



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU ZA VYUŽITÍ METOD ŠTÍHLÉ VÝROBY VE FIRMĚ FRAUENTHAL AUTOMOTIVE HUSTOPEČE S.R.O.

PROCESS OPTIMALIZATION AND LEAN IMPLEMENTATION IN THE MANUFACTURING COMPANY
FRAUENTHAL AUTOMOTIVE HUSTOPEČE LTD

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Richard Kolenčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Richard Kolenčík
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Optimalizace výrobního procesu za využití metod štíhlé výroby ve firmě Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je navrhnout optimalizaci výrobního procesu za využití moderních metod řízení kvality a procesu.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza požadavků na pracoviště z pohledu štíhlé výroby
2. Návrh uspořádání pracoviště
3. Kalkulace nákladů
4. Přínosy a zdůvodnění realizace návrhu

Seznam doporučené literatury:

KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. Technologické projekty a manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

KOŠTURIÁK, Ján a kol. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-553-3.

JONES, Erick C. Quality management for organization using lean Six Sigma techniques. Boca Raton: CRC Press, c2014. ISBN 978-1-4398-9782-9.

MACINNES, Richard L. Štíhlý podnik Memory Jogger: vytvářejte hodnotu a eliminujte ztráty v celém vašem podniku. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01849-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá reorganizáciou rozmiestnenia dvoch výrobných liniek v spoločnosti Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o. Vďaka tomuto návrhu je možná úspora operátorov a návrh bol vytvorený v spojení s časovou analýzou procesu. Tiež je vykonaný návrh nových pracovných pomôcok, ktoré by mali pomôcť operátorovi a zlepšiť ergonómiu pracoviska. Posledná časť pojednáva ohľadom nákladov na implementáciu nového návrhu.

Kľúčové slova

Štíhla výroba, Yamazumi diagram, úprava rozmiestnenia, zásobovanie, BasicMOST

ABSTRACT

The master Thesis deals with the layout optimization of two production lines in the company Frauenthal Automotive Hustopece Ltd. Thanks to this design, reduction of needed operators can be realized and design is linked with process time analyzation. Also a new design of working tools is created, which should help operator and improve ergonomic of workplace. The last part discusses about implementation costs of new design.

Key words

Lean manufacturing, Yamazumi charts, Layout optimization, supplying, BasicMOST

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOLENČÍK, R. *Optimalizace výrobního procesu za využití metod štíhlé výroby ve firmě Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o..* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 59 s. 11 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Čestne prehlasujem, že som diplomovú prácu na tému *Optimalizace výrobního procesu za využití metod štíhlé výroby ve firmě Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o.* vypracoval samostatne s využitím odbornej literatúry uvedenej na zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

Dátum

Bc. Richard Kolenčík

POĎAKOVANIE

Týmto by som sa chcel poďakovať vedúcemu diplomovej práce p. Ing. Janu Strejčkovi, Ph.D., MBA za cenné rady a pripomienky v priebehu vypracovania. Tiež ďakujem spoločnosti Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o za možnosť byť súčasťou zaujímavého projektu a menovite p. Liborovi Zlámalovi za zdieľanie svojich skúsenosti a praktických znalosti v priebehu konzultácií. Taktiež ďakujem svojej rodine, priateľom a známym za trpezlivosť a podporu v záverečnej fáze štúdia.

OBSAH

ABSTRAKT	5
ČESTNÉ PREHLÁSENIE	6
POĎAKOVANIE.....	7
OBSAH	8
ÚVOD	9
1 PREDSTAVENIE ŠTÍHLEJ VÝROBY	10
1.1 Jadro Štíhlej výroby.....	10
1.2 Zavádzajúce mýty	11
1.3 Druhy plýtvania.....	12
1.4 Toyota Production System (TPS).....	14
1.5 Ďalšie známe nástroje štíhlej výroby	19
2 FRAUENTHAL AUTOMOTIVE	21
2.1 Business Unit Airtank	22
2.2 Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o.	24
3 ANALÝZA SÚČASTNÉHO STAVU	26
3.1 Výrobný proces	26
3.2 Aktuálny Layout.....	31
4 NÁVRH ZMIEN	32
4.1 Rozmiestnenie.....	32
4.2 Zásobovanie liniek dnami	45
4.3 Zásobovanie liniek hrdlami	47
4.4 Štandardná práca.....	49
5 KALKULÁCIA NÁKLADOV	53
5.1 Náklady na realizáciu	53
5.2 Úspora na mzdách	54
5.3 Návratnosť investície.....	55
6 ZHODNOTENIE.....	56
ZÁVER.....	57
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	58
ZOZNAM PRÍLOH	59

ÚVOD

Výrobný trh (všeobecne všetky odvetvia) sa v poslednej dobe stáva čím ďalej tým viac konkurenčný, pretože každý výrobca sa snaží svoj objem produkcie maximalizovať s vidinou vyšších ziskov a do odvetvia stále vstupujú noví a noví producenti. Toto má za následok, že mnohokrát ponuka po danom zboží prekonáva zákaznícky dopyt, čo zákazníka dostáva do výhodnej pozície. Pretože si môže klásť čím ďalej tým väčšie požiadavky ako na kvalitu, tak kvantitu či cenu a na základe nich vyberať najvhodnejšieho dodávateľa.

Toto je dôvod prečo výrobné spoločnosti v poslednej dobe čoraz viac prihliadajú hlavne na znižovanie výrobných nákladov, zlepšovanie kvality svojich produktov čím logický zvyšujú svoju konkurencieschopnosť a prípadné zisky. A práve z tohto dôvodu sa do popredia dostali princípy a nástroje Štíhlej výroby a vedenie spoločnosti si dáva za cieľ dosiahnutie tzv. Štíhleho podniku. Pretože práve táto metodológia upriamuje svoju pozornosť hlavne na elimináciu všetkých druhov plytvania a zvyšovanie kvality vyrobených produktov.

Táto diplomová práca sa zaoberá návrhom úprav dvoch výrobných (zváračských) liniek v spoločnosti Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o, za využitia filozofie štíhlej výroby. Predovšetkým sa jedná o reorganizáciu aktuálneho usporiadania strojov, pretože vedenie spoločnosti nie je spokojné s aktuálnym stavom. Cieľom je návrh prestavby strojov (bez zmeny technológie), ktorý by zlepšil materiálový tok, umožnil redukcii operátorov a prípadne docielil úspory miesta. Ďalšie časti sa tiež venujú zjednodušeniu a zlepšeniu spôsobu zásobovania výrobných liniek vstupným materiálom, pomocou návrhu nových pracovných/zásobovacích pomôcok ako sú vozíky a regály, konštruované na zlepšenie ergonómie. Diplomová práca je zavŕšená záverečnou kalkuláciou nákladov potrebných na realizáciu navrhovaných úprav, základného prepočtu návratnosti danej investície a vzájomným porovnaním aktuálneho a navrhovaného stavu.

1 PREDSTAVENIE ŠTÍHLEJ VÝROBY

Pri vysvetľovaní toho čo vlastne štíhla metóda predstavuje, je jednoduchšie si na začiatok povedať čo štíhla výroba nie je. Štíhla výroba nie je žiadne nové náboženstvo, ani nástroj na vyriešenie všetkých podnikateľských problémov.

Počas brázdenia internetu a všetkých možných ostatných zdrojoch s cieľom nájdania jednotnej definície pojmu Lean manufacturing sa narazí na veľké množstvo najrôznejších definícií, ktoré budú viac či menej odlišné. Avšak všetky sa budú týkať troch hlavných tém a tie sú [1]:

- Zameranie sa na dodávanie väčšej hodnoty zákazníkom
- Vyrábania viac za menej
- Zaistenie aby pri dodávkach viac za menej sa neohrozovala kvalita, bezpečnosť a dlhodobá stabilita firmy

Z pomedzi mnohých sa nasledujúca definícia javí ako jedna z nejednoduchších ale pritom si stále zachováva svoju výstižnosť

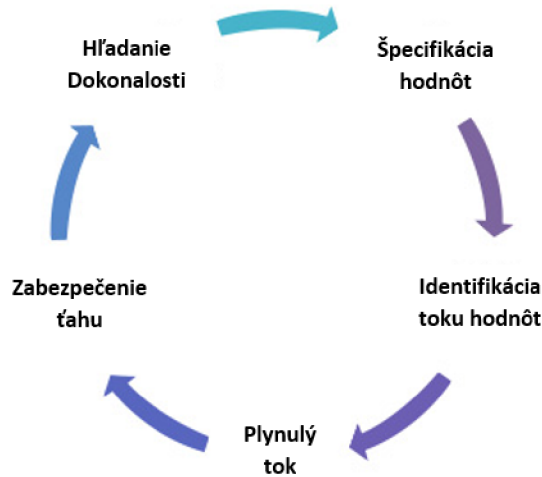
„Štíhla výroba je prístup k zlepšeniu organizácií, ktoré sa zameriavajú na potreby zákazníkov. Všetko čo neprináša zákazníkovi hodnotu ani nezaručuje bezpečnosť a zabezpečenie organizácie a jej zamestnancov považuje za plytvanie, ktoré je cieľom k odstráneniu [1]”

1.1 Jadro Štíhlej výroby

Dá sa tvrdiť že celý princíp štíhlej výroby je posadený na piatich základných kľúčových aspektoch tejto filozofie (obr.1). Pokiaľ je vo firme úspešne zavedená metodológia štíhlej výroby, tak počas krátkej štúdie procesov vo vnútri tejto spoločnosti by mali byť všetky nasledujúce piliere pomerne ľahko identifikovateľné [1,2]:

1. Každý v organizácii bude rozumieť „Čo“ zákazník požaduje, a za čo je ochotný zaplatiť. Vďaka čomu každý dokáže posúdiť/identifikovať plytvanie ktoré spomaľuje proces alebo tok materiálu a informácií.
2. Bude identifikovaný tok hodnôt a interné činnosti vykonávajúce sa vo vnútri organizácie. Čo umožní zlepšovať proces od samého začiatku s cieľom eliminácie všetkých druhov plytvania.
3. Tretím pilierom štíhleho zmýšľania je zabezpečenie plynulého materiálového toku. Aby výrobky prúdili od jedného kroku k druhému bez meškania a hlavne plynule. To sa dá doceliť napríklad reorganizáciou rozmiestnenia jednotlivých stanovišť alebo úpravou/redukciou výrobných dávok. Samozrejmosťou je kvalitnejší balans výrobných liniek.
4. Výrobný systém pracujúci na princípe ťahu. To znamená vyrábať to čo zákazník požaduje a len vtedy keď to zákazník požaduje. Tento systém kladne prispieva na znižovanie potrebných skladových zásob a náklady spojené s týmto skladovaním.

5. Posledným pilierom je snaha o vytvorenie dokonalosti. Nástroje Lean-u budú chápané ako spôsob ktorým sa dajú veci meniť. Naprieč firmou budú tvorené tými kombinované so všetkými stupňami zamestnancov ktorých prvoradým cieľom bude snaha o dosiahnutie dokonalosti v každom aspekte podnikania.



Obr.1 Pilieře Štíhlej výroby

Pri hlbšom zamyslení si snáď každý uvedomí že vymenované kľúčové aspekty majú pomerne logickú nadväznosť. V podstate celý princíp spočíva iba s snahe o vytvorenie čo najjednoduchšieho a najbezpečnejšieho prostredia ktoré garantuje zákazníkovi dodávky o požadovanej kvalite a množstve. Samozrejme nemožno zabúdať, že medzi hlavné ciele sa tiež radí snaha a zabezpečenie stability nie len výrobného procesu ako takého, ale aj o stabilitu a bezpečnosť celej organizácie.

1.2 Zavádzajúce mýty

Medzi pracovníkmi a firmami ktorý nie sú plne oboznámený s touto metodológiou sa často vyskytujú tzv. mýty a rôzne zavádzajúce tvrdenia. Práve z nich boli niektoré vybrané a sú následne predstavené

1.2.1 Lean je len kopa nástrojov

Jedným z najväčších a najčastejších tzv. mýtov je tvrdenie že štíhla výroba je len sada nástrojov a nič viac. Áno je pravda že štíhla výroba obsahuje obrovské množstvo rôznorodých a užitočných nástrojov, ktoré pomáhajú pri implementácii štíhlej výroby, avšak pokiaľ sa nepoužije správny nástroj v správny čas tak sa pravdepodobne narazí na radu zbytočných problémov. Preto je potrebné hlbšieho pochopenie celej metodológie čo pomôže pri správnom výbere a použití príslušných nástrojov [1,2].

1.2.2 Teraz nie je vhodný čas

Často pri presadzovaní metód štíhlej výroby dochádza ku konfrontácii s ostatnými zamestnancami, že momentálne nie je „správny čas“. S takýmto prístupom bohužiaľ nikdy nenastane „TEN SPRÁVNY ČAS“, čo v konečnom dôsledku škodí len a len danej organizácii. Pri tomto prístupe je až ohromné ako sú firmy (resp. zamestnanci) pripravený obetovať obrovské množstvo „stratených hodín“, ktoré vznikajú kvôli zle fungujúcim procesom. Namiesto toho aby trochu investovali do toho aby sa zle fungujúce časti odstránili a tým šetril čas aj peniaze [1].

1.2.3 Štíhla výroba je vhodná len do automotive prostredia

Toto je častá odpoveď na implementáciu nástrojov štíhlej výroby od ľudí (resp. spoločností), ktorý ešte nemali tú česť sa osobne stretnúť a bližšie nazrieť do zákulisia tejto metodológie. Pravdou je že môže dôjsť k Lean implantácii skoro v každej výrobnnej sfére ale taktiež v nevýrobnej sfére.

Ved' plne postačuje sa pozrieť pred vyprázdnením do smetného koša v kancelárii a sami si všimnete koľko zbytočných papierov a poznámok prichádza každý deň, resp. týždeň, pričom vo väčšine nemajú žiadnu priamu nadväznosť na automotive prostredie. Pokiaľ tento príklad nie je dostačujúci, tak stále je možnosť četné príklady dohľadať prostredníctvom internetu, kde celkom určite narazíte na príklady z rôznych oblastí podnikania [1,2].

1.2.4 Lean je vhodný len na upratovanie

Tiež pomerne často vyskytujúcou sa mylnou predstavou je že Lean je vhodný len na nízko úrovňové zlepšovacie procesy. Hlavne v zameraní na upratovanie pracoviska a jeho okolia (metóda 5S), alebo na vyznačenie červených čiar v procese kedy je potrebné činnosť zastaviť, resp. doplniť sklady a podobne. Čo snád' každý čitateľ po prečítaní predchádzajúcich odstavcov sám uzná že je nezmysel [1].

1.3 Druhy plytvania

Pomerne častým pojmom v teórii popisujúcej štíhlu výrobu sa vyskytuje pojem plytvanie. Preto táto podkapitola bude venovaná predstaveniu 7 najčastejších druhov plytvania z hľadiska procesu a štíhlej výroby

1.3.1 Nadprodukcia

Prvým a snád' najčastejším druhom plytvania je tvorba nadprodukcie. To znamená tvorba výrobkov prevyšujúcich množstvo ktoré je predané alebo bolo vyžiadané od zákazníka [1,2]. Nadprodukcia zahľcuje sklady, čo so sebou prináša zvýšené náklady.

1.3.2 Čakanie

Ďalším druhom plytvania je čakanie. To môže predstavovať čakanie na dodávku materiálu na pracovisku, ale taktiež prestoje operátora spôsobené čakaním na dokončenie cyklu [1,2]. Už len z tzv. „sedliackeho rozumu“ čas čakania/prestoja

predstavuje čas kedy pracovisko/stroj/operátor neprodukuje žiadnu pridanú hodnotu a to samozrejme predstavuje plytvania časom a peniazmi.

1.3.3 Opravy/Defekty

Tretím druh plytvania predstavuje stratené finančné a materiálne zdroje z dôvodu vzniku nezhodných výrobkov. V lepšom prípade sa dajú tieto výrobky ešte opraviť, ale to predstavuje v podstate dvojité náklady na proces, keďže skoro celý procesom musí tento výrobok prejsť ešte raz. V tom horšom prípade tieto výrobky predstavujú odpad, takže sa priamo vyhadzujú a odstraňujú.

1.3.4 Pohyb

Ďalším pomerne častým problémom býva zbytočnosť pohybov a z nich plynúcich strata výrobného času. Zbytočné pohyby nie len že zvyšujú čas na výkon danej činnosti, ale tiež zvyšujú záťaž operátora tým pádom aj riziko vzniku úrazu.

1.3.5 Preprava

Pod pojmom preprava si je možné predstaviť všetky druhy prepravy/pohybu materiálu naprieč výrobným závodom, taktiež medzi závodom a zákazníkom, prípadne dodávateľom a závodom. Tieto aktivity predstavujú veľké množstvo hodín a kilometrov ktoré treba prekonať, čo zvyšuje šancu na poškodenie produktu a tiež zvyšujú náklady [1,2].

1.3.6 Nevyžiadaný proces

Toto je možné chápať ako vytváranie činnosti ktorá nie je explicitne vyžadovaná zákazníkom. Napríklad tvorba produktu ktorý je zbytočne príliš „technický vyspelý“, pričom je možné vytvoriť požadovaný produkt oveľa jednoduchším, lacnejším a menej vyspelým technologickým spracovaním.

1.3.7 Inventár

Tento druh plytvania prevažne predstavuje cenu nevyužitých a nepotrebných strojov, nástrojov, materiálov a výrobkov. Pričom táto cena môže byť pomerne jednoducho speňažená formou predaja čo taktiež uvoľní výrobné a skladovacie priestory ktoré môžu byť využité iným spôsobom, prípadne na rozšírenie a modernizáciu výroby.

1.3.8 Talent

Síce podkapitola sa zaoberá 7 druhmi plytvania, ale aj tak je potrebné si uvedomiť ešte ďalší pomerne častý spôsob plytvania, ktorý často nebýva uvádzaný v odborných literatúrach.

Týmto posledným ôsmim spôsobom plytvania je Talent. Toto predstavuje nevyužitie potenciálu jednotlivých ľudí, tým že sú zasypaný množstvom úkonov, ktoré je možné delegovať na ľudí s lepším nadaním na vyriešenie daného problému. Celá myšlienka spočíva v delegovaní správnych úloh tým správnym ľuďom. Čím sa zvýši efektivita riešenia problému a tiež chuť k práci jednotlivých zamestnancov.

1.4 Toyota Production System (TPS)

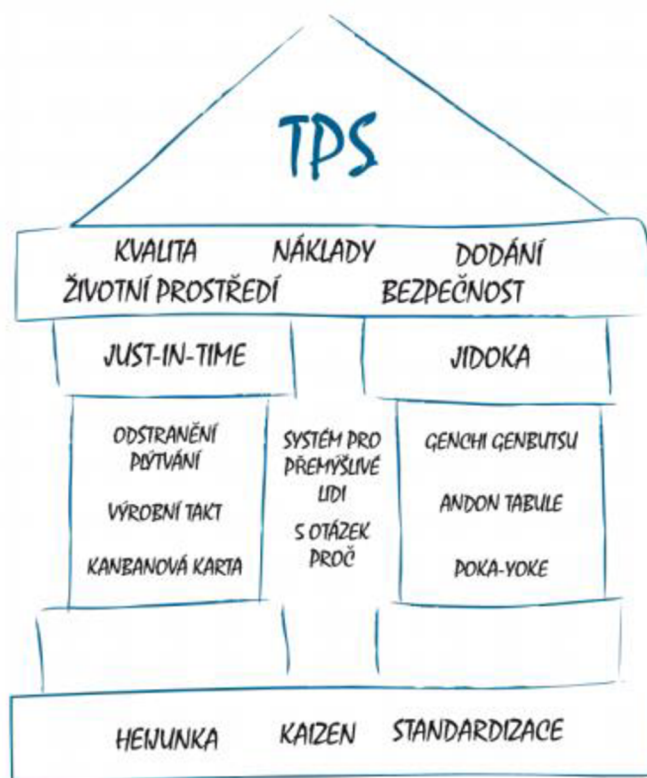
Štíhla výroba ma hlboké korene v histórii výrobných prostredí. Avšak najväčší rozmach nastal v 50. rokoch 20. storočia vďaka spoločnosti Toyota. Pojem Lean manufacturing sa často zamieňa s pojmom Toyota production system, ale nie z dôvodu že je to najlepším systémom (aj keď môže byť), ale preto že je najlepšie zdokumentovaným systémom ktorý funguje už dlhú dobu a hlavne je jasným dôkazom že „Lean funguje veľmi dobre“. [3]

1.4.1 Kto vytvoril TPS?

Akceptovaným architektom produkčného systému Toyota je dlhoročný šéf inžinierov Toyota a to Taiichi Ohno. Ďalšími značnými tvorcami boli Shigeo Shingo a Eiji Toyoda. Samozrejme nič z toho by nedokázali bez pomoci „rodiny Toyota“ a podpory vedenia. Ale práve títo muži, resp. priekopníci tej doby vytvorili koncept, ktorý dnes poznáme ako Toyota Production System. A aj s odstupom času je fascinujúci, žiadaný ako už vo výrobných sférech tak aj nevyrobných [1,3].

1.4.2 TPS dom

Častým nástrojom na vysvetlenie ako TPS funguje, sa využíva tzv. TPS dom. Ako je vidno na obrázku (obr.2) celý tento imaginárny dom stojí na dvoch hlavných pilieroch a to Just in Time a Jidoka. Taktiež je zrejme že základy domu tvoria nástroje Heijunka, Kaizen a Standardizace ktoré budú postupne vysvetlené.



Obr.2 TPS dom [4]

1.4.3 Just in Time (JIT)

Koncept Just in Time v krátkosti predstavuje filozofiu „vyrábaj toľko koľko potrebuješ a len vtedy keď to potrebuješ“. Týmto sa obmedzí plytvanie vo forme „nadprodukcie a čakania“ a hlavne výroba bude musieť fungovať na základoch štvrtého základného piliera štíhlej výroby.

Následne budú predstavené základné piliere JIT:

1.4.3.1 Takt Time

Takt time je v podstate čas cyklu procesu ktorý odpovedá požiadavkám zákazníka. Využíva sa pri návrhu výrobných liniek kde je potrebné aby cycle time liniek odpovedal tomuto času. Kebyže cycle time linky bol väčší oproti požadovanému, tak by výroba nebola schopná produkovať požadované množstvá v požadovaný čas. A naopak, pokiaľ je cycle time nižší oproti zákazníkemu takt time-u, tak dochádza k tvorbe nepotrebné a nepožadovanej nadprodukcie [3].

Tento čas, resp. rýchlosť je možné vypočítať pomocou jednoduchej matematiky, keď pracovná doba sa podelí požadovaným množstvom od zákazníka. Systém by mal byť následne navrhnutý tak aby rýchlosť produkcie odpovedala presne tejto rýchlosti.

1.4.3.2 Ťah

Systém ťahu vo výrobe je taký systém, keď zákazník (ďalší krok v procese), odoberaním nejakého produktu dáva signál predchádzajúcemu kroku ku zahájeniu výroby aby odobratý produkt bol zase doplnený. Tento systém je navrhnutý tak aby minimalizoval množstvo nepotrebné nadprodukcie tým že využíva tzv. karty (rôzne spôsoby preposielania signálov). Pričom odobratie karty z „inventára“ je jednoznačným signálom na zahájenie výroby a produkčná bunka má povolenie produkovať len požadované množstvo na základe „kanban kariet“ [3].

1.4.3.3 Minimálne výrobné dávky

Minimalizácia výrobných dávok predstavuje zmenšenie dodacieho času. Prostredníctvom zmenšenia výrobných a prepravných dávok sa dosiahne zrýchlenia procesu. Čo má dva základne benefity:

1. Prvý kus vychádza z linky oveľa skôr. Toto je hlavne benefit pre sledovanie kvality. Pretože ako náhle je vyrobený prvý kus a zistí sa nejaký problém s materiálom tak je možné výrobu zastaviť oveľa skôr a tým zabrániť ďalšej produkcii nevhodných výrobkov
2. Druhým benefitom je že celkový produkt bude vytvorený oveľa skôr čo zmenšuje dobu výroby. Minimálna výrobná dávka s ultimátnym „One-piece flow“ je kľúčovým konceptom k výrobnej flexibilitě a schopnosti reagovať na požiadavky zákazníkov

1.4.3.4 Kanban

Ako už bolo spomenuté a čiastočne vysvetlené, Kanban je jedným z potrebných konceptov na vytvorenie systému ťahu vo výrobe. Pretože prostredníctvom „kanban kariet“ je možné ovládať výrobný inventár. Čo minimalizuje nadprodukciiu a náklady spojené so skladovaním.

1.4.3.4 SMED/OTS

SMED je anglickou skratkou „Single Minute Exchange of Dies“, prípadne občas sa vyskytujúcou alternatívou OTS čo predstavuje „One Touch Setups“. Základnou myšlienkou resp. cieľom tohto nástroja je redukcia doby prestavby liniek pri zmene výroby z Produktu A na Produkt B. Z prekladu prvej skratky je zrejmé že teoretickým požadovaným časom na výmenu nástrojov je jedna minúta.

Už zo základnej logiky je zrejmé, že pokiaľ výrobné linky/stroje počas zmeny výroby majú dlhé prestoje tak neprodukujú zisk a tiež je potrebné udržiavať výrobnú kapacitu/zásobu na pokrytie týchto prestojov čo nie vždy býva samozrejmosťou [3].

Tiež netreba zabúdať nato, že jedným základným elementom štíhlej výroby a automotive prostredia je schopnosť rýchlej reakcie na zmenu požiadavku zákazníka, čo pri dlhých časoch prestavby je značne obmedzené.

1.4.4 Jidoka

Jidoka je revolučný nástroj slúžiaci na 100% kontrolu všetkých výrobkov, čím sa zamedzuje výrobe zmätkov. Táto kontrola nie je prevádzaná ľuďmi ale strojmi, pomocou techník ako Poka-Yoke a podobne. Táto technika zabraňuje v ďalšom postupe procesom chybám a ihneď po ich odhalení zastavuje výrobnú linku, prípadne izoluje daný výrobok z ďalšieho postupu. Taktiež je nástrojom „continuous improvement“ lebo ihneď po zistení záhady je zahájene riešenie problému s cieľom odstrániť príčinu vzniku. V praktickom prípade sa linka nevráti do normálneho stavu pokiaľ nie je príčina celkom odstránená [3].

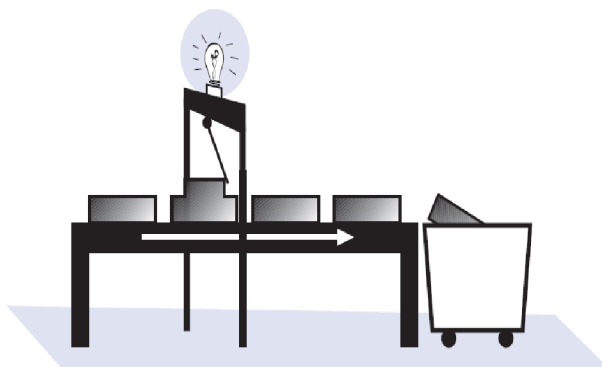
Následne budú predstavené základne piliere Jidoky

1.4.4.1 Poka-Yoke

Poka-Yoke (obr.3) je séria techník limitovaná len inžinierovou predstavivosťou. Cieľom tohto nástroja je dosiahnutie odolnosti procesu voči chybám, čím sa stáva proces robustnejší [3].

Existujú dva základne typy Poka-Yoke inšpekcií:

1. Tie ktoré proces riadia. To znamená pri detekovaní nezhody sa zastaví celý proces alebo sa daný produkt izoluje
2. Tie ktoré iba upozorňujú operátora prostredníctvom andonov (svetelných značení)



Obr. 3 Poka-Yoke [5]

1.4.4.2 5 Whys

Metóda „5 Whys“ v preklade „5 Prečo“ v praxi znamená sa opakovane pýtať otázku prečo vždy keď nastane nejaká chyba aby sa dopracovalo k očividným príčinám vzniku danej chyby [5].

Príklad 5 otázok Prečo:

1. Prečo sa stroj zastavil?

Pretože bol preťažený a poistka zaskratovala

2. Prečo bol preťažený?

Pretože ložisko nebolo dostatočne premazané

3. Prečo ložisko nebolo dostatočne premazané?

Pretože olejová pumpa nepracovala správne

4. Prečo olejová pumpa nepracovala správne?

Pretože hriadeľ olejovej pumpy bol opotrebovaný

5. Prečo bol hriadeľ opotrebovaný?

Pretože nebol umiestnený žiaden filter a k hriadeľu sa dostali ocelové triesky

Tu je vidieť, že sa prostredníctvom neustáleho vypytovania prečo nakoniec podarí dopracovať na základný koreň závady a neodstraňuje sa len prvotná príčina vzniku chyby. Čím sa zabraňuje opätovnému výskytu.

1.4.4.3 Kaizen

Kaizen je proces zlepšovania pomocou série malých zlepšovacích krokov. Mnoho krát sú tieto zlepšenia tak malé že je pomerne obťažné ich jednotlivito nejakým spôsobom odmerať, avšak kumulatívny účinok týchto zlepšení je obrovský [4].

1.4.4.4 Continuous improvement process (CIP)

CIP (obr.4) predstavuje skratku pre Proces neustáleho zlepšovania. Mnoho ľudí o tomto procese hovorí, lenže iba zopár z nich sú schopný ukázať procesné schémy pre svoj CIP a ešte menej ich je schopných aj odpovedajúco merať [3].

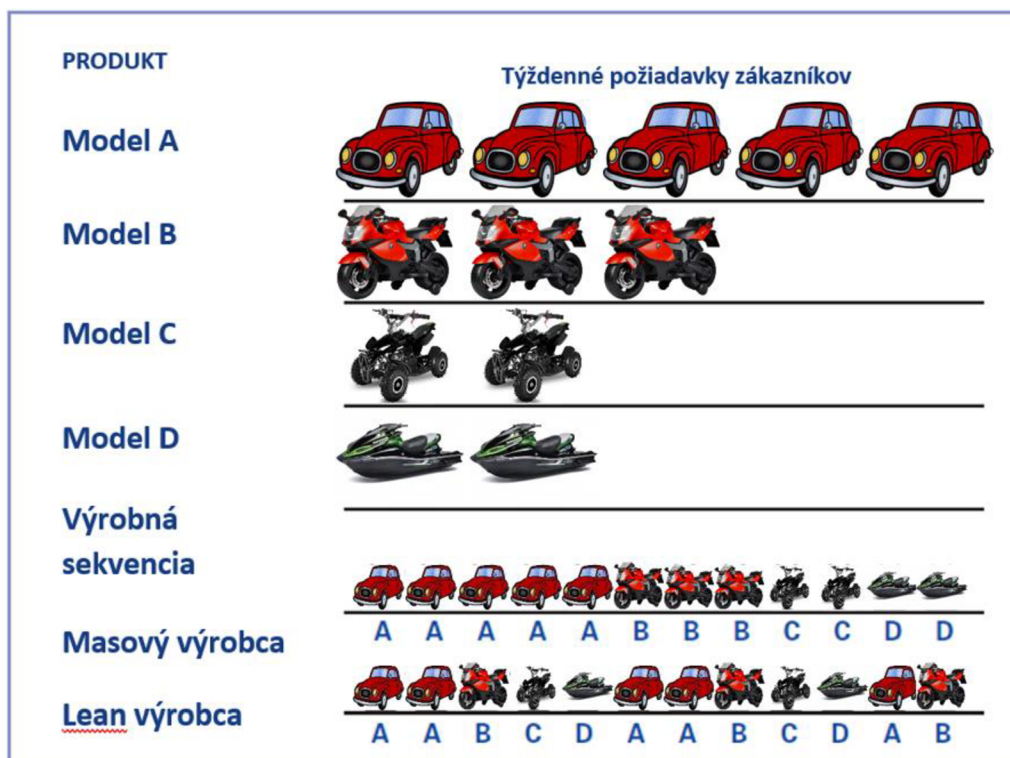


Obr.4 CIP [5]

1.4.5 Heijunka

Základom Heijunky je vyrovnanie typu a množstiev výroby produktov za pevne stanoveného obdobia, čo umožní efektívne uspokojiť požiadavky zákazníkov pričom nedochádza k dávkovaniu a výsledkom je minimalizácia potrebných zásob, kapitálových nákladov, pracovných síl a výrobných dobie [5].

Princíp je graficky vysvetlený na nasledujúcom obrázku (Obr.5)



Obr.5 Heijunka [5]

1.4.6 Štandardná práca

Štandardná práca spočíva v stanovení presných postupov každého operátora vo výrobnom procese na základe nasledujúcich troch bodov [5]:

- Takt time, čo predstavuje rýchlosť výroby výrobkov musí odpovedať požiadavkám zákazníkov.
- Pracovná sekvencia v ktorej operátor vykonáva jednotlivé úkony musí odpovedať taktu.
- Je potrebné udržiavať štandardný inventár v rátane jednotiek v stroji k zaisteniu hladkého fungovania procesu.

1. Process Capacity Sheet

Tento formulár slúži k výpočtu procesnej kapacity strojov v prepojení s celou procesnou linkou. Čo uľahčuje potvrdenie procesnej kapacity a identifikáciu úzkych miest. Výsledkom tohto formuláru sú také faktory ako čas cyklu, strojní čas, doba manuálnej práce a podobne [5].

2. Standardized Work Combination Table

Tento formulár zobrazuje pracovnú kombináciu manuálnej a strojnej práce každého operátora na výrobných linkách v pracovnej sekvencii. Tento formulár taktiež zobrazuje interakciu medzi operátorom a strojom v priebehu procesu a permanentne rekalkuluje prácu v kontexte s taktom a over time-om [5].

3. Standardized Work Charts

Tento graf ukazuje pohyby operátora a materiálu vo vzťahu k strojom a rozloženiu výrobných liniek. Taktiež sa tento formulár uvádza priamo na výrobných linkách ako nástroj Visual Managementu, pričom musí byť kontinuálne aktualizovaný a zlepšovaný [5].

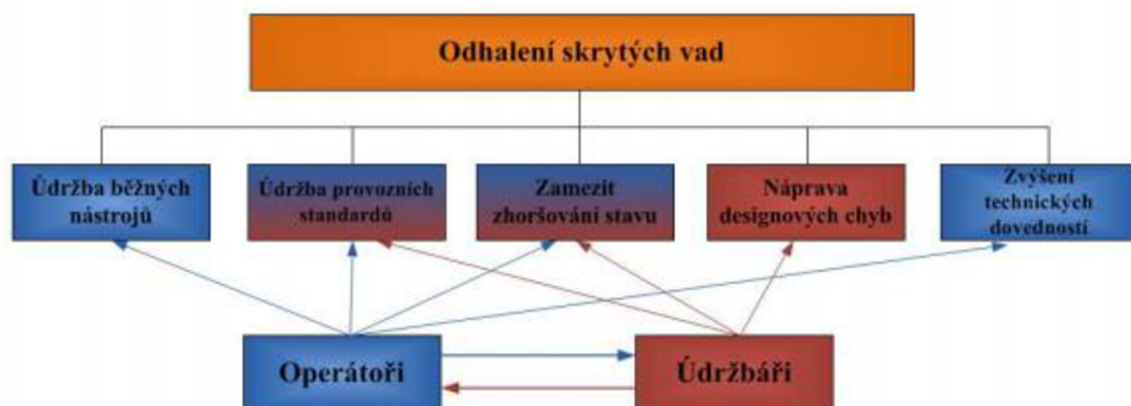
1.5 Ďalšie známe nástroje štíhlej výroby

1.5.1 Total productive maintenance (TPM)

Total productive maintenance (obr.6) alebo v preklade „Celková produktívna údržba“ predstavuje komplexný prístup k údržbe strojov a efektívnosti celého procesu.

Pri klasickej úrovni údržby sa väčšinou dodržiava jednoduché pravidlo. „Operátor obsluhuje stroj, zamestnanci údržby ho opravujú keď sa pokazí“. Následne sa vyššia forma údržby a to produktívna, resp. preventívna údržba dá vysvetliť na príklade: „Operátor obsluhuje stroj, zamestnanci údržby vymieňajú mazací olej priebežne a následne opravujú stroj keď sa pokazí“. Avšak hlavná myšlienka TPM sa dá predstaviť nasledovne: „Každý člen organizácie je zodpovedný za úspech. Všetky stroje sa budú udržiavať vo vynikajúcom stave s cieľom podporiť celkovú kvalitu a efektívnosť“. [6]

Už z tejto myšlienky je jasné, že sa nejedná o klasické pojetie údržby, resp. zjednodušene povedané nejedná sa iba o klasické opravovanie strojov po vzniku poruchy. Ale vďaka zapojeniu všetkých členov organizácie, tým sa samozrejme myslí aj operátorov pretože daný stroj poznajú najlepšie keďže sú s ním v neustálom kontakte a majú najväčšiu možnosť si všimnúť danej abnormality, čím sa docielu minimalizácie prestojov, nehôd a vzniku zmatekov. Čo samozrejme so sebou prináša aj úspory nákladov spojených s týmito problémami.

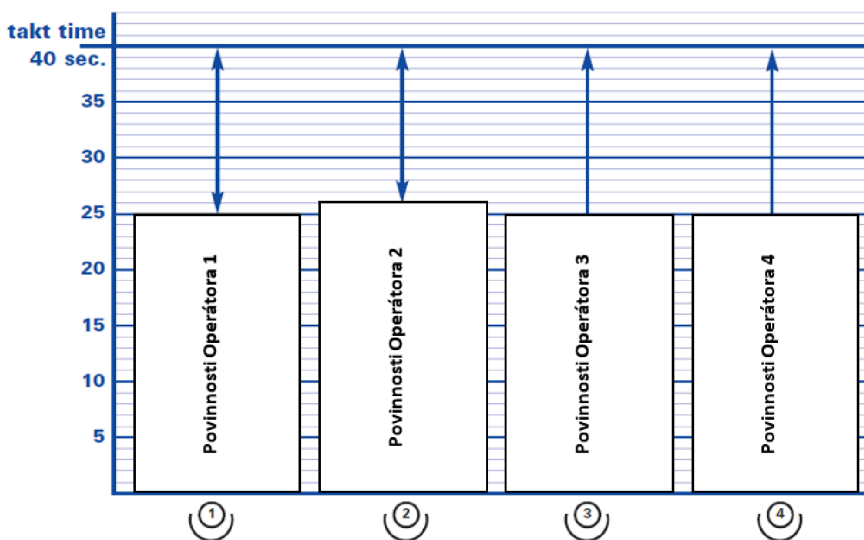


Obr.6 TPM [7]

1.5.2 Yamazumi Diagram

Yamazumi diagram (obr.7), alebo tiež „Operator Balance Chart (OBC)“ je grafickým nástrojom ktorý pomáha pri vytvorení plynulého toku v multi-operačnom procese vďaka tomu že predstavuje interakciu medzi prácou operátorov v nadväznosti na požadovaný takt . [5]

Následne je možné využiť pri zmene štandardizovaných pracovných postupov, resp. pri zmene aktuálneho rozmiestnenia strojov/pracovísk na linke, k dosiahnutiu plynulejšieho toku.

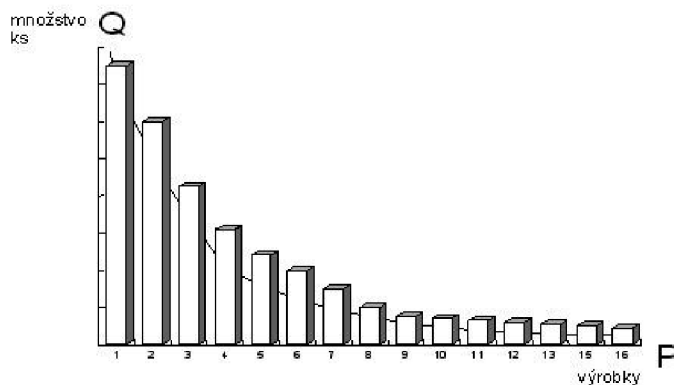


Obr.7 Yamazumi diagram [5]

1.5.3 PQ analýza

PQ analýza je častou pomôckou projektanta, pretože poskytuje prvé užitočné informácie o organizácii a typu výroby. Pretože sumarizuje jednotlivé množstvá výrobkov za určité časové obdobie, pričom z hľadiska vizualizácie je vhodné použitie Paretového diagramu.

Bohužiaľ hlavným problémom tejto analýzy býva spoľahlivosť údajov na osách, pretože v dlhodobom horizonte (napr. rok) býva obťažné presne stanoviť ako objem tak typ výroby. [8]



Obr.8 PQ analýza [8]

2 FRAUENTHAL AUTOMOTIVE

Spoločnosť Frauenthal Automotive (obr. 9) ktorej vlastníkom je medzinárodná skupina Frauenthal Holding AG, je popredným dodávateľom a tiež vývojovým partnerom európskych výrobcov úžitkových vozidiel, pričom v jednotlivých odvetviach zaujíma vedúce postavenie na trhu [9].



Obr. 9 [9]

Celková produkčná sieť tejto spoločnosti integruje 8 lokalít v piatich európskych krajinách (obr. 10) a jednu lokalitu v Číne, čím sa snaží byť vždy v blízkosti všetkých svojich hlavných zákazníkov. Toto zvyšuje flexibilitu a ponúka maximálnu bezpečnosť dodávok pri najlepšej možnej cene [9].



Obr. 10 [9]

Spoločnosť sa delí na 4 divízie, ktoré sa zameriavajú na výrobu odlišných výrobkov a to nasledovne

- Business Unit U-Bolts
- Business Unit Gnotec
- Business Unit Powertrain
- Business Unit Airtank

Pričom táto diplomová práca je vypracovávaná v spolupráci so spoločnosťou Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o., ktorá je členom poslednej menovanej divízie (Business Unit Airtank). Preto pozornosť bude ďalej upriamená len na túto divíziu a na pobočku Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o..

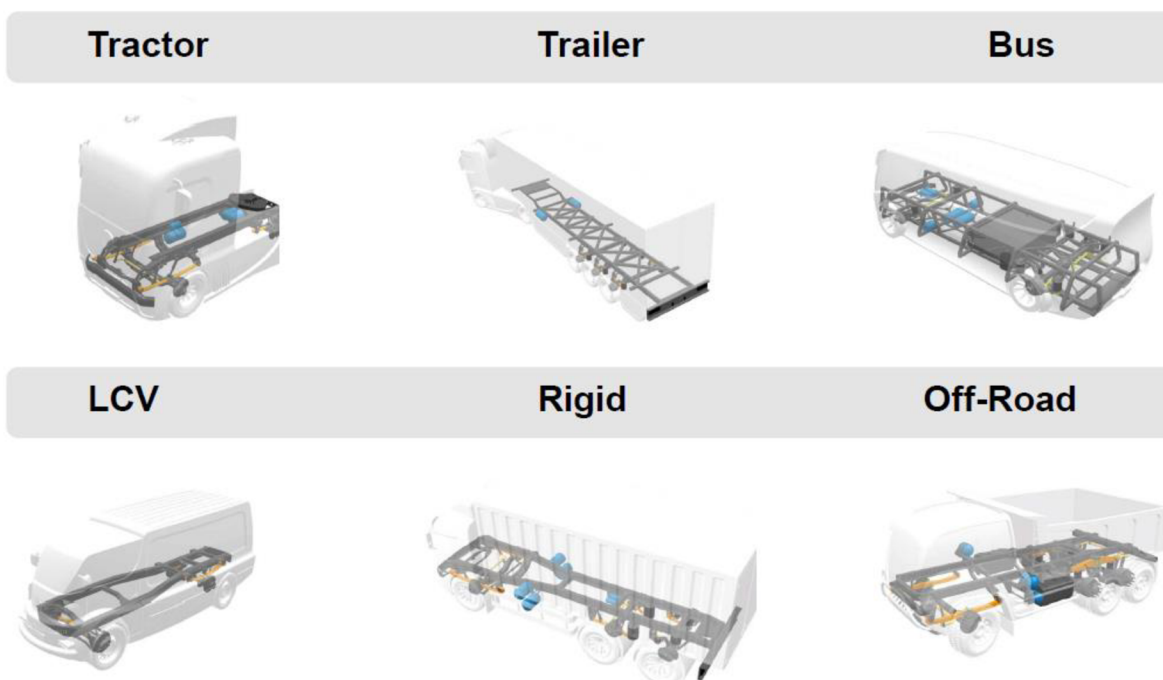
2.1 Business Unit Airtank

Divízia Airtank sa zaoberá výrobou tlakových nádob (vzduchojemov), ktoré sú dôležitým bezpečnostným prvkom každého brzdového systému úžitkových vozidiel (obr. 11).

Business Unit Airtank sa skladá z dvoch výrobných závodov:

- Frauenthal Automotive Elterlein GmbH (Nemecká republika)
- Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o. (Česká republika)

Celkovo zamestnáva okolo 550 zamestnancov a vyrába približne 1000 rôznych druhov tlakových nádob.



Obr. 11 Použitie tlakových nádob [10]

Keďže sa jedná o spoločnosť vyrábajúcu bezpečnostný prvok vozidiel, tak výrobný proces musí spĺňať najrôznejšie požiadavky z hľadiska Kvality. Preto spoločnosť, resp. výrobný proces je držiteľom rôznych certifikátov kvality, ako napríklad *IATF 16949:2016* (Norma pre systém managementu kvality v automobilovom priemysle), *ISO 14 001* (Systémy environmentálneho managementu), *ČSN EN 286-1* (Jednoduché netopené tlakové nádoby pre vzduch alebo dusík), *ČSN EN ISO 286-2* (Geometrické špecifikácie produktu), *AD 2000* (Výrobca tlakových nádob), *ISO 45001* (Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci) a ďalších, ktoré sú pravidelne kontrolované.

Z hľadiska internej kontroly kvality sa vykonávajú tlakové skúšky celého objemu produkcie a vnútorná čistota nádob odpovedá norme *VDA 19* (Skúšanie technickej čistoty).

Toto všetko zvyšuje dôveryhodnosť spoločnosti a zákazníkom garantuje požadovanú kvalitu [10].

2.1.1 Zákazníci

Ako už bolo spomenuté, spoločnosť Frauenthal Automotive je prevažne priamym dodávateľom výrobcov úžitkových automobilov (OEM zákazníci). Toto samozrejme platí aj pre výrobnú divíziu Airtank.

Medzi hlavných **OEM zákazníkov** sa radia:

- Volvo
- Renault
- Scania
- Iveco
- MAN
- Daimler
- Tatra
- DAF

Netreba však zabúdať aj na ďalších veľkých zákazníkov ako napríklad:

- **Výrobcov nákladných prívosov:**

- SCHWARZMULLER
- WIELTON
- FLIEGL
- SCHMITZ

- **Výrobcov brzdových systémov:**

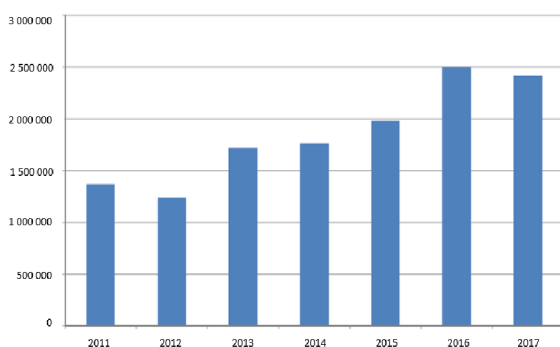
- Haldex
- KNORR-BREMSE
- WABCO

Medzi ostatných odberateľov patria najrôznejšie priemyselné spoločnosti (FESTO, AVENTICS), spoločnosti vyrábajúce hasiace prístroje (MINIMAX, JOCKEL) a dílerské spoločnosti.

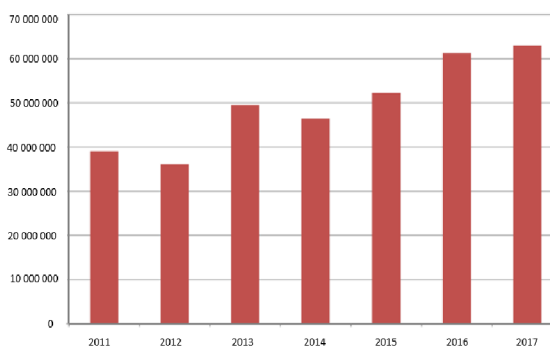
2.1.1 Objem výroby

Business Unit Airtank zastrešuje viac ako 80% podiel európskeho trhu, čím je zďaleka najväčším výrobcom vzduchojemov v Európe.

Ročný objem výroby (obr. 12) v roku 2017 dosiahol hodnoty približne 2 300 000ks (kapacita 2 500 000ks/rok) a tržby (obr. 13) tejto divízie za tento rok boli na úrovni okolo 60 000 000 € [10].



Obr. 12 Objem Produkcie [10]

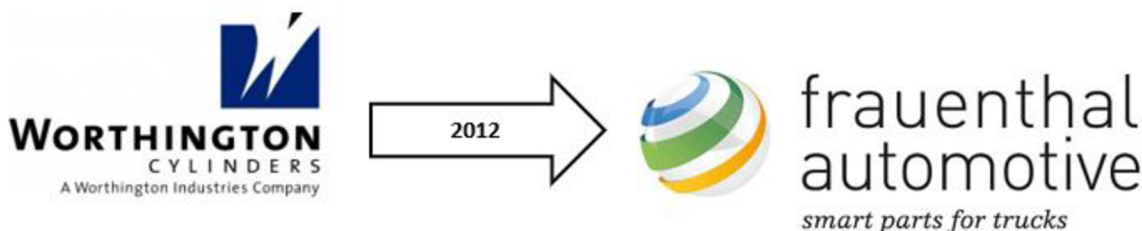


Obr. 13 Tržby [10]

2.2 Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o.

V roku 2012 spoločnosť Frauenthal Automotive prevzala do vlastníctva výrobcu tlakových nádob Worthington Cylinders a.s. so sídlo v Hustopečiach (obr. 14) a začala investovať do rozvoja tejto pobočky. Celkovo od roku 2012 bolo preinvestovaných približne 5,6 mil € do strojného vybavenia, budov a celkového vzhľadu. Čím sa zo stredne veľkého podniku stal moderný medzinárodný dodávateľ automobilového priemyslu [10].

Momentálne je spoločnosť Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o. (ďalej len „FHU“) jedným z najväčších zamestnávateľov spádovej oblasti mesta Hustopeče s približne 280 zamestnancami (z toho 250 operátorov) pracujúcich v trojzmennej prevádzke. Pričom produkcia denne dosahuje hodnôt 5100ks ocelových vzduchojemov (ďalej len „VZD“) a 50ks VZD z nerezovej ocele [10].



Obr. 14 Transformácia [10,11]

2.1.1 Druhy výrobkov

Produkcia FHU zahrňuje približne 400 rôznych druhov VZD z oceli a nerezovej oceli (obr. 15), odlišujúcich sa či už rozmermi, farbami alebo tvarmi. Ktorých najhlavnejšími odberateľmi sú spoločnosti ako Volvo, Renault, MAN, Scania, Daimler a John Deere.

Pre lepšiu predstavu rozmanitosti výroby sú následne uvedené parametre výroby vzduchojemov v závode FHU [10].

Parametre

- Objem: 0,07 – 120 l
- Priemer: 48,5 – 396 mm
- Dĺžka: max. 1 541 mm
- Pracovný tlak: 10 – 23 bar
- Pracovná teplota: –50°C/+100°C

Farby

- Vonkajšia farba: 9 druhov práškových farieb
- Vnútoraná farba: 2 druhy práškovej farby



Obr. 15 Druhy vzduchových nádob [10]

3 ANALÝZA SÚČASTNÉHO STAVU

Po konzultáciách a dohode s vedením spoločnosti FHU boli za cieľ tejto diplomovej práce vybrané dve výrobné zvaracie linky (označenie linka A a linka B) s hlavným cieľom navrhnutia novej úpravy Layout-u so snahou o zníženie počtu potrebných operátorov, úsporu miesta a prípadne zlepšenia spôsobu zásobovania a materiálového toku. Z tohto dôvodu nebude popisovaný a rozoberaný celý výrobný proces naprieč spoločnosťou, ale diplomová práca sa bude zaoberať len týmito dvoma linkami.

Keďže diplomová práca upriamuje pozornosť len čisto na dve zvaračské linky, tak proces ako celok nebude ďalej podrobne rozoberaný, avšak napriek tomu sa za vhodné javí aspoň základne znázornenie a zobrazenie toku materiálu naprieč výrobou. Preto v prílohách je možné nájsť dva dokumenty popisujúce tok materiálu ako graficky tak aj hodnotovo:

- **Flow chart** (Príloha A)
- **Šachovnicová tabuľka** (Príloha B)

Tieto dokumenty boli vytvorené v závislosti na reálnom technologickom postupe výroby tlakových nádob a priemerné denné výstupy z jednotlivých pracovísk (Šachovnicová tabuľka).

3.1 Výrobný proces

Výrobný proces na oboch linkách je až na drobné rozdiely identický či už z pohľadu využívaných zariadení, ale aj technologických postupov. Každá výrobná linka má 3 operácie (čísla v zátvorke predstavujú poradie operácie ktoré je uvedené aj v layout-e liniek, ktorý bude neskôr znázornený):

1. Pozdĺžne zváranie (1)
2. Privarovanie hrdiel do plášťa (2)
3. Obvodové zváranie (3)

V podstate jediným rozdielom sú tzv. projekty (priemery VZD) ktoré sa na danej linke vyrábajú. V rámci každého projektu dochádza ešte k drobným rozdielom pretože sa navzájom odlišujú počtom privarovaných hrdiel do plášťa (0-4ks).

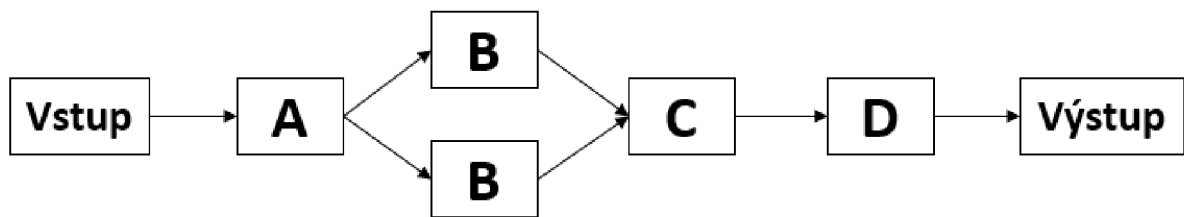
	Vyrábaný priemer [mm]						
Linka A	154	206	246	276	310	350	396
Linka B	276	310					

Tab. 1 Hlavné vyrábané priemery [10]

Ako je vidieť v tab.1, tak rozdelenie z hľadiska množstva priemerov vyrábaných na linkách je nerovnomerné a je podmienené objemom výroby daných zákaziek. Linka A je najuniverzálnejšou linkou v celej produkcii pretože typologicky spracováva najväčšiu časť výroby. Linka B je využívaná prevažne na priemer tlakových nádob 276 mm (občasne pr. 310 mm).

Je dôležité podotknúť že požadované denné výstupy výroby sú napriek tomu rovnaké a požadovaný objem výroby za zmenu je $Q_p = 500 ks$.

Z hľadiska usporiadania sú obidve výrobné linky usporiadané ako predmetné [Obr.16], pretože jednotlivé pracoviská sú zoradené podľa operácií daných technologickým postupom a materiálový tok má jednotný smer.



Obr. 16 Ilustrácia predmetného usporiadania výroby

3.1.1 Pozdĺžne zváranie

Toto pracovisko pozostáva zakaždým z dvoch pozdĺžnych zväračiek a jednej zakružovačky obsluhujúcich jedným operátorom. Vstupným materiálom je zakaždým paleta s nastrihanými rozvinmi zo strižných liniek (interné linky). Tento rozvin sa nechá zakružiť a následne pozdĺžne zvariť.

Rozdiel medzi linkou A a B spočíva v type zakružovačky, resp. jej príslušenstva. Pretože kým príslušenstvo na linke A je viac zautomatizované (obsahuje automatický manipulátor na vkladanie rozvinu), tak bohužiaľ na linke B tento manipulátor chýba a operátor obsluhujúci toto pracovisko musí zakaždým ručne vkladať rozvin, ktorý je následne zakružený.

- **Strojné vybavenie:**

	Linka A	Linka B
Zakružovačky	Prinzing RBA 100/103	Prinzing RBA 100/103
Pozdĺžne zväračky	1x Boki Zepin 1300-AUT 1x Boki Zepin 15-AUT	2x Boki Zepin 15-AUT

Následne na obr. 17 a 18 je možné vidieť reálne fotky strojov:



Prinzing RBA 100/103 s manipulátorom



Prinzing RBA 100/103

Obr. 17 Zakružovačky



Boki Zepin 15-AUT



Boki Zepin 1300-AUT

Obr. 18 Pozdĺžne zväračky

3.1.2 Privarovanie hrdiel do plášťa

Ako je zrejmé z názvu tak proces na tejto pozícii pozostáva z privarovania daného počtu hrdiel do plášťa podľa požiadavku zákazníka. Proces je veľmi jednoduchý a pozostáva len z umiestnenia plášťa do automatickej zväračky, umiestnenia hrdla na určené miesto a spustenia cyklu. Pre každé jedno hrdlo sa tento cyklus opakuje samostatne.

Čo sa týka strojného vybavenia obidve linky používajú rovnaké zväračky len o rozdielnych počtoch. Na linke A sa nachádzajú dve zväračky obsluhované jedným až dvoma operátormi. Linke B zahŕňa tri zväračky obsluhované jedným až tromi pracovníkmi. Pričom počet operátorov sa väčšinou mení v závislosti na náročnosti (počtu privarovaných hrdiel).

- **Strojné vybavenie:**

	Linka A	Linka B
Rotačné zväračky	2x Boki BRP – OH – V	3x Boki BRP – OH – V

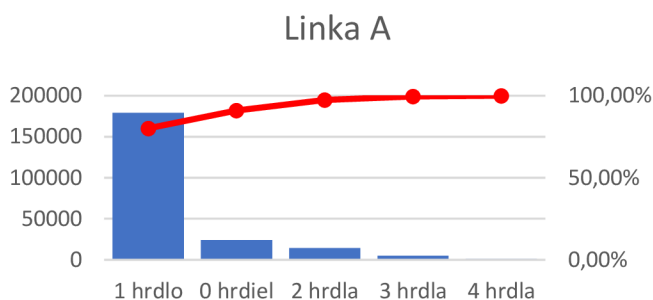
Na obr.19 je možné vidieť príklad používanej rotačnej zväračky.



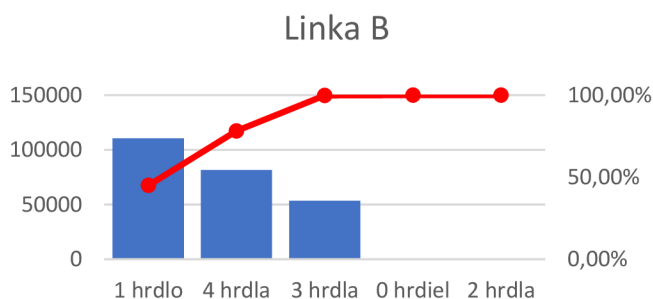
Boki BRP – OH – V

Obr. 19 Rotačná zväračka

Na obr. 19 a 20 je zobrazená PQ analýza vyťaženia jednotlivých liniek spojená s krivkou kumulatívnej četnosti (percentuálnou). Pomerne jednoducho sa dá usúdiť, že Linka A býva stabilne vyťažená len privarovaním jedného hrdla do plášťu čím je celý proces po väčšinu času stabilný. Avšak v prípade Linky B je vyťaženosť rozdelená rovnomernejšie, čo ma za následok väčšiu náročnosť tejto operácie, keďže sa celý cyklus musí zopakovať hneď niekoľkokrát.



Obr. 19 Linka A – PQ analýza [10]



Obr. 20 Linka B – PQ analýza [10]

3.1.3 Obvodové zváranie

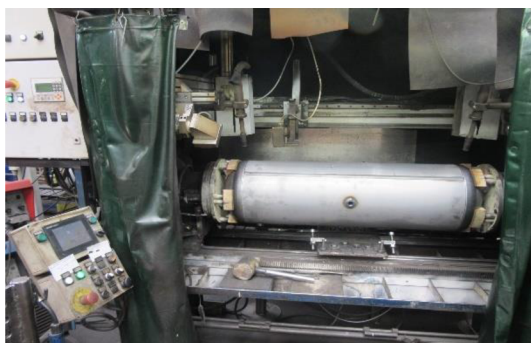
Posledným pracoviskom je obvodové zváranie, kde vstupný materiál (plášť a dná) je zvarovaný po obvode, čím sa v podstate dokončí výroba tlakovej nádoby ako takej. V ďalšom výrobnom procese je táto nádoba testovaná, lakovaná a kalibrovaná.

Každá linka obsahuje dve obvodové zväračky obsluhované jedným (linka B) alebo dvomi operátormi (linka A).

- **Strojné vybavenie:**

	Linka A	Linka B
Obvodové zväračky	1x Boki BRP VP120 1x Boki BRP VP500	2x Boki BRP VP120

Ob. 21 slúži ako ukážka použitých strojných zariadení



Boki BRP VP120



Boki BRP VP500

Obr. 21 Obvodové zväračky

Všetky zväračky použité vo výrobe na obidvoch linkách využívajú zvärací zdroj CLOOS GLC 353 MC3, ktorý je zobrazený na obr. 22 a má nasledujúce technické parametre:

Silové napätie :	3x 400V/ 32A / 15,9kVA
Rozsah zväracieho prúdu :	40A/15V – 350A/40V
Podávacia rýchlosť drôtu :	0 – 30 m/min
Výkon 100% ED (využití) :	300A při 29V



Obr. 22 CLOOS GLC 353 MC3

3.1.4 Odkladanie zvarených nádob

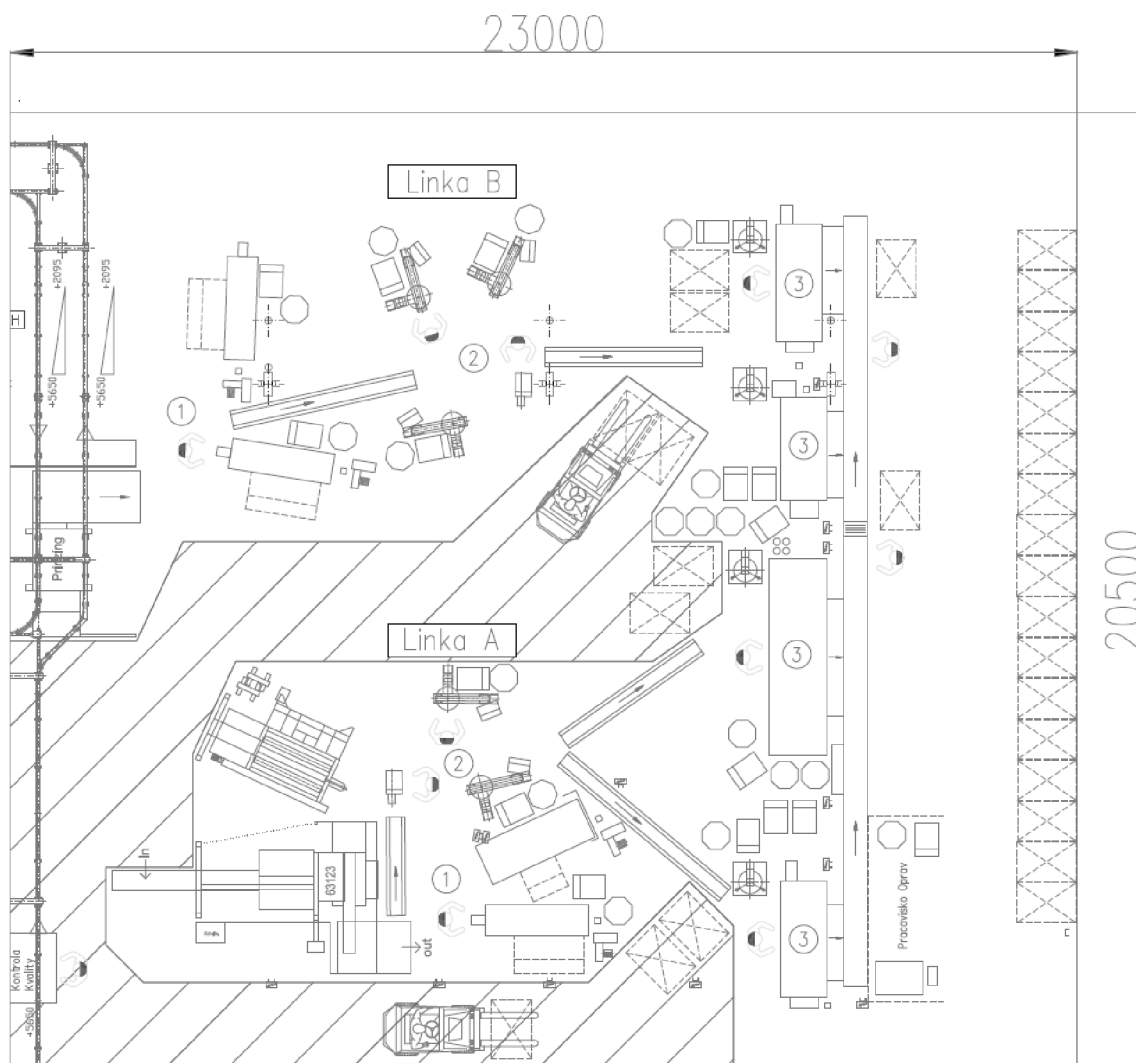
Posledným bodom obidvoch liniek je pozícia odkladania zvarených tlakových nádob jedným pracovníkom na palety, ktoré následne pokračujú v procese kde sú prevádzané tlakové skúšky, lakovanie a kalibrovanie.

Na obidvoch linkách je táto činnosť identická a pozostáva odložení VZD na paletu, prípadne v našrobovaní zátok ak je to potrebné

3.2 Aktuálny Layout

Výrez z layout-u ktorý predstavuje obr. 23 odpovedá časti výrobnéj haly pripadajúcej týmto linkám s ohľadom na technológie a pracoviska v okolí, ktoré už nie sú súčasťou tejto práce a neobmedzujú jednotlivé pracoviská.

Súčasťou týchto priestorov je jedno pracovisko kontroly kvality (rozmerová kontrola) a pracovisko „oprav“ kde sú opravované chyby zvaru zistené pri tlakových skúškach (skúšky sú prevádzané v 100% objeme výroby). Pri linke A sa nachádza ešte záložná zakružovačka občasne využívaná.



Obr. 23 Aktuálne rozmiestnenie [10]

4 NÁVRH ZMIEN

Táto kapitola je venovaná návrhu možných zmien/úprav pre docelenie zlepšenia zásobovania, úspory počtu operátorov a prípadne miesta. Prvá časť je venovaná tvorbe možného návrhu rozmiestnenia jednotlivých strojov a na kontrolu reálnosti je prevedená aj jednoduchá časová analýza.

V ďalších častiach sú vytvorené nové koncepty na zásobovania liniek vstupným materiálom (dna a hrdlá), čo spríjemní prácu operátora a zlepší ergonómiu a bezpečnosť.

Posledná časť bude venovaná tvorbe navrhovaného (teoretického) štandardu práce pre všetkých operátorov za využitia metódy BasicMOST, ktorá bude zobrazovať potrebnú nadväznosť činností aj s príslušnými časovými údajmi k naplneniu požadovaného času cyklu.

4.1 Rozmiestnenie

Ako už bolo spomenuté, hlavným cieľom tejto práce je návrh nového usporiadania/rozmiestnenia týchto liniek s cieľom zníženia počtu potrebných operátorov, prípadne úspory miesta.

Pri pohľade na aktuálne rozmiestnenie, sa ako prvá a asi najväčšia možnosť javí zmena usporiadania obvodových zväračiek (obidve linky). A to tak aby zväračky na každej linke boli otočené oproti sebe, čo by umožnilo (v prípade linky B zjednodušilo) obsluhu jedným operátorom, ak by to bolo časovo možné (bude časovo overené).

V prípade linky B stojí za zamyslenie zmenšenie operačných vzdialeností na pracovisku privarovania hrdiel medzi vstupným a výstupným dopravníkom a jednotlivými zväračkami, čo by uľahčilo a zrýchliło činnosť operátorov.

Pracovisko pozdĺžneho zvärania na linke B je tiež pomerne rozložené na veľkej ploche, čo určite nie je ergonomicky najvhodnejším riešením z hľadiska „nabehaných kilometrov“ operátora.

Zvyšné pracoviska na linke A sú na prvý pohľad pomerne úsporne rozložené a asi si nebudú vyžadovať veľké zásahy z hľadiska reorganizácie.

Typologické rozmiestnenie ostane nezmenené a obidve linky budú rozmiestnené predmetne čo plne vyhovuje veľkosériovej a hromadnej výrobe.

4.1.1 Časová analýza

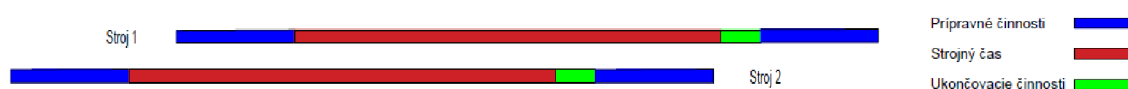
Pre zistenie možných úprav je potrebné si každé pracovisko a operáciu podrobne zanalyzovať čím vznikne základný prehľad o vyťaženosti jednotlivých operátorov. Tieto analýzy boli prevádzané na základe tvorby video snímok (z hľadiska interných predpisov nie sú verejne k dispozícii) a kontrolných meraní priamo na pracovisku pomocou stopiek.

Dôležitou poznámkou je, že požadovaný výstup z linky je na úrovni 500 ks/zmena (zmena má štandardne 7,5 hod) a interným štandardom je rátať s 80% využitím času (OEE). Takže požadovaný takt time je $T_t = 43,2 \text{ s/ks}$.

Pre lepšiu predstavu časovej vyťaženia pracovníkov budú na konci podkapitoly uvedené aj Yamazumi diagramy, ktoré zobrazujú využitie operátora v súvislosti s požadovaným takt time-om pre všetky typy výrobných cyklov.

4.1.1.1 Pozdĺžne zváranie

Z meraní vyšli priemerné časy jednotlivých činnosti operátora (viz. tab. 2) potrebných na celý jeden cyklus (od začiatku do konca). V súčte cycle time pri obsluhu jedného stroja je $C_{t1} = 75,3 \text{ s/ks}$, lenže operátor obsluhuje súčasne dve zväračky (bez interferencie medzi strojmi), čiže výsledný cycle time pracoviska pozdĺžneho zvárania je polovičný ($C_t = 37,65 \text{ s/ks}$). Pre lepšiu predstavu priebehu cyklov môže poslúžiť obr.24.



Obr.24 Pozdĺžne zváranie

Zoznam činností pri výrobe jedného kusu (tab.2):

Typ činnosti	Popis činnosti	Čas [s]
Prípravne činnosti	Validácia – Príprava zväračky	1,0
	Prenos plášt'a k zväračke	2,7
	Vloženie plášt'a do zväračky	5,2
	Validácia - Spustenie cyklu zväračky	6,3
Strojný čas	Čas zvárania	55,0
Ukončovacie činnosti	Vytiahnutie hotového kusu a odloženie na dopravník	5,1

Tab. 2 Pozdĺžne zváranie

Z výsledkov vyplýva že jeden pracovník plne postačuje na obsluhu dvoch pozdĺžnych zväračiek, čiže nie je potrebné technologicky meniť koncept pracoviska. Čiže nedochádza k úspore žiadneho pracovníka na tomto pracovisku (tab. 3)

	Aktuálny počet operátorov	Potrebný počet operátorov	Úspora
Linka A	1	1	0
Linka B	1	1	0

Tab. 3 Operátory – Pozdĺžne zváranie

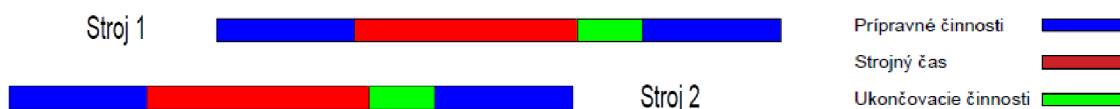
4.1.1.2 Privarovanie hrdiel do plášťa

Najproblematickejšou operáciou z hľadiska časového rozboru je pracovisko privarovania hrdiel, keďže štandardný pracovný cyklus sa mení v závislosti na počte hrdiel v plášti. Linka A má oproti Linke B výhodu, že v 80% produkcie (viz. obr. 16) dochádza len k privarovaniu jedného hrdla v plášti. Takže cyklus je po väčšinu produkcie nemenný.

Celkovo dochádza k 4 rôznym cyklom (k 5 pokiaľ sa počíta aj 0 hrdiel v plášti), preto z dôvodu rozsahu budú stručne uvádzané len hodnoty a zoznamy činnosti.

- **1 Hrdlo v plášti**

Čas cyklu pri obsluhy zvaračky na vyrobenie jedného kusu je na úrovni $C_{t1} = 35,6 \text{ s/ks}$. Lenže zo sledovania výroby bolo zistené že pri zvaraní jedného hrdla operátor väčšinou obsluhuje dve zvaračky (obr.25) s cieľom úspory svojho času, takže výsledný čas cyklu je $C_t = 17,8 \text{ s/ks}$.



Obr.25 Jedno hrdlo v plášti

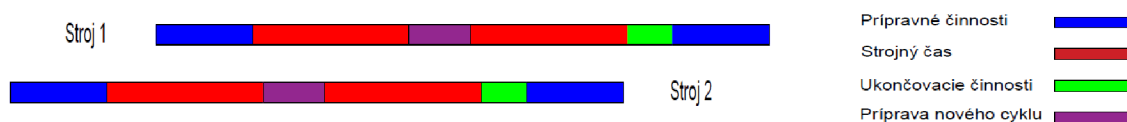
Zoznam činností pri výrobe jedného kusu (tab.4):

Typ činnosti	Popis činnosti	Čas [s]
Prípravne činnosti	Prenos plášťa k zvaračke	2,0
	Vloženie plášťa do zvaračky	2,3
	Umiestnenie hrdla	3,5
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Ukončovacie činnosti	Vytiahnutie plášťa	2,4
	Obrúsenie pozdĺžnych zvarov	6,9
	Odloženie na dopravník	2,0

Tab. 4 Jedno hrdlo v plášti

- **2 Hrdlá v plášti**

Produkcia jedného kusu na jednom stroji trvá $C_{t1} = 56,5 \text{ s/ks}$, čo samozrejme nie je dostačujúca hodnota cyklu (takt time je $T_t = 43,2 \text{ s/ks}$), z tohto dôvodu sú vždy minimálne používané dve zvaračky, čo znižuje čas výroby na $C_t = 28,2 \text{ s/ks}$. Z dôvodu nezavedeného pracovného postupu, sa pri privarovaní dvoch hrdiel v plášti niekedy využívajú dvaja operátori (z obr. 26 je zrejmé že postačuje jeden) čo len teoreticky čas produkcie jedného kusu znižuje a neprispieva k balansovaniu linky. Pretože vyššia produkcia nie je požadovaná.



Obr.26 Dva hrdlá v plášti

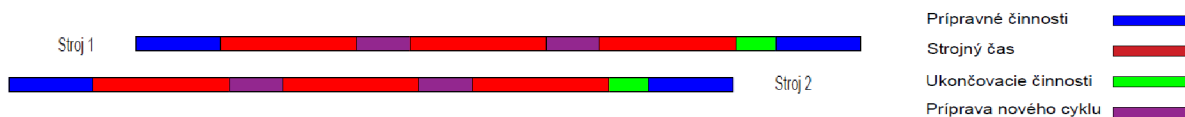
Zoznam činností pri výrobe jedného kusu (tab.5):

Typ činnosti	Popis činnosti	Čas [s]
Prípravne činnosti	Prenos plášťa k zvaračke	2,0
	Vloženie plášťa do zvaračky	2,3
	Umiestnenie hrdla	3,5
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Príprava nového cyklu	Pretočenie plášťa + umiestnenie hrdla	4,4
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Ukončovacie činnosti	Vytiahnutie plášťa	2,4
	Obrúsenie pozdĺžnych zvarov	6,9
	Odloženie na dopravník	2,0

Tab. 5 Dva hrdlá v plášti

• 3 Hrdlá v plášti

Pri privarovaní troch hrdiel v jednom plášti jedným operátorom za použitia dvoch zväračiek (obr. 27) je výsledný čas cyklu $C_t = 38,5 \text{ s/ks}$ ($C_{t1} = 77 \text{ s/ks}$)



Obr.27 3 Hrdlá v plášti

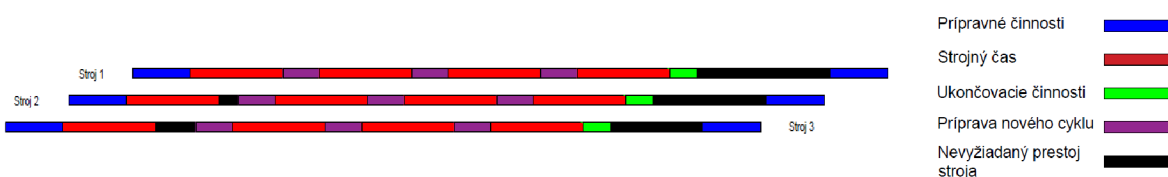
Zoznam činností pri výrobe jedného kusu (tab.6):

Typ činnosti	Popis činnosti	Čas [s]
Prípravne činnosti	Prenos plášťa k zväračke	2,0
	Vloženie plášťa do zväračky	2,3
	Umiestnenie hrdla	3,5
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Príprava nového cyklu	Pretočenie plášťa + umiestnenie hrdla	4,4
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Príprava nového cyklu	Pretočenie plášťa + umiestnenie hrdla	4,4
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Ukončovacie činnosti	Vytiahnutie plášťa	2,4
	Obrúsenie pozdĺžnych zvarov	6,9
	Odloženie na dopravník	2,0

Tab. 6 Tri hrdlá v plášti

- 4 Hrdlá v plášti

Čas cyklu privarovania hrdiel pri obsluhu troch zariadení (obr. 28) jedným operátorom pri vzniku interferencie (nevyžiadaného prestoja) strojov je $C_t = 40 \text{ s/ks}$.



Obr.28 4 Hrdlá v plášti

Zoznam činností pri výrobe jedného kusu (tab. 7):

Typ činnosti	Popis činnosti	Čas [s]
Prípravné činnosti	Prenos plášťa k zvaračke	2,0
	Vloženie plášťa do zvaračky	2,3
	Umiestnenie hrdla	3,5
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Príprava nového cyklu	Pretočenie plášťa + umiestnenie hrdla	4,4
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Príprava nového cyklu	Pretočenie plášťa + umiestnenie hrdla	4,4
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Príprava nového cyklu	Pretočenie plášťa + umiestnenie hrdla	4,4
	Validácia - spustenie cyklu	1,5
Strojný čas	Privarenie hrdla	15,0
Ukončovacie činnosti	Vytiahnutie plášťa	2,4
	Obrúsenie pozdĺžnych zvarov	6,9
	Odloženie na dopravník	2,0

Tab. 7 Štyri hrdlá v plášti

V predošlých rozboroch bolo ukázané že pracovný cyklus operátora a strojov naberá na zložitosti s rastúcim počtom hrdiel v plášti. Pretože samotný cyklus zvárania sa musí v násobkoch realizovať.

Pri zváraní jedného až troch hrdiel v plášti nenastáva žiadny kapacitný problém (časy cyklov sú vždy nižšie ako požadovaný takt) pri obsluhu jedným operátorom. Jedine pri privarovaní len jedného hrdla do plášťa, nastáva variabilita v čase cyklu z dôvodu „šikovnosti“ operátora, keď začne využívať aj druhé strojné zariadenie pričom nie je potrebné.

Kapacitný problém nastáva až pri najzložitejšom type (4 hrdlá v plášti), pretože pri využití len dvoch strojov produkcia nedosiahne požadovanej hodnoty ($C_t = 49 \text{ s/ks}$). Nad zamyslením stojí fakt, že tento jav môže nastať len na linke A (2 zváračky, viz. kap. 3.1.2). Z obr. 16 je zreteľne jasné, že objem výroby tohto výrobku na Linke A je strašne malý (0,51% objemu produkcie), takže strata na dlhodobej produkcii nebude veľká. Medzi možné riešenia sa radí krátkodobé začlenenie druhého operátora, alebo vytvorenie jednej „mobilnej“ zváračky, ktorá v prípade potreby môže byť presunutá z Linky B. Za zmienku tiež stojí fakt, že požadovaná frekvencia výroby (takt) je pri uvažovaní 80% využitia času (OEE), takže za predpokladu vhodného plánovania výroby (zložitý vs. jednoduchý výrobok, resp. menšie množstvo zmien vo výrobe v priebehu zmeny) dokáže byť kapacitná požiadavka (500 ks/zmena) aj tak dosiahnutá. Linka B pri využití troch strojov jedným operátorom produkuje dostatočné množstvo výrobkov.

Z týchto rozborov vyplýva, že pri obsluhu len jedným operátorom a príslušným počtom strojov je výroba schopná plniť požiadavky zákazníka a obsluha viacerými operátormi nie je potrebná (jedine v prípade Linky A a výrobku s štyrmi hrdlami v plášti), čím sa dá docieľiť úspory operátorov. A pri miernej reorganizácii (presunu strojov bližšie k sebe), je pravdepodobne možné zjednodušiť/zrýchliť činnosť operátora.

	Aktuálny počet operátorov	Potrebný počet operátorov	Úspora
Linka A	1-2	1	0-1
Linka B	1-3	1	0-2

Tab. 8 Operátory – Privarovanie hrdiel do plášťa

Pri tejto situácii sa javí za vhodné vypracovanie štandardu práce pre operátora, kde uvidí potrebnú postupnosť krokov a ich časovú dĺžku. Táto sekvencia môže slúžiť ako súčasť tréningového programu, čím sa docieli rýchlejšej adaptácii nového operátora do procesu.

4.1.1.3 Obvodové zváranie

Obdobne ako pri predchádzajúcich pracoviskách bola spravená analýza obvodového zvárania. Na rozbor bola vybratá nádoba s najväčším priemerom $\varnothing = 396 \text{ mm}$, pretože strojný cyklus pri týchto nádobách je najdlhší (pri menších priemeroch je strojný čas kratší). Z čoho sa dá usúdiť, že pokiaľ produkcia aj pri najzložitejšom produkte bude dostatočujúca, tak budú vyhovovať aj všetky ostatné priemery. Z výsledkov merania vyšiel následne cycle time pracovníka $C_{t1} = 83,4 \text{ s/ks}$, pri obsluhu jedného stroja.

Keďže na obidvoch linkách sa nachádzajú dve zváračky, tak výsledný čas je na úrovni $C_t = 41,7 \text{ s/ks}$, stým rozdielom že linku A obsluhujú dvaja pracovníci (z dôvodu nemožnosti prechodu) a linku B stíha obsluhovať jeden.

Následný obr.29 slúži pre lepšie pochopenie priebehu cyklu.



Obr. 29 Obvodové zváranie

Zoznam činností pri výrobe jedného kusu (tab.7):

Typ činnosti	Popis činnosti	Čas [s]
Prípravne činnosti	Vloženie den	4,0
	Vloženie plášt'u	5,2
	Validácia – spustenie cyklu	6,4
Strojný čas	Obvodové zváranie	61,0
Ukončovacie činnosti	Vysunutie hotového kusu	6,8

Tab.9 Obvodové zváranie

Pri pohľade na obr. 24 a tab.9 je zrejmé, že pri dlhom strojnom čase a obsluhu jedného stroja má pracovník obrovské prestoje (linka A) a za tento čas by stíhal obsluhovať kľudne 2 zváračky, pokiaľ by mu to bolo technicky umožnené (ako už bolo spomenuté, potrebné pretočenie zváračiek oproti sebe)

V prípade Linky B už obsluha obidvoch zváračiek jedným operátorom je štandardom, avšak z hľadiska ergonómie (skrátienia prechodových vzdialeností) je vhodné tieto stroje tiež reorganizovať otočením oproti sebe.

	Aktuálny počet operátorov	Potrebný počet operátorov	Úspora
Linka A	2	1	1
Linka B	1	1	0

Tab. 10 Operátory – Privarovanie hrdiel do plášt'a

Z predchádzajúcich podkapitol (4.1.1.1 – 4.1.1.3) je možné usúdiť, že jednotliví operátori sú nerovnomerne vyťažení (napr. obvodové zváranie Linka A vs. Linka B). Prípadne sú začlenený pracovníci do procesu, ktorý z kapacitných dôvodov vôbec nie sú potrebný (privarovanie hrdiel), čo je tiež jednou z foriem plytvania.

Pravdou je, že pri redukcii množstva pracovníkov a nezmenenej technológie pravdepodobne dôjde k zvýšeniu fyzickej záťaže. Ale ako sa ľudovo vraví „bez práce nie sú koláče“ a žiadna spoločnosť si nedovolí držať pracovné miesta, ktoré sú „nepotrebné“.

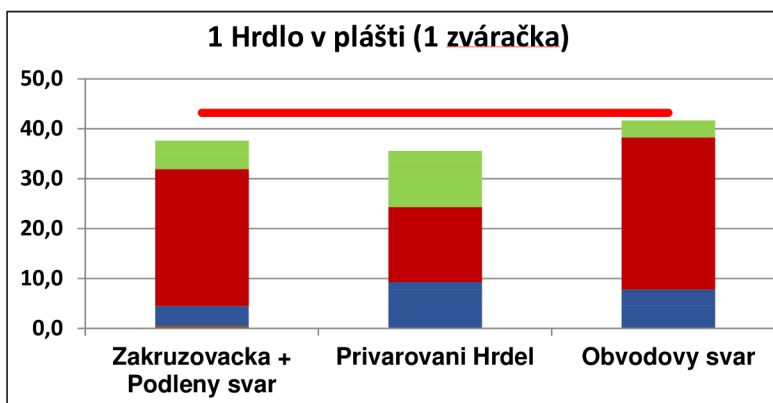
Avšak z hľadiska ergonómie (a tiež „ľudskosti“) je cieľom Lean špecialistov a obecné všetkých technologických pracovníkov (technolog, procesný inžinier, team líder a pod.) im túto záťaž čo najviac zjednodušiť a spríjemniť (tiež platí pravidlo: „spokojný pracovník, dobrý pracovník“). Preto je na mieste snaha o vytvorenie ergonomickejšieho pracoviska, aby sa daný operátor nemusel často zohýbať, premiestňovať na veľkú vzdialenosť („aby mal všetko po ruke“) a podobne. Preto bude cieľom nového rozmiestnenia tieto vzdialenosti zmenšiť a ostatné kapitoly sa budú venovať zlepšeniu ergonómie a bezpečnosti pri zásobovaní a odoberaní vstupného materiálu.

Yamazumi diagramy

Ako už bolo skôr spomenuté, tak následne sú uvádzané jednotlivé Yamazumi diagramy pre všetky možné typy rozdielných cyklov. Na týchto diagramoch je možné pozorovať časové využitie práce operátora (čas cyklu) v závislosti s požiadavkou (červená čiara odpovedá požadovanému takt time-u) a tiež vzájomný balans medzi jednotlivými pracoviskami.

Jednotlivé časové úseky vždy odpovedajú dĺžkam a popisom činností z predchádzajúcich podkapitol.

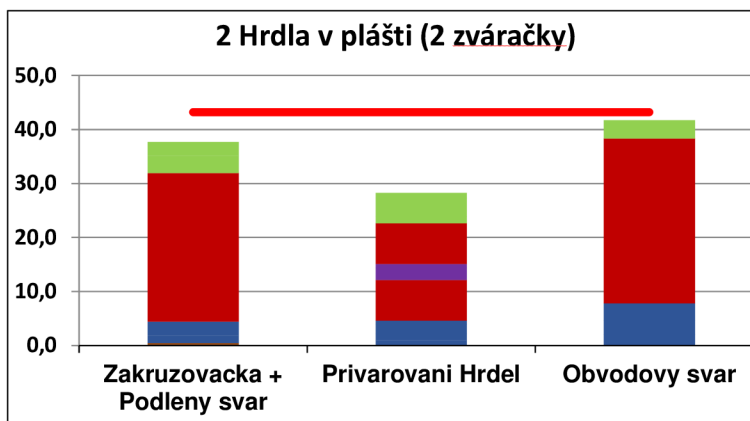
- **Jedno hrdlo v plášti**



Obr. 30 1 Hrdlo v plášti

Pri cykle len s privarovaním jedného hrdla do pláštu a využití len jednej zváračky, balans a tým pádom aj produkcia linky vypadá relatívne rovnomerná (obr. 30). Toto je samozrejme len dobré a na každú operáciu postačuje len jeden operátor pri využití adekvátneho počtu strojov

- Dva hrdlá v plášti

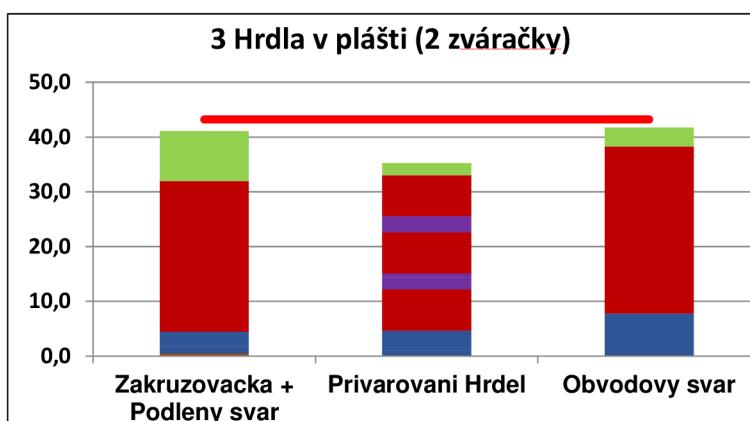


Obr. 31 2 Hrdlá v plášti

Ako už bolo spomenuté, tak cyklus privarovania dvoch hrdiel do plášti si vyžaduje využitie dvoch zvaračiek čím sa dosiahne požadovaná produkcia. Pri prvom pohľade na obr. 31 je možné usúdiť, že balans linky nie je až v takej rovnováhe ako v predchádzajúcom prípade. Toto bohužiaľ s využitím aktuálnej dostupnej technológie nejde pozmeniť (práca sa nezaobera zmenou výrobnéj technológie).

Ale aj z tohto obrázku (obr. 31) je zrejmé, že požadovaný objem produkcie je možné plniť, ešte aj s časovou rezervou. Samozrejme, každý prestoj (časová rezerva) je značným plytvaním a nie je v súlade s plynulou výrobou. Preto bude vhodné sa v budúcnosti na túto problematiku zamerať v rámci neustáleho zlepšovania.

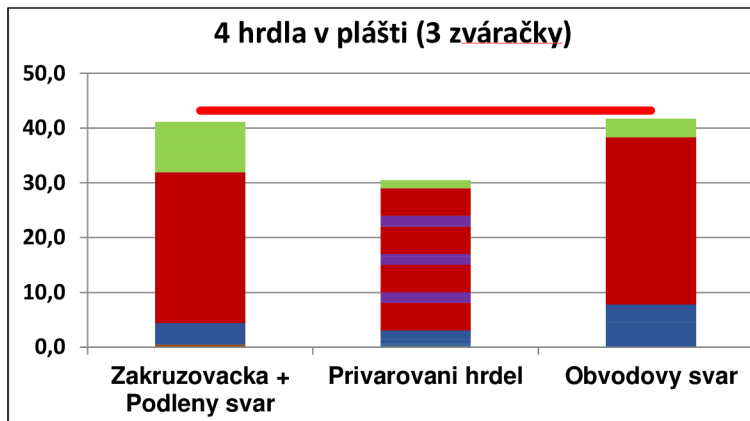
- Tri hrdlá v plášti



Obr. 32 3 Hrdlá v plášti

V prípade typologického cyklu s tromi hrdlami v plášti (obr. 32) je znova balans linky vyrovnaný, výroba je relatívne plynulá a na každú operáciu je potrebný zas len jeden operátor. Lenže operátor pracoviska Privarovania Hrdiel je v porovnaní s ostatnými viacnásobne fyzicky zaťažovaný (viz. predchádzajúce podkapitoly), preto v rámci nejakej „solidarity“ by bolo vhodné aspoň jednu možnú činnosť (obrusenie pozdĺžnych zvarov) presunúť medzi povinnosti operátora na Pozdĺžnom zvaraní.

- Štyri hrdlá v plášti



Obr. 33 4 Hrdlá v plášti

Ako prvé je potrebné spomenúť, že tento Yamazumi diagram zahŕňa len čistú prácu operátora a strojov (nezahrňa prestoje ktoré vznikajú v dôsledku interakcie medzi strojmi, viz kap. 4.1.1.2 4 Hrdlá v plášti).

Produkcja aj pri tomto najzložitejšom type (obr. 33) je dostačujúca, ale znova sa pri pohľade na množstvo činnosti operátora Privarovania hrdiel (kap. 4.1.1.2 4 Hrdlá v plášti), ako v predchádzajúcom prípade, javí za vhodné presun „Obrusovanie pozdĺžnych zvarov“ na povinnosť operátora na pozdĺžnom zváraní.

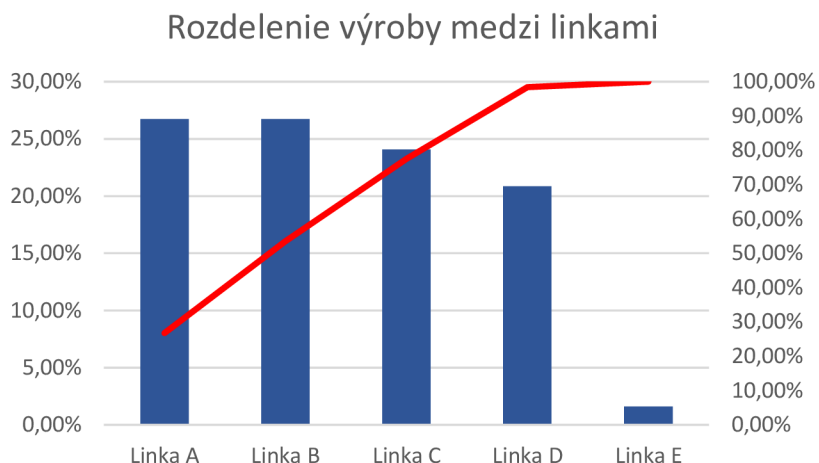
Predchádzajúce grafy znova potvrdili, že na všetky pracoviska je postačujúci len jeden operátor a požadovaný objem produkcie (takt time) by mal byť splniteľný.

Balans liniek síce nie je v 100% harmónií a neodpovedá úplne požadovanému výstupu, avšak dosiahnutie tohto stavu je v praxi veľmi náročné (možno až nereálne). Aktuálna hodnota je však postačujúca a úspora operátorov je možná.

4.1.2 Nové rozmiestnenie

S ohľadom na predchádzajúce stĺpce a strany je na rade tvorba nového návrhu na zmenu usporiadania. Základom je umožnenie obsluhy obidvoch obvodových zväračiek jedným operátorom, čo už minimálne prinesie úsporu jedného operátora. Tiež popresúvať ostatné stroje do lepšej vzájomnej polohy, čím sa skrátia časy potrebné na presun a manipuláciu medzi jednotlivými strojmi.

Po interných konzultáciách sa došlo k záveru, že je ešte vhodné zameniť zakružovačku z Linky B s Linkou E. Linke E nie je súčasťou tejto práce, ale jedná sa o ďalšiu zväraciu linku (celkovo 5). Lenže tým rozdielom, že Linka E je najmenej využívaná výrobou (obr. 34) a zakružovačka na tejto linke zahŕňa ešte automatický podávač (rovnako ako Linka A), ktorý je zbytočne nevyužitý (ďalší druh plytvania). Inak všetkými ostatnými výrobnými parametrami sú obidve zakružovačky totožné. Touto zámenou sa tiež uľahčí práca operátora a pracovný postup bude následne totožný na obidvoch linkách (Linka A a Linka B).



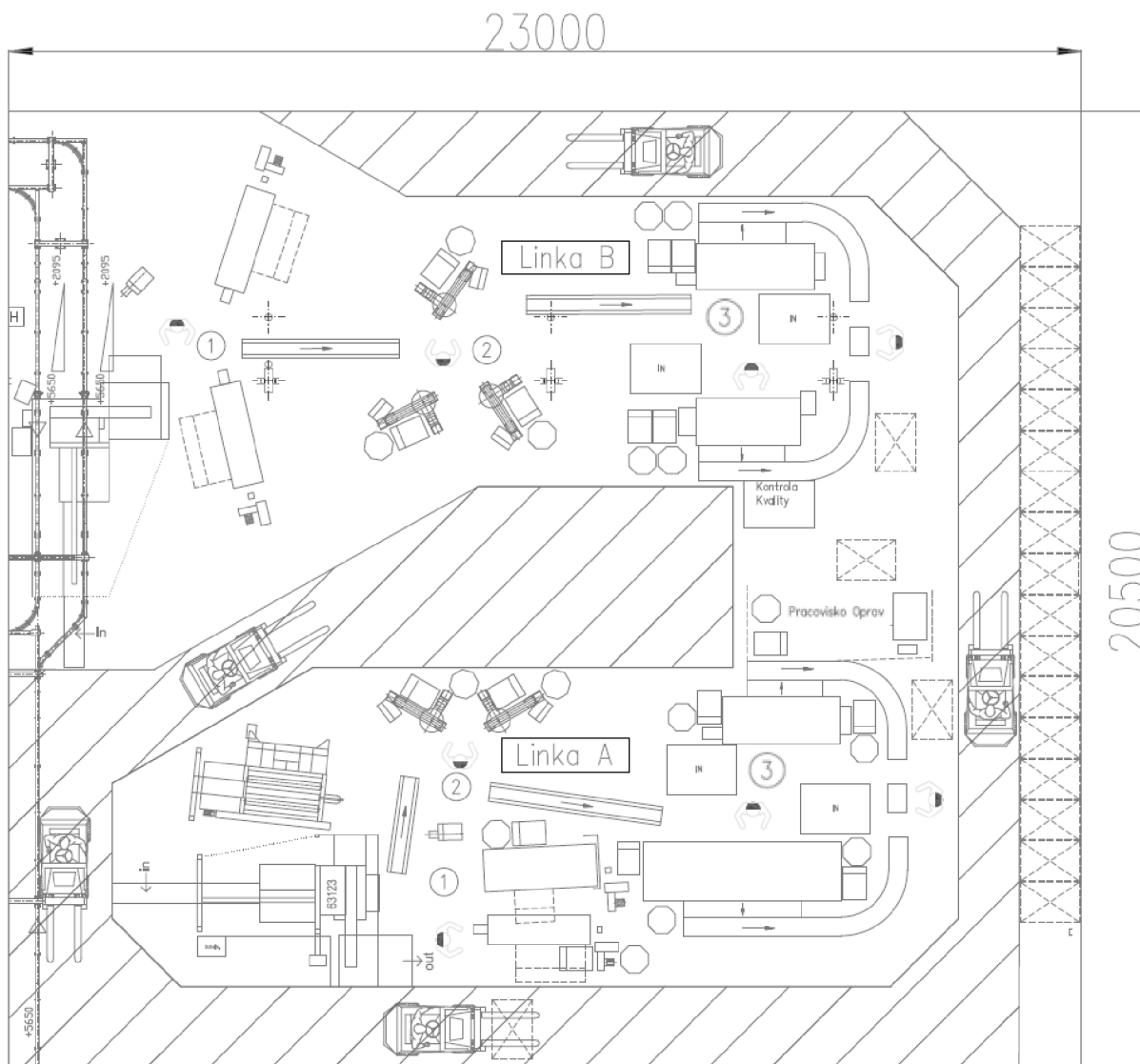
Obr. 34 Prerozdelenie výroby medzi linky + kumulatívna krivka

Úpravy aktuálneho rozmiestnenia (obr. 35):

- Pretočenie obvodových zväračiek zrkadlovo oproti sebe
- Zámena zakružovačiek medzi linkami B a E (Linke E nie je súčasťou práce)
- Presun strojov pracoviska pozdĺžneho zvárania do vhodnejšej polohy voči zakružovačke
- Mierny presun pracovísk privarovania hrdiel s cieľom zmenšenia vzdialenosti
- Presun stanoviska kontroly kvality do uvoľneného priestoru medzi linkami
- Presun pracoviska oprav do vzniknutého priestoru medzi linkami

Pri návrhu nového rozmiestnenia nie sú použité klasické metódy pre zostavovanie návrhu výrobných liniek (trojuholníková metóda, metóda ťažiska alebo metóda nadväznosti operácií), pretože práca sa nezaobera návrhom všetkých pracovísk (celou výrobou), ale len dvoma linkami skrz ktoré je materiálový tok nemenný a materiál musí prejsť postupne všetkými pracoviskami danej linky od jej vstupu (zakružovačky) až po koniec (obvodové zváranie) bez akéhokoľvek spätného alebo iného presunu naprieč výrobou/stanoviskom/linkou.

Tudíž aj typologicky rozmiestnenie zostáva nemenné a stále odpovedá predmetnému usporiadaniu výrobných liniek, čiže naprieč linkami funguje len jednosmerný tok materiálu od vstupu po výstup.



Obr.35 Návrh nového rozmiestnenia

Obr. 30 bol zhotovený s reálnymi maketami strojov a s ohľadom na nosné stĺpy a ostatné pracoviská v okolí, ktoré nie sú súčasťou týchto liniek (nie sú predmetom tejto diplomovej práce) a neobmedzujú príslušné pracoviská.

Je možné vidieť, že došlo k prepojeniu celého priestoru dookola prostredníctvom dopravnej cesty (možnosť prejazdu vysokozdvížným vozíkom). Taktiež zjednodušeniu materiálového toku, k zmenšeniu vzdialenosti medzi jednotlivými strojmi a úspore pracovníkov.

Priestor medzi linkami je vhodným na vytvorenie potrebných zásobovacích miest na vozíky s dnami (bližšie viz. kap. 4.2), čím dôjde k zlepšeniu zásobovania. Operačný priestor pracovníkov na privarovaní hrdiel do dna je na obidvoch linkách približne na úrovni $1,5 \times 1,5 \text{ m}$, čo znižuje vzdialenosť potrebnú na prekonanie medzi jednotlivými činnosťami (všetko na dosah 2 – 3 krokov) a tým pádom aj zvyšuje potenciál na skrátenie času cyklu.

4.2 Zásobovanie liniek dnami

Jedným z interných cieľov práce je zlepšenie zásobovania liniek, takže ďalším návrhom je úprava spôsobu zásobovania potrebnými dnami. Aktuálne sú štandardne využívané gitterboxi (obr. 36), ktoré sú naplnené jedným typom dna.



Obr.36 Gitterbox s dnami [10]

Už pri prvom pohľade je zrejmé, že toto riešenie nie je najvhodnejšie z hľadiska ergonómie. Keďže pri každom cykle sa musí operátor prehnúť a odobrať dna z gitterboxu, pričom čím viac je gitterbox prázdnejší, tým viac sa musí zohýbať.

Z hľadiska plytvania dochádza k držaniu nepotrebné zásoby na linke, keďže nie vždy daná zákazka spotrebuje celý objem gitterboxu. Takže po odobratí určitého množstva musí byť gitterbox zase odvezený, prepočítaný a dovezený nový gitterbox požadovaného typu podľa zákazky.

Ďalším problémom je obtiažná manipulácia, ktorá je možná iba vysokozdvížným alebo paletovým vozíkom.

Asi ako jediná výhoda tohto zásobovania sa môže javiť, že v prípade väčšej zákazky nie je potreba neustále zásobovať linku. Lenže zásobovanie na nepravidelnej báze vedie k vzniku omylov, resp. sa zásobovanie oneskorí čo vyústí k zastaveniu produkcie.

Z týchto dôvodov bol so spoločnosťou SmartBox vytvorený nový návrh zásobovacieho vozíka (obr. 37). Tento vozík je usporiadaný tak aby naraz pojal 84ks den v nezávislosti na geometrii (uspôsobený na všetky vyrábané typy). Rozmery tohto vozíka pôdorysne odpovedajú rozmerom gitterboxu, čiže v podstate nedôjde k žiadnej priestorovej zmene. Avšak z hľadiska ergonómie aj rýchlosti odoberania dôjde k zlepšeniu, keďže všetky kusy sa nachádzajú v operačnom priestore ruky a pracovník sa nemusí enormne zohýbať ani natáhať (najnižší kus vo výške 46 cm a najvyšší kus vo výške 160 cm).



Obr. 37 Zásobovací vozík [10]

Z hľadiska objemu je zrejmé že vozík nedokáže pokryť dlhodobú produkciu, čo je ale cieľené. Pretože zásobovanie bude fungovať na hodinovej báze ($84ks\ VZD/hod = 168ks\ dna \Rightarrow 2\ vozíky/hod$), pričom jeden pár vozíkov bude používaný na linke. Druhý pár („v zásobe“) bude vychystávaný hodinu dopredu, aby sa minimalizovalo riziko zastavenia výroby z dôvodu neprítomnosti vstupného materiálu. Tiež budú vytvorené miesta na odkladanie prázdnych vozíkov.

Týmto sa minimalizuje plytvanie z hľadiska nepotrebného množstva vstupného materiálu držaného priamo na linke a zrýchli sa reakcia na zmenu výroby (typu VZD), zlepši sa ergonómia, manipulácia a podobne.

Princíp budúceho zásobovania s hodinovou frekvenciou:

- **Operátor**

Krok 1: Operátor na linke spotrebuje dna umiestnené na vozíkoch

Krok 2: Prázdne vozíky premiestni na vyznačené miesto pri linke

Krok 3: Odoberie dopredu nachystané vozíky zo zásoby (2ks)

Krok 4: Presunie sa na linku a pokračuje v produkcii

- **Dandori**

Krok 1: Naukladá príslušný počet a typ dna na každý vozík (2ks)

Krok 2: Vozíky premiestni na vyznačené miesto na linke

Krok 3: Odoberie prázdne vozíky a premiestni sa späť do skladu

4.3 Zásobovanie liniek hrdlami

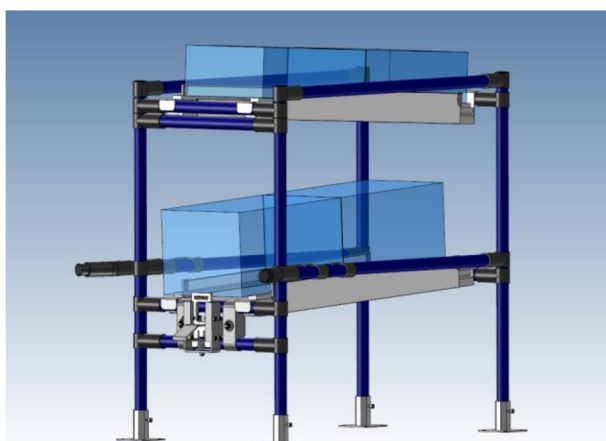
Ďalším problematickým prvkom zásobovania, je uskladňovanie hrdiel pri pracovisku (obr. 38), keďže nie sú vytvorené žiadne štandardné regály, resp. stojany na uloženie krabice s hrdlami, prípadne ešte na držanie zásoby.



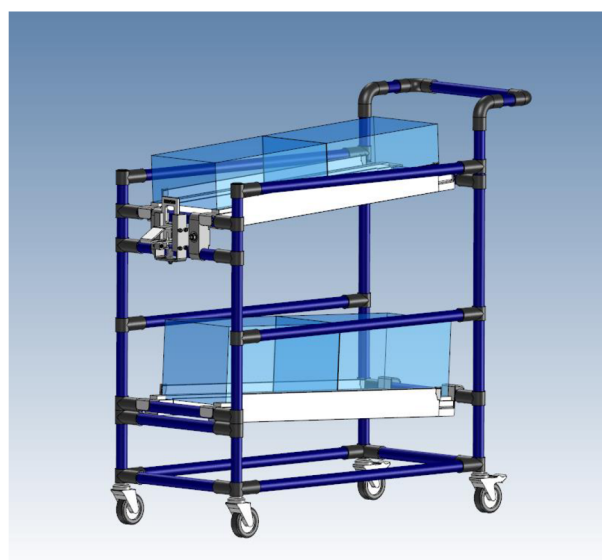
Obr.38 Hrdla na linke [10]

Z tohto dôvodu sú krabice rôzne provizórne umiestňované pri zväčšiacich, pričom môže dôjsť k ich pádu a tiež tieto improvizované stojany neprispievajú k čistote pracoviska. Mnohokrát tiež nebývajú umiestnené v dosahu rúk, takže pracovník musí za nimi dochádzať čím sa zvyšuje fyzická náročnosť práce a zväčšuje čas cyklu.

Preto bol v spolupráci so spoločnosťou Beewatec s.r.o. vytvorený koncept malého regálu a transportného vozíka (obr. 39).



a) Regál



b) Vozík

Obr. 39 Koncept regál + vozík [10]

Regál je konštruovaný na rozmery dvoch krabíc používaných na skladovanie hrdiel (od dodávateľa), pričom bude umiestnený priamo na pracovisku privarovania hrdiel tak aby boli „hrdlá vždy po ruke“ a tiež nezavadzali. Prvá krabica je určená k aktuálnemu využívaniu a po jej vyprázdnení sa odloží na spätný dopravník v spodnej časti regálu. Vďaka tomuto sa druhá krabica (držaná v zásobe) samospádom presunie na jej miesto, čo uľahčí prácu operátora pri jej ručnom prenášaní.

Transportný (zásobovací) vozík je rozmerovo uspošobovaný regálu a funguje na princípe tzv. „Shooter-u“. Takže po dorazení vozíka sa plná krabica samospádom presunie do regálu a prázdna krabica zase späť do vozíka. Ako je zrejmé z predchádzajúceho popisu tak tento systém je vytvorený nato aby hlavne zjednodušil a zrýchlil prácu potrebnú k manipulácii s krabicami (sklad->linka->regál).

Vďaka týmto pomôckam sa operátor nebude zbytočne namáhať keď bude mať materiál priamo na mieste použitia, nebude hroziť riziko úrazu alebo poškodenia stroja pri manipulácií alebo páde krabíc.

Dve krabice (jedna používaná a jedna v zásobe) sú priemerne postačujúce na 1 – 2 zmeny (v závislosti na linke), preto bude nastavená kontrola skladníkom 2x za zmenu (na začiatku a na konci) pre minimalizáciu prípadu zastavenia linky z dôvodu nedostatku vstupného materiálu.

4.4 Štandardná práca

Za vhodné prichádza vypracovanie teoretického štandardu práce, ktorý by mal odpovedať stavu procesu po prestavbe. Keďže použitie aktuálne nameraných hodnôt nie je najvhodnejšie (dôjde k reorganizácii strojov tak na určenie potrebných časových údajov bude využitá BasicMOST metóda ktorá sa zaoberá určením spotreby manuálnej práce operátorov.

Tieto formuláre budú mať informačný charakter a môžu slúžiť ako ukážka nadväznosti činností v časovom horizonte, alebo ako základne overenie reálnosti nového návrhu (za využitia jedného operátora na každom pracovisku). Prípadne po zrealizovaní prestavby je možné tento snímok využiť ako jednu z pomôcok na prvotné zaškolenie operátorov, kde bude jednoznačne vidieť postupnosť činností ktoré musí vykonať a príslušných časov na túto činnosť.

Avšak po realizácii prestavby je vhodné (až potrebné) tento formulár aktualizovať s využitím reálnych (budúcich) časov.

4.4.1 BasicMOST

Metóda MOST (v preklade: „Maynard Operation Sequence Technique“) sa celkovo skladá z 3 podskupín (tab. 11), ktoré sa odlišujú vhodnosťou použitia na rozdielne typy procesu

	Dĺžka operácií
MiniMOST	2 s – 10 s
BasicMOST	10s – 10 min (najpoužívanejší)
MaxiMOST	> 2 min

Tab. 11 Rodina MOST [14]

BasicMOST (aj obecne MOST) metóda spadá medzi metódy predom stanovených časov a je založená na princípe MTM metódy. Vznikla s cieľom zvýšenia produktivity vykonávaných analýz pri zachovaní vysokej presnosti. Tento systém je pomerne univerzálny a v praxi sa veľmi často využíva na normovanie práce, prípadne na určovanie spotreby práce pracovníka. Princíp spočíva v rozdelení každej činnosti na jednotlivé sekvencie ktoré sú následne indexované a na rozdiel od metódy MTM nezachádza až do takých detailov čo výrazne zvyšuje rýchlosť analýz [12].

Sekvencie	Popis	Subaktíva
Všeobecné premiestnenie	Volný pohyb v priestore	A,B,G,P
Riadené premiestnenie	Viazaný pohyb v priestore	M,X,I
Použitie nástroja	Využitie bežných ručných nástrojov	

BasicMOST využíva podobne ako metóda MTM jednotiek TMU (Time Measurement Units) a všetky hodnoty reprezentujú priemerne skúseného pracovníka, pracujúceho v priemernom výkone. Tiež sa označuje ako stopercentný výkon [13].

TMU vs. jednotky času

1 <i>TMU</i>	0,036 <i>s</i>
27,8 <i>TMU</i>	1 <i>s</i>
1666,7 <i>TMU</i>	1 <i>min</i>
100000 <i>TMU</i>	1 <i>hod</i>

4.4.2 Identifikácia potrebných časových intervalov

Ako už bolo avizované, je za potreby identifikovať jednotlivé časové úseky manuálnej činnosti potrebné (nevyhnutné) k realizácii cyklu. Z dôvodu veľkej rozsiahlosti budú uvádzané len jednotlivé typy krokov a výpočty časov úsekov (vypisované budú len nenulové indexy pohybov).

Ich vzájomná kombinácia bude viditeľná v dokumentoch Standard Work Combination Sheet (Príloha A – G).

4.4.2.1 Pozdĺžne zváranie

Nasleduje tabuľka (tab. 12) so stručným výpisom činností, príslušných sekvencií (len nenulových) a časových úsekov [14].

Popis činnosti	Sekvencia	TMU	Čas [s]
Validácia zväračky	A1 M1	20	0,72
Presun od zväračky k zakružovačke	A6	60	2,16
Prenos plášt'a k zväračke	A1 G3 A6	100	3,6
Vloženie plášt'a do zväračky	A1 M6	70	2,52
Spustenie cyklu zväračky	A1 M1	20	0,72
Strojný čas zväračky			55
Presun od zväračky k zväračke	A3	30	1,08
Vytiahnutie hotového kusu	A1 M6	70	2,52
Odloženie plášt'u na dopravník	A6 P3	90	3,24
Presun od dopravníku k zväračke	A6	60	2,16

Tab. 12 BasicMOST – Pozdĺžne zváranie

4.4.2.2 Privarovanie hrdiel

Nasleduje tabuľka (tab. 13) so stručným výpisom činností, príslušných sekvencií (len nenulových) a časových úsekov [14].

Popis činnosti	Sekvencia	TMU	Čas [s]
Prenos plášt'a k zväračke	A1 G3 A3	70	2,52
Vloženie plášt'a do zväračky	A1 P3	40	1,44
Umiestnenie hrdla	A1 G1 A1 P3	60	2,16
Spustenie cyklu zväračky	A1 M1	20	0,72
Strojný čas zväračky			15
Presun k vstupnému dopravníku	A3	30	1,08
Presun od zväračky k zväračke	A3	30	1,08
Pretočenie plášt'a	A1 G3 M3	70	2,52
Vytiahnutie plášt'a	A1 M3	40	1,44
Odloženie na dopravník	A3 P3	60	2,16

Tab. 13 BasicMOST – Privarovanie hrdiel

4.4.2.3 Obvodové zväranie

Nasleduje tabuľka (tab. 14) so stručným výpisom činností, príslušných sekvencií (len nenulových) a časových úsekov [14].

Popis činnosti	Sekvencia	TMU	Čas [s]
Vloženie den do zväračky	A1 G1 A1 P3	60	2,16
Presun od zväračky k dopravníku	A6	60	2,16
Prenos plášt'a k zväračke	A1 G3 P6	100	3,6
Vloženie plášt'a do zväračky	A1 P3	4	1,44
Spustenie cyklu zväračky	A1 M1 X6 A1 M1	100	3,6
Strojný čas zväračky			61
Presun od zväračky k zväračke	A6	60	2,16
Vysunutie hotového kusu	A1 G3 M6	100	3,6

Tab. 14 BasicMOST – Obvodové zväranie

Výstupom tejto kapitoly sú dva druhy dokumentov a to :

- **Standard Work Combination Sheet** (Príloha C – I)
- **Standard Work Chart** (Príloha J-K)

Tieto dokumenty jasne popisujú nadväznosť všetkých činností aj s príslušnými časovými dĺžkami, ktoré je za potreby dodržiavať aby došlo k eliminácií/minimalizácií rozdielov vo výrobnom procese a dosiahnutiu potrebného času cyklu.

Momentálne môžu tiež slúžiť na overenie reálnosti návrhu a aj ako pomocný tréningový manuál nových operátorov pre jednoduchšie a rýchlejšie začlenenie do bežného (štandardného) procesu výroby.

5 KALKULÁCIA NÁKLADOV

Táto časť práce je venovaná kalkulácií nákladov spojených s realizáciou nového návrhu, rátajúc ako s nákladmi na prestavbu liniek tak aj s nákupom navrhnutých pomôcok.

Taktiež bude počítaná finančná úspora na mzdách po realizácií (z dôvodu redukcie pracovníkov) a návratnosť celkovej investície.

5.1 Náklady na realizáciu

Náklady na prestavbu liniek (tab.15) boli odhadované v spolupráci s oddelením údržby spoločnosti Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o, ktoré bude aj samotnú prestavbu realizovať.

V nákladoch na realizáciu sú tiež zahrnuté ďalšie úkony ktoré sú potrebné (resp. požadované), ako napríklad prestavba elektrickej siete, zmena osvetlenia a podobne.

Popis	Množstvo	Cena [Kč]	
		Jednotková	Celkom
Prestavba zariadení	1	150 000 Kč	150 000 Kč
Prestavba vzduchotechniky	1	200 000 Kč	200 000 Kč
Prestavba elektrickej siete	1	1 000 000 Kč	1 000 000 Kč
Nové osvetlenie	1	200 000 Kč	200 000 Kč
Nový dopravný systém	4	150 000 Kč	600 000 Kč
Ostatný materiál	1	250 000 Kč	250 000 Kč
Vypracovanie projektovej dokumentácie	1	200 000 Kč	200 000 Kč
Potrebné Revízie	1	50 000 Kč	50 000 Kč
Cena Celkom:		2 650 000 Kč	

Tab.15 Náklady na prestavbu

KALKULÁCIA NÁKLADOV

Náklady na nákup navrhnutých pomôcok (tab.16) pochádzajú priamo z cenových ponúk príslušných firiem (SmartBox a Beewatec).

Popis	Množstvo	Cena [Kč]	
		Jednotková	Celkom
Zásobovací vozík na dna	12	26 650 Kč	315 000 Kč
Regál na hrdla	2	6 725 Kč	13 450 Kč
Transportný vozík na hrdla	1	7 657 Kč	7 657 Kč
Cena Celkom:		336 107 Kč	

Tab.16 Náklady na nákup pomôcok

Celkové náklady na realizáciu sa stanovujú jednoduchým súčtom nákladov na prestavbu a na nákup navrhnutých pomôcok (zaokrúhlené na 10000 dohora).

$$N_c = 2\,650\,000 \text{ Kč} + 336\,107 \text{ Kč} = 2\,990\,000 \text{ Kč}$$

5.2 Úspora na mzdách

Úspora na mzdách sa vypočíta z priemerných nákladov firmy na zväčškových operátorov vo spoločnosti Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o a počte ušetrovaných operátorov.

Keďže úspora operátorov (vyplývajúca z kap. 4.1 a zobrazená v tab.17) je variabilná a pohybuje sa v rozmedzí od 1 až po 4 operátorov, tak výpočet bude realizovaný na všetky tieto možnosti.

	Aktuálny počet operátorov	Potrebný počet operátorov	Úspora
Linka A	4 – 5	3	1 – 2
Linka B	3 – 5	3	0 – 2
Celkom:			1 – 4

Tab. 17 Úspora operátorov

Táto úspora operátorov predstavuje redukciu pracovníkov na jednej zmene. Lenže výroba na týchto linkách pracuje v trojzmennom režime, to znamená že celková úspora je ešte trojnásobne vyššia a práve táto hodnota bude použitá v ďalších kalkuláciách.

Priemerná Hrubá mesačná mzda, v spoločnosti FHU, zváračských operátorov činí **30 875 Kč**. Lenže náklady zamestnávateľa na túto mzdu sú ešte zvýšené o hodnotu poistného (sociálne a zdravotné) ktoré je zamestnávateľ povinný platiť. Celkové náklady zamestnávateľa na mzdu pracovníka sa tiež nazývajú Super hrubá mzda a v aktuálnom prípade dosahuje hodnotu (zaokrúhlené na stovky dohora):

$$\text{Super hrubá mzda} = \text{Hrubá mzda} * 1,34 = 30\,875 \text{ Kč} * 1,34 = \mathbf{41\,400 \text{ Kč}}$$

Keď je známa priemerná Super hrubá mzda a tiež množstvo ušetrených pracovníkov neostáva nič iné, len tieto údaje navzájom prenásobiť z čoho vznikne priemerná mesačná úspora. Vynásobením tejto úspory počtom mesiacov v roku sa určí celková ročná úspora na mzdách (tab.18), ktorej je možné dosiahnuť pri realizácii prestavby.

Redukcia pracovníkov (v jednej zmene)	Mesačná úspora	Ročná úspora
1	124 200 Kč	1 490 400 Kč
2	248 400 Kč	2 980 800 Kč
3	372 600 Kč	4 471 200 Kč
4	496 800 Kč	5 961 600 Kč

Tab.18 Úspora na mzdách

5.3 Návratnosť investície

Posledným bodom práce a tiež tejto kapitoly je určenie návratnosti (resp. rýchlosti návratnosti) tejto investície. Návratnosť (tab. 19) sa stanoví najlogickejším (najjednoduchším) spôsobom a to prostým podelením celkových nákladov spojených s realizáciou a priemernou ročnou úsporou.

Znova je potrebné výpočet realizovať pre všetky štyri varianty, keďže z dôvodu nezavedených štandardov je úspora variabilná.

Redukcia pracovníkov (v jednej zmene)	Celkové náklady	Ročná úspora	Návratnosť [rok]
1	2 990 000 Kč	1 490 400 Kč	2
2		2 980 800 Kč	1
3		4 471 200 Kč	0,7
4		5 961 600 Kč	0,5

Tab. 19 Návratnosť investície

6 ZHODNOTENIE

V poslednom rade sa za vhodné javí vytvorenie aspoň základného/jednoduchého zhodnotenia pôvodného stavu voči vytvorenému návrhu na úpravu strojov ale aj vytvorenie nových pracovných pomôcok.

Pri pesimistickom pohľade na výsledky sa vďaka investícií dosiahne úspory jedného pracovníka na každú zmenu čo v prepočte predstavuje dobu návratnosti investície 2 roky.

Optimistický prístup je oveľa prijateľnejší, keďže množstvo potrebných pracovníkov v jednej zmene klesne o štyroch, vďaka čomu doba návratnosti investície klesne iba na pol roka.

Obidva tieto pohľady sú z hľadiska návratnosti prijateľné (samozrejme optimistický prístup je ďaleko kratší), ale zo životných skúsenosti je vhodnejšie sa na veci pozerat' trochu viac realisticky, resp. uvažovať akýsi „zlatý stred“ a v tomto prípade je doba návratnosti na úrovni približne jedného roka, čo z pohľadu spoločnosti, pri uvažovaní objemu vstupnej investície je viac než akceptovateľné.

Vďaka realizácii návrhu by tiež došlo k obstaraniu niektorých nových pracovných pomôcok, ktoré spríjemnia a zjednodušia prácu operátorom, čím by sa zlepšila pracovná morálka a zlepšila ergonómia (prípadne skrátil čas cyklu). Znížili by sa rôzne druhy plytvania ako napríklad zbytočná zásoba vstupného materiálu, veľké prechodové/prepravné vzdialenosti a vďaka využitiu len potrebného počtu operátorov by sa minimalizovalo riziko možnosti tvorby nadprodukcie.

S uvažovaním týchto výstupov by došlo k naplneniu požiadaviek spoločnosti Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o. na redukciu potrebného počtu operátorov v jednej zmene a zlepšenie materiálového toku, vďaka čomu je možné tento návrh považovať za vhodný na realizáciu.

ZÁVER

V hlavnej časti práce bol vytvorený teoretický návrh prestavby dvoch výrobných (zváračských) liniek v spoločnosti Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o, s primárnym cieľom redukcie nepotrebných operátorov, zlepšenia materiálového toku a úspore miesta. Vďaka presunu jednotlivých strojných zariadení do výhodnejších pozícií sa umožní viacstrojová obsluha niektorých zariadení, prípadne sa zmenší „prechodová“ vzdialenosť medzi týmito strojmi ktorú musí operátor prekonávať čo má za následok zlepšenie ergonómie.

Reálnosť tejto reorganizácie bol overený prostredníctvom časovej analýzy za využitia Yamazumi diagramov. Za ďalší spôsob overenia sa tiež dá považovať vypracovanie štandardu práce (hlavne formulárov Standardized Work Combination Table) s využitím metódy na výpočet normy spotreby manuálnej práce na princípe BasicMOST.

Taktiež sa práca zaoberá návrhom nových pomôcok na zlepšenie spôsobu zásobovania týchto výrobných liniek vstupným materiálom (dna a hrdlá), kde boli v spolupráci s externými firmami (SmartBox a Beewatec) vytvorené konštrukčné návrhy zásobovacieho vozíka na dna a regálu spojeného s transportným vozíkom na zásobovanie linky hrdlami.

V poslednej časti je prevedená kalkulácia nákladov na realizáciu všetkých navrhnutých úkonov, ktorá vyšla na úrovni $N_c = 2\,990\,000$ Kč, čo samozrejme je pomerne veľké číslo. Avšak návratnosť tejto investície sa pohybuje v rozmedzí 2 až 0,5 roka v závislosti na množstve redukovaných pracovníkov na smenu, čo zásadne mení pohľad na investíciu.

Vďaka realizácii tohto návrhu by došlo k eliminácii plytvania vo forme nadbytočných operátorov a tým spojenej nadprodukcie a prestojov z dôvodu zlého balansu liniek. Ďalej by došlo k zlepšeniu ergonómie vďaka vhodnejšej organizácii strojov a vzdialeností medzi nimi a tiež použitím navrhnutých pracovných pomôcok (vozíky a regály), ktoré sú konštruované práve na zlepšenie ergonómie, zvýšenie bezpečnosti a v neposlednom na nastavenie vhodnejšieho a pravidelnejšieho štandardu zásobovania.

Treba tiež spomenúť, že základom na funkčnosť návrhu je svedomité pristupovanie operátorov pracujúcich na jednotlivých pozíciách, ktorý budú dodržiavať pracovnú morálku a pracovnú sekvenciu (popísanú prostredníctvom Standardized Work Combination Table). Čoho sa dá docieľiť len správnym tréningovým procesom a prípadne vhodnou formou motivácie.

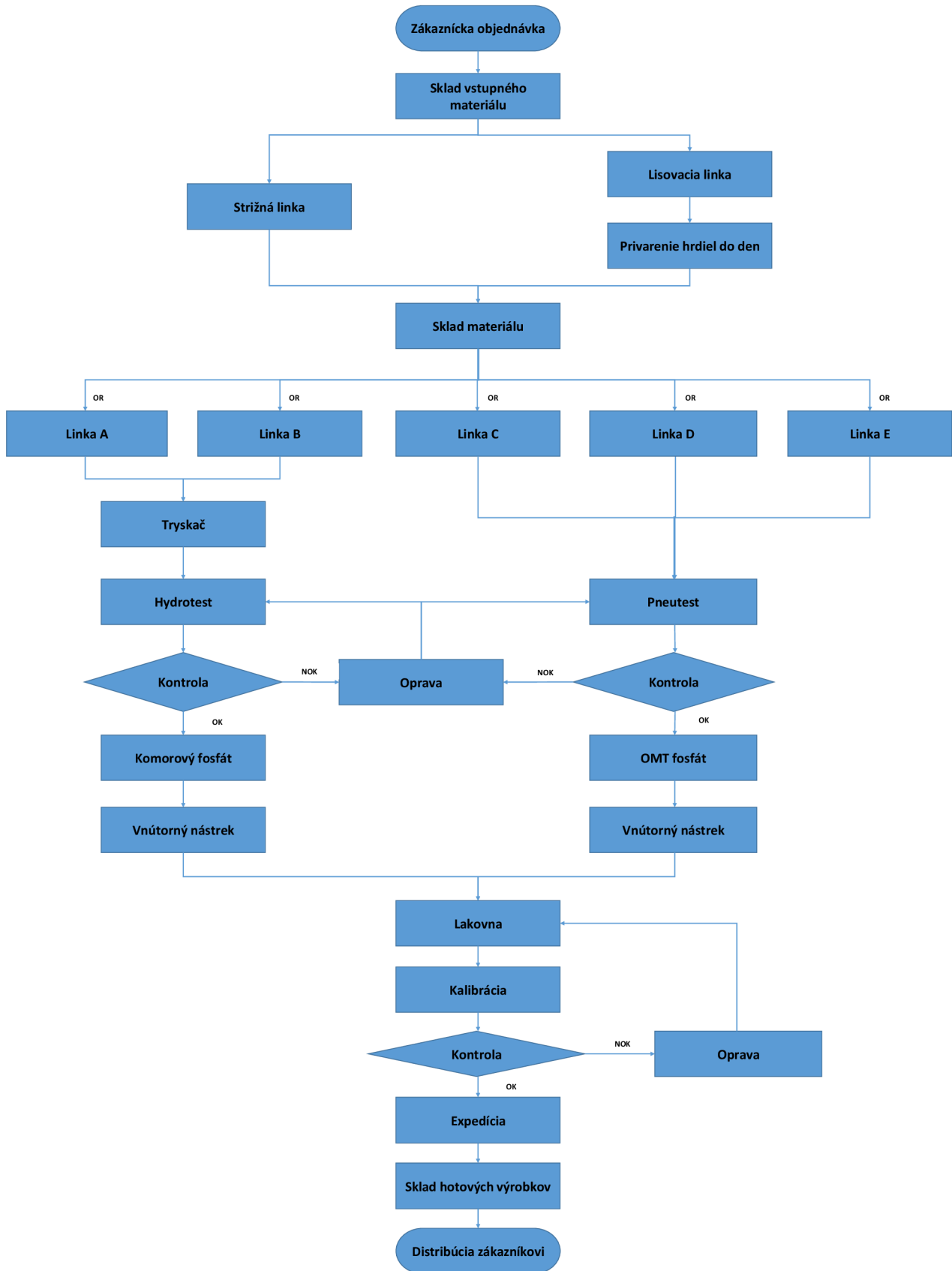
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV


1. EATON, Mark. *The lean practitioner's handbook*. Philadelphia: Kogan Page, 2013. ISBN 9780749467739.
2. RICH, Nick, Nicola BATEMAN, Ann ESAIN, Lynn MASSEY a Donna SAMUEL. *Lean Evolution Lessons from the Workplace*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. ISBN 9780511541223.
3. WILSON, Lonnie. *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill, c2010. ISBN 978-0-07-162507-4.
4. Výrobní systém Toyota TPS: a jeho přínosy pro podnikání. Manipulační a skladová technika Toyota [online]. [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: http://www.toyota-forklifts.cz/sitecollectiondocuments/tps_nahled.pdf
5. MARCHWINSKI, Chet. a John. SHOOK. *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. Brookline, Mass.: Lean Enterprise Institute, 2003. ISBN 0966784367.
6. CARREIR, Bill. *Lean Manufacturing That Works Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. New York: AMACOM, 2004. ISBN 978-081-4428-542.
7. Implementation of total productive maintenance: A case study. Science Direct [online]. 2005 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527303003293>
8. KOŠTURIK, Ján. PQ analýza. *Ipaczech* [online]. 2007, 9.3.2007 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/pq-analyza>
9. Frauenthal-automotive. *Frauenthal-automotive* [online]. 2018 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.frauenthal-automotive.com/>
10. Interné podklady Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o
11. Worthington industries. *Worthington industries* [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.worthingtonindustries.com>
12. DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. *E-api* [online]. 2015, 29.10.2015 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
13. KRIŠŤAK, Jaroslav. MOST – Maynard Operation Sequence Technique. *Ipaczech* [online]. 2007, 8.3.2007 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/most-maynard-operation-sequence-technique>
14. Analýza a měření práce. *Svetproduktivity* [online]. 2012 [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Analyza-a-mereni-prace.html>
15. ZANDIN, Kjell B. *MOST work measurement systems*. 3rd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker, c2003. ISBN 0824709535.

ZOZNAM PRÍLOH

Příloha A	FlowChart
Příloha B	Šachovnicová tabuľka
Příloha C	Standard Work Combination Sheet – Pozdĺžne zváranie
Příloha D	Standard Work Combination Sheet – Privarovanie Hrdiel 1
Příloha E	Standard Work Combination Sheet – Privarovanie Hrdiel 2
Příloha F	Standard Work Combination Sheet – Privarovanie Hrdiel 3
Příloha G	Standard Work Combination Sheet – Privarovanie Hrdiel 4.1
Příloha H	Standard Work Combination Sheet – Privarovanie Hrdiel 4.2
Příloha I	Standard Work Combination Sheet – Obvodové zváranie
Příloha J	Standard Work Chart – Linka A
Příloha K	Standard Work Chart – Linka B

Príloha A



Šachovnicová tabuľka			Výrobný proces														 frauenthal automotive									
Vypracoval: Richard Kolenčík			Frauenthal Automotive Hustopeče s.r.o.																							
Dátum:																										
ID	Popis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Σ	
1	Sklad vstupného materiálu		1850	1850																					3700	
2	Lisovacia linka				1850																				1850	
3	Strižná linka					1850																			1850	
4	Privarovanie hrdiel do den						1850																		1850	
5	Sklad materiálu							500	500	480	300	70													1850	
6	Linka A											500													500	
7	Linka B												500												500	
8	Linka C													480											480	
9	Linka D														300										300	
10	Linka E															70									70	
11	Tryskač																								1000	
12	Hydrotest															11	1000								1011	
13	Pneutest																								860	
14	Opravy zvarovňa																								21	
15	Komorový Fosfát																								1000	
16	OMT fosfát																								850	
17	Vnútorňý nástrek Kom.Fosfát																								1000	
18	Vnútorňý nástrek OMT Fosfát																								850	
19	Lakovna																								1850	
20	Kalibrácia																							72	1850	1922
21	Opravy lakovňa																							72	72	
22	Expedícia																								1850	1850
23	Sklad hotových výrobkov																								-	
Σ	Celkom	-	1850	1850	1850	3700	500	500	480	300	70	1000	1011	860	21	1000	850	1000	850	1922	1850	72	1850	1850	25236	

ks/den

Standard Work Combination Sheet	Work place: <i>Zvarovňa</i>	Takt Time: <u>43,2 s/pc</u>	Cycle Time <u>41,1 s/pc</u>	Revision 1	Date: 18.3.2018 Operation: 1 of 3 Page: 1 of 1
	frauenthal automotive	Process: <i>Pozdĺžne zvaranie</i>	Output: 500 per shift	SWIP: 2	Vypracoval R. Kolenčík Schválil R. Kolenčík

No.	Description of Task	Time [s]			Timeline [s]																											
		Manual	Auto	Walking	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
1	Validácia zväračky 1	0,72		2,16																												
2	Prenos pláštá k zväračke 1	3,6																														
3	Vloženie pláštá do zväračky	2,52																														
4	Spustenie cyklu zväračky 1	0,72	55	1,08																												
5	Validácia zväračky 2	0,72		2,16																												
6	Prenos pláštá k zväračke 2	3,6																														
7	Vloženie pláštá do zväračky 2	2,52																														
8	Spustenie cyklu zväračky 2	0,72	55	1,08																												
9	Vytiahnutie hotového kusu 1	2,52																														
10	Odloženie pláštá na dopravník	3,24		2,16																												
11	Vytiahnutie hotového kusu 2	2,52																														
12	Odloženie pláštá na dopravník	3,24		2,16																												

Standard Work Combination Sheet	Work place: <i>Zvarovňa</i>	Takt Time: <u>43,2 s/pc</u>	Cycle Time <u>27,2 s/pc</u>	Revision 1	Date: 18.3.2018 Operation: 2 of 3 Page: 1 of 1
	frauenthal automotive	Process: <i>Privarovanie hrdiel (2)</i>	Output: 500 per shift	SWIP: 2	Vypracoval R. Kolenčík Schválil R. Kolenčík

No.	Description of Task	Time [s]			Timeline [s]																											
		Manual	Auto	Walking	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
1	Prenos pláštá k zväračke 1	2,52																														
2	Vloženie pláštá do zväračky 1	1,44																														
3	Umiestenenie hrdla	2,16																														
4	Spustenie cyklu zväračky 1	0,72	15	1,08																												
5	Prenos pláštá k zväračke 2	2,52																														
6	Vloženie pláštá do zväračky 2	1,44																														
7	Umiestenenie hrdla	2,16																														
8	Spustenie cyklu zväračky 2	0,72	15	1,08																												
9	Pretočenie pláštá 1	2,52																														
10	Umiestenenie hrdla	2,16																														
11	Spustenie cyklu zväračky 1	0,72	15	1,08																												
12	Pretočenie pláštá 2	2,52																														
13	Umiestenenie hrdla	2,16																														
14	Spustenie cyklu zväračky 2	0,72	15	1,08																												
15	Vytiahnutie pláštá 1	1,44																														
16	Odloženie na dopravník	2,16																														
17	Vytiahnutie pláštá 2	1,44																														
18	Odloženie na dopravník	2,16																														

**Standard Work
Combination Sheet**



Work place:
Zvarovňa

Process:
Obvodové zvaranie

Takt Time: 43,2 s/pc

Output: 500 per shift

Cycle Time 42,5 s/pc

SWIP: 2,3

Revision
1



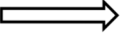
Date: 18.3.2018
Operation: 3 of 3
Page: 1 of 1

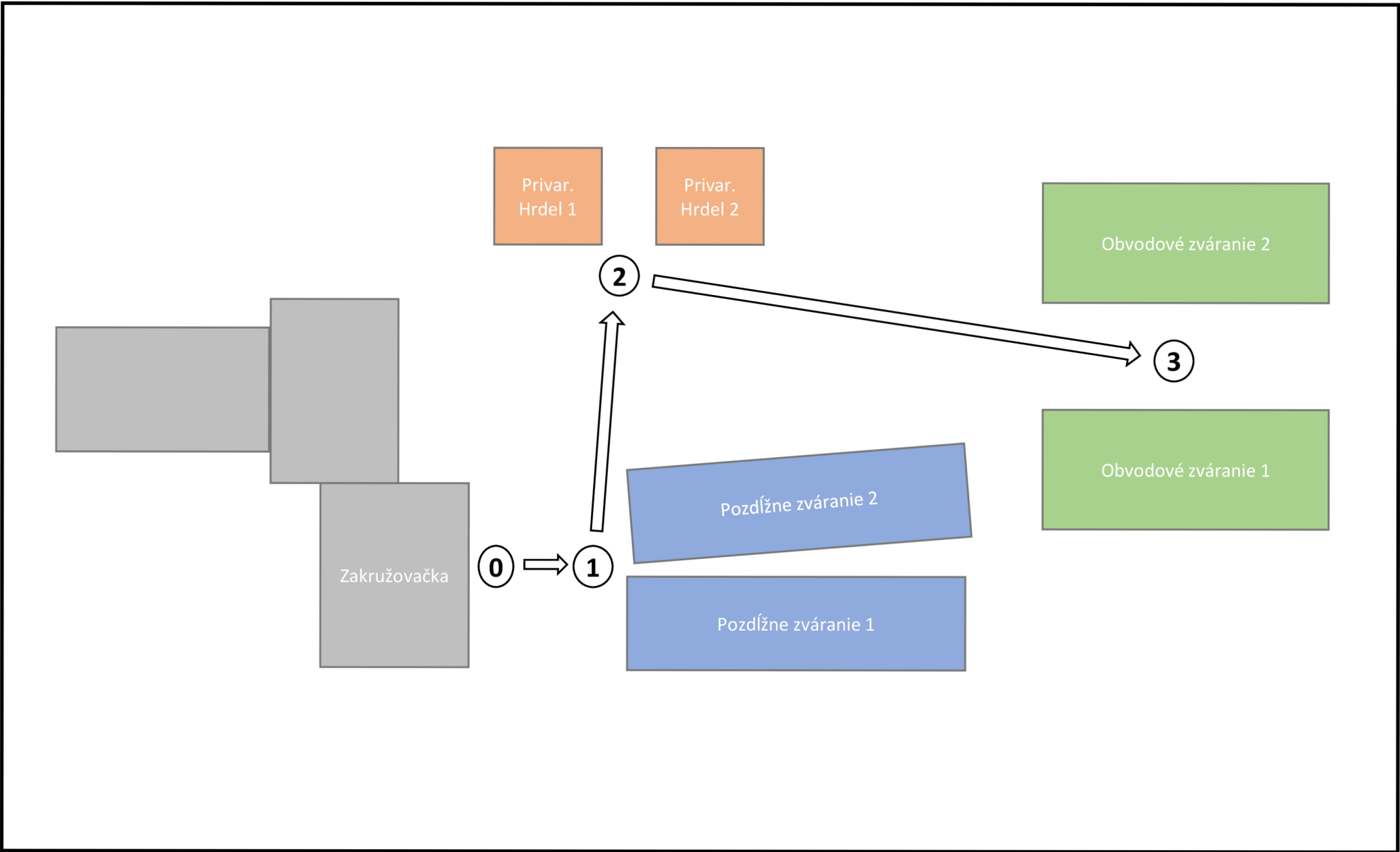
Legend



Manual	—————
Automatic	-----
Walking	—————
Waiting	—————

Vypracoval
R. Kolenčík
Schválil
R. Kolenčík

No.	Description of Task	Time [s]			Timeline [s]																											
		Manual	Auto	Walking	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140
1	Vloženie den do zväračky 1	2,16		2,16																												
2	Prenos pláštú k zväračke	3,6																														
3	Vloženie pláštú do zväračky 1	1,44																														
4	Spustenie cyklu zväračky 1	3,6	61	2,16																												
5	Vloženie den do zväračky 2	2,16		2,16																												
6	Prenos pláštú k zväračke	3,6																														
7	Vloženie pláštú do zväračky 2	1,44																														
8	Spustenie cyklu zväračky 2	3,6	61	2,16																												
9	Vysunutie hotové kusu 1	3,6																														
10	Vloženie den do zväračky 1	2,16		2,16																												
11	Prenos pláštú k zväračke	3,6																														
12	Vloženie pláštú do zväračky 1	1,44																														
13	Spustenie zväračky 1	3,6	61	2,16																												
14	Vysunutie hotové kusu 2	3,6																														

Standard Work Chart	Work place: <i>Zvarovňa</i>	Takt Time: 43,2 s/pc	Cycle Time 42,5 s/pc	Revision 1	Date: 18.3.2018
	Line <i>Linka A</i>	Output: 500 per shift	SWIP: 6	Vypracoval R. Kolenčík Schválil R. Kolenčík	Number of operator: 3
				Legend Operation  Movement 	



Standard Work Chart	Work place: Zvarovňa	Takt Time: 43,2 s/pc	Cycle Time 42,5 s/pc	Revision 1	Date: 18.3.2018
	Line Linka B	Output: 500 per shift	SWIP: 6	Number of operator: 3	Legend
 frauenthal automotive				Vypracoval R. Kolenčík Schválil R. Kolenčík	Operation  Movement 