normativ pro seřízení stroje (přípravný čas). Operační čas je čas na výrobu, resp. montáž jednoho kusu. Odvozeně též uvádí výrobní takt, tj. počet vyrobených kusů za 1 hodinu. Přípravný čas je časem dávkovým, tj. čas seřízení stroje na celou výrobní dávku.

K této činnosti využívají základní technické údaje o rychlosti výroby stroje (otáčky vřetene obráběcího stroje, rychlost posuvu, hloubka posuvu, objem odebírané třísky, atd.). Dále používají informace o počtu obrobků v zakládacím přípravku obráběcího stroje pro jeden výrobní cyklus stroje. Posledním rozhodujícím faktorem je počet strojů, které operátor obsluhuje (vícestrojová obsluha).

Časy k jednotlivým složkám operace se často získávají z normativů času pro opakující se části operace. Obvyklou metodou je též metoda typových norem, založená na časových údajích získaných porovnáváním spotřeby času pro tvarově a technologicky podobné produkty (díly). Technologové stanovují normativ práce jak pro čas obrábění, tak pro čas zakládání obrobku do stroje před začátkem nového cyklu obrábění. Výsledný operační čas na danou operaci a jeden kus výroby je vypočten jako součet času práce stroje a času na zakládání, který je následně vydělen počtem zakládaných obrobků v rámci jednoho cyklu obrábění. Tento čas je také nazýván strojní normohodinou (SNh). V závislosti na počtu obsluhovaných strojů je pak strojní normohodina dělena tímto počtem, čímž je stanoven normativ spotřeby lidské práce operátora, v Jihostroji nazývaný též jako placená normohodina (PNh).

Normativ přípravného seřizovacího času je stanovován v závislosti na počtu nástrojů, použitých pro seřizovaný cyklus obrábění pro danou dávku a na složitosti upínacího přípravku pro vkládané obrobky. V případě času seřízení se strojní normohodina rovná placené normohodině bez ohledu na počet strojů při vícestrojové obsluze.

Na vytvořených technologických postupech a normativ spotřeby času strojní i lidské práce navazuje jejich použití přímo ve výrobě při tzv. odvádění práce (evidence a monitoring rozpracované výroby). Oddělením plánu výroby divize je vygenerována výrobní objednávka v ERP systému INFOR LN (BAAN) s výrobními operacemi dle technologického postupu. Následně dojde k vytištění průvodky s čárovým kódem u každé operace. Vedoucí výrobního střediska či pověřený střediskový dispečer přidělí konkrétní pracovní úkol příslušnému operátorovi. Po provedení výrobní činnosti je samotným operátorem realizovaná práce dle skutečnosti odváděna do evidence výrobního modulu BAAN.

Mimo systém normovaného výrobního času na úrovni PNh existuje v Jihostrojích i korekční systém tzv. doplatků. Pokud činnost operátora proběhla podobně jako normovaná činnost a za podmínek předpokládaných normou, vše je v pořádku, operátor odvádí stanovené PNh a systém doplatků není nijak využit. Pokud však činnost operátora byla provedena jinak, nežli stanovila norma, popř. za jiných podmínek, dochází k deficitu odvedených PNh a klesá ukazatel plnění zaměstnance. V případě, že se nejedná o neefektivitu pracovníka, ale chybně stanovenou normu, popř. o odlišné podmínkách vlastní výroby, operátor žádá svého vedoucího výrobního střediska o doplnění odvedených PNh jak doplatek, resp. vícepráce. Systém doplatků je v Jihostrojích členěn dle jednotlivých důvodů a v hrubém členění se rozděluje v zásadě na čtyři oblasti důvodu vzniku: nárok na doplatek z důvodu oprav stroje, z důvodů provozních, z důvodu kontroly a z důvodů vývojově-technologických. Problémem je, že činnosti operátora, které byly provedeny rychleji než norma z příčiny „špatně“ stanovené normy, kdy by správně mělo dojít k novému znormování operace, si výroba zpravidla tyto „nadělané“ hodiny nechává k pokrytí neefektivity na jiných operacích.

Vyhodnocování norem probíhá v Jihostrojích na základě hodnotícího ukazatele „plnění norem“. Tento ukazatel vyjadřuje podíl dvou hodnot, kde číselník je definován jako součet všech odvedených PNh daného pracovníka za všechny jeho realizované výrobní operace daného časového období a jmenovatel je definován v zásadě jako fond pracovního času pracovníka v daném časovém období, tj. čas strávený ve firmě dle docházkového systému.

3.8 Stav před implementací MES

Stav odvádění výrobků před implementací MES systému se zakládal na zapisování odvedených kusů operátorem do celopodnikového systému ERP. Systém na základě odvedených kusů a nastavené normy spočítal pracovníkovi jeho placené normohodiny. Pracovník měl možnost odvádět kusy po jednotlivých odpracovaných dávkách, ale také odvést všechny vyrobené kusy na konci své směny. Někdy je odváděl až s několikadenním zpožděním. V takovém případě systém nemá žádné informace o průběhu výroby, nemonitoruje, zda stroj/pracovník pracuje, odpočívá, seřizuje, nebo zda skutečný výrobní čas odpovídá nastavené normě pracovníci. Při neadekvátním nastavení normy si pracovník mohl v průběhu měsíce „nadělat“ normohodiny, prozatím je neodvést a při zbytku svého měsíčního pracovního fondu pracovat pod úrovní nastavené produktivity. Na konci měsíce se u pracovníka vyhodnotil stav placených normohodin a podílově porovnal s měsíčním pracovním fondem dle docházkového systému. Tento ukazatel je v Jihostrojích nazýván plnění Dj.

Operátor má mzdu rozdělenou na základní (tarifní) a nadtarifní. Základní mzda je prostá časová mzda jako součin přiděleného hodinového tarifu a počtu odpracovaných hodin v měsíci (pracovní fond). Ukazatel plnění Dj je používán k hodnocení jeho efektivity a základem pro přidělení

osobní nadtarifní složky jeho vedoucím. V nedávné době bylo praktikováno pravidlo, že nadtarifní mzda operátora byla automaticky stanovena v závislosti na jeho plnění, kde každé 1% nadvýkonu (plnění 101 %) znamenalo stanovení 1 % nadtarifu z jeho základní mzdy.

V případě průběhu výroby za podmínek odlišných od „ideálních“ podmínek výroby při stanovování pracovní daného výrobního postupu je v Jihostroji využíván také systém doplatků. Operátor v takovém případě nárokuje u svého vedoucího navýšení jeho placených normohodin formou doplatku z různých důvodů. A to z důvodu oprav stroje, provozních důvodů, technologických důvodů, logistických důvodů a důvodů kontrolních. Každý z výše uvedených okruhů důvodů doplatků se dále člení na přesnější a konkrétní důvody, např. u důvodů oprav stroje je to oprava strojní části, elektročásti stroje, z důvodu záručních oprav stroje. Normohodina placená doplatkem je v zásadě náhrada části ušlé mzdy operátora z důvodu, které nejsou na jeho straně a řešení nastalých problémů není v jeho moci.

Takovýto systém má svou provozně ekonomickou logiku. Původní smysl však byl praktickým využitím tohoto systému do značné míry popřeno ze své podstaty operátory i jejich vedoucími pracovníky. Nároky na doplatky se v průběhu měsíce zapisovaly pouze papírově a na konci měsíce vedoucí pracovník rozhodoval o jejich přiznání zejména s ohledem na ukazatel plnění operátora na daném pracovišti. V podstatě přiznáním doplatku operátorovi modifikoval vedoucí jeho nadtarifní odměnu, kterou si dle jeho vlastního hodnocení operátor zasloužil. Tím ale zároveň modifikoval množství placených normohodin na dané pracoviště, resp. výrobní zakázku, vyráběnou operátorem.

Zásadním nedostatkem takového systému je absolutní absence dat o skutečném výrobním čase na dané zakázce. Je příliš závislý na správně stanovené normě pracovní dané operace, což se v reálu ani nedalo detailně posoudit. Praxe normovačů s hodinkami, vytvářející časový snímek všech úkonů dané operace, je zde ojedinělý. Vyskytuje se pouze u zavádění zcela nových typů úkonů na nové strojní technologii. Zpravidla se nikdy neopakuje, např. po hlubším zaběhnutí operace v sériové výrobě a získání správných výrobních návyků operátora při její výrobě.

Při příliš přísné normě pracovní dané operace je operátorem požadován z různých důvodů doplatek, naopak při volně stanovené normě pracovní dochází k neefektivnímu využití výrobního potenciálu operátora, která nikdy sám na slabou normu neupozorní.

Výše uvedené nedostatky stávajícího systému přispěly k rozhodnutí vedení o jeho změně a zavedení výrobního systému MES.

3.9 Současný stav po implementaci MES

Zavedení systému MES poslouží v Jihostroji k přesnějším výrobním datům z průběhu výroby a zhodnocení stavu objednávky v reálném čase. Dodavatelem MES systému do Jihostroj je společnost Act-in Brno, zaměřující se na tvorbu a vývoj informačních výrobních systémů.

Systém MES vytváří záznam z vyráběných operací pro každou vyráběnou zakázku. Eviduje časy procesu seřízení, výroby operace, prostojů v členění dle stanoveného seznamu příčin a důvodů, technologická data stroje (např. rychlost posuvu, korekce), rychlost stroje, čas operátora, nezávisle pak čas měřících operací na stanovišti dílenské kontroly. Výstupem ze systému jsou informace týkající se dostupnosti, rychlosti a kvality výroby stroje (operátora), úroveň rozpracovanosti výrobní zakázky v členění po jednotlivých operacích. Jednotlivé stroje, pracovní stanoviště, dílny, sekce, divize jsou vyhodnoceny ukazatelem OEE (součin dostupnosti, rychlosti a kvality).

V samotné výrobě proces monitoringu začíná přihlášením zaměstnance svým autorizačním číselným kódem přes terminál do MES systému a načtením čárového kódu průvodky (operace výrobní zakázky). Pracovní příkazy lze také vybrat ručně z on-line seznamu. Každé pracoviště (hnízdo) je tedy samostatně vybaveno dotykovou obrazovkou, která graficky eviduje celý průběh směny a čtečkou na čárový kód. Proces výroby je tímto zahájen. V budoucnu budou výrobní příkazy na terminálu stroje řazeny do fronty práce tak, jak je nutné realizovat jejich výrobu na jednotlivých strojích podle systému plánování výroby APS (detailní plánování výroby v omezených kapacitách).

Před implementací on-line monitoringu výroby systém nebyl schopen zaznamenávat jakékoli momentální překážky (prostoje) s reálným stanovením jejího trvání. Prostoj je definován jako neproduktivní čas, kdy se nevyrábí. Zavedením sběru dat přímo ze strojů MES zaznamenává začátek a konec prostojů a nutí operátora stanovit jejich důvod a příčinu okamžitě, nejpozději před ukončením výrobní zakázky nebo konce směny operátora. Některé prostoje jsou definovány zcela automaticky.

Prostoje jsou rozděleny do 3 kategorií. Neplánované, plánované a technologické prostoje. Poslední jmenované prostoje se započítávají do celkového času výroby, který odpovídá normované pracovní době operace, resp. výrobku (v systému normotvorby Jihostroje se jedná o operační čas). Tam patří např. tzv. „krátký“ prostoj, což je prostoj do určitého stanoveného času, určeného pro výměnu obrobku, ofuk a další normované úkony (momentálně stanoven v čase do 15 minut). Tento druh prostojů je do systému automatizovaně zaznamenáván a definován.

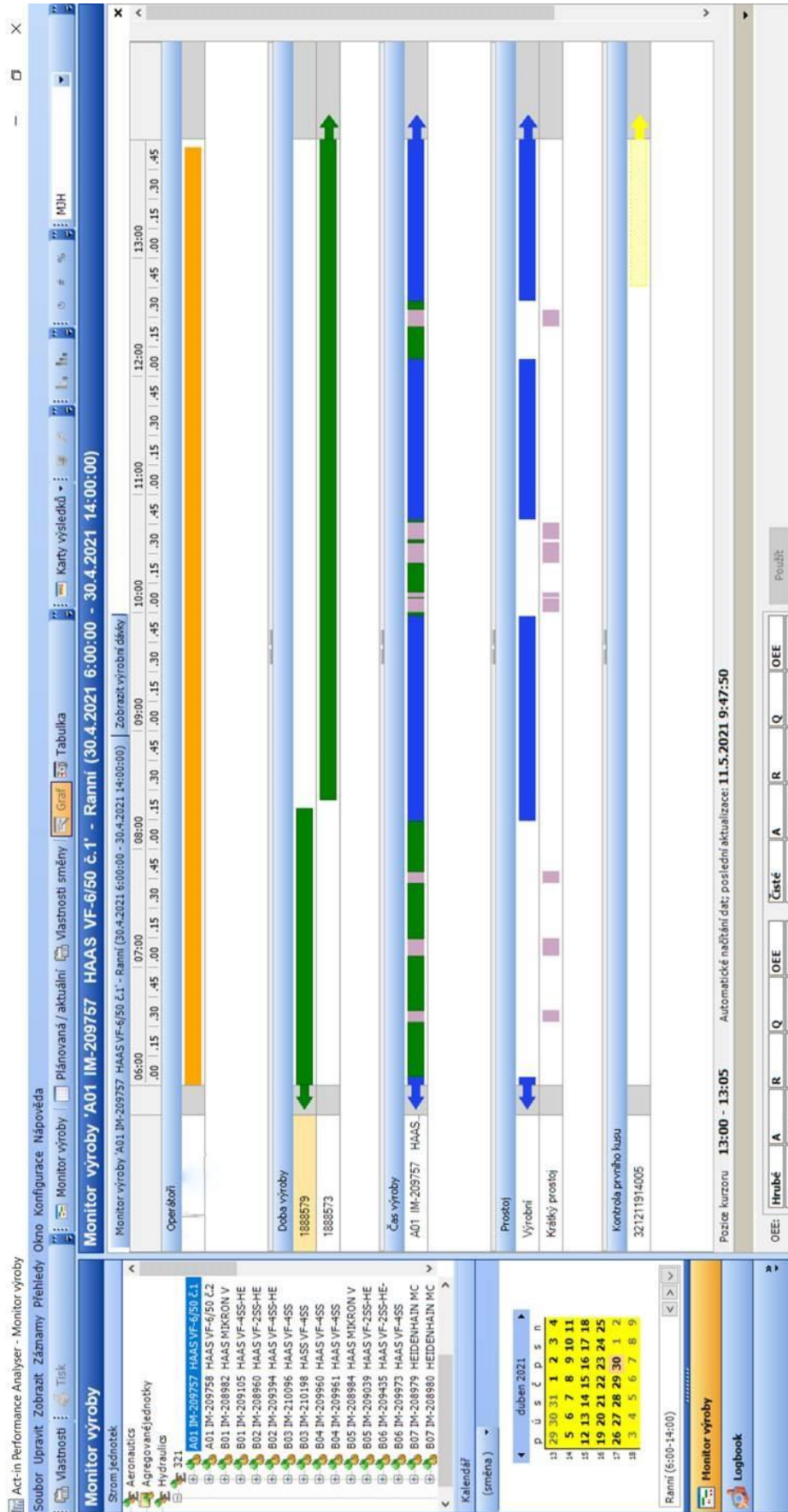
V ostatních případech prostojů je operátorem zpravidla nutné definovat typ prostojů výběrem v nabídce. V případě strojních operací se prostoje stroje zaznamenávají automaticky a úkolem

operátora je pouze správně odůvodnit tento prostoje. Bez provedení této činnosti nemůže ukončit výkaz práce. V případě montážních operací je stanovení začátku a konce času montáže, resp. začátku a konce prostoje povinností montážníka.






Mezi plánované prostoje patří v Jihostroji čas oběda a odpočinku, čas péče o stroj a jeho úklid a prostoje nazvaný směna bez operátora. Důsledkem existence plánovaných prostoje je rozdělení dostupnosti strojů na hrubou a čistou hodnotu. U hrubé dostupnosti je započítáván do času availability stroje celý kalendářní rok, u čisté dostupnosti se z ročního fondu vyčleňují všechny plánované prostoje (směna bez operátora, oběd, úklid).

3.9.1 Performance analyser

Act-in MES je modulární systém složený z několika modulů využívaných podle specifické potřeby. Pro analýzu výrobních dat je v Jihostroji zaveden modul Act-in Performance Analyser, určený k on-line sledování vytíženosti a stavu strojů, úrovně jejich efektivního využití dle ukazatele OEE, sledování průběhu zakázek a práce operátorů. OEE (Overall Equipment Effectiveness) využívá firma jako ukazatel výkonnosti a ukazatel pro zjištění maximálního užitku daného stroje, resp. strojních skupin, resp. strojních kapacit celého oddělení. Jak lze vidět na přiloženém obrázku 3:5 Performance analyser poskytuje přehledný grafický průběh výroby dané operace (v Jihostroji nazývané jako konto).



Obrázek 3:5 Monitorování výroby

-  stav přihlášení operátora (přihlášen)
-  probíhající čas výroby načtené výrobní objednávky
-  značení pro prostoj výrobní specifikován operátorem na terminálu
-  krátký prostoj, u kterého se nedefinuje příčina prostoje (např. výměna obrobku)
-  čas průběžného kontroly x-tého kusu
- Čas výroby: po spojení doby výroby a prostojů v jedné časové řadě systém vyhodnotí čas výroby, tedy výsledný čas potřebný na výrobu objednávky

Po ukončení výroby dávky systém na základě stanovených norem od technologů sestaví výsledná data výrobní dávky.

Act-in Performance Analyser - Monitor výroby

Soubor Upravit Zobrazit Záznamy Přehledy Okno Konfigurace Nápvěda

Vlastnosti Tisk

Monitor výroby / Monitor výroby / Monitor výroby 'A01 IM-209757'

Strom jednotek

- Aeronautics
 - Agregované jednotky
 - Hydraulics
 - 321
 - A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Č.1
 - A01 IM-209758 HAAS VF-6/50 Č.2
 - B01 IM-208982 HAAS MIKRON V
 - B01 IM-209105 HAAS VF-4SS-HE
 - B02 IM-208960 HAAS VF-ZSS-HE
 - B02 IM-209394 HAAS VF-4SS-HE
 - B03 IM-210096 HAAS VF-4SS
 - B03 IM-210198 HAAS VF-4SS
 - B04 IM-209960 HAAS VF-4SS
 - B04 IM-209961 HAAS VF-4SS
 - B05 IM-208984 HAAS MIKRON V
 - B05 IM-209039 HAAS VF-ZSS-HE
 - B06 IM-209435 HAAS VF-ZSS-HE
 - B06 IM-209573 HAAS VF-4SS
 - B07 IM-208979 HEIDENHAIN MC
 - B07 IM-208980 HEIDENHAIN MC

Kalendář (směna)

duben 2021

13	29	30	31	1	2	3	4
14	5	6	7	8	9	10	11
15	12	13	14	15	16	17	18
16	19	20	21	22	23	24	25
17	26	27	28	29	30	1	2
18	3	4	5	6	7	8	9

Ranní (6:00-14:00)

Monitor výroby

Logbook

Monitor výroby 'A01 IM-209757'

Monitor výroby 'A01 IM-209757'

Vlastnosti výrobní dávky

Zobrazení

Celá výrobní dávka (23-04-2021 12:36:30 - 30-04-2021 08:20:15)

Vlastnosti

Jednotka: A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Č.1

Produkt: 1888579

Zakázka: 23.4.2021 12:36:30

Konec: 30.4.2021 08:20:15

Operace: 5

Popis operace: Centrum obrábění GH00.tělesa

MEZITĚLESO

Plánovaný výstup zakázky: 100

Celkový výstup zakázky: 100

Výrobní zakázka: 321211262

BDR: 3

Kód zakázky: 321211262005

Vyrobena / Vyřazeno

Zhrubá rychlost

Zhrubá hodnota

Čistá hodnota

Uživatelsky definovaná pole

Plánovaná doba výroby: 6 dny, 19 hod., 43 min.

Doba ztrát dostupnosti: 5 dny, 13 hod., 59 min.

Skutečný výrobní čas: 1 dny, 5 hod., 44 min.

Normovaný čas: 1 dny, 9 hod., 20 min.

Výřazeno: 2

Plánovaný výstup: 89

Vyrobeno: 100

Celkový výstup: 98

	OEE	Dostupnost	Rychlost	Kvalita
Hrubé	19.95 %	18.16 %	112.09 %	98.00 %
Čisté	91.43 %	83.23 %	112.09 %	98.00 %

Prostoj

Výrobní

Krátký prostoj

Kontrola prvního kusu

321211914005

Postup kurzu 07:50 - 07:55

OEE: Hrubé A R Q OEE Čisté A R Q OEE

OK Zrušit Použít

Obrázek 3:6 Informace výrobní dávky

Plánovaná doba výroby je ukazatel aktivní výrobní dávky, též na obrázku 3:6 zobrazeno graficky. Při rozboru času výrobní dávky se tento dále rozděluje na dobu ztrát dostupnosti neboli ukazatel prostojů (nevýrobního čas) a skutečného výrobního času (čas vyrábějící). Doba ztrát dostupnosti je definována v hrubé a čisté úrovni. Z podílu skutečného výrobního času a hrubé hodnoty plánované doby výroby je získána komponenta OEE „hrubá dostupnost“ (v systému je dostupnost nazývána jako „A“). Podíl skutečného výrobního času (v čitateli) a součtu skutečného výrobního času s čistou hodnotou ztrát dostupnosti ve jmenovateli vyjádří čistou dostupnost. Čistá hodnota ztrát dostupnosti jsou celkové prostoje poníženy o plánované prostoje, v případě Jihostroje jsou to zejména prostoje z důvodu směny bez operátora.

BDR udává plánovaný výrobní takt vycházející z normované pracovního času, tzv. kolik kusů vyrobit za jednu hodinu. Pro vyhodnocení rozboru je nutné porovnat skutečné časy výroby s normovaným časem pracovního operace. Je uváděn plánovaný výstup, tj. kolik kusů výrobku očekávat dle normy pracovního času ve vykázaném skutečném výrobním čase. Anebo naopak je uváděn normovaný čas jako nutný teoretický čas pro výrobu skutečného množství vyrobených kusů, pokud by výroba probíhala ve stanoveném (normovaném) výrobním taktu. Z podílu skutečně vyrobeného množství a plánovaného výstupu v kusech dostáváme komponentu OEE „rychlost stroje“ (uváděná v procentech), v systému nazývána jako „R“.

Podíl dobrých vyrobených kusů, nazvaných jako celkový výstup, a počtu vyrobených kusů celkem udává třetí komponentu OEE, nazvanou „kvalita“, neboli „Q“.

Následně je uváděn součin tří vykazovaných ukazatelů (dostupnost, rychlost a kvalita) jako ukazatel OEE, a to v hrubé i čisté úrovni (v závislosti na použití hrubé či čisté dostupnosti). Jak lze na ilustračním obrázku č. 19 vidět, kvalita byla splněna v úrovni 98 %, rychlost výroby přes 112 % a dostupnost rozdělená na hrubou 18 % a čistou 82 %. Znatelný rozdíl hodnot v dostupnosti stroje je způsobený vysokými plánovanými prostoji v průběhu výroby dané výrobní zakázky.

Performance Analyser umožňuje přehledný soupis všech druhů prostojů, které jsou v Jihostroji definovány. Zaznamenány jsou začátky a konce prostojů, vypočtena délka trvání, typ stroje, příčina a důvod. Jak již bylo zmíněno, některé druhy prostojů se řadí do plánovaných, tedy prostoje nezapočítávané do celkového času výroby, tj. na *obrázku 20* znázorněno v kolonce „plánováno“. Operátor u tohoto prostoje vybere správný důvod a systém automaticky nezapočítává dobu trvání do času výroby. Pro analýzu průběhu výroby se zaznamenávají i prostoje v délce několika minut (zatím v Jihostroji jednotně v max. délce 15 minut), které nejsou ale nutné přesně definovat a obecně je systém zaznamená jako krátký prostoje. Při delším nevýrobním intervalu požaduje systém po operátorovi definovat příčina, resp. důvod prostoje. Většina prostojů je uváděna jako výrobní a dále specifikována podle předdefinovaného důvodu.

Z obr. 3:7 lze například vyčíst délku trvání seřizování operátorem v délce přes 4 hodiny (více jak polovina operátorovy směny). Krátké prostoje v souhrnu za celý den akumulovaly necelou hodinu. Ve výsledku vychází čistý výrobní čas kolem 2,5 hodin.

Čas strávený seřizováním je časem přípravným, vztahujícím se k celé výrobní dávce. Nezapočítává do celkového výrobního času, definovaného v rámci MESu. Nicméně tento přípravný čas podléhá normotvornému procesu, stejně jako čas výrobní. V současné době zatím v Jihostroji není s ohledem na počáteční fázi zavádění systému vyhodnocován skutečný a plánovaný přípravný čas. Seřizování je definováno jednotně jako čas prostoje – ztrátový čas, snižující dostupnost stroje. V další fázi projektu by Jihostroj rád řešil tuto problematiku na základě vyplývajících dat ze systému za uplynulé měsíce a zavedl vyhodnocování skutečného a plánovaného času na seřízení pro výrobu výrobní dávky.

Začátek	Konec	Trvání	Efektivní doba	Jednotka	Příčina	Důvod	Plánováno
30.4.2021 13:55:56	15.2.2021 9:09:37	15:13:41	15:13:41	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Výrobní	Směna bez operátora	<input checked="" type="checkbox"/>
30.4.2021 12:37:47	30.4.2021 13:55:56	01:18:09	01:18:09	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Výrobní	Seřizování	<input type="checkbox"/>
30.4.2021 12:25:05	30.4.2021 12:33:27	00:08:22	00:08:22	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj	Seřizování	<input type="checkbox"/>
30.4.2021 10:47:06	30.4.2021 12:08:21	01:21:15	01:21:15	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Výrobní	Seřizování	<input type="checkbox"/>
30.4.2021 10:37:10	30.4.2021 10:45:27	00:08:17	00:08:17	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 10:24:55	30.4.2021 10:35:07	00:10:12	00:10:12	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 10:07:37	30.4.2021 10:09:56	00:02:19	00:02:19	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 10:00:00	30.4.2021 10:06:58	00:06:58	00:06:58	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 8:13:56	30.4.2021 9:57:48	01:43:52	01:43:52	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Výrobní	Seřizování	<input type="checkbox"/>
30.4.2021 7:42:25	30.4.2021 7:48:06	00:05:41	00:05:41	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 7:10:51	30.4.2021 7:14:04	00:03:13	00:03:13	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 7:05:29	30.4.2021 7:10:51	00:05:22	00:05:22	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 6:34:49	30.4.2021 6:37:37	00:02:48	00:02:48	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
30.4.2021 6:32:14	30.4.2021 6:34:49	00:02:35	00:02:35	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Krátký prostoj		<input type="checkbox"/>
29.4.2021 14:59:13	30.4.2021 6:03:46	15:04:33	15:04:33	A01 IM-209757 HAAS VF-6/50 Ł1	Výrobní	Péče o stroj, úklid pracoviště	<input checked="" type="checkbox"/>

Obrázek 3:7 Monitorování prostojů

4 Návrh metodik pro monitorování výroby

Výstupem monitoringu výroby jsou on-line data o výrobních a nevýrobních časech strojního zařízení a přiřazení skutečného výrobního času k příslušné výrobní dávce dané výrobní operace.

Předmětem této části práce je ale monitorování výroby ve smyslu její efektivity. Monitorování výroby bude podrobena analýze dat z pohledu:

- interpretace dat ukazatele OEE a jeho komponent na vybraných pracovištích úrovně nákladovosti výroby
- vytvoření poměru nákladovosti výroby (podíl strojních a placených hodin) a jeho meziroční srovnání na vybraných pracovištích
- meziroční srovnání vykázaného plnění operátorů na vybraných pracovištích

První metodika se zabývá analýzou dat MESu o využití strojních kapacit jako jeden z hlavních výrobních zdrojů v průběhu prvních dvou vyhodnotitelných měsíců po zavedení MESu. Druhou metodikou je meziroční srovnání nově vytvořeného ukazatele nákladovosti výroby. Třetí metodiku tvoří meziroční srovnání ukazatele plnění operátorů dle původní praxe v Jihoostroji v podmínkách organizace výroby před zavedením MESu a v podmínkách nového způsobu řízení výroby po zavedení MESu.

Návrh metodik je aplikován na náhodném výběru vzorku dvou výrobních pracovišť, a to stanoviště A01 a F01. Stanoviště byla náhodně vybrána ze střediska na výrobu skříňových dílů (A01) a střediska na výrobu ozubených kol (F01). Chod a organizace výroby na ostatních strojních pracovištích daného střediska je v principu shodný s chodem a organizací výroby na pracovišti náhodného výběru.

V prvním případě se jedná o data ze dvou vertikálních obráběcích CNC strojů HAAS VF-6/50 ze střediska na výrobu skříňových dílů na pracovišti, organizačně uspořádané do dvoustrojové obsluhy. V druhém případě byla vybrána pětistrojová obsluha dvou strojů TOME WT-100, dvou strojů NAKAMURA WT-100 MMY a jednoho stroje NAKAMURA WT 150. Všech pět strojů jsou soustružnická frézovací centra na výrobu ozubených kol.

Pro vyhodnocení dat z výroby po zavedení systému MES jsou aktuálně k dispozici data pouze dvou měsíců, dubna a května tohoto roku, která lze považovat za již smysluplná.

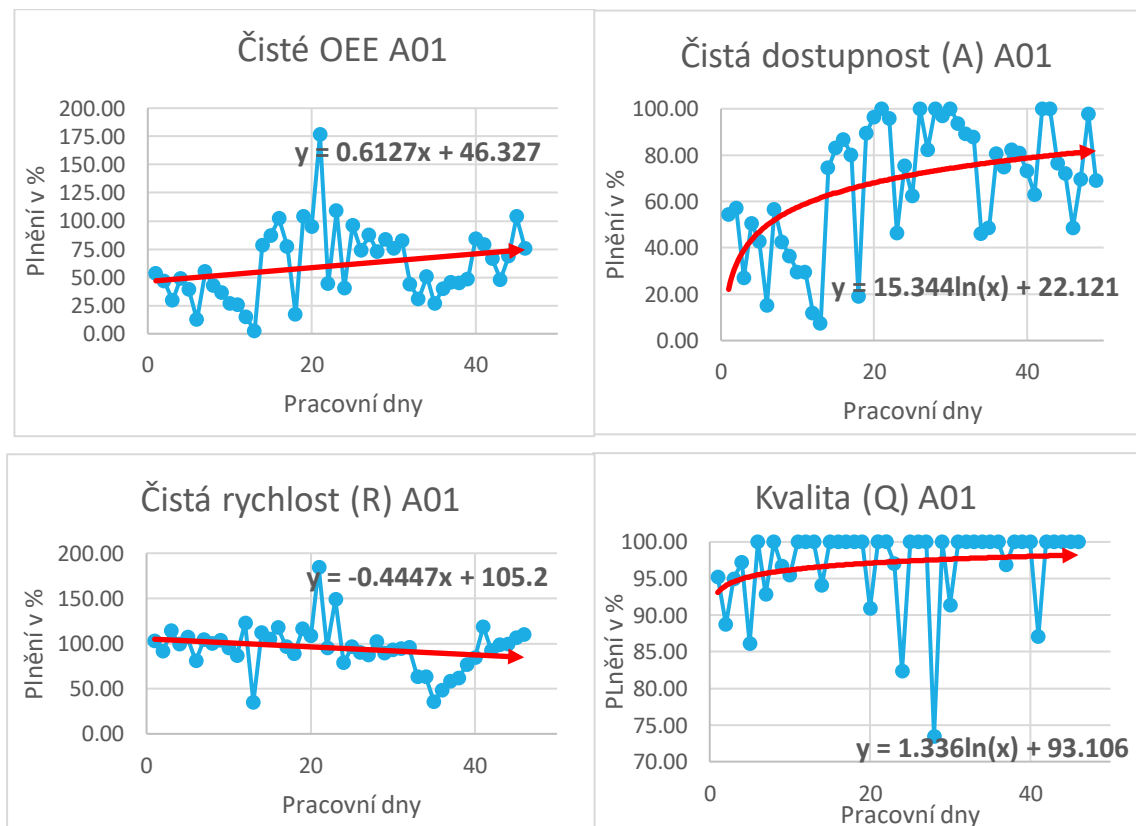
4.1 Karty s daty ukazatele OEE a jejich komponent na vybraných pracovištích

V této části je proveden návrh vyhodnocení dat agregovaných strojních pracovišť A01 a F01 v rámci měsíčního vývoje dubna a května 2021. Jedná se o první ucelené měsíce, za které jsou data ukazatele OEE a jeho komponent ekonomicky vyhodnotitelná. Jelikož se jedná zcela o nová data z výrobního systému MES ve firmě, nelze je porovnávat se stavem před a po zavedení nového systému.

Na základě sledování dat ze strojů lze sestavit tabulku ukazatelů průběhu výroby. Příloha 1 obsahuje procentuální plnění ukazatele čistého OEE a jeho komponent dvou vybraných pracovišť během dubna 2021. Příloha 2 obsahuje procentuální plnění ukazatele čistého OEE a jeho komponent dvou vybraných pracovišť během května 2021.

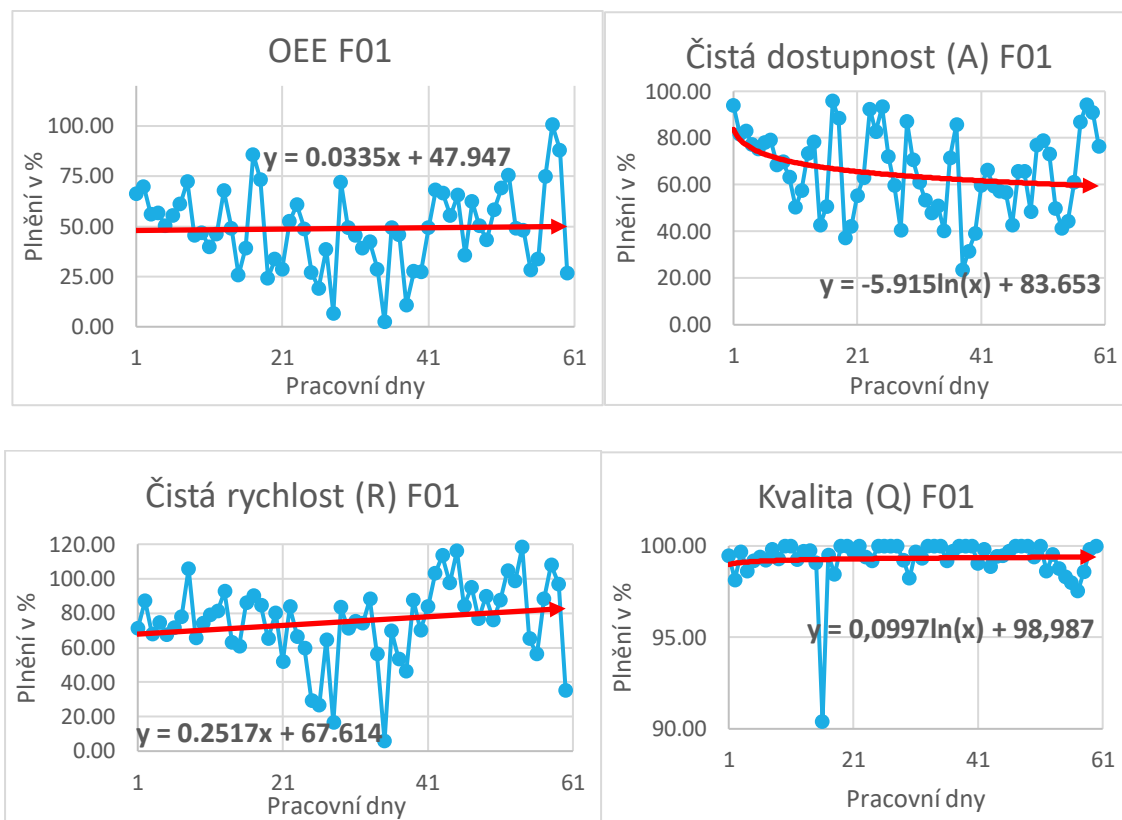
Pro vyhodnocení byla zvolena data z „čistého“ plnění a posléze z nich sestaveny grafy k následnému vyhodnocení trendu výroby. Do jednotlivých grafů jsou vynesena data ze systému MES za jednotlivé pracovní dny, tj. kdy stroj vyráběl v období dvou měsíců (dubna a května).

Níže uvedené grafy OEE, A, R a Q zachycují průběh dat daného období (duben, květen) z pracoviště A01:



Graf 1: Průběh dat z monitoringu výroby pracoviště A01

Níže uvedené grafy OEE, A, R a Q zachycují průběh dat daného období (dubne, květen) z pracoviště F01:



Graf 2: Průběh dat z monitoringu výroby pracoviště F01

4.1.1 Analýza jednotlivých komponent a parametru OEE

Pro zhodnocení dat z karet vybraných pracovišť byly sestaveny grafy jak pro celkový ukazatel OEE, tak pro jednotlivé jeho parametry. Typ grafu pro byl zvolen spojnicový, kde osa x představuje pracovní dny, tj. kdy se na stroji pracovalo a hodnoty ukazatelů nejsou nulové, a osa y znázorňuje procentuální plnění daných ukazatelů.

Grafy OEE na pracovištích A01 a F01 znázorňují součin jednotlivých hodnot komponent OEE, tj. dostupnosti, rychlosti a kvality. Za předpokladu 100 % plnění jednotlivých komponent by hodnota OEE též dosáhla 100 %, nicméně tento případ v reálné výrobě při delším časovém horizontu je takřka nedosažitelný. V ideálním případě při správném nastavení parametrů norem a dosažení plánovaného plnění se hodnota OEE bude pohybovat nad 80 %. Tato hranice plnění se považuje za efektivní využití zdrojů a cílem podniku Jihostroj je se přiblížit tomuto plnění v řádech měsíců.

Z hodnot „čisté“ dostupnosti lze v grafu získat maximální možné plnění v úrovni 100 %. Nastává tak v případě nulových prostojů. V reálném provozu však toto vyžaduje plné a plynulé

zásobování materiálem, výrobními příkazy, práci pouze na jednom typu výrobku bez potřeby přeseřizování, nulové výpadky z důvodu oprav stroje, atd. V případě vícestrojové obsluhy se často setkáme se situací, kdy stroj stojí a čeká na operátora, který v tu chvíli obsluhuje další stroj. Běžně dochází k přeseřizování stroje z důvodu výroby jiného dílu (v Jihostroji „konta“), a to z důvodu vysoké flexibility výrobní technologie (nejedná se o jednoúčelové linky). Tím vším budou data o dostupnosti značně ovlivněna a využití klesá hlouběji pod 100 %.

Komponenta R (rychlosti) neboli výkonu je závislá zčásti na výkonu operátora, jak rychle dokáže plnit normované technologické úkony, a zčásti na bezchybném chodu stroje. Komponenta rychlosti je závislá i na správně stanovené normě. Výsledky plnění rychlosti stroje (v normě plánovaný operační čas vyráběného konta) se poté mohou vykazovat od nízkých desítek procent plnění normovaného času až po vysoké plnění přes 100 %.

Hodnoty plnění v grafu kvality lze jako v případě dostupnosti definovat maximální dosažitelnou hodnotou 100 %. Lze tak tvrdit, jelikož není možné vyrobit více shodných kusů, než je celkové množství vyrobených kusů.

4.1.2 Návrh interpretace dat ukazatele OEE a jeho komponent

Pro každý graf ze vztahu plnění a počtu pracovních dní byla vložena spojnice trendu pro zjištění směrnice jednotlivých ukazatelů. Údaje jsou zpracovány v intervalu dvou měsíců. Za tuto dobu není možné jasně zaručit spolehlivost směrnice, nicméně z krátkodobého hlediska z rovnice trendu lze vysledovat určitou směrnici každé komponenty. V případě krátkodobého hodnoceného období, který je citlivější na výkyvy denního plnění, je důležité vnímat možné nedostatky této krátkodobé statistiky. Krátkodobě může směrnice trendové rovnice kolísat a ve srovnání se směrnici střednědobého až dlouhodobého trendu se může i diametrálně lišit. Dostatečně dlouhé hodnocené období a jeho trendová směrnice lépe vystihne skutečný směr vývoje ukazatele.

Při zjišťování směrnice komponent dostupnosti a kvality byla aplikovaná logaritmická spojnice trendu z důvodu maximálního plnění 100 %. Pro větší spolehlivost křivky zde nebyl zvolen průběh lineární spojnice trendu, který by teoreticky mohl překročit maximální dosažitelné plnění. Naopak u grafů OEE a rychlosti byly použity spojnice trendu lineární, neboť hodnoty trendové křivky mohou nabývat i úrovně nad 100 % teoreticky bez omezení.

Vývoj komponent ukazatele OEE na pracovišti A01 má rozdílný směr. Zatímco dostupnost výrazně roste a kvalita se drží relativně stabilně se blížící hodnotě 100 %, komponenta rychlosti nám mírně klesá. Výsledný ukazatel OEE jako součin předchozích tří komponent má celkově pozitivní trend. Na začátku období se trendová křivka nachází na hodnotě 50 %, na konci období

jsme již na 75 %. Takovýto vývoj lze hodnotit jako pozitivní, svědčící o zvýšení efektivit využití zdrojů.

Stejně jako u pracoviště A01 má vývoj komponent ukazatele OEE na pracovišti F01 rozdílné trendy. Na tomto pracovišti s kladnou směrnicí vidíme ukazatele rychlosti a kvality. Rychlost se dostává z úrovně nad 60 % přes úroveň 80 %. Kvalita je vysoce stabilní, blízko 100 %. Na rozdíl od rychlosti ale trend dostupnosti klesá z 80 % na 60 %. Výsledný součin (křivka OEE) se mírně zvyšuje a lehce překonává hranici 50 %.

Hodnoty plnění kvality obou pracovišť dosahují výrazně přes 95 %, což ve svém důsledku znamená minimalizace ztrát výsledného ukazatele OEE. Zároveň je to důkazem vysoké kvality výroby. Naprostá většina neshodné výroby vzniká v procesu seřizování strojního vybavení.

Při analýze směrnice trendu rychlosti na pracovišti A01 lze vidět negativní vývoj průběhu plnění, přesto průměrná hodnota plnění dosahuje přes 90 %. Směrnicí ovlivnil zejména 2. týden v květnu, kdy v porovnání se zbytkem časového rozmezí jsou hodnoty plnění silně podprůměrné. Tato situace mohla být způsobena například výrobou nového typu dílů.

Při analýze směrnice dostupnosti na pracovišti A01 lze vyvodit výrazné rezervy, které byly v průběhu dubna a května využity. V důsledku toho se dostupnost na tomto pracovišti zvýšila výrazným způsobem a rozhodující měrou přispěla k celkovému zvýšení ukazatele OEE na pracovišti A01 o 50 %.

Analytický pohled na dostupnost na pracovišti F01 koresponduje s relativně náročnou organizací výrobního procesu na pracovišti. Toto pracoviště je založeno na současné obsluze pěti strojů. S tím souvisí i relativně nízké využití těchto strojů. Lze dovodit, že za sledované období došlo ke zvýšení počtu objednávek se současným snížením délky výroby jedné dávky, resp. snížení počtu vyráběných kusů v jedné dávce. Tím dochází ke zvyšování nutnosti seřizování jednotlivých strojů pro novou výrobní dávku a nové konto. Byť se jedná o samostatně vyrábějící stroje s dostatečným zásobníkem materiálu, v takovýchto podmínkách evidentně docházelo ke zvýšení prostojů spojených s častějším přeseřizování strojů. A tím k poklesu dostupnosti neboli využití strojních kapacit.

4.1.3 Vyhodnocení interpretovaných dat dle karet vybraných pracovišť

Závěrečné hodnocení ukazatele OEE dle dat z karet vybraných pracovišť indikuje pozitivní vývoj v efektivitě využití vložených výrobních zdrojů. Prokazují to kladné směrnice trendových křivek ukazatele OEE na obou pracovištích, třebaže u pracoviště F01 je růst velmi sporadický. Zároveň ve srovnání s cílovou úrovní OEE (min. 80 %) lze konstatovat, že ani na jednom z hodnocených pracovišť nebylo dosaženo cílové úrovně OEE, a tudíž na obou pracovištích existují rezervy pro

další zlepšení a zvýšení efektivity výroby a lepší využití vložených zdrojů. Zejména se to týká pracoviště F01.

4.2 Srovnávací analýza strojních a placených hodin

Následující tabulka vybraných hodnot porovnává počty strojních a placených hodin na pracovištích A01 a F01 za období duben - květen 2020 bez systému MES a za období duben - květen 2021 se zavedeným systémem MES. Zdrojem dat je celopodnikový systém ERP INFOR LN.

Tabulka 1: Hodnoty produkce, strojních a placených normohodin

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Výrobní hnízdo	IM Stroje	Produkce	Strojní Nh	Placené Nh	PNh/SNh	PNh/SNh
2				ks	Čas stroje	Placený čas	v %	r.21/r.20
3	duben až květen 2021	A01	209757	974	323,86	170,08	52,52%	0,7106
4		A01	209758	1 211	360,98	228,38	63,27%	0,7595
5		A01 celkem		2 185	684,84	398,46	58,18%	0,7365
6		Nh/ks			0,313	0,182		
7								
8		F01	209400	11 553	664,65	196,83	29,61%	0,8660
9		F01	209407	12 528	541,94	174,12	32,13%	0,9759
10		F01	209593	8 932	885,30	249,71	28,21%	0,8411
11		F01	209739	10 467	673,21	223,17	33,15%	1,0228
12		F01	210154	14 391	766,45	210,12	27,41%	0,8142
13		F01 celkem		57 871	3 531,55	1 053,95	29,84%	0,8958
14		Nh/ks			0,061	0,018		
15								
16		Celkem		60 056	4 216,39	1 452,41	34,45%	
18								
19	duben až květen 2020	A01	209757	128	50,81	37,55	73,90%	
20		A01	209758	150	60,23	50,17	83,30%	
21		A01 celkem		278	111,04	87,72	79,00%	
22		Nh/ks			0,399	0,316		
23								
24		F01	209400	16 457	999,84	341,89	34,19%	
25		F01	209407	23 908	872,61	287,27	32,92%	
26		F01	209593	10 175	971,12	325,68	33,54%	
27		F01	209739	21 792	1 029,71	333,73	32,41%	
28		F01	210154	10 210	509,11	171,42	33,67%	
29		F01 celkem		82 542	4 382,39	1 459,99	33,31%	
30		Nh/ks			0,053	0,018		
31								
32		Celkem		82 820	4 493,43	1 547,71	34,44%	

4.2.1 Analýza vybraných parametrů z tabulky

Tabulka hodnot se rozděluje na dvě menší tabulky podle časového období, a to na 3. až 16. řádek za období dubna a května za rok 2021 a 19. až 32. řádek za období dubna a května za rok 2020. Sloupec „B“ slouží k identifikaci jednotlivých strojů k pracovištím A01 a F01. Pod každým z jednotlivých rozpisů je údaj celkového souhrnu za pracoviště. Řádky 6, 14, 22 a 30 udávají podíl příslušného typu normohodiny na výrobu jednoho kusu. Řádek 5, 13, 21 a 29 uvádějí součtové hodnoty z jednotlivých strojů daného období a jsou to klíčové hodnoty pro provedenou srovnávací analýzu. Řádek 16 a 32 slouží k celkovému přehledu součtu příslušných hodnot za pracoviště A01 a F01 za období dubna a května příslušného roku.

Pro přehlednější inventář všech strojů, počítačů, vybavení atd. je v Jihostroji každé takové položce přiřazeno specifické číselné označení. Sloupec „C“ označuje číselné označení daného stroje, tzv. inventární číslo.

Sloupec „D“ popisuje produkci jednotlivých strojů, strojního pracoviště a celkovou produkci za obě pracoviště v daném období. Produkce je uvedena ve vyrobených kusech. Je nutno uvést, že jednotlivé vyráběné díly (konta) jsou různé velikosti, složitosti výroby a celkové pracnosti výroby. Součty za pracoviště A01 a F01 s ohledem na předchozí uvedené rozdíly nelze zcela smysluplně porovnávat. Proto do srovnávací analýzy je používáno srovnání celkových součtů vyrobených kusů a normohodin z jednotlivých strojů a tyto součty a jejich poměry se srovnávají v meziročním vývoji.

Další sloupec „E“ udává strojní normohodiny. Jedná se o normovaný (plánovaný) čas. Skládá se jak z normo času přípravného, tj. času seřízení stroje na novou výrobní dávku, tak z operačního času, tj. technologického času na výrobu všech kusů příslušné výrobní dávky. Strojní normohodiny vyjadřují plánovaný čas, který byl potřebný na strojích strávit pro výrobu daného (skutečného) objemu produkce.

Sloupec „F“ značí placené normohodiny udávané v hodinách. Placené normohodiny v Jihostroji vyjadřují čas za vykonanou práci, který je nutný operátorovi zaplatit. V principu se také jedná o čas přípravný (seřizování stroje pro novou výrobní dávku) a čas operační (technologický čas výroby jednoho stroje vč. technologických úkonů operátora, např. výměna obrobku ve stroji). Každá jedna hodina přípravného času je plně firmou placená. Vztah mezi strojní a placenou hodinou je rovnocenný, tj. za hodinu práce na stroji při seřizování je operátorovi zaplacená právě jedna hodina. Rozdíly vznikají v případě vícestrojové obsluhy u operačního času. Operační čas výroby stroje se dělí počtem strojů na pracovišti a zaplacená je operátorovi pouze tato procentuální část. Např. při dvoustrojové obsluze je za jednu strojní hodinu operátorovi zaplacená pouze jedna půlhodina.

Ve sloupci „G“ je vytvořen parametr, resp. ukazatel ekonomického efektivity. Vyjadřuje nákladovosti výroby. Tento ukazatel je tvořen poměrem placených a strojních normohodin. Z výsledného poměru lze určit normovanou nákladovost hodinové práce stroje tak, že ho vynásobíme mzdovým tarifem. Jedná se o nákladovost v úrovni osobních nákladů firmy. Ty tvoří ve firmě největší nákladovou položku.

Placený čas operátora tedy vyjadřuje náklady firmy. Stojní normohodiny naopak vyjadřuje čas, kdy vznikají firmě ekonomické hodnoty (výrobky a v budoucnu výnosy z nich). Jedná-li se o pracoviště s vícestrojovou obsluhou, cílem ukazatele nákladovosti strojní normohodiny je co nejnižší výsledný poměr. Toho lze dosáhnout při konstantním množství placených normohodin zvýšením strojních normohodin (zvýšení počtu strojů na pracovišti, nebo zvýšením využití stávajícího počtu strojů v pracovišti, anebo snížením strojních normohodin za seřizování a současně zvýšení strojohodin za výrobu výrobků), či naopak při konstantních strojních normohodinách snížit množství placených hodin operátorovi (zvýšením produktivity operátora, tj. zkrácení placeného času na realizaci jedné strojní hodiny).

Poslední sloupec „H“ porovnává poměry z předchozího sloupce za rok 2021 a rok 2020. Označuje tak úroveň meziroční změny ekonomické nákladovosti, srovnává období před zavedením MESu s obdobím po zavedení MESu.

4.2.2 Analýza hodnot vytvořené metodiky

Celková produkce pracoviště A01 v meziročním srovnání dosáhla objemového růstu, na druhém pracovišti F01 je situace opačná až na výjimku stroje IM 210154, kde produkce meziročně vzrostla. Tento stav je do jisté míry ovlivněn druhem, strukturou a objemem objednávek, jelikož Jihostroj nabízí velké množství modifikací výrobku v širokém sortimentu mnoha výrobových produkčních řad.

Čas strojních hodin je vypočten na základě počtu skutečně vyrobených kusů a normovaného času výroby na každý specifický výrobek. V tabulce jsou uvedeny jednotlivé strojní hodiny za danou produkci a následně součet za celé pracoviště. Vzhledem k tomu, že se meziročně nejedná o stejný objem produkce za dané období, byl pro srovnávací ukazatel využitý poměr normohodin za vyrobený kus. Z toho lze pozorovat snížení meziročního poměru na pracovišti A01. Na pracovišti F01 došlo naopak k mírnému zvýšení poměru normohodin a vyrobených kusů.

Podíl strojních normohodin pro výrobu jednoho kusu výrobku, popsáný v předešlém odstavci, ale jednoznačně nevyjadřuje příčinou souvislost se zvýšením či snížením nákladovosti výroby vyrobených dílů. Nárůst ukazatele SNh/ks může být způsoben nárůstem pracnosti vyráběných dílů. Závisí tedy na struktuře pracnosti souboru vyráběných dílů za dané období. Nákladovost

SNh se však změnit vůbec nemusela. Na druhou stranu tento ukazatel i může vyjádřit změnu nákladovosti strojní normohodin, a to za předpokladu, že se změnila struktura výrobních dávek, a tudíž struktura mezi seřizovacími přípravnými časy a časem produkce, neboli výroby jednotlivých dílů. Z důvodu dvou výše uvedených předpokladů (neznámá struktura pracnosti vyrobených dílů a neznámá struktura výrobních dávek) není tento ukazatel směrodatný a rozhodující pro posouzení meziročního vývoje nákladovosti výroby.

V případě placených normohodin byl využitý stejný poměr, a to placených normohodin na kus vyrobeného dílu. Pro celkový poměr na pracovišti A01 za uplynulé období obou roků lze porovnat údaj „F6“ z roku 2021 a údaj „F22“, ze kterého plyne snížení poměru v roce 2021 na 50 % úroveň roku 2020. Na pracovišti F01 nedošlo v poměru placených normohodin a vyrobených kusů k žádné změně. Ze stejných důvodů jako u ukazatele strojní Nh na vyrobený kus však ani zde nelze jednoznačně určit příčinný vztah změny PNh/ks se změnou nákladovosti vyrobeného kusu.

S cílem vytvořit ukazatel, vyjadřující příčinnou souvislost se změnou nákladovosti výroby, byl vytvořen poměr počtu placených normohodin k jedné strojní normohodině (PNh/SNh). V poměru strojních a placených normohodin je ideálním takový vývoj, kdy klesá počet placených Nh ve vztahu k vykazovaným strojním Nh. Vycházejme z již uvedených skutečností, že placené Nh vyjadřují náklady firmy, kdežto strojní Nh vyjadřují vytváření hodnot pro firmu (její přidanou hodnotu). Výsledný poměr by měl tedy ideálně dosahovat co nejnižších hodnot.

Celkový poměr PNh/SNh na pracovišti A01 za rok 2020 činil přes 79 %. V roce 2021 došlo meziročně snížením tohoto poměru na 58 % k výraznému zvýšení efektivity, resp. snížení nákladovosti na výrobu jedné SNh. Na pracovišti F01 byl v roce 2020 poměr přes 33 % a o rok později došlo ke snížení jeho hodnoty na úroveň méně nežli 30 %. To značí, že i v případě pracoviště F01 došlo ke snížení nákladovosti při výrobě jedné SNh. Nutno podotknout, že ukazatel PNh/SNh není možné srovnávat mezi pracovišti A01 a F01 z důvodu diametrálně odlišných výrobních podmínek. Zatímco pracoviště A01 je s dvoustrojovou obsluhou, pracoviště F01 pak s pětistrojovou obsluhou. Pro výpočet placených Nh se pak jedna SNh operačního času dělí v prvním případě konstantou 2, ve druhém případě konstantou 5.

Hodnoty jednotlivých řádků ve sloupci „H“ vyjadřují meziroční index vývoje ukazatele PNh/SNh u jednotlivých strojů i celého pracoviště. Je-li hodnota indexu menší než 1, pak se jedná o zvyšující se efektivity, resp. snížení nákladovosti výroby SNh. Pokud je index větší než 1, pak se jedná o opačný trend. U všech strojů, až na výjimku stroje s označením 209739 na pracovišti F01, došlo ke zvýšení efektivity. Nicméně výsledná hodnota poměru za celé pracoviště A01 a F01 vyšla pod úrovní 1, obě pracoviště tedy snížila nákladovost své výroby.

4.2.3 Vyhodnocení vytvořené metodiky strojních a placených normohodin

Závěrečné hodnocení srovnávací analýzy strojních a placených normohodin dle vybraných pracovišť indikuje pozitivní vývoj v efektivitě výroby. Lze tak usoudit na základě meziročního srovnání poměru strojních a placených normohodin na obou pracovištích. Na pracovišti A01 došlo k více jak 26 % zvýšení efektivity v důsledku meziročního snížení poměru P_{Nh}/S_{Nh} na úroveň 0,7365. Na pracovišti F01 došlo též k zvýšení efektivity, a to o více nežli 10 % v důsledku meziročního snížení poměru P_{Nh}/S_{Nh} na úroveň 0,8958.

4.3 Srovnávací analýza plnění operátorů na vybraných pracovištích

Třetím parametrem pro analýzu efektivity plnění byla vytvořena srovnávací analýza plnění operátorů na vybraných pracovištích za rok 2020 a za rok 2021. Data v následující tabulce jsou též čerpána z podnikového systému ERP INFOR LN.

Tabulka 2: Plnění Dj ve firmě Jihostroj

Zaměstnanec	Výrobní hnízdo	Plnění květen + červen 2020		Plnění květen + červen 2021	
		s doplatky (v %)	bez doplatků (v %)	s doplatky (v %)	bez doplatků (v %)
Operátor 1	A01	108,59	103,54	108,35	108,35
Operátor 2	F01	112,66	110,17	117,69	117,69
Operátor 3	F01	114,94	110,66	117,14	117,14
Operátor 4	F01	113,57	113,57	116,33	105,61
Průměr		112,44	109,49	114,88	112,2

4.3.1 Popis zvolených parametrů z tabulky

Tabulka je rozdělena na období dubna a května za rok 2020 a rok 2021 a sloupce značí plnění jednotlivých operátorů na pracovištích A01 a F01 s doplatky a bez doplatků. Systém doplatků je podrobněji popsán v kapitole 3.8 (Stav před implementací MES).

Plnění operátora bez doplatků vychází z poměru placených normohodin a měsíčního pracovního fondu (odpracovaného času v hodinách dle docházkového systému). Jde tedy o údaj schopnosti operátora využít placenou pracovní dobu výrobou dílů měřenou plánovaným normočasem. Doplatky (dodatečné placené normohodiny) u operátora zvyšují jeho ukazatel plnění a jsou mu přiznány jako kompenzace za ušlý zisk placených N_h, který nebyl způsobený jeho vinou.

4.3.2 Analýza hodnot vytvořené metodiky

Základní hodnoty plnění operátorů v roce 2020 vycházejí nad 100 % na obou pracovištích. Po přičtení doplatků dosahuje plnění operátora na pracovišti A01 o 5 % více a operátorů na pracovišti F01 o 2 až 4 % více. V roce 2021 se zavedeným systémem MES je situace patrně odlišná.

Výsledky základního plnění jsou, až na operátora 4, stejné jako plnění s doplatky. To znamená, že doplatky nebyly v roce 2021 využívány k navýšení placených Nh tak často, jako v roce 2020. Z pohledu nákladovosti výroby doplatky zvyšují nákladovost a snižují efektivitu výroby. Za hodinu doplatku totiž firma nezískává žádnou vyrobenou hodnotu. Lze konstatovat, že z operátorů, pracujících na vybraných pracovištích, meziročně poklesl po zavedení systému MES v roce 2021 počet operátorů, kteří obdrželi doplatky, na třetinovou úroveň roku 2020.

Veškerá plnění operátorů v roce 2021 i přes snížení přidělu doplatků přesahují hranici 100 %. V porovnání plnění bez doplatků za rok 2020 a 2021 došlo u 3 ze 4 operátorů ke zvýšení produktivity o 5 až 7 %. Plnění Operátora 4 bylo ovlivněno poruchou stroje a na základě doplatků byla operátorovi uznaná kompenzace. V posledním řádku tabulky je zachycen průměr vykázaného plnění za uvedené operátory. Průměrné plnění jak s doplatky, tak bez doplatků se meziročně v roce 2021 po zavedení systému MES zvýšilo. Z pohledu zvýšení produktivity operátorů je směrodatnější pohled na plnění operátorů bez doplatků, čili bez započítání PNh s nulovou tvorbou přidané hodnoty. To se v roce 2021 zvýšilo o 2,7 procentních bodů.

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.8, uznávání doplatků v roce 2020 se v praxi využívalo na základě subjektivního pohledu a nikoli na základě objektivní skutečnosti. Bez monitorovacího systému však tento počin nemohl být podchycen. Se zavedením systému MES lze pozorovat změnu u doplatků v roce 2021, kde byl doplatek uznán pouze Operátorovi 4.

4.3.3 Vyhodnocení metodiky plnění operátorů

Závěrečné hodnocení vytvořené srovnávací analýzy plnění operátorů na daných pracovištích v daném období indikuje zvýšení pracovní produktivity na základě plnění bez doplatků. Zavedením monitoringu výroby došlo objektivizaci důvodu přiznání doplatků a ve svém důsledku to znamenalo snížení vyplacených doplatků, a tím snížení nákladovosti výroby. Kombinace snížení doplatků, tj. nákladů na neproduktivní činnost operátora, a zároveň zvýšení jejich produktivity, tj. zvýšení počtu produktivních placených Nh za jednotku fondu pracovní doby operátora, vede k závěru, že efektivita výroby u vybraného vzorku pracovišť byla zavedením systému MES zvýšena.

5 Vyhodnocení přínosů zavedení MESu podle vytvořených metodik

V práci byly navrženy a ověřeny tři metodiky monitorování efektivity výroby, zaměřené na:

- využití strojních kapacit
- nákladovost výroby
- produktivitu operátorů

5.1 Využití strojních kapacit

Cílem vyhodnocení OEE a jejich komponent na vybraných pracovištích za období dubna a května v roce 2021 byla správná interpretace výstupních dat, která by vedla ke zhodnocení úrovně efektivity výroby, jakož i zjistit pozitivní či negativní vývoj trendu dle dat z agregovaných karet vybraných pracovišť.

Z výsledné interpretace lze vysledovat pozitivní charakteristiku trendu ukazatele OEE na obou pracovištích. I v případě pracoviště F01, kde se jedná sice o velmi malý přírůstek, lze hodnotit vývoj pozitivně. Zároveň ani jedno pracoviště nedosahuje cílové úrovně OEE 80 %.

Ke zlepšení využití strojních kapacit, čili k nárůstu efektivity výroby, dochází po zavedení nového výrobního monitorovacího systému mimo jiné i díky přesné evidenci neproduktivních časů na výrobních pracovištích, zavedení adresné zodpovědnosti za tyto prostoje a vizualizaci výsledků jednotlivých pracovníků a strojů.

5.2 Nákladovost výroby

Prostřednictvím druhé metodiky pro vyhodnocení přínosu systému byl vytvořen nový ukazatele nákladovosti výrobního strojního času. Pro srovnávací ukazatel byl navrhnut poměr vykázaných PNh a SNh. Bylo provedeno meziroční srovnání výsledků nového ukazatele na vybraných pracovištích za roky 2020 a 2021. Pozitivní vývoj v efektivitě výroby na obou pracovištích plyne z výsledků meziročního srovnání ukazatele. Na pracovišti A01 došlo ke snížení nákladovosti výroby, a tím ke zvýšení efektivity zdrojů, o 26 % a v případě pracoviště F01 o necelých 11 %.

Příčiny zlepšení ukazatele jsou v této rané fázi využívání nového systému shodné jako u předchozí metodiky.

5.3 Produktivita operátorů

Třetí metodika byla vytvořena pro meziročního srovnání vykázaného plnění operátorů na vybraných pracovištích roku 2020 a 2021. Výsledky plynoucích z plnění bez doplatků indikují zvýšení produktivity každého operátora. Zároveň po zavedení MES systému lze vysledovat z plnění za rok 2021 změnu uznaných doplatků, a to její snížení. Snížení doplatků a zvýšení produktivity vedlo ke zvýšení efektivity výroby na vybraných pracovištích.

Třetí metodika s využitím původního způsobu hodnocení výkonu operátorů v Jihostroji měla za cíl ověřit, zda přínosy nového výrobního systému dle výsledků hodnocení podle dvou prvních nových metodik budou shodné. Což se potvrdilo.

5.4 Výhody a nevýhody vytvořených metodik

Výhody první metodiky vyhodnocování parametru OEE a jejich komponent spočíval v podrobném sběru dat z výroby z jednotlivých pracovišť za každý pracovní den. Na základě sestavených grafů a směrnice trendu z hodnot komponent možno předpokládat očekávaný budoucí vývoj. Hlavní výhodou je však detailní znalost skutečných časů jak pro jednotlivé výrobní dávky, tak i pro nevýrobní časy, způsobující nevyužití strojních kapacit. Tyto informace budou v další budoucnosti použity pro stanovení konkrétních opatření, umožňující snížení nákladovosti výroby a zvýšení efektivity zdrojů. Nevýhodou u této metodiky bylo nemožné porovnání stejného časového období s předchozím rokem, neboť metodika automatického sběru dat poskytuje první vyhodnotitelné výsledky až od dubna tohoto roku (2021).

Výhoda srovnávací analýzy poměru PNh a SNh sloužila k vyšší schopnosti zhodnotit výši efektivity výroby a zároveň úroveň nákladovosti tím, že je nákladovost SNh (čas tvorby hodnot) jednoznačně kvantifikována rozhodující nákladovou položkou (osobní náklady) prostřednictvím PNh. Meziroční srovnání poměru ukázalo jasný směr vývoje nákladovosti.

Třetí metodika porovnání vykázaných plnění operátorů je ovlivněna podnikovým systémem doplatků, který je založen na subjektivitě a ubírá tím na hodnověrnosti porovnání. Struktura doplatků za rok 2020 není bez monitorovacího systému detailně zaznamenávána (doložena) a nelze ji zpětně nijak zkontrolovat. Na druhou stranu umožňuje meziroční srovnání v zásadě stejného metodického hodnocení práce operátorů.

Ze zmíněných bodů lze považovat metodiku porovnání poměru PNh a SNh jako nejvhodnější typ zhodnocení efektivity výroby na vybraných pracovištích s nejsilnější vypovídací schopností o přínosech zavedení nového výrobního systému. Nicméně i metodiky vývoje OEE a vývoje plnění operátorů poskytují vhodné doplnění obrázku reality.

5.5 Shrnutí vyhodnocení vytvořených metodik

Cílem analýzy vytvořených metodik byla schopnost vyhodnotit stav efektivní výroby před a po zavedení nového výrobního systému MES. Podle výsledků všech tří metodik lze prokazatelně na poskytnutém vzorku dat tvrdit, že došlo ke zvýšení efektivity výroby na pracovištích A01 a F01 za období dubna a května 2021.

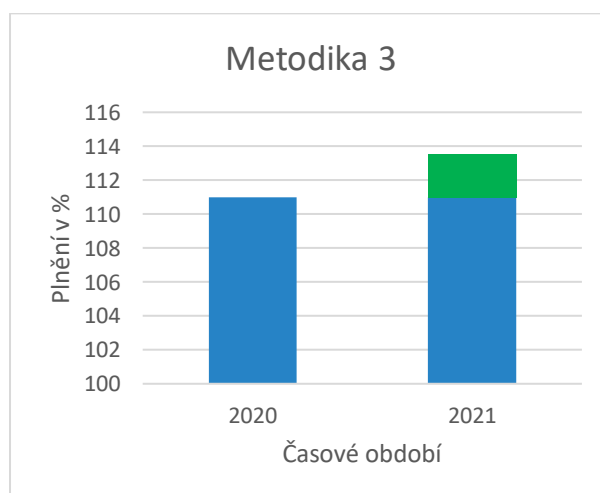
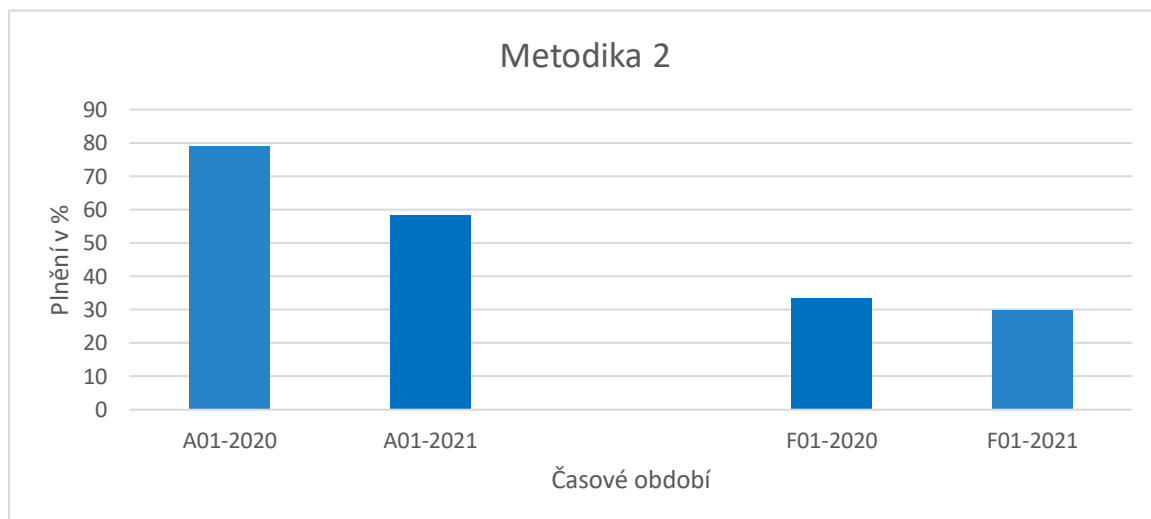
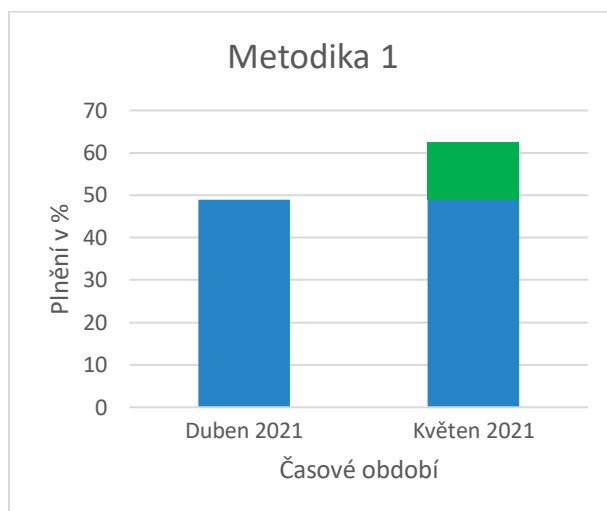
Níže jsou tabulkově shrnuty výsledky analýzy vývoje efektivity výroby dle jednotlivých metodik s uvedením trendu. V případě výsledků dvou pracovišť je v tabulce uveden průměr z těchto dvou hodnot.

Tabulka 3: Výsledky analýzy vývoje efektivity výroby

	Zkoumá:	Ukazatel	Meziroční index	Trend ukazatele	Zlepšení v procentech
Metodika 1	Využití strojních kapacit	OEE	1,286*	zvyšující	+ 29 %
Metodika 2	Nákladovost výroby	Poměr PNh/SNh	0,816	klesající	+ 18 %
Metodika 3	Produktivita operátorů	Plnění Dj	1,023	Mírně se zvyšující	+ 2 %

* Index 120-ti směn (hodnota ukazatele na konci ku hodnotě ukazatele na začátku hodnoceného období)

Na následujících grafech jsou sestaveny a porovnány výsledky analýzy vývoje efektivity výroby jednotlivých metodik. U metodiky 2 není použit průměr, neboť průměrování nákladovosti dvoustrojové a pětistrojové obsluhy je zkreslující a zavádějící.



Graf 3: Vývoj efektivity výroby podle vyhodnocení jednotlivých metodik

5.6 Podmínky platnosti závěrečného hodnocení

Toto tvrzení má však dvě významná omezení a jednu nutnou podmínku. Prvním omezením je to, že analýza byla provedena na dvou náhodně vybraných pracovištích z celkového počtu cca třiceti pracovišť. A druhým omezením je časový úsek hodnocení, kdy byla hodnocena data za dva měsíce. Nicméně pro krátkodobé porovnání lze tento časový úsek brát jako věrohodný. I když se jedná o poměrně krátké časové období, poskytuje díky detailní evidenci záznamů výrobních časů za cca 120 po sobě následujících směn dostatečné množství dat pro relevantní analýzu a vyhodnocení, resp. jejich odpovídající interpretaci.

Nutnou podmínkou provedené analýzy je skutečnost, že zvyšování produktivity a efektivity na vybraných pracovištích nebylo dosaženo jinak, nežli v návaznosti na zavedení nového výrobního systému. Bylo potvrzeno, že změně technologie za účelem zvýšení produktivity (např. zvýšení počtu strojů na pracovišti) na vybraných pracovištích ve sledovaném období nedošlo.

Tvrzení zároveň vychází z předpokladu, že se zásadním způsobem na vybraných pracovištích meziročně nezměnila struktura vyráběných kont, resp. struktura jejich pracnosti, ani struktura a velikost jednotlivých výrobních dávek. Meziročně struktura výroby nebyla identická, ale dílčí změny struktury výroby se týkaly spíše rozdílnosti výsledků ve dnech a mezi jednotlivými stroji na daných pracovištích. V souhrnných výsledcích se tyto změny zásadním způsobem neprojevíly.

6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá monitorováním a řízením výrobních procesů. Teorie je zaměřena na výrobní systémy, monitorování a vyhodnocování výrobních dat, která bude sloužit k analýze, hodnocení a interpretace výsledků efektivity výroby.

Praktická část byla realizována ve firmě Jihostroj a.s. ve výrobní divizi Hydraulika. Kapitola 3 se věnuje představení společnosti a analýze současného stavu společnosti.

Kapitola 4 se zabývá dosažení cíle práce a, to vytvořením metodiky hodnocení efektivity výroby s cílem odpovědět na otázku, zda došlo ke zvýšení efektivity výroby po zavedení nového monitorovacího výrobního systému ve firmě Jihostroj a.s.

Po návrhu jednotlivých metodik byla vyhodnocena data z výrobního systému na vybraných pracovištích A01 a F01 před a po zavedení systému MES (Manufacturing Execution System).

Výsledky metodik pro vyhodnocení a porovnání výstupních dat ukázaly u každé z jednotlivých metodik zvyšující se efektivitu výroby. Z výsledků poměru nákladovosti strojního času (PNh/SNh) lze kvantifikovat výši meziročního snížení nákladovosti výroby, a tím i přínosu zavedení nového monitorovacího systému, a to zvýšením efektivity výroby o 26 %, resp. více nežli 10 %.

Kromě kladného vývoje efektivity ve výrobě se zejména u první metodiky, zabývající se využitím strojních kapacit, zaznamenávající podrobná data ze strojů, ukázaly rezervy v dosažení cílové úrovně ukazatele OEE. Hlavním zdrojem zjištěného růstu efektivity po zavedení nového monitorovacího systému je zpřesnění informací pro řízení výrobního procesu, zavedení přesné identifikace neproduktivního času ve výrobě a zvýšení osobní odpovědnosti za prostoje ve výrobě u všech pracovníků.

Pokud bude metodika sledování využití výrobních (strojních) kapacit nadále ve společnosti Jihostroj využívána pro zlepšení úrovně řízení výrobního procesu a jeho efektivity, stane se ukazatel OEE dobrým nástrojem pro firmu ke zlepšení její celkové výkonosti.

Na závěr práce lze shrnout, že vytvořené metodiky pro vyhodnocení výstupních dat nového výrobního systému přináší firmě nový impuls a nástroje pro zvyšování efektivity a produktivity výroby, resp. snižování její nákladovosti. I přes velmi počáteční fázi implementace tohoto systému v provozu Jihostroje výsledky hodnocení dle použitých metodik prokazují pozitivní vývoj úrovně efektivity výroby v podmínkách nového monitorovacího výrobního systému.

Seznam literatury:

- [1] Oneindustry: *Výroba, výrobní proces* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.oneindustry.one/lexikon/vyroba-vyrobni-proces/>
- [2] Doba kamenná, 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Doba_kamenn%C3%A1
- [3] Doba bronzová, 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Doba_bronzov%C3%A1
- [4] Lusa: *Století páry a elektriny* [online]. [cit. 2021-6-27]. Dostupné z: <http://historie.lusa.cz/stoleti-pary-a-elektriny/>
- [5] SZYDLOWSKÁ, Alena. *Nová průmyslová revoluce* [online]. 28.4.2017 [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.datamix.eu/blog/nova-prumyslova-revoluce-prumysl-4-0/>
- [6] CEJTHAMR, Václav a Jiří DĚDINA, c2010. *Management a organizační chování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3348-7.
- [7] POČTA, Jan, 2012. *Řízení výrobních procesů: učební text* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 2021-6-22]. ISBN 978-80-248-2589-2. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/RVP/Rizeni%20vyrobnich%20procesu.pdf>
- [8] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby* [online]. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck [cit. 2021-6-22]. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [9] Altaxo: *Základní rozdíly mezi taktickým, operativním a strategickým řízením* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.altaxo.cz/provoz-firmy/management/rizeni-podniku/zakladni-rozdily-mezi-taktickym-operativnim-a-strategickym-rizenim>
- [10] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [11] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2007. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0.

- [12] JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [13] MARTINOVIČOVÁ, Dana, Miloš KONEČNÝ a Jan VAVŘINA, 2019. *Úvod do podnikové ekonomiky*. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-2034-5.
- [14] KOTLASOVÁ, Eva, Alena BENEŠOVÁ a Helena HRŮZOVÁ, 1990. *Příprava a operativní řízení výroby*. Praha: SNTL. ISBN 80-03-00352-0.
- [15] Kusovník, 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kusovník>
- [16] BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK, 2012. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4307-3.
- [17] LÍBAL, Vladimír, 1989. *Organizace a řízení výroby*. 7. nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. ISBN 80-03-00050-5.
- [18] Ebozp: *Pracovní normy* [online]. [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Pracovní_normy#cite_ref-1
- [19] KOTLER, Philip, 2007. *Moderní marketing: 4. evropské vydání*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1545-2.
- [20] MRPeasy: *material requirements planning and manufacturing resource planning difference* [online]. In: . [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://manufacturing-software-blog.mrpeasy.com/material-requirements-planning-and-manufacturing-resource-planning-difference/>
- [21] WÖHE, Günter a Eva KISLINGEROVÁ, 2007. *Úvod do podnikového hospodářství*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Přeložil Zuzana MAŇASOVÁ. V Praze: C.H. Beck. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 978-80-7179-897-2.
- [22] VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA, 2013. *Podnikové řízení*. Praha: Grada. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.
- [23] VOCHOZKA, Marek a Petr MULAČ, 2012. *Podniková ekonomika*. Praha: Grada. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4372-1.

- [24] MEYER, Heiko, Franz FUCHS a Klaus THIEL. *Manufacturing execution systems: optimal design, planning, and deployment*. New York: McGraw-Hill, c2009. ISBN 978-0-07-162383-4
- [25] Act-in: *Plánování výroby* [online]. [cit. 2021-6-26]. Dostupné z: <https://www.act-in.cz/planovani-vyroby>
- [26] Act-in: *Monitorování OEE* [online]. [cit. 2021-6-26]. Dostupné z: <https://www.act-in.cz/monitorovani-oeo>
- [27] Act-in: *Řízení kvality* [online]. [cit. 2021-6-26]. Dostupné z: <https://www.act-in.cz/rizeni-kvality-a-spc>
- [28] ŠTŮSEK, Jaromír, 2007. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. V Praze: C.H. Beck. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-534-6.
- [29] Kupní síla: *Fond pracovní doby* [online]. [cit. 2021-6-28]. Dostupné z: <https://www.kupnisila.cz/fond-pracovni-doby/>
- [30] KLETTI, Jürgen, 2007. *Manufacturing execution systems - MES*. Berlin: Springer. ISBN 978-3-540-49743-1.
- [31] MARTINCOVÁ, Lada, 2008. *Technologické aspekty vícestrojové obsluhy*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [32] FILIP, Ludvík, 2019. *Efektivní řízení kvality*. Praha: Pointa. ISBN 978-80907-5305-1.
- [33] NENADÁL, Jaroslav, 2018. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-726-1561-2.
- [34] Jihostroj: *o nás* [online]. [cit. 2021-7-29]. Dostupné z: <https://www.jihostroj.com/o-nas/soucasne-trendy.html>
- [35] Jihostroj: *historie* [online]. [cit. 2021-7-29]. Dostupné z: <https://www.jihostroj.com/o-nas/100-let-spolecnosti.html>

Seznam obrázků:

Obrázek 1:1 Vnitřní a vnější význam cílů a kritérií řízení výroby [8]	12
Obrázek 1:2 Historie průmyslové revoluce [5]	13
Obrázek 1:3 Klasifikace výrobních procesů.....	14
Obrázek 1:4 Závislost mezi objemem výroby a požadavky zákazníka [4]	15
Obrázek 1:5 Přístupy k řízení činností a procesů	16
Obrázek 1:6 Základní úrovně řízení výroby.....	17
Obrázek 1:7 Vztah průběžné doby výrobku a výroby [11]	19
Obrázek 1:8 Technologické a předmětné uspořádání pracovišť[10]	20
Obrázek 1:9 Kroky postupu přípravy výroby	22
Obrázek 1:10 Úroveň působení podnikových systémů.....	26
Obrázek 2:1 MES v úrovních podnikových informačních systémů [16]	29
Obrázek 2:2 Rozdělení pracovní normy [28]	32
Obrázek 2:3 Rozdíl mezi plánovanou a skutečnou dobou výroby [13]	35
Obrázek 3:1 Hierarchické uspořádání divize Hydraulika v Jihostroji	38
Obrázek 3:2 Schématický tok výroby divize Hydraulika.....	39
Obrázek 3:3 Schématické postupy procesu výroby v Jihostroji a.s.	40
Obrázek 3:4 Vzájemná komunikace podnikových systémů.....	42
Obrázek 3:5 Monitorování výroby	48
Obrázek 3:6 Informace výrobní dávky	50
Obrázek 3:7 Monitorování prostojů.....	52

Seznam grafů

Graf 1: Průběh dat z monitoringu výroby pracoviště A01	54
Graf 2: Průběh dat z monitoringu výroby pracoviště F01	55
Graf 3: Vývoj efektivity výroby podle vyhodnocení jednotlivých metodik	67

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hodnoty produkce, strojních a placených normohodin.....	58
Tabulka 2: Plnění Dj ve firmě Jihostroj.....	62
Tabulka 3: Výsledky analýzy vývoje efektivity výroby	66

Seznam rovnic

Rovnice 1: Roční fond pracovníka [7].....	24
Rovnice 2: Výpočet produktivity[28].....	32
Rovnice 3: Výpočet počtu strojů [31].....	34

Přílohy:

Data z pracovišť:

Pracoviště duben A01

Datum	Čisté Den OEE	Čisté Den A	Čisté Den R	Den Q
01.04.2021	53,31	54,45	102,80	95,24
06.04.2021	46,61	57,25	91,77	88,71
07.04.2021	29,41	27,13	114,08	95,00
08.04.2021	48,81	50,58	99,26	97,22
09.04.2021	39,43	42,81	106,95	86,11
10.04.2021	12,31	15,25	80,71	100,00
12.04.2021	54,90	56,64	104,37	92,86
13.04.2021	42,53	42,38	100,35	100,00
14.04.2021	36,33	36,28	103,60	96,67
15.04.2021	26,85	29,51	95,30	95,45
16.04.2021	25,62	29,62	86,48	100,00
17.04.2021	14,58	11,88	122,78	100,00
19.04.2021	2,57	7,40	34,71	100,00
20.04.2021	78,70	74,49	112,25	94,12
21.04.2021	87,10	83,13	104,77	100,00
22.04.2021	102,08	86,55	117,95	100,00
23.04.2021	77,49	80,16	96,67	100,00
24.04.2021	17,01	19,13	88,92	100,00
26.04.2021	103,81	89,36	116,18	100,00
27.04.2021	95,13	96,40	108,55	90,91
28.04.2021	0,00	100,00	0,00	0,00
29.04.2021	176,71	95,83	184,40	100,00
30.04.2021	44,21	46,45	95,18	100,00

Pracoviště duben F01

Datum	Čisté Den OEE	Čisté Den A	Čisté Den R	Den Q
01.04.2021	66,34	93,86	71,04	99,48
02.04.2021	69,87	81,59	87,25	98,16
03.04.2021	56,04	83,11	67,63	99,69
04.04.2021	56,69	77,30	74,36	98,64
05.04.2021	50,37	75,29	67,45	99,19
06.04.2021	55,45	77,98	71,52	99,42
07.04.2021	61,15	79,04	77,96	99,24
08.04.2021	72,38	68,58	105,72	99,84
09.04.2021	45,46	69,78	65,61	99,30
10.04.2021	46,90	63,32	74,06	100,00
11.04.2021	39,71	50,31	78,92	100,00
12.04.2021	46,28	57,49	81,10	99,26
13.04.2021	67,73	73,28	92,68	99,74
14.04.2021	49,09	78,35	62,81	99,77
15.04.2021	25,70	42,59	60,88	99,11
16.04.2021	39,31	50,54	86,03	90,40
17.04.2021	85,78	95,87	89,92	99,51
18.04.2021	73,41	88,40	84,35	98,46
19.04.2021	24,21	37,18	65,11	100,00
20.04.2021	33,72	42,05	80,19	100,00
21.04.2021	28,54	55,24	51,83	99,69
23.04.2021	52,68	63,00	83,62	100,00
24.04.2021	60,82	92,41	66,20	99,42
25.04.2021	48,78	82,60	59,53	99,20
26.04.2021	27,18	93,38	29,10	100,00
27.04.2021	19,17	72,12	26,58	100,00
28.04.2021	38,57	59,82	64,48	100,00
29.04.2021	6,70	40,52	16,53	100,00
30.04.2021	71,97	87,01	83,34	99,25

Pracoviště květen A01

Datum	Čisté Den OEE	Čisté Den A	Čisté Den R	Den Q
01.05.2021	108,88	75,42	148,73	97,07
03.05.2021	40,23	62,23	78,50	82,35
04.05.2021	96,26	100,00	96,26	100,00
05.05.2021	74,11	82,35	90,00	100,00
06.05.2021	87,49	100,00	87,49	100,00
07.05.2021	72,62	96,79	102,16	73,44
09.05.2021	0,00	100,00	0,00	0,00
10.05.2021	83,69	93,57	89,44	100,00
11.05.2021	75,46	89,03	92,75	91,38
12.05.2021	82,67	87,71	94,25	100,00
13.05.2021	43,92	46,03	95,41	100,00
14.05.2021	30,72	48,52	63,31	100,00
15.05.2021	50,90	80,55	63,18	100,00
17.05.2021	26,71	74,83	35,69	100,00
18.05.2021	39,95	82,26	48,56	100,00
19.05.2021	45,47	80,90	58,02	96,87
20.05.2021	44,96	73,16	61,46	100,00
21.05.2021	48,20	62,94	76,59	100,00
22.05.2021	84,06	100,00	84,06	100,00
23.05.2021	0,00	100,00	0,00	0,00
24.05.2021	78,78	76,34	118,47	87,10
25.05.2021	66,27	71,90	92,16	100,00
26.05.2021	47,91	48,66	98,45	100,00
27.05.2021	68,92	69,63	98,98	100,00
28.05.2021	103,93	97,67	106,41	100,00
31.05.2021	75,80	68,89	110,04	100,00

Pracoviště květen F01

Datum	Čisté Den OEE	Čisté Den A	Čisté Den R	Den Q
01.05.2021	49,36	70,70	71,05	98,25
02.05.2021	45,70	61,07	75,07	99,69
03.05.2021	39,26	53,37	74,05	99,34
04.05.2021	42,32	48,03	88,11	100,00
05.05.2021	28,77	51,00	56,42	100,00
06.05.2021	2,39	40,17	5,95	100,00
07.05.2021	49,36	71,51	69,57	99,21
08.05.2021	45,79	85,81	53,51	99,74
09.05.2021	10,93	23,56	46,39	100,00
10.05.2021	27,56	31,46	87,59	100,00
11.05.2021	27,37	39,07	70,06	100,00
12.05.2021	49,44	59,62	83,72	99,06
13.05.2021	68,14	66,31	102,95	99,82
14.05.2021	66,52	59,33	113,38	98,88
15.05.2021	55,36	57,18	97,34	99,45
16.05.2021	65,55	56,76	116,11	99,47
17.05.2021	35,76	42,61	84,17	99,71
18.05.2021	62,41	65,68	95,02	100,00
19.05.2021	50,32	65,67	76,62	100,00
20.05.2021	43,42	48,47	89,57	100,00
21.05.2021	58,16	76,85	76,13	99,40
22.05.2021	69,26	78,99	87,68	100,00
23.05.2021	75,62	73,24	104,66	98,65
24.05.2021	49,01	49,92	98,62	99,54
25.05.2021	48,14	41,19	118,32	98,77
26.05.2021	28,38	44,31	65,13	98,34
27.05.2021	33,63	60,96	56,29	98,01
28.05.2021	74,72	86,91	88,13	97,55
29.05.2021	100,56	94,37	108,07	98,60
30.05.2021	88,09	91,04	96,94	99,82
31.05.2021	26,76	76,38	35,03	100,00