

Produktivita výroby a možnosti automatizace

Matěj Krňoul, Michal Šimon, Pavel Vránek

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Univerzitní 8, 306 14, Plzeň, Česká republika

mkrnoul@kp.v.zcu.cz

simon@kp.v.zcu.cz

vranek@kp.v.zcu.cz

Anotace: Článek se zabývá analýzou současného stavu nejmenovaného výrobního podniku a posuzuje úroveň produktivity výroby. V rámci této práce byly navrženy některé změny a návrhy pro optimalizaci a zvýšení celkové produktivity. V další části textu jsou odhalovány možnosti pro automatizaci dílčích činností i procesů jako celku. V rámci automatizace se práce zejména zaměřuje na tři hlavní oblasti s potenciálem pro modernizaci a automatizaci. Cílem této práce bylo odhalit úzká místa současného stavu a nalézt možnosti pro případné zautomatizování jednotlivých činností.

1 Úvod

Práce se zabývá tématem produktivity výroby a možnosti automatizace ve firmě vyrábějící silikonové polotovary pro chemický průmysl, zdravotnictví a další komerční využití. Cílem této práce je zhodnocení produktivity výroby a zjištění možností pro automatizaci procesu a jeho dílčích součástí v prostředí této firmy. V úvodu textu bude posouzena analýza současného stavu, kde budou rozebrány a zhodnoceny jednotlivé procesy a proběhne hledání míst s potenciálem pro zlepšení. Následně budou představeny návrhy na zvýšení produktivity a možnosti implementace automatizace vytipovaných procesů. Na závěr bude ukázáno řešení pilotního projektu pro měření ukazatele OEE jednotlivých strojů a závěrečné ekonomické zhodnocení navržených řešení optimalizace a automatizace procesů. V rámci automatizace je tato práce zaměřena na tři hlavní směry:

- Automatizace výrobních procesů
- Automatizace logistických procesů
- Digitální podnik

Dalším bodem k řešení bylo zavedení sledování ukazatele celkové efektivity zařízení. Ve firmě nebylo OEE žádným způsobem sledováno a bylo tedy důležité správně nastavit vyhodnocení a reporting těchto dat z dostupné datové sady. Díky tomuto návrhu a zavedení pilotního projektu je možné vyhodnotit míru produktivity výroby a efektivitu celého výrobního procesu.

2 Využití metody průmyslového inženýrství

V rámci této studie byly použity standardní metody průmyslového inženýrství pro normování času a práci s daty. Pro analýzu současného stavu produktivity výroby bylo využito metody snímku pracovního dne, hromadného snímku pracovního dne a špagetových diagramů. Bylo využito procesních map pro zmapování výrobního procesu a odhalení úzkých míst. Dále byl využit software pro vizualizaci a reporting dat Power BI od společnosti Microsoft.

3 Analýza současného stavu

V této části textu bude rozebrán současný stav technologie výroby, budou představeny typické stroje pro tento druh výroby a charakterizovány běžné výrobky analyzované společnosti. Dále proběhne nastínění výrobního procesu a odhalení některých nedostatků a potenciálu pro zlepšení interních firemních procesů.

3.1 Výrobní stroje

Ve výrobní hale se nachází v současné době 9 pracovišť a každé pracoviště obsahuje jeden míchací stroj a jeden stroj pro protlačování materiálu, tzv. extruder (někdy nazýván též strainer). Vstupní materiálové polotovary jsou míchány pomocí strojů se dvěma válci za vysokého pracovního tlaku a vyšší teploty. Do výrobků je možno přidat aditiva pro změnu fyzikálních a chemických vlastností či pro změnu barvy. Aditiva je třeba řádně promíchat. Na ručních pracovištích promíchávání probíhá tak, že je oddělena část materiálu z válce ručně pomocí škrabky a tento kus materiálu je vhozen zpět mezi točící se válce a tento proces je opakován, dokud není materiál rovnoměrně rozmíchaný. Na poloautomatizovaných pracovištích je toto odebírání materiálu vykonáno automaticky pomocí tzv. lopatky, která se pohybuje v horní nebo v boční části válce a celý proces funguje na stejném principu. Následně je rozmíchaný materiál pracovníkem umístěn do extruderu, kde je materiál prohnán přes filtrační síto. Materiál je poté vytvarován do určitého tvaru a ručně nařezán na zákazníkem požadovanou délku a zabalen. Výrobní stroje jsou staršího výrobního data, takže jejich technologické vlastnosti a měřitelné datové výstupy nedosahují úrovně strojů současných.

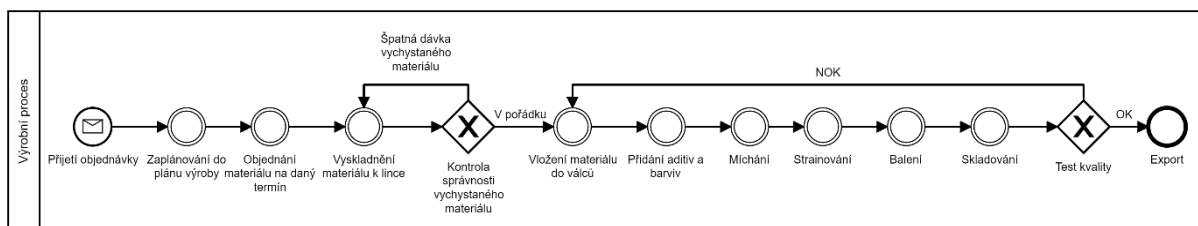
3.2 Výrobky

Finální výrobek v podobě silikonového prefabrikátu splňuje zákazníkem definované vlastnosti. Produkty zpracováváné pro lékařský průmysl musejí splňovat vysoké nároky na čistotu materiálu a zdravotní nezávadnost. Firma dále vyrábí pro automobilový průmysl, textilní průmysl, pro barvy zpracovávající průmysl, oděvní průmysl či pro firmy vyrábějící komponenty na chytré mobilní telefony, které se často diametrálně liší ve svých vlastnostech. Finální výrobek může mít odlišnou barvu, vlastnosti i tvar. Standardním

tvarem výrobku je hranol dlouhý asi 600 mm, který je balen do fólie a poslán zákazníkovi.

3.3 Výrobní proces

Výrobní proces by se dal charakterizovat jako zakázková výroba. Na výrobních strojích se často mění druh vyráběného materiálu podle aktuálně zpracovávané zakázky, a proto je třeba stroje často pečlivě vyčistit od aditiv a důkladně odstranit mastnotu předchozího vyráběného materiálu. Výroba silikonových dílů a nakládání s nimi je spojeno s vyšší fyzickou pracovní zátěží. Obrázek 1 znázorňuje zjednodušeně návaznost výrobního procesu pomocí diagramu. [1]



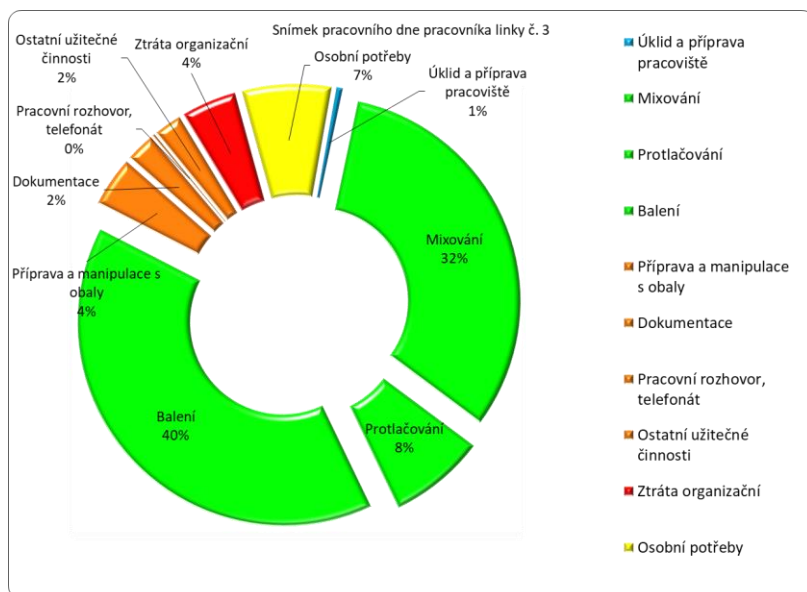
Obrázek 1 - Diagram procesu

3.4 Vytížení pracovníků

Pro zjištění potenciálu a možností automatizace proběhlo vytvoření snímku pracovního dne obsluhy stroje, snímku pracovního dne skladníků a přípraváře výroby. Z těchto proběhlých měření lze zjistit slabá místa výrobního a logistického procesu a tato místa lze následně optimalizovat či eliminovat pomocí automatizace. [2]

a) Snímek pracovního dne obsluhy stroje

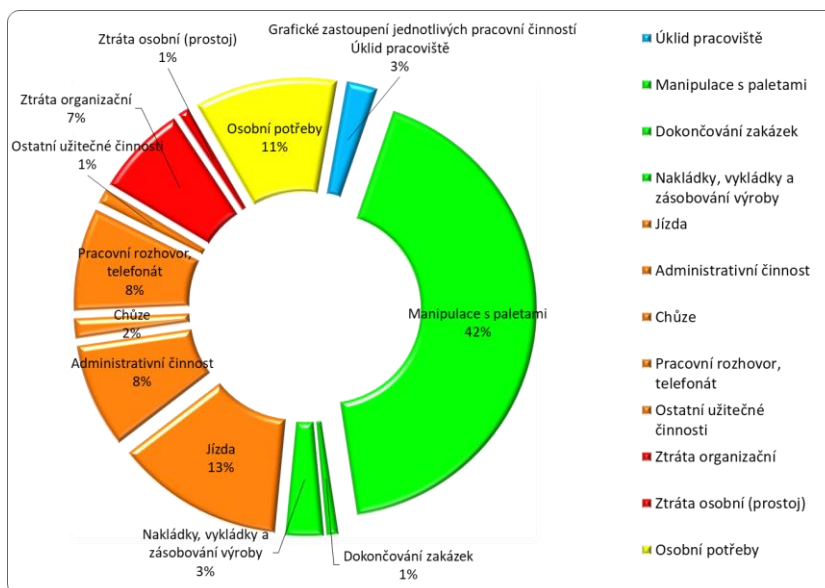
Detailní snímek pracovního dne obsluhy stroje byl proveden na dvou pracovištích. Každé pracoviště se skládá z válců pro míchání materiálu a z extruderu sloužící pro vytlačování promíchaného materiálu. Před začátkem směny je materiál skladníky vychystán na vstupu linky. Následně má obsluha linky za úkol tento materiál rozebrat, navážit pomocí vážící jednotky a vyrábět. Výroba může být dvojího typu. U prvního typu výroby dochází k tzv. homogenizaci základního materiálu a při druhém dochází k přidávání aditiv či barviv do základního materiálu. Tyto druhy výroby se od sebe odlišují dle požadavků zákazníka, ale fungují na stejném principu. Při homogenizaci materiálu se nemusí obsluha linky řídit přesně daným pracovním postupem a vstupní materiál po promíchání ihned odendává z válců. Při druhém typu výroby je třeba přesně dodržet výrobní postup a gramáž aditiv a barviv. Následující snímky pracovního dne byly naměřeny při výrobě materiálu obsahujícího aditiva a barviva.



Obrázek 2 - Snímek pracovního dne obsluhy linky č. 2

b) Snímek pracovního dne pracovníka skladu

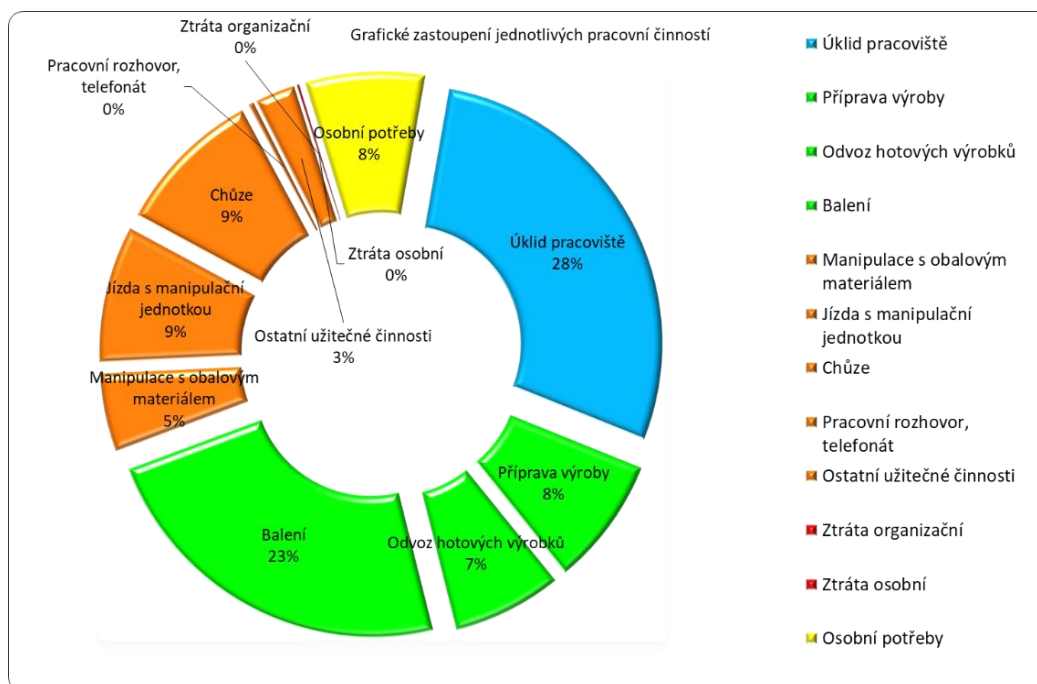
Snímek pracovního dne skladníka byl naměřen během 3 dní. Náplň práce skladníka je zejména manipulace s materiálem. Tento materiál lze rozdělit na materiál vstupní a materiál výstupní. Vstupním materiálem zásobuje průběžně linky. Výstupní materiál přebírá z vytyčeného místa, kam mu jej vozí skladník. Tento hotový materiál je následně zaskladněn do posuvných paletových regálů nebo naložen do návěsu kamionu. Dalším úkolem skladníka, a hlavně vedoucího pracovníka skladu, je administrativní činnost. Ta obsahuje práci se softwarem SAP, objednávání kamionů a kontrolu palet vyrobeného materiálu podle výrobního plánu. Mezi činností dokončování zakázek patří tištění a lepení vývozních etiket, kompletace palet a průvodní dokumentace k těmto hotovým výrobkům.



Obrázek 3 - Snímek pracovního dne skladníka

c) Snímek pracovního dne přípraváře výroby

Snímek pracovního dne přípraváře výroby byl vytvořen ve 3 dnech u 3 různých pracovníků. Tato pozice vznikla nově v únoru roku 2022 a v současném personálním obsazení výroby je tato pracovní pozice bez určeného pracovníka. Na začátku každé směny je z pracovníků obsluhy strojů vedoucím směny vybrán jeden pracovník, který daný den vykonává funkci přípraváře. Úkolem pracovníka přípravy výroby je vykonávání podpůrných výrobních procesů. Tyto procesy lze rozdělit do několika kategorií – příprava materiálu, úklid, balení a odvoz hotových výrobků.



Obrázek 4 - Snímek pracovního dne přípraváře č. 1

Shrnutí snímků pracovního dne

Ze snímkování pracovního dne pracovníků byla odhalena některá úzká místa procesů. Čištění strojů je velmi časově náročné a tuto funkci je třeba vykonat při každé změně materiálu. Obsluha stroje průměrně ze směny stráví více než 90 minut ručním odřezáním materiálu na válcích a 15 minut ovládním ovládacího panelu stroje. Pracovník tráví ze směny 20 minut vyplňováním dokumentace, proto je potřeba proces získávání informací optimalizovat a revidovat. Oddělování vstupního materiálu v případě že přijde jako celistvý blok je fyzicky velmi namáhavá činnost. Přípravář ze směny stráví 25 minut odvážením hotové výroby do skladu a 15 minut ručním namotáváním obalové fólie. Jízdou s nenaloženou manipulační jednotkou, jako jsou zpáteční cesty a popojíždění, stráví 40 minut ze směny. Pracovník skladu denně průměrně 10 minut zaváží materiál do výroby. Tento nízký čas je dán tím, že je materiál vychystáván průběžně po trvání celé směny a zakázky. Naložení kamionu trvá skladníkovi přibližně 10 minut a vyložení kamionu asi 35 minut. Další nedostatky a potencionálně ztrátové procesy byly odhaleny sledováním výrobního procesu a komunikací s pracovníky.

3.4.1 Nedostatky

Následující nedostatky byly zjištěny analýzou současného stavu pracoviště a výrobního procesu. V následujícím textu dojde k představení těchto nedostatků a k jejich detailnějšímu popisu.

a. Předávání informací při výměně směny

Při výměně směny by měl pracovník končící směnu předat nastupujícímu pracovníkovi své pracoviště i s informacemi o rozdělané zakázce. Dále by mu měl sdělit čas výměny síta pro filtraci nečistot materiálu. Tato síta se musí vyměňovat i několikrát za směnu a nesou s sebou pravidelné materiálové náklady. V současné době nejsou informace o času výměny síta mezi pracovníky nijak předávány, proto nastupující pracovník automaticky ihned vymění síto a tím se vyvaruje možnosti toho, že je síto již zanesené a neplní svoji funkci správně. Tímto vzniká materiálové plýtvání, které by šlo odstranit například zavedením informační nástěnné tabulky ke každému pracovišti, kde by pracovník vždy napsal datum a přesný čas výměny síta. Tím by nastupující pracovník dokázal odhadnout, jakou dobu bude síto ještě dostačující pro svoji funkci a nemusel by jej měnit na začátku každé směny.

b. Zastaralé stroje a jejich ovládání

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, stroje využívané pro produkci jsou staršího data výroby, a tedy nesplňují řadu dnes již standardních vlastností v nedávné době vyrobených strojů. Jedním z těchto problémů je absence automatizace na většině používaných strojů. S tím je spojena již zmiňovaná nutnost namáhavého manuálního dělení materiálu pomocí špachtle a vhazování materiálu zpět do míchacích válců. Dalším nedostatkem těchto strojů je zastaralé ovládání řídicí jednotky stroje. Pokud chce obsluha například zvýšit některý parametr, musí několikrát opakovaně stisknout tlačítko pro přidání hodnoty, kdy se hodnota každým stiskem zvýší pouze o jednu jednotku. Moderní stroje mají možnost zápisu požadované hodnoty a následně se stroj automaticky na tuto hodnotu přenastaví. Tato nutnost opakovaného stisku tlačítka ovládací jednotky zdržuje operátory výroby a odvádí je to od jejich produktivních činností.

c. Manipulace s materiálem

Zásobování pracovišť funguje v současné době díky činnosti skladníků, kteří zavážejí vstupní materiál pro výrobu. Tento materiál je ale častokrát dovezen pro celou zakázku najednou a začne se v prostoru pro vstupní materiál hromadit. To vede k nedostatku skladovacího místa a materiál je často skladován tak, že zasahuje do manipulační uličky. V ideálním případě by měl být vstupní materiál zavážen v takovém množství a frekvenci, aby pokryl potřeby výroby a nedocházelo k žádnému hromadění v těchto skladovacích místech. Dalším problémem manipulace s materiálem je to, že je operátor často nucen z důvodu přetížení přípravné odvézt paletu s hotovými výrobky pomocí paletového vozíku vlastnoručně sám, a to jej zdržuje od jeho primární funkce, kterou je práce na stroji a výroba.

d. Velké množství papírové dokumentace

Značná část interní firemní dokumentace je v papírové formě a vyplňování každodenně používaných dokumentů zabere pracovníkům dlouhý čas. Tyto dokumenty jsou často vícestránkové s velkým množstvím vyplňovaných řádek a informační hodnota těchto listin není zcela jasně měřitelná. Digitalizací a zjednodušením těchto dokumentů by se zjednodušilo a zrychlilo jejich vyplňování a zároveň by byly lépe archivovatelné a následně v případě potřeby lépe dohledatelné.

3.5 Návrhy na zvýšení produktivity

Následující kapitola je zaměřena na návrhy pro potenciální zvýšení produktivity výrobního a logistického procesu. Místa procesů s potenciálem pro zlepšení byla odhalena v kapitole analýza současného stavu. V tomto textu bude navržena optimalizace těchto procesů.

3.5.1 Technologický postup

Technologický postup není v současném stavu standardizován pro daný materiál. Objevují se zde široká rozmezí možných pracovních teplot jednotlivých strojů a není standardizována doba operací při práci na těchto strojích. Předepsaný čas výroby je závislý na typu použitého aditiva nebo barviva. Obsluha linky tedy musí sama poznat ze svých zkušeností, po jakou dobu je potřeba materiál před vytlačováním míchat ve válcích. Technologický postup je tedy velmi individuální a není standardizován. Standardizací technologického postupu by se normalizovaly výrobní časy a byly by zvýšeny možnosti pro plánování využívání kapacit strojů. V tabulce 4-1 lze vidět výňatek z technologického postupu a zmiňovaná rozmezí pracovních časů cyklu a doporučené rozmezí křížení materiálu jak pro linky bez míchacího automatu a pro linky s míchacím automatem.

Linka bez míchacího automatu		Linka s míchacím automatem	
Čas výrobního cyklu	40–70 minut	Čas výrobního cyklu	30–60 minut
Křížení materiálu	8–12krát	Křížení materiálu	-

Tabulka 1 - Výňatek z technologického postupu

3.5.2 Modernizace ovládacích panelů

Většina ovládacích panelů strojů je velmi zastaralá. Modernizací ovládacích panelů by bylo možné zrychlit pohyb strojních součástí a snížit potřebný čas obsluhy strojů. Současné ovládací panely extruderu obsahují tlačítka pro start a stop hlavního motoru a olejového čerpadla, dále nouzové tlačítko pro stop stroje a tlačítko pro zvýšení a snížení rychlosti otáčení šneku. Rychlost otáček šneku reguluje rychlost vytlačování materiálu z extruderu skrz síto. Další

informace, které jsou zobrazovány na ovládacím panelu, je teplota a tlak ve vytlačovací hlavě straineru a aktuální otáčky šneku. Tlačítka pro regulaci otáček šneku fungují na analogové bázi, je tedy třeba pro změnu o jednu rychlostní jednotku jedenkrát stisknout tlačítko. Modernizace tohoto ovládacího panelu by přinesla možnost digitálně navolit požadovanou rychlost a stroj by okamžitě začal v této rychlosti pracovat bez zdlouhavého mačkání tlačítek. Válcovací stroje mají úplně stejné problémy s ovládacími panely. Oproti extruderům je u válcování třeba regulovat a ovládat více výrobních a strojních parametrů. Průběh výroby je závislý na rychlosti otáčení válců a na mezeře mezi nimi. Pomocí mezery mezi válci je korigováno působení mechanických sil a tím dochází k promíchávání vyráběného materiálu. Tento ovládací panel je vybaven černobílým displejem, na kterém jsou zobrazovány údaje o mezeře mezi válci, rychlosti jednotlivých válců a napětí na jednotlivých válcích. Modernizací a digitalizací tohoto zařízení by bylo možné dostávat a analyzovat data v reálném čase a zároveň by se snížily časy potřebné pro změnu pracovní polohy válců a rychlosti otáčení. Dále by zde přibyla možnost pro automatické nastavení procesu pomocí ovládacího programu a obsluha by mohla mít předem nastavený míchací program pro jednotlivé typy materiálu. Tím by se dosáhlo standardizace pracovního postupu a usnadnilo by se celkové ovládání stroje.

3.5.3 Optimalizace výrobního plánu

Výrobní plán je sestavován průběžně v horizontu několika týdnů dopředu a za jeho sestavením stojí oddělení logistiky. Proces sestavení výrobního plánu začíná přijetím objednávky od zákazníka. Tato objednávka je podávána přes německé oddělení firmy a propsána do software obsahující seznam objednávek. Oddělení logistiky tento požadavek zapracuje do výrobního plánu a objednávka je následně interně potvrzena. V následující fázi je buďto objednan vstupní materiál na daný termín anebo je prověřena jeho přítomnost na skladě. V čas plánovaného termínu dochází k vyrobení materiálu a výrobní cyklus pokračuje dále podle obrázku 1 a zde vyobrazeného průchodu výrobku výrobním procesem. V současném stavu je výrobní proces řízen s ohledem na prioritní zakázky a top zákazníky, kterým je při sestavování výrobního plánu s ohledem na termíny dávana přednost před ostatními zakázkami. Každá vyráběná zakázka s sebou nese vysoké neproduktivní časy způsobené čištěním strojů po dokončení výroby daného materiálu. Tyto časy vyhrazené na čištění a jiné operace spojené s úklidovou činností po dokončení zakázky se pohybují v celkovém průměru kolem 60 minut na jednu linku za směnu. Toto je dáno charakterem chemické výroby a vysokými požadavky na kvalitu materiálu, jeho požadovanou homogenitu a celkovou čistotu. Vhodnou optimalizací výrobního plánu by bylo možné vyrábět zakázky ze stejného materiálu v návaznosti po sobě a tím dosáhnout co největšímu snížení těchto neproduktivních časů nebo jejich dílčích částí. Snížení času prostoje strojů by vedlo ke zvýšení možného celkového objemu využití strojů a k navýšení kapacity výroby.

3.6 Automatizace procesů

V současné době je několik projektů, kde je značný potenciál pro automatizaci. Tyto podněty pro zlepšování výroby jsou ve fázi návrhů a v současném stavu jsou zjišťovány dodatečné informace a podklady pro možné vyhodnocení jejich potenciálních přínosů a míry zlepšení výrobních procesů.

- Automatizace výrobních procesů
 - Míchací jednotka
 - Oddělovač silikonových bloků
 - Navíjení a řezání obalového materiálu
- Automatizace logistických procesů
 - Automatické zavážení výroby
 - Automatické odvážení hotové výroby do skladu
 - Automatické zavážení expedice
- Digitální podnik
 - Digitalizace sběru dat
 - Automatizace sběru dat
 - Reporting a vizualizace dat

3.6.1 Automatizace výrobních procesů

V následující kapitole budou probrány možnosti automatizace výrobních procesů. Mezi tyto procesy lze zařadit veškeré stroje a zařízení určené pro výrobu finálního produktu a zapojující se do výrobního procesu. Bylo vytypováno několik míst s potenciálem pro automatizaci.

a. Automatická míchací jednotka na válci

Většina strojů není v současném technickém řešení vybavena míchacím zařízením na válcích. Silikon se tedy musí ručně a velmi pracně oddělovat od válců pomocí škrabky a vrací se zpět mezi válce, aby se dobře a rovnoměrně promíchal. Automatické míchací zařízení míchá silikon mnohokrát rychleji a pracovník se může během míchání věnovat jiným činnostem. Toto zařízení automaticky narušuje materiál pomocí lopatek a svým posuvem do stran jej vrací zpět do pracovního prostoru válců. Díky tomu je materiál rychleji a kvalitněji promíchán než v případě ručního míchání. Zavedení automatických míchacích jednotek do stávajícího technického řešení všech výrobních linek slibuje redukci namáhavé ruční práce a celkové zrychlení výrobního procesu.

b. Automatický oddělovač pro velké silikonové bloky

Základní materiál je velmi často dodáván jako jeden silikonový blok. Tento silikonový blok váží někdy i více než 200 kg a musí být rozřezán na malé kousky, které obsluha stroje následně postupně vhazuje mezi míchací válce. Materiál se řeže ručně pomocí ocelové struny. To je velmi zdlouhavá a pro pracovníka často velmi vyčerpávající činnost. Tento oddělovač by automaticky nebo poloautomaticky nařezával materiál na menší kousky a ušetřil by obsluze stroje mnoho manuální vyčerpávající práce a zrychlil celý výrobní proces. Tento zařízení by také měl být mobilní, aby mohl být

přemísťován po výrobní hale a mohl sloužit pro více pracovišť. Implementací automatizovaného oddělovače materiálu silikonových bloků lze snížit riziko nemoci z povolání. Tyto nemoci se vyskytují při jednotvárném fyzickém zatížení nebo periodickém využívání jen jedné části těla. Mezi tyto nemoci se řadí onemocnění karpálního tunelu, onemocnění šlach, svalů a kloubů a další onemocnění spojená s dlouhodobou neúměrnou fyzickou zátěží.

c. Automatická navíječka a řezačka balící fólie

Fólie, do kterých je vyrobený materiál balen, mají určité standardizované rozměry. Jednotlivé části obalového materiálu jsou řezány odlamovacím nožem z ručního navíječe. Tato navinutá vrstva před odříznutím musí mít namotanou tloušťku cca 10 mm. Ruční rolování fólie pomocí této manuální navíječky trvá dlouho a odřezání požadovaného kusu obalového materiálu odlamovacím nožem je časově náročné a nebezpečné. Nový automatizovaný stroj by navíjel vrstvu fólie a automaticky ji nařezal na určené délky podle počtu potřebných kusů. Zavedením tohoto řešení by se zvýšila bezpečnost pracovníků a rychlost podpůrných procesů výroby. Ze snímku pracovního dne přípravaře výroby, který má navíjení fólie v popisu své pracovní náplně, bylo pozorováno, že navíjení fólie zabere průměrně 15 minut z pracovní směny. Zavedením automatického stroje pro navíjení a řezání obalové fólie by byl tento čas eliminován. Přípravář by pouze stiskl tlačítko, mohl by odejít dělat jinou práci. Až by byla fólie odmotána a uříznuta, tak by ji odnesl na výrobní linku.

3.6.2 Automatizace logistických procesů

V této kapitole bude rozebrána možnost automatizace logistických procesů. Základem pro implementaci automatizace logistických procesů je využívání standardizovaných obalových jednotek. Ve výrobním procesu jsou využívány standardní euro palety, takže zde existuje jistý potenciál pro zaplánování autonomních vozítek. Obsluha stroje v současném řešení často odváží hotové palety s materiálem do skladu pomocí paletových vozíků. Toto se děje v případě, když jsou skladníci vytíženi. Tento proces by mohl být zautomatizován pořízením automaticky řízených paletových vozíků. Vozidlo AGV může samo organizovat odvoz a dodávku materiálu a pracovník se může věnovat produktivnějším činnostem. Při vhodném nastavení by tyto automaticky naváděné vozíky mohly materiál k pracovištím i zavážet a minimalizovat počet materiálu uskladněného u strojů na nezbytně nutnou hladinu zásob potřebnou pro zajištění výroby. Toto řešení s sebou nese vysokou počáteční investici a byla by třeba důkladná analýza návratnosti. Automatizaci lze implementovat do následujících dílčích procesů popsaných níže. [4]

a. Automatické zavážení výroby

Tento druh automatizace logistických procesů obsahuje automatické zavážení vstupního materiálu na jednotlivé linky nebo předem specifikovaná místa, odkud by byl materiál dále přebrán obsluhou linky nebo přípravářem výroby. Pro tento typ automatizace by byla potřeba předem nadefinovat trasy autonomních manipulačních vozíků a místo pro vykládku materiálu. Tato místa by se měla ideálně nacházet na vstupu výrobní linky nebo v těsné blízkosti tohoto prostoru. Zavedením tohoto řešení by se značně eliminoval čas skladníků, který je potřeba k vychystání materiálu a jeho následnému dovezení k výrobní lince. Autonomní manipulátory materiálu, které by byly pro tento typ zavážení výroby potřeba, by mohly být naváděny pomocí indukce, jelikož by měly předem specifikované trasy a místa nakládky a vykládky. Skladníci by vychystaly palety s materiálem na místo materiálu vychystaného do výroby a následně by si autonomní vozítko odvezlo paletu díky načtení EAN či QR kódu na místo určené k zavážení materiálu na linku. Na každé lince by se muselo vyznačit a dodržovat místo pro potřeby zavážení materiálu.

b. Automatické odvážení hotové výroby do skladu

Pro vytvoření konceptu automatického odvážení hotové výroby je třeba nejprve definovat místa vytýčená pro sběr hotových palet materiálu a místo pro odvoz hotových palet. Místo pro sběr hotového materiálu by byla potřeba vytvořit jedno u každé výrobní linky. V tomto místě by obsluha linky kompletovala paletu s hotovými výrobky. V případě, že by byla paleta hotová, byl by pomocí signálního znamení přivolána autonomní přepravní jednotka, která by danou paletu odvezla na místo automatického páskování. Pro možnost automatického páskování by bylo třeba pořídit automatizovaný páskovací stroj, do kterého by byla paleta pomocí autonomního vozítka zavezena a následně opět nabrána na sběrné místo, odkud by byla paleta hotového materiálu převzata skladníky a následně zaskladněna do paletové pozice.

c. Automatické zavážení expedice

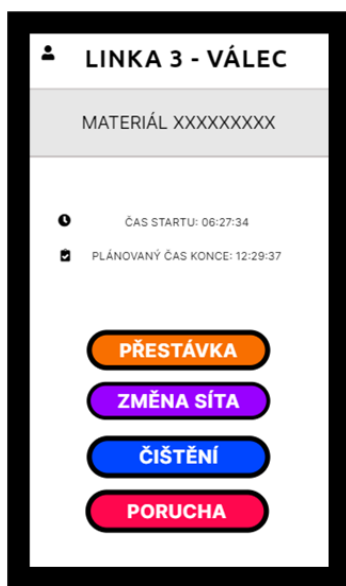
Automatickým zavážením expedice by došlo k zautomatizování procesu nakládky návěsů kamionů a dodávek. Toto řešení s sebou nese značnou finanční investici, jelikož je potřeba pořídit drahé a chytré autonomní samonaváděcí vozíky, které si s takovýmto úkolem poradí. Pro implementaci tohoto řešení by byla potřeba přestavět nákladové rampy pro zajištění korektní funkce vozíků. Tyto vozíky by si musely opět přebírat materiál ze sběrného místa, jelikož se v prostorech skladu nacházejí posuvné regály, které nejsou plně automatizovány a je potřeba, aby jejich posuv do stran ovládala lidská obsluha. Z těchto důvodů se zavedení automatické zavážení expedice jeví jako nepravděpodobná investice.

3.6.3 Digitální podnik

Digitalizace dat, jejich automatizovaný sběr a digitální vizualizace se stává standardem pro sběr dat a následnou práci s nimi. Sběr velkého objemu dat z výroby je v současnosti jedním z nejdůležitějších podkladů pro tvorbu analýz, reportů a dále slouží jako podkladový materiál při rozhodovacích procesech a predikcích budoucích stavů. Proto je důležité, aby byla data co nejlépe sbírána, kategorizována a dále s nimi bylo účelně nakládáno.

a) Digitalizace sběru dat

Pro možnost digitalizace sběru dat navrhuji vybavit každý stroj průmyslovým tabletem. Vodotěsný a prachotěsný tablet by sloužil pro zápis prostojů a sdílení informací o dané lince a vyráběném materiálu v případě změny směny. Tato obsluhou zapisovaná data by byla automaticky propisována skrz internetové připojení v reálném čase na sdílený disk či úložiště, kde by s nasbíranými daty mohl ihned pracovat vedoucí pracovník či management a vznikla by tím možnost okamžitého přehledu o stavu výroby a o prostojích strojů. Následně by v tomto softwaru byly informace o výměnách síta, takže by vznikla evidence skutečné spotřeby síta v závislosti na jednotlivých zakázkách. Jak by takovýto software mohl vypadat je znázorněno na obrázku 5. Tento software by zároveň sloužil pro předávání informací mezi pracovníky při střídání směny a byl by v něm pro zápis i čtení dostupný runsheet s výrobním postupem pro vyráběný materiál.



Obrázek 5 - Možnost digitalizace sběru dat pomocí tabletu

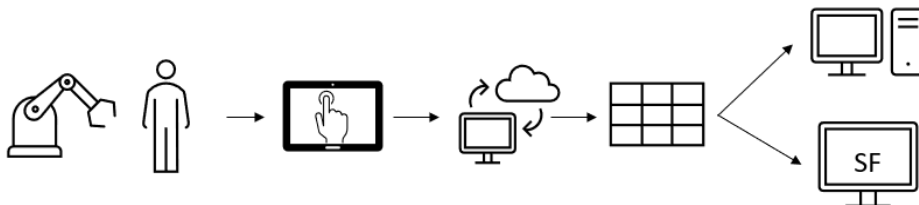
b) Automatizace sběru dat

Automatizace sběru dat je předpokladem pro tvorbu databází obsahujících informace z výroby a je důležitou součástí pro vyhodnocování a další práci s těmito daty. Sběr dat může být automatizován zavedením komplexního sběru dat pomocí senzorů díky implementaci nových ovládacích panelů stávajících strojů, jak bylo navrženo v kapitole výše. Další možností je využití

jednotlivých čidel a rozmístění těchto čidel na důležité strojové části a následné zpracování sběru těchto dat. S automatizací sběru dat se několikanásobně zvedne jejich zaznamenávaný objem a bude proto potřeba tyto datové balíčky účinně vytřídit do databáze, zestandardizovat a následně s nimi dále pracovat. Díky automatizaci dat lze průběžně automaticky zapisovat výrobní výkaz a sledovat plnění výrobního plánu.

c) Reporting a vizualizace dat

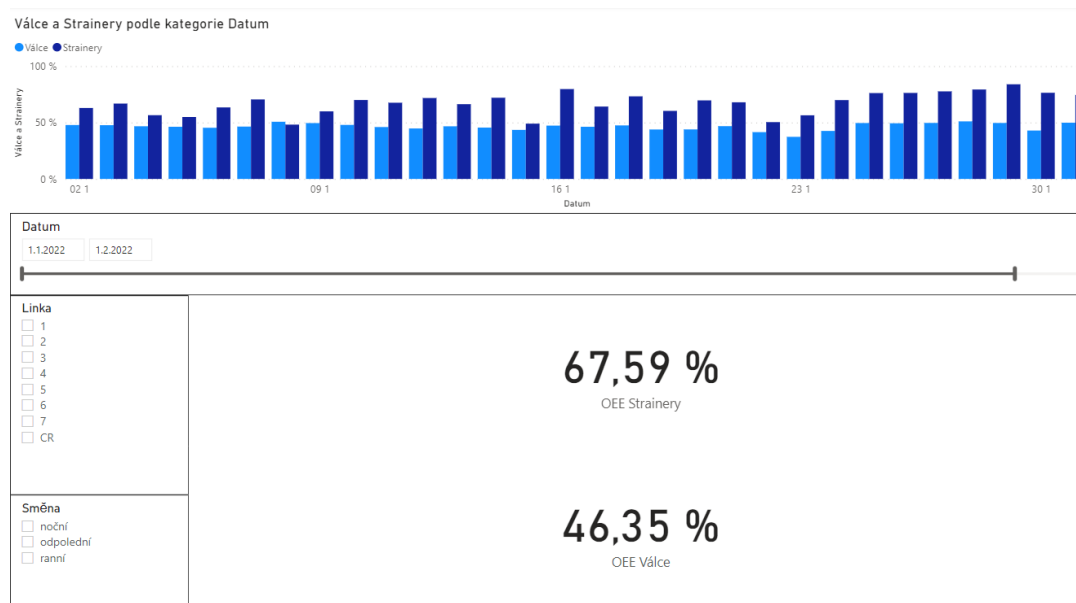
Automaticky sbíraná a digitalizovaná data je třeba přetvořit v hodnotné výstupy. S těmito výstupy je potřeba dále nakládat a reportovat tato data pro účely mapování stavu výroby, optimalizace procesů a kontinuálního zlepšování. K tomu účelu lze využít aplikace pro vizualizaci dat jako je např. excelové grafy či Power BI. Právě Power BI je velmi vhodné pro implementaci, jelikož je velmi přehledné a vyhodnocovaná data lze filtrovat a vhodně graficky vizualizovat. Pro možnosti reportingu těchto dat navrhuji místo stávající shopfloorové tabule umístit na zeď v místě každodenních porad televizor, který by zobrazoval data z výroby z předchozího dne v digitální formě s možností sortování dat a komplexního vyhodnocení stavu výroby. Digitální vizualizace dat tímto způsobem působí více uceleně a je mnohem přehlednější pro čtenáře než data zapsaná na tabuli pomocí fixu. Návaznost navrhovaného procesu sběru, reportingu a vizualizace dat je schematicky znázorněna na obrázku 6. [4]



Obrázek 6 - Proces zápisu a sběru dat

3.6.4 Vizualizace OEE

Výsledná hodnota ukazatele OEE je vizualizována pomocí software Power BI. Součinem celkového využití dat z kvality materiálu, dostupnosti strojů a výkonu strojů lze vypočítat výslednou hodnotu OEE pro každý zaznamenávaný stroj na každé lince. Tato data bude možné zobrazit jak v pracovním počítači, tak například v chytrém telefonu nebo v tabletu, což přinese aktuální přehled o výrobě a možnost okamžitého reportingu zaznamenávaných dat například na shopfloorové tabuli. Dále lze hodnoty ukazatele OEE nastavit jako klíčové ukazatele výkonu (KPI) a následně sledovat jejich růst a pokles v závislosti na výrobě. Zavedením měření a vizualizace OEE lze zjistit celkové prostoje a faktory ovlivňující plynulost výroby a sledovat míru využití potenciálu výrobního procesu a jeho dílčích částí. Dalším potenciálním využitím sledování OEE a jeho vizualizací je možnost odhalení a mapování nejlepších a nejhorších strojů.



Obrázek 7 - Výsledná vizualizace OEE za měsíc leden

4 Závěr

Optimalizace a zvyšování produktivity výroby je velmi důležitým aspektem výrobních podniků. Čím efektivněji dokáže podnik vyrábět své výrobky, tím má větší potenciál pro svůj všestranný růst a v konkurenčním boji. Proto je důležité, aby se každý výrobní podnik zaměřil na eliminaci všech druhů plýtvání a odhaloval svá potenciální úzká místa. Ztrátové činnosti a místa mohou být odhalena několika způsoby jako je přímé měření produktivity výroby nebo pomocí různých ukazatelů pro výkonnost a efektivitu výroby. Po odhalení těchto skutečností je potřeba, aby proběhla nápravná opatření. Toho lze dosáhnout racionalizací, optimalizací pracoviště či automatizací dílčích procesů. Podniky, které dokáží své výrobní procesy neustále zlepšovat, mají největší šanci uspět v současné tvrdé konkurenci a protlačit svůj konečný výrobek až k zákazníkovi. Tento text se zabývá efektivitou výroby a možnostmi automatizace v konkrétním výrobním podniku. Nejprve byla představena teorie potřebná pro vypracování této práce, kde byly definovány základní pojmy a představeny možnosti pro měření produktivity výroby a možnosti pro automatizaci dílčích procesů. V praktické části proběhla analýza současného stavu a představení výrobního podniku. Proběhla analýza výroby společnosti a byly vypracovány snímky pracovního dne jednotlivých pracovních pozic. Díky tomu byla odhalena místa s potenciálem pro zlepšení. Dále proběhla analýza interní výrobní dokumentace s cílem zredukovat množství ručně vypisovaných papírových dokumentů. Pro odhalená úzká místa byly navrženy změny za účelem zvýšení produktivity práce s využitím automatizace dílčích procesů a strojů. Dále byla nadefinována potřebná datová sada pro zavedení pilotního projektu měření ukazatele OEE, automatizace zpracování dat a následná vizualizace pomocí softwaru Power BI.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za podpory interního grantu Západočeské univerzity číslo SGS-2021-028 s názvem Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému (Developmental and training tools for the interaction of man and the cyber-physical production system).

Použitá literatura

- [1] KOUBOVSKÁ, M. *Analýza logistických procesů*. Plzeň, 2020. Bakalářská práce. Západočeská univerzita. Fakulta strojní.
- [2] KARKOŠ, M. *Časové studie ve společnosti Doosan Škoda Power, s.r.o.* Plzeň, 2015. Bakalářská práce. Západočeská univerzita. Fakulta strojní.
- [3] BAJIČOVÁ, T. *Možnosti využití nástroje Power BI v průmyslové praxi*. Plzeň, 2020. Bakalářská práce. Západočeská univerzita. Fakulta strojní.
- [4] JUROVÁ, Marie a kol. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: GRADA, 2016. ISBN 9788027193301.