



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE MONTÁŽNÍHO PROCESU REGÁLOVÝCH ZAKLADAČŮ VE VÝROBNÍ FIRMĚ

OPTIMIZATION OF THE ASSEMBLY PROCESS OF RACK STACKERS IN A MANUFACTURING COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Selzer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Tomáš Selzer
Studijní program:	Strojírenská technologie
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Akademický rok:	2021/22

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 montážního procesu regálových zakladačů ve výrobní firmě

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současné době probíhá montáž převážně stacionárně, což znamená, že montované sestavy jsou rozmístěny po montážní hale a pracovníci mění svá stanoviště dle aktuální potřeby. Výsledkem je poměrně velká rozpracovanost a kolísání počtu vyrobených zakladačů. Úkolem je návrh inovovaného montážního procesu regálových zakladačů ve výrobní společnosti s vyšší produktivitou montáže.

Cíle diplomové práce:

Rešeršní část možností organizace montážních procesů.
Analýza současného stavu montážního procesu v dané firmě.
Zpracování alternativních návrhů řešení.
Ověření inovované montáže ve výrobě.
Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené literatury:

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

SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. 223 s. ISBN 9788024739380.

ROTHER, Mike, John SHOOK, Jim WOMACK a Dan JONES. Learning to see: Value-Stream Mapping to create Value and Eliminate Muda. Version 1.4. Cambridge, MA, USA: Lean Enterprise institute, 2009. ISBN 0-9667843-0-8.

System tahu ve výrobním prostředí. Brno: SC&C Partner, 2008. Shopfloor series. ISBN 9788090409903.

ROTHER, Mike. Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům. Přeložil Martin ŠIKÝŘ. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 9788027104352.

KUMAR Kaushik, ZINDANI, Divya, DAVIM Jose Paulo: Digital Manufacturing and Assembly Systems in Industry 4.0. CRC Press 2021. ISBN 9780367779474.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem inovovaného montážního procesu regálových zakladačů ve výrobní společnosti. V současnosti probíhá montáž stacionárně, což znamená, že se jednotlivé součásti a podsestavy spojují na několika stabilních montážních pracovištích. Výsledkem je poměrně velká rozpracovanost a kolísání počtu vyrobených zakladačů. Hlavním cílem je proto návrh nového konceptu montážního procesu, díky kterému se zvýší výrobní kapacita, sníží rozpracovanost a zlepší plynulost montážního toku. Práce je rozdělena na dvě části, na teoretickou a praktickou. V úvodu první části je představena vybraná společnost a její produkty. Dále jsou popsána teoretická východiska s aplikací na danou společnost, která jsou výsledkem důkladné rešerše odborné literatury, zejména vědeckých článků. Ve druhé polovině práce byla nejprve provedena analýza současného stavu montáže a stanoveny základní ukazatele procesu, které posuzují její efektivitu. Poté se práce zabývá postupem návrhu liniové montáže s využitím konceptu *One-Piece Flow* (tok jednoho kusu), ve které pracovníci budou pracovat na jednom kusu a montážní celky budou mezi operacemi přesouvány. Součástí návrhu je výběr vhodných typů zakladačů, stanovení taktu linky, analýza stávajícího montážního postupu, zjištění spotřeby času montáže a návrh tří dispozičních řešení, z nichž je na základě vícekritériálního hodnocení vybraná nejvhodnější varianta.

Klíčová slova

regálový zakladač, rozpracovanost, liniová montáž, stacionární montáž, proces, doba taktu

ABSTRACT

This diploma thesis discusses the matter of an innovative assembly process of rack stackers within a manufacturing company. This type of assembly is currently executed in a stationary manner, meaning that the individual parts and subassemblies are being assembled at several designated stationary workplaces. This results in a high number of worked-on units and a fluctuating rate of unit completion. Therefore, the main aim is to develop and establish a new assembly process concept, which will increase the production capacity, lower the number of work-in-progress units and improve the fluency of the assembly process. The thesis is divided into a theoretical and a practical part. The former part's introduction serves to make one familiar with the chosen manufacturing firm and its products. Next, individual theoretical solutions followed by their applications for the firm are described. These are as a result of a thorough research conducted on scientific literature, mainly scientific articles. The second half of the thesis is concerned with an analysis of the current state of assembly process, where the key efficiency factors are identified, as well as with the process of designing an assembly line, using the *One-Piece Flow* concept, meaning the workers are only working on a single unit and the parts and subassemblies are moved between the operations. The concept design includes: a selection of suitable types of stackers, an estimation of an appropriate takt time, an analysis of the current assembly process, a determination of the time necessary for assembly and a design of three possible layout solutions, from which, based on multiple criteria, the most suitable one was chosen.

Key words

rack stackers, work-in-progress, assembly line, stationary assembly, process, takt time

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SELZER, Tomáš. *Optimalizace montážního procesu regálových zakladačů ve výrobní firmě* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140112>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Miroslav Píška.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Optimalizace montážního procesu regálových zakladačů ve výrobní firmě vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

Brno, 10. 05. 2022

místo, datum

Bc. Tomáš Selzer

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu prof. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc., za vedení, konzultace, cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval společnosti, ve které jsem diplomovou práci vypracovával, za poskytnutí veškerých potřebných podkladů pro zpracování diplomové práce. Za skvělou spolupráci bych rád také poděkoval kolegům, převážně panu J. Vališi, který mi významným způsobem napomohl v řešení mé závěrečné práce.

OBSAH

ÚVOD	9
1 Anonymní představení společnosti.....	10
1.1 Výrobní závod Hranice	10
1.2 Výrobní portfolio hranického závodu	10
1.2.1 Automatizované sklady	10
1.3 Regálové zakladače	12
1.3.1 Regálový zakladač typu E1 a E2	14
1.3.2 Regálový zakladač typu EC1	14
1.3.3 Regálový zakladač typu R2	15
1.3.4 Regálový zakladač typu S1 a S2.....	15
2 Teoretická východiska práce s aplikací na danou společnost.....	16
2.1 Výrobní proces	16
2.2 Výrobní systém.....	17
2.2.1 Kusová výroba.....	18
2.2.2 Sériová výroba.....	18
2.2.3 Hromadná výroba	18
2.3 Montáž ve výrobním procesu	18
2.3.1 Montážní proces (systém).....	18
2.3.2 Montážní činnosti a její faktory	19
2.4 Dělení montáží	20
2.5 Dělení montáže dle stupně zapojení člověka.....	20
2.5.1 Ruční montáž.....	20
2.5.2 Automatizovaná či poloautomatizovaná (mechanizovaná) montáž	20
2.6 Dělení montáže dle místa vykonávání.....	21
2.7 Dělení montáže dle pohybu součástí při montáži.....	22
2.8 Stacionární (nepohyblivá) montáž.....	22
2.8.1 Soustředěná montáž.....	22
2.8.2 Rozčleněná montáž.....	23
2.9 Nestacionární (pohyblivá) montáž	23
2.9.1 Předmětná montáž (řadová).....	24
2.9.2 Linková montáž (asynchronní).....	24
2.9.3 Proudová montáž (synchronní).....	25
2.10 Linková montáž a její náležitosti.....	26
2.10.1 Fáze montážního procesu	26
2.10.2 Doba taktu.....	26
2.10.3 Plánovaná doba cyklu (PDC)	27
2.10.4 Průběžná doba výroby a zakázky	28
2.10.5 Počet operátorů	28
2.10.6 Vyrovnávání výroby (<i>heijunka</i>).....	28
2.10.7 Balancování linek	29
2.10.8 Rozdělení montážních linek	30
2.11 Optimalizace pomocí štíhlé výroby.....	31

2.12	Principy štíhlé výroby	31
2.12.1	Definice hodnoty z pohledu zákazníka.....	31
2.12.2	Vymezení hodnotového toku.....	32
2.12.3	Dosažení plynulého toku	32
2.12.4	Aplikace tahového principu.....	32
2.12.5	Kontinuální zlepšování	34
2.13	Druhy plýtvání a ztrát.....	34
2.13.1	Muda.....	34
2.13.2	Mura.....	36
2.13.3	Muri	36
2.14	Nástroje a metody štíhlé výroby.....	36
2.14.1	Kanban systém.....	36
2.14.2	Tok jednoho kusu	39
2.14.3	Kaizen.....	39
2.14.4	Cyklus DMAIC.....	40
3	Cíle práce.....	42
4	Analýza současného stavu.....	43
4.1	Layout pracoviště	43
4.1.1	Předmontáž	43
4.1.2	Konečná montáž	44
4.2	Procesní analýza	44
4.2.1	Průběžná doba montáže	46
4.2.2	Počet vyrobených kusů.....	47
4.2.3	Rozpracovanost	47
4.2.4	Počet odpracovaných dnů a průměrná doba čekání jednoho stroje.....	48
4.2.5	Chybovost zakázek z důvodu interních neshod.....	49
4.2.6	Příčiny čekání regálových zakladačů v montážním procesu	50
5	Návrh inovovaného montážního procesu	53
5.1	Výběr vhodných zakladačů do linky	53
5.2	Výpočet doby taktu zákazníka a plánované doby cyklu	56
5.3	Analýza stávajícího montážního postupu.....	56
5.3.1	Montážní operace	56
5.3.2	Typy dílů vstupujících do kusovníku	57
5.3.3	Montážní diagram regálových zakladačů S1	57
5.3.4	Montážní diagram regálových zakladačů S2.....	58
5.3.5	Montážní diagram regálových zakladačů typu E1 (BG1–BG7).....	59
5.4	Zjištění spotřeby času konečné montáže	59
5.5	Uspořádání operací a návrh potřebného počtu pracovníků	60
5.6	Návrhy dispozičních řešení	68
5.6.1	Varianta A.....	69
5.6.2	Varianta B.....	69
5.6.3	Varianta C.....	70
5.7	Výběr nejvhodnější varianty	71

5.8	Vybraná varianta B.....	73
5.8.1	Nové rozmístění jeřábů ve čtvrté části haly.....	75
5.8.2	Nouzová zóna (tzv. výhybka).....	76
5.8.3	Vzduchové polštáře	76
6	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	79
	ZÁVĚR.....	82
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	84
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	87

ÚVOD

Zákazníci v dnešní době kladou značně větší nároky na kvalitu, cenu a dostupnost výrobků, než tomu bylo v minulosti, což vede výrobní společnosti k trvalému zvyšování jejich konkurenceschopnosti na trhu. Tento zákaznický tlak zažívají v současné době převážně firmy, které se zabývají automatizací skladů, neboť právě zájem o tyto technologie velice roste. V této oblasti nastal tedy konkurenční boj, při němž výrobní podniky musí klást důraz na odlišení od konkurence svými produkty, technologiemi a inovacemi, ale hlavně i rychlostí dodání v požadované kvalitě.

Aby byla firma v současné době podnikatelsky úspěšná a zachovala si stabilní pozici na trhu, je zapotřebí nejen investovat do výzkumu a vývoje, ale také pravidelně optimalizovat výrobní proces. Trendem dnešní doby je věnovat se tomuto tématu, respektive optimalizacím výrobních procesů, protože jejich neustálé zlepšování poskytuje firmám jednu z hlavních konkurenčních výhod, díky které se podnik stává efektivnějším a úspornějším.

K poměrně velkému optimalizačnímu kroku se právě díky rostoucí poptávce rozhodla i nejmenovaná firma, která se zabývá především výrobou a montáží regálových zakladačů pro automatické skladování palet a manipulaci přepravků. V současné době probíhá tato montáž na několika stacionárních montážních pracovištích současně, kde výrobek je rozdělen na podsestavy a sestavy, rozmístěné různě na pracovní ploše. Montážní pracovníci různých specializací pak dle druhu operace či na základě aktuální potřeby mění svá stanoviště, přecházejí od jednoho celku ke druhému a montáž probíhá v dílčích etapách bez podrobné časové analýzy. Celková kompletace stroje poté spočívá ve sloučení podsestav a sestav ve finální výrobek. Je nutné zmínit, že montážní proces výroby zakladačů probíhá v dávkách o velikosti nejčastěji dvou až čtyř kusů, což při poměrně velkém počtu vstupujících komponentů působí dojmem neuspořádanosti a přeplněnosti pracovní plochy. Výsledkem takového způsobu montáže jsou nejen velké nároky na montážní plochu, ale také vysoká rozpracovanost, snížená efektivita práce, dlouhá průběžná doba montáže a variabilita počtu vyrobených zakladačů.

Hlavními cíli této firmy je proto navýšení výrobní kapacity, snížení rozpracovanosti a zvýšení plynulosti montážního toku. Jestliže budou takto definované cíle naplněny, firma dosáhne lepší kvality a kontroly nad výrobky.

1 ANONYMNÍ PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Historie vybrané německé společnosti spadá do první poloviny minulého století, konkrétně do roku 1937. Z počátku se rodinná firma zabývala výrobou plechového zboží všeho druhu. Během 80 let firma postupně expandovala z Německa a nyní lze její výrobní závody najít na 6 kontinentech ve více než 50 zemích. V současné době společnost zaměstnává přibližně 10 500 zaměstnanců v 70 pobočkách po celém světě a je předním výrobcem a dodavatelem produktů a systémů pro modulární skladování a logistiku.

1.1 Výrobní závod Hranice

S rostoucí poptávkou v zemích východní a západní Evropy byl v Hranicích v roce 1996 postaven nový výrobní závod. Ten se postupem času z malé zámečnické dílny s 80 zaměstnanci stal jedním z největších výrobních závodů v celém koncernu. Dnes již podnik disponuje výrobní plochou 80 000 m², obsahuje 9 hal a se svými cca 1 200 zaměstnanci patří mezi největší zaměstnavatele v regionu. Pobočka vlastní rozsáhlý strojový park a používá moderní technologie, jakými jsou například lasery, svařovací a ohýbací roboty, prášková a mokrá lakovna, obráběcí CNC centra a vysekávací stroje. Značná část produktů se zde proto vyrábí od samotného hutního polotovaru a prochází celým řetězcem kompetencí od nabídky, vývoje, konstrukce a testování až po finální instalaci, montáž, záruční a pozáruční servis. Většina produkce je dodávána do zahraničí a mezi přední zákazníky patří firmy z různých odvětví průmyslu od potravinářských řetězců přes farmaceutické firmy, internetové obchody až po automobilový či oděvní průmysl.

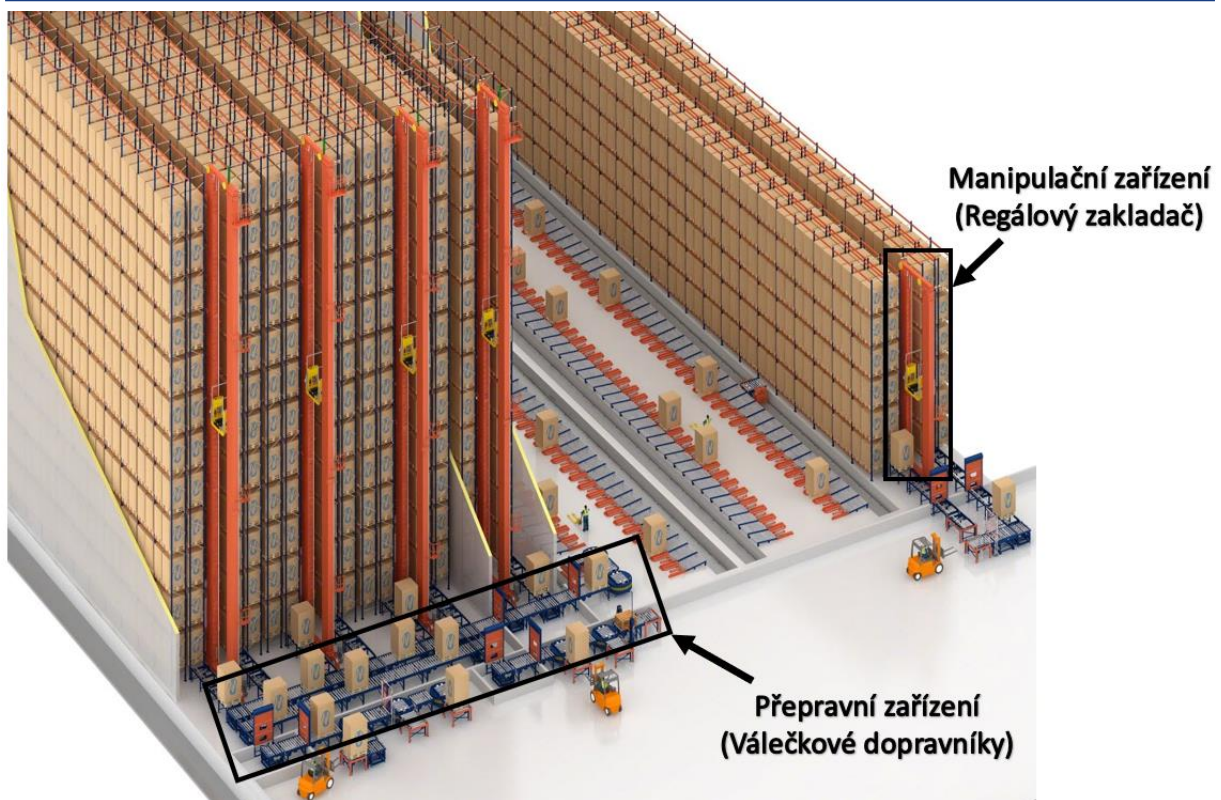
1.2 Výrobní portfolio hranického závodu

Zpočátku se ve výrobním závodě v Hranicích vyráběly produkty pro vybavení dílen a kanceláří. Jednalo se především o policové a archivační pojízdné regály, dílenské ponky a skříně či komponenty pro paletové a krakorcové regály. Postupně společnost rozšířila škálu produktů dle nových poptávek trhu, a to o automatizované logistické systémy pro řízení skladů. Do této kategorie produktů spadají výrobky, které se v žádném jiném závodě koncernu nevyrábějí. Jedná se především o regály pro automatizované sklady a jejich manipulační a přepravní prostředky (viz Obr. 1), které pohybují materiálem z jedné pozice na další. Mezi tato zařízení se řadí zejména automatické regálové zakladače RBG (z němčiny *Regalbediengeräte*) na palety a přepravky, automatizované řetězové a válečkové dopravníky, přesuvné podvozky a různé robotizované vychystávající systémy. Jelikož se diplomová práce zabývá pouze montáží regálových zakladačů, jsou dále popsány pouze produkty, které s touto problematikou úzce souvisejí.

1.2.1 Automatizované sklady

Automatizované sklady (Obr. 1) umožňují řídit a optimalizovat procesy spojené s uskladněním, přípravou a výdejem zboží. Hlavní princip spočívá v označení všech uskladněných palet, které se provádějí nejčastěji čárovým kódem nebo čipem. Jestliže je založená paleta požadována, je třeba systému sdělit, o kterou paletu se jedná. Systém pak dle čipu nebo zadaného kódu paletu v regálu vyhledá a za pomoci manipulačních prostředků vyskladní.

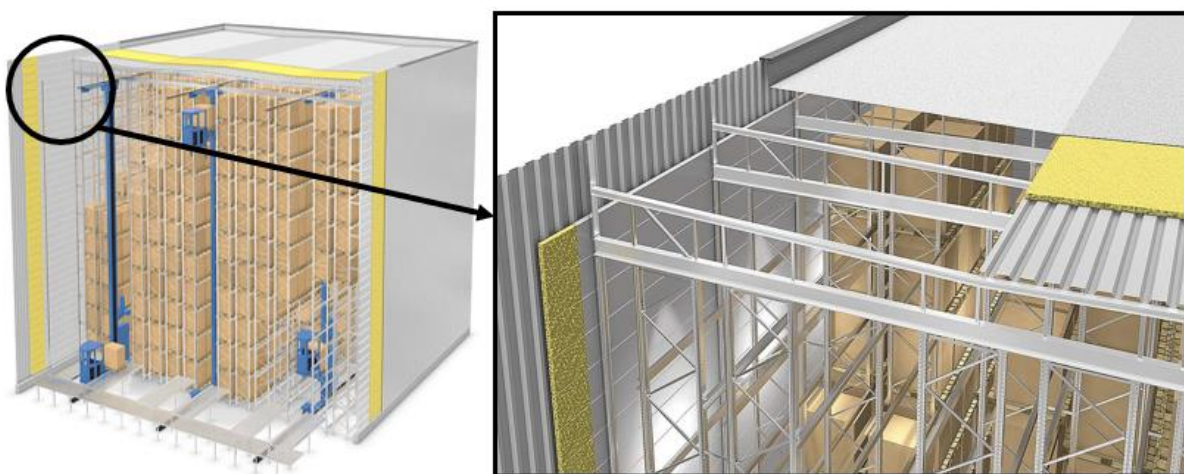
Tuto automatizaci zabezpečují právě již zmíněné manipulační a přepravní prostředky, které jsou dle požadavků zákazníka v určité kombinaci a v konkrétním počtu nainstalovány do samotné skladové haly. Tato zařízení se navzájem ovlivňují svým působením v řetězci a jsou ovládány řídicím systémem, který obstarává veškeré procesy spjaté s řízením ve skladu. Jedná se například o přesné pozicování ve skladové uličce, vyskladnění a naskladnění palet, zavádění pozice palety do systému, vedení evidence a inventarizace skladového obsahu apod.



Obr. 1 Automatizovaný sklad – podle [1].

Automatické sklady jsou koncipovány formou vestavěných skladů nebo samostatně stojících regálů typu silo, které v závislosti na druhu použitých manipulačních zařízení dosahují výšky od 10 do 45 m. Tyto regály jsou vhodné pro téměř veškeré komodity, mohou být konstruovány i jako mrazírenské sklady a jejich hlavní výhodou spočívá ve skladování a manipulaci velkého množství zboží v omezeném prostoru.

Samotný regálový systém typu silo (Obr. 2) slouží jako nosná konstrukce pro připevnění střechy a stěn, což poskytuje během výstavby a v pozdější fázi některé výhody. Nejenom že regály poskytují opěrnou konstrukci manipulačním zařízením, ale jedná se hlavně o racionální a kompaktní využití obestavěného prostoru pro samotné skladování bez nutnosti zásadních stavebních činností.



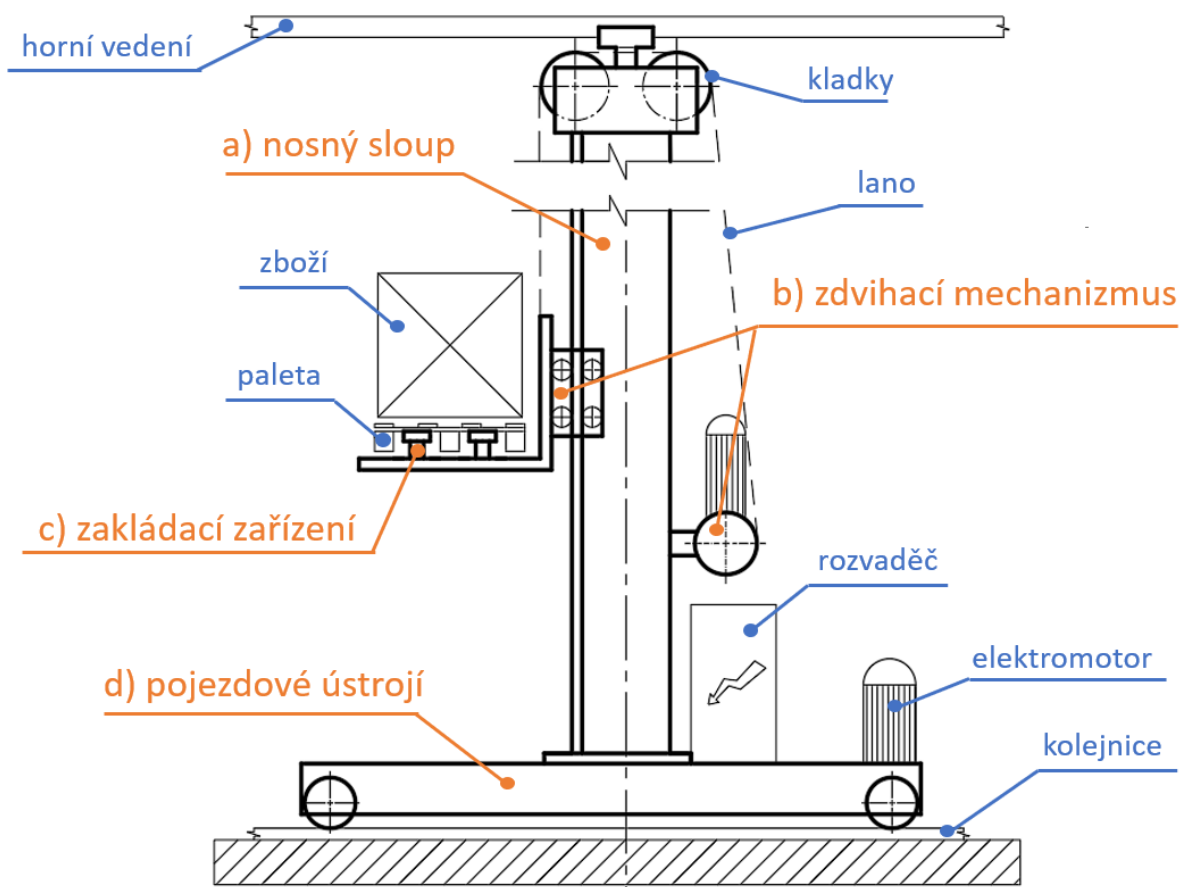
Obr. 2 Regálové silo [2].

Velkou výhodou implementace automatizace ve skladu je fakt, že je výrazně redukován téměř veškerý vliv lidského faktoru. Tím se snižují náklady na pracovní sílu a eliminují se chyby vycházející z ručního ovládání. Jelikož všechny procesy ovládá řídicí systém, je také doba potřebná pro uskladnění, resp. vyskladnění žádoucího zboží zkrácena až na třetinu. Jako další přednosti automatických skladů lze zmínit zautomatizované procesy při vstupu a výstupu produktů, rychlou kontrolu, aktualizaci skladových položek a v neposlední řadě i efektivní využití kapacity skladů.

1.3 Regálové zakladače

Diplomová práce se zabývá optimalizací montáže regálových obslužných zařízení, která jsou hlavní manipulační technikou v automatizovaných skladech. Jejich úkolem je vyskladňování a zaskladňování manipulačních jednotek mezi pozicemi uvnitř regálového systému nebo mimo sklad. Manipulační jednotkou může být jakýkoliv druh materiálu (balený, nebalený, volně položený na přepravním prostředku), který představuje vhodnou jednotku způsobitou manipulace [3]. S manipulační jednotkou je zacházeno jako s jedním kusem a jedná se například o palety, různé přepravky, bedny nebo speciální kontejnery.

V automatizovaných skladech je nainstalováno většinou několik regálových zakladačů, které zakládají jenom na pozice, které jsou jim předem stanovené. V daném podniku jsou koncipovány formou stavebnicového principu přímo na míru dle požadavků zákazníka. Každý typ zakládacího zařízení se skládá ze čtyř základních podsestav (nosný sloup, zdvihací mechanismus, zakládací zařízení a pojezdové ústrojí), které jsou zobrazeny na následujícím ilustračním schématu paletového regálového zakladače (Obr. 3).



Obr. 3 Schéma hlavních (oranžová) a vedlejších (modrá) částí regálového zakladače.

Hlavní nosnou částí celého zakládacího zařízení je robustní sloupová konstrukce, která je pevně fixována mezi pojezdovým ústrojím a horním vedením. V závislosti na výšce zakládacího zařízení je sloupová konstrukce rozdělena na několik úseků, které v montážní fázi tvoří tzv. stavebnicový systém. Délka každé části nosného sloupu je omezena na 11,7 m z důvodu maximální přepravované standardizované délky nákladu, která činí 12 m.

Další nezbytnou součástí je zdvihací mechanismus, který umožňuje zdvih nákladu včetně celého zakládacího zařízení. Je tvořen pohonem, systémem kladek, lanovým bubnem a samotným nosným prvkem – lanem. Nosnost zdvihacího ústrojí se pohybuje v závislosti na druhu regálového zakladače od desítek kilogramů až do 1,5 tuny.

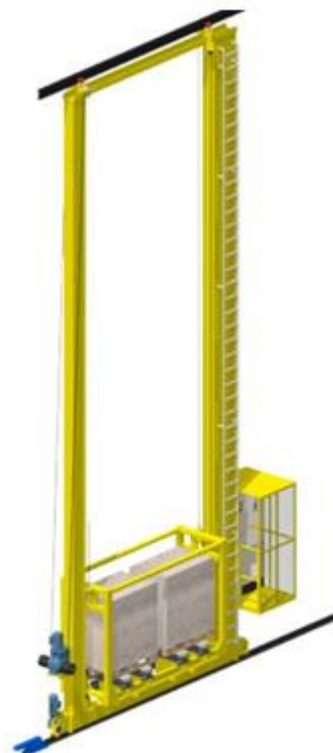
Třetí částí každého regálového zakladače je zakládací zařízení, které slouží k vyjmutí manipulační jednotky z přepravního zařízení a jejímu následnému naskladnění do regálové buňky. Tento děj probíhá i v opačném sledu. Konstrukce zakládacího zařízení se odvíjí od charakteru jednotek, se kterými zakladač manipuluje (palety, přepravky, krabice apod.)

Poslední významnou podsestavou je pojezdové ústrojí, které tvoří spodní část celého zakladače a je nositelem sloupové konstrukce. Za pomoci motorizovaných pojezdových kol je zakladač schopen se pohybovat v uličkách mezi regály po pevně zabudované kolejnici v podlaze. Horní vedení společně s pojezdovým ústrojím tak zajišťují stabilitu regálového zakladače. Celé zařízení z hlediska mechaniky a konstrukce je velice komplikované a v této práci není detailněji řešeno.

Regálové zakladače lze dle nosné sloupové konstrukce klasifikovat na jednosloupové (viz Obr. 4) a dvousloupové (viz Obr. 5). Jednosloupové zakladače jsou oproti dvousloupovým kompaktnější, nevyžadují tak velké náklady na realizaci a mají vzhledem ke své nosnosti menší spotřebu energie. Dvousloupové zakladače mají zpravidla větší dopravní výkon, neboť disponují až dvěma podavači a díky robustnější konstrukci umožňují zakládat zboží nejen do vyšších výšek, ale i s větší hmotností.

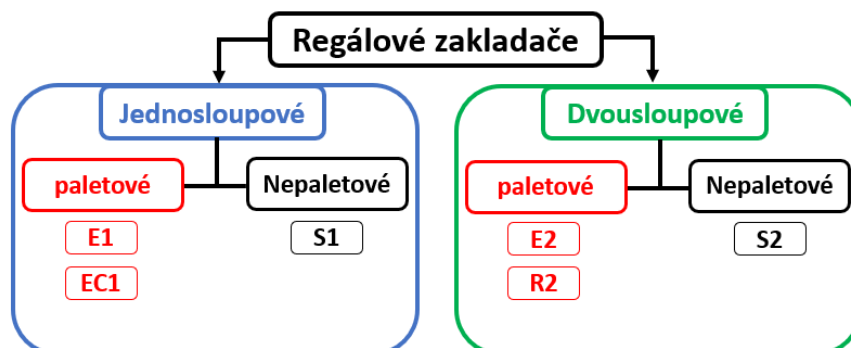


Obr. 4 Jednosloupový zakladač [4].



Obr. 5 Dvousloupový zakladač [4].

Pro zachování anonymity produktů ve výrobním podniku jsou regálové zakladače v této práci označeny pod pseudonymy. Křivý název je složen z kombinace písmen a číslice. Písmena představují typ regálového zakladače a číslo udává, jestli se jedná o jednosloupovou (číslo 1) nebo dvousloupovou (číslo 2) konstrukci. Sortiment řešených regálových zakladačů v dané firmě a jejich označení je vyobrazeno na následujícím schématu (viz Obr. 6).



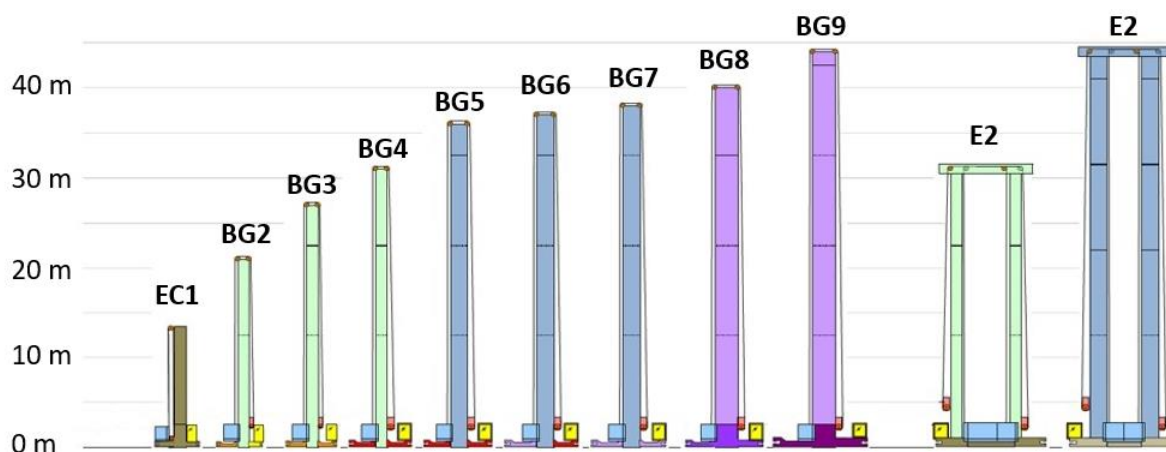
Obr. 6 Dělení regálových zakladačů a jejich značení.

1.3.1 Regálový zakladač typu E1 a E2

Tyto regálové zakladače (Obr. 9) jsou vhodné pro automatické skladování palet a jiných přepravků na velké díly. Dle požadavků zákazníka lze typ E1 nakonfigurovat jedním nebo dvěma podavači pro uskladnění a vyskladnění s teleskopickými vidlemi, jejichž celková nosnost je 1 500 kg u jednoduché hloubky a 1 350 kg u dvojité hloubky skladu. U dvousloupového typu E2 je tato nosnost díky robustnější konstrukci dvojnásobná. V závislosti na výšce skladu a počtu palet na manipulační jednotce se typ E1 vyrábí v devíti různých velikostech (značeno BG1–BG9). Zakladač typu E2 má pouze dvě velikostní provedení a společně s typem E1 mohou operovat v maximální výšce skladu do 45 m jak v mrazírenských skladech do -30°C , tak v tropických podmínkách.

1.3.2 Regálový zakladač typu EC1

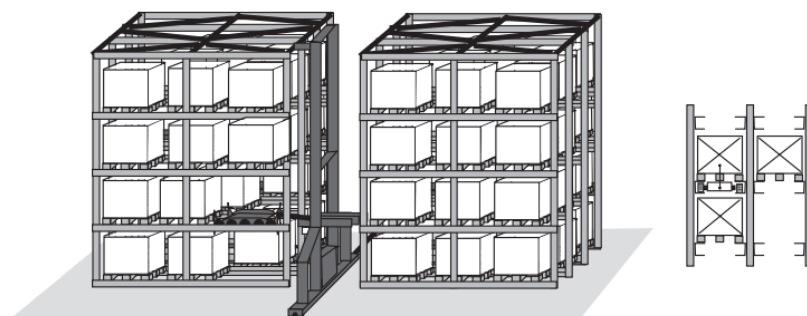
Jedná se o modifikovanou zmenšenou verzi jednosloupového regálového zakladače typu E1 (Obr. 9), který je využíván pro automatické skladování palet v nízkých skladech do 13,5 m. Navzdory jeho kompaktnosti si regálový zakladač typu EC1 zachoval téměř srovnatelnou nosnost palet jako u rodiny zakladačů typu E, která činí 1 000 kg u dvojité hloubky a 1 250 kg u jednonásobné hloubky skladu. Srovnání jednotlivých velikostí regálových zakladačů typu E1, E2 a EC1 je znázorněno na následujícím schématu (viz Obr. 7).



Obr. 7 Srovnání velikostí regálových zakladačů typu E1, E2 a EC1.

1.3.3 Regálový zakladač typu R2

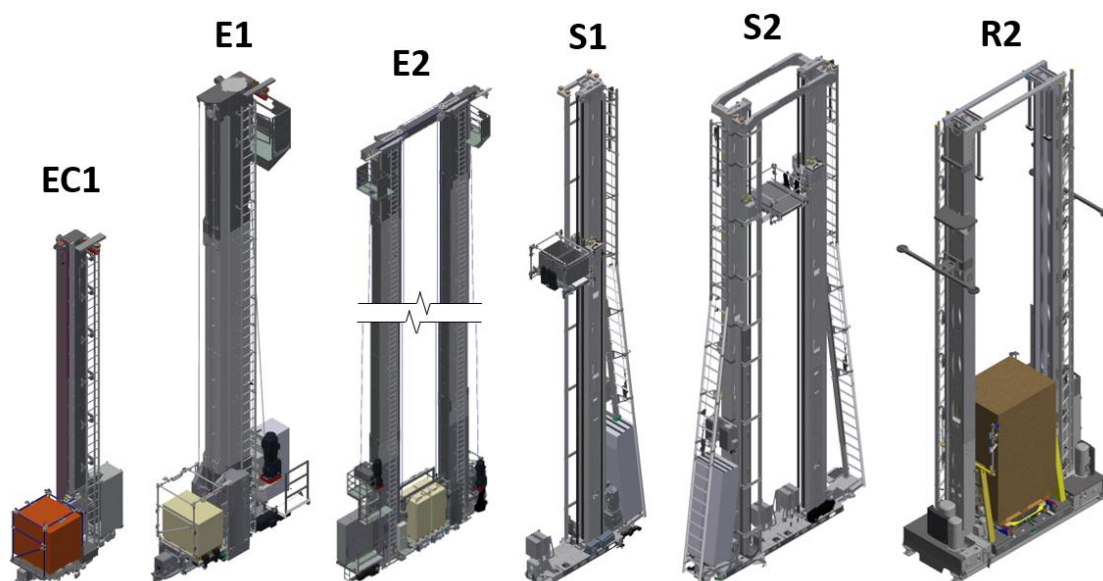
Regálový zakladač typu R2 (Obr. 9) je stroj navržený pro vysoce dynamickou manipulaci palet v kanálovém skladu (Obr. 8), kde je umístěno více jednotek za sebou. Tento typ skladu ve srovnání s ostatními poskytuje největší možné zahuštění a je vhodný zejména pro malý počet druhů zboží s velkým objemem, jako je tomu např. v odvětví FMCG (rychloubrátkové spotřební zboží, z angličtiny *Fast Moving Consumer Goods*). Regálový zakladač typu R2 se zpravidla používá pro uskladňování a vyskladňování palet o hmotnosti 1 350 kg do výšky 8 metrů a je schopný obsluhovat dvě až čtyři regálové buňky v jedné uličce. Oproti ostatním zmíněným druhům regálových zakladačů disponuje tento typ manipulačním samohybným dopravníkem, který zajíždí do regálové buňky a se svým zdvihacím zařízením uskladňuje a vyskladňuje palety. Ocelové konstrukce zakládacího zařízení a samotného skladu jsou taktéž odolné proti extrémním podmínkám.



Obr. 8 Kanálový sklad [5].

1.3.4 Regálový zakladač typu S1 a S2

Regálové zakladače skupiny S (Obr. 9) umožňují skladování a manipulaci nepaletovaných jednotek menších rozměrů a hmotnosti, jako jsou například přepravky, bedny a kartony. S výhodou jsou tak používány pro skladování malých součástek jak v tropických podmínkách, tak v mrazírenských skladech do -30°C . Jednosloupová konfigurace tohoto regálového zakladače je schopná zakládat do výšky 18 m s maximální nosností zboží do 100 kg. Přidáním druhého sloupu se celková nosnost zakladače zvýší na 200 kg a zakládací výška stoupne na 24 m. Regálový zakladač typu S2 může na rozdíl od jeho jednosloupové verze obsahovat až dva podavače manipulačních jednotek.



Obr. 9 Modely řešených regálových zakladačů ve 3D.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE S APLIKACÍ NA DANOU SPOLEČNOST

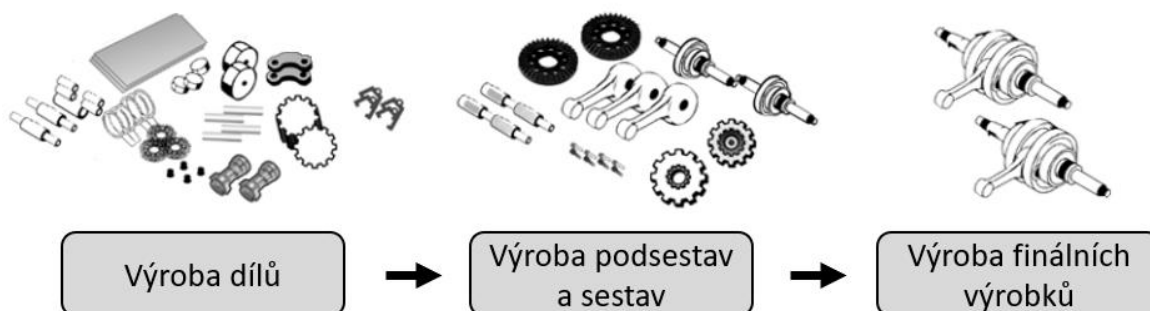
Analýza současných nebo navrhovaných výrobních a montážních procesů je podstatná fáze technologického projektování. Jestliže má návrh ve vybrané firmě brát v úvahu všechny nezbytné aspekty, nelze ji za žádných okolností zanedbat, a to i při pouhé změně stávajícího výrobního systému [7]. Předmětem technologického projektování je technicko-ekonomická činnost, která se zabývá návrhem možností technologie výroby a technicko-organizačních variant uspořádání výrobních systémů [8].

Cílem technologického projektování je takový návrh, který optimálně využívá všechny výrobní faktory ovlivňující efektivnost a produktivitu výrobního procesu. K těmto faktorům se řadí například hmotné zdroje (plocha, energie, materiál apod.) a výrobní prostředky, tj. stroje či pracovní síly [9]. Výstupní částí technologického projektu je stanovení efektivního způsobu výroby a tvorba výrobního systému (robotizovaný systém, výrobní a montážní linka, dílna, závod apod.).

2.1 Výrobní proces

Proces je obecně definován jako série logických souvisejících činností nebo úkonů, díky kterým má být dosaženo předem stanoveného souboru cílů [10]. Ve strojírenské společnosti představuje výrobní proces souhrn technologických, manipulačních, kontrolních a řídicích činností, při nichž je aplikováno aktivní působení operátorů na postupně vznikající výrobek. Cílem těchto činností je měnit vzhled, rozměry, složení, jakost a spojení vstupních materiálů a hutních polotovarů z hlediska žádaných technicko-ekonomických podmínek vyráběného výrobku, který má poskytnout nějakou hodnotu pro zákazníka procesu [9]. Výrobní proces se skládá ze čtyř základních operací nebo fází, kterými jsou transformace (montáž, změna tvaru nebo kvality), kontrola, doprava a skladování [11].

Konkrétnější znázornění výrobního procesu a jeho vazeb, které vznikají uvnitř vlastního transformačního procesu, poskytuje následující Obr. 10. Ten vychází z předpokladu, že výrobek je postupně tvořen zpracováním nakupovaného materiálu přes díly, podsestavy, sestavy až po výsledný produkt [11]. Samotné díly představují jednoduché základní části, které jsou přímo zhotovené základními technologickými operacemi z nakoupeného materiálu. Podsestavy tvoří pak dílčí funkční celky produktu, které zpravidla nemohou poskytovat zákazníkovi požadované vlastnosti, ale mohou např. plnit funkci náhradních dílů. Vyšší, technicky složitější celky jsou pak tzv. sestavy, které umožňují v určitých situacích plnit již samostatně požadovanou komplexní funkci a mohou tak odlišovat různé produkty z hlediska jejich konečného provedení. Konečným výsledkem výrobního procesu je pak finální produkt, který již plně odpovídá požadavkům individuálního zákazníka.



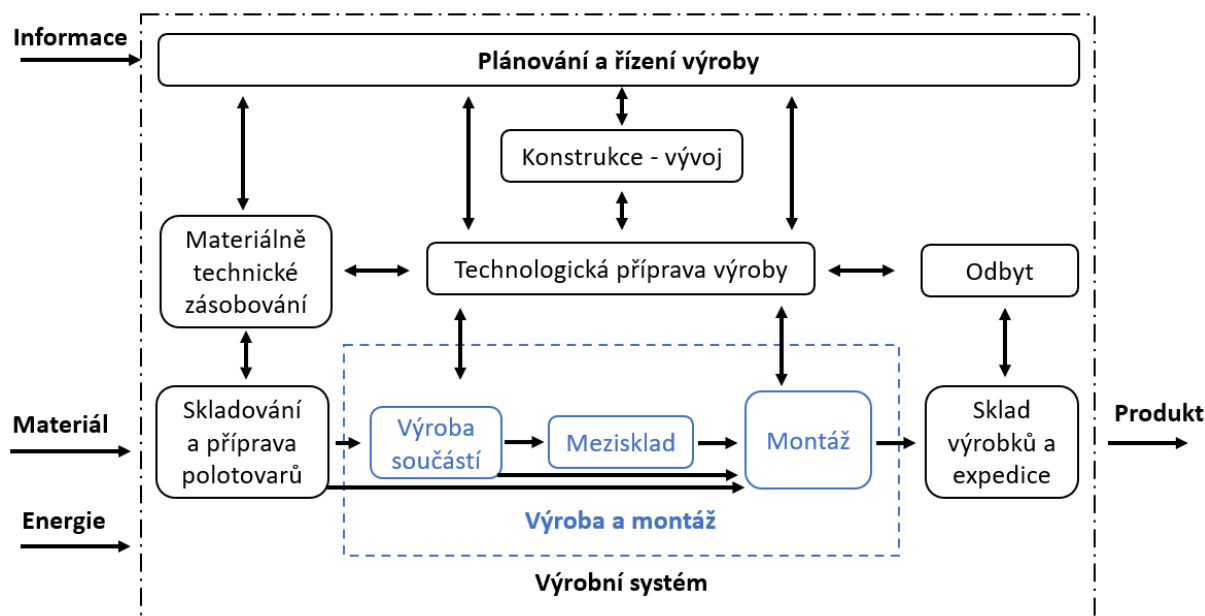
Obr. 10 Základní schéma utváření produktu – podle [11].

2.2 Výrobní systém

Výrobní proces je realizován pomocí výrobních systémů, které lze obecně charakterizovat jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně celistvé sdružení materiálových zdrojů (surovin, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil, které jsou vymezené pro výrobu určitého sortimentu produktů [9]. Technicko-organizační úroveň výrobních systémů, jejich struktura, stupeň mechanizace, kooperace a integrace jsou ovlivněné vlivem vzájemného působení souboru faktorů (prvků a požadavků). Mezi významné faktory náleží [10]:

- a) výrobek (jeho konstrukce a frekvenční požadavky),
- b) materiál a polotovary,
- c) výrobní stroje, dopravní a kontrolní zařízení,
- d) technologie (obrábění, montáž apod.),
- e) pracovníci (kvalifikace, odbornost, pracovní prostředí apod.),
- f) organizace (časová a prostorová struktura).

Rozvržení a struktura výše uvedených výrobních faktorů a jejich řízení záleží na charakteru produktu, trhu, objemu výroby, použitých technologiích a jejich vybavenosti [9]. Na Obr. 11 je znázorněno zjednodušené schéma struktury výrobně-montážního systému, ze kterého jsou zjevné vnější a vnitřní struktury.



Obr. 11 Zjednodušené schéma struktury výrobně montážního procesu – podle [9; 14].

Klasifikace na vnitřní a vnější strukturu je důležitá nejen z hlediska časové, obsahové a prostorové návaznosti toku informací, materiálu, rozmístění a využití výrobních prostředků, činnosti pracovních sil, ale také z hlediska pravomoci a odpovědnosti jednotlivých prvků systému [14]. Jedná se v podstatě o vymezení jejich rozhodovací, obsahové a časové náplně.

Vnější struktura se skládá z prvků, které zabezpečují především provoz výrobních systémů jako celku. Jedná se zejména o útvary podporující samotnou výrobu, kterými jsou technické přípravy výroby, výrobně plánovací útvary, kontrola výroby, materiálové zajištění, expedice apod. [10]. Do vnitřní struktury pak náleží prvky, které zaručují především vlastní výrobu a montáž souborů součástí. Důležitým předpokladem efektivnosti výrobního procesu je technicko-ekonomická rovnováha nejvýznamnějších prvků a provozních podmínek výrobního systému, která hlavně záleží na tvůrčí aktivitě pracovníků [9].

Takřka ve všech průmyslových odvětvích se vyskytují mezi objemem a sortimentem výroby určité vazby. Během projektování výrobního systému jsou tyto vzájemné vztahy podstatné, neboť v závislosti na rozsahu provedených výkonů, tj. množství výrobků vyráběných najednou, lze rozlišovat kusovou výrobu, sériovou výrobu a hromadnou výrobu [11].

2.2.1 Kusová výroba

Kusová výroba je charakterizována tím, že se vyrábí různé druhy výrobků v jednotlivých kusech nebo v malých množstvích [11]. Jednotlivé kusy různé konstrukce se zpravidla vyrábějí jen jednou, díky čemuž si jejich ojedinělá výroba vyžaduje univerzální postupy, použití všestranných nástrojů či strojního vybavení. Jedná se zejména o velmi složité výrobky převážně z těžkého strojírenství, což je také hlavním důvodem výroby převážně na zakázku [7]. Kusová výroba si proto také klade vysoké požadavky na kvalifikovanou pracovní sílu.

2.2.2 Sériová výroba

Navýšením množství výrobků jednoho druhu, zúžením výrobního portfolia a zvětšením opakovatelnosti výrobního procesu se z kusové výroby stává výroba sériová [7]. Množství, které je zadáváno do výroby, představuje výrobní dávku (sérii), která se zpravidla opakuje s určitou pravidelností. Sériová výroba se vyznačuje výrobou různých druhů produktů, přičemž výrobky určitého množství jsou pouze jednoho druhu. Podle velikosti jednotlivých sérií (obměn) vyráběných produktů lze rozlišovat malosériovou, středně sériovou a velkosériovou výrobu [11]. Nároky na kvalifikaci pracovníků sériové výroby jsou nižší než u kusové výroby a produktivita práce je vyšší.

2.2.3 Hromadná výroba

Hromadná výroba je charakterizována výrobou jen jednoho nebo několika málo druhů výrobků s velkým množstvím produkce. Vyznačuje se vysokou mírou opakovatelnosti a poměrně dlouhou stabilitou výroby těchto výrobků [7]. Operace jsou rozděleny dle technologických postupů tak, aby bylo možné jednotlivé kroky operace realizovat na jednom pracovišti v určitém taktu. S výhodou se proto využívají jednoúčelové stroje velké výkonnosti, které jsou uspořádané do linky. Pracovníci ve výrobě zpravidla nemají tak vysokou kvalifikaci jako v předešlých typech výroby, neboť se zpravidla jedná o výrobu s vysokým stupněm mechanizace a automatizace [11].

2.3 Montáž ve výrobním procesu

Koncové produkty strojírenských podniků jsou výsledkem komplikovaného výrobního procesu. Výrobní proces je zpravidla zakončen montáží, kde se dotvářejí klíčové předpoklady na kvalitu výrobku a jeho spolehlivost [12]. Tato etapa má zásadní vliv nejen na kvalitu a spolehlivost finálních produktů, ale také na průběžnou dobu výroby, produktivitu práce i efektivnost celého systému [9]. Diplomová práce se zabývá optimalizací montáže, a proto je vhodné tento pojem a její náležitosti vysvětlit.

2.3.1 Montážní proces (systém)

Montážní proces (systém) lze definovat jako soubor činností lidí, zařízení a strojů, které ve stanoveném čase a sledu operací vytvářejí z jednotlivých dílčích podsestav uzly, funkční skupiny a celky, jejichž spojením vznikne finální montovaný výrobek [12; 13; 14; 15]. Montážní operace probíhají v daném technicky a ekonomicky účelném sledu a vzhledem k celému výrobnímu procesu zaujímají v průměru 38 % z pracovní doby celé výroby [9; 14]. To z nich dělá jednu z nosných a rozhodujících technologií celého strojírenského výrobního procesu.

2.3.2 Montážní činnosti a její faktory

Druhy a rozsahy dílčích činností u montáže záleží na typu a charakteru výroby. V kusové a malosériové výrobě převažuje manuální práce, kdežto ve velkosériové a hromadné výrobě jsou tyto činnosti mechanizovány a automatizovány [8]. Samotná montáž nepředstavuje pouhé sestavování, seřizování polohy a spojování součástí v montážní sestavu nebo hotový výrobek, ale jsou to celé soubory dalších činností, které je nutné provést k zabezpečení vlastní montáže. Jedná se především o přípravné činnosti, manipulaci, skladování, dopravu a kontrolu (Obr. 12) [8; 13]. V kusové výrobě jsou mnohdy řazeny i nežádoucí práce přizpůsobovacího nebo nápravného charakteru (např. broušení, lícování, vrtání, rovnání apod.), které jsou vyvolané nepřesnou výrobou, nedůslednou přípravou a organizací montáže [9].



Obr. 12 Druhy a rozdělení činností při montáži – podle [7; 8; 9; 13].

Tab. 1 uvádí procentuální zastoupení jednotlivých montážních činností, které byly určeny analýzou v kusové a malosériové montáži obráběcích strojů [9; 14]. V nižších typech výroby (kusová výroba) převažují při montáži přizpůsobovací a přípravné práce, kontrola a seřizování. Ve velkosériové a hromadné výrobě (vyšší typ výroby) tato práce dokončování a seřizování zaniká a dominují operace manipulační a spojovací [7; 8].

Tab. 1 Procentuální zastoupení činností v kusové a malosériové montáži obráběcích strojů – podle [9; 14].

Činnosti v montážním procesu	[%]	4. Vlastní montáž	[%]
1. Doprava	4	Ruční manipulace	11
2. Přizpůsobovací práce	43	Spojování	37
3. Příprava montáže	13	Kontrola	26
4. Vlastní montáž	27	Seřízení polohy	15
5. Skladování (časová ztráta)	13	Demontáž a montáž	11

Z informací uvedených v tabulce vyplývá, že montáž může být ovlivněna řadou faktorů, z nichž se jako nejdůležitější jeví:

- a) *Konstrukční řešení výrobku*, tj. zejména funkce, účel a žádaná spolehlivost produktu (počet kontrolních operací), koncepce a složitost (počet součástí, členění výrobku), rozměry, tvar, hmotnost apod. [9; 14].

- b) *Technologie a organizace*: výrobní program, pořadí a obsah montážních operací, zatížení pracovišť, velikost výrobní dávky a způsob jejich zadávání do montáže atd. [9; 14].
- c) *Pracovní síly a pracovní podmínky*: počet pracovníků a jejich kvalifikace, pracovní schopnost a výkon, charakter pracovního prostředí, režimu práce na montáži, způsobu odměňování apod. [9; 14].
- d) *Vybavenost pracoviště*: nástroje a přípravky, jejich univerzálnost či jednoúčelovost, manipulační zařízení atd. [9; 14].

2.4 Dělení montáží

Každý montážní systém je popsán časovou a prostorovou strukturou. Jedná se o rozčlenění montáže z hlediska její časové a technologické návaznosti, časového a výkonového využití pracovní obsluhy, pracovních zařízení, energie, prostorového rozvržení jednotlivých objektů montážních celků a pracovišť atd. [9]. Montáž lze klasifikovat různým způsobem. Autoři odborné literatury [12] klasifikují montáž dle následujících hledisek:

- a) Podle stupně zapojení člověka a mechanizace do procesu montáže:
 - ruční montáž,
 - poloautomatizovaná (mechanizovaná) montáž,
 - automatizovaná montáž.
- b) Podle místa vykonávání montáže:
 - interní montáž,
 - externí montáž.
- c) Podle pohybu součástí při montáži:
 - stacionární montáž,
 - nestacionární montáž.

2.5 Dělení montáže dle stupně zapojení člověka

Spojování jednotlivých strojních součástí vyžaduje zpravidla ruční práci, při které se používá řada strojů, přípravků, nástrojů a měřidel. Je snahou tuto činnost mechanizovat a automatizovat, aby se co nejvíce snížila pracnost montáže. Dle míry zapojení člověka a mechanizace do procesu montáže lze samotnou montáž dělit na ruční montáž, poloautomatizovanou (mechanizovanou) a automatizovanou montáž, viz Tab. 2 [12].

2.5.1 Ruční montáž

Hlavní přednost ruční montáže spočívá ve velké možnosti přizpůsobivosti podmínkám montáže a nízkých požadavcích na investice do montážních prostředků [12]. Hlavní nevýhodou je fakt, že ruční montáž vyžaduje velký počet zaměstnaných pracovníků, mohou se objevovat problémy s ergonomií pracovišť, zpravidla jsou špatně využívány pracovní prostory a dochází k nízké produktivitě práce [12].

















2.5.2 Automatizovaná či poloautomatizovaná (mechanizovaná) montáž

Řešení a implementace automatizace ručních montáží si klade vysoké finanční náklady a vyžaduje značné úsilí pro přípravu, změny konstrukce součástí a výrobků apod. Automatizace a mechanizace má význam pouze při určité sériovosti výroby a je silně závislá na ekonomických

podmínkách dané výroby. Automatizovaná montáž zpravidla disponuje účelovými stroji anebo účelově navrženým montážním zařízením. V závislosti na složitosti montáže jsou s výhodou používány montážní buňky, speciální montážní stroje, případně i montážní linky a montážní roboti. Nejčastější příčiny nízkého stupně mechanizace a automatizace montážních procesů jsou následující: nízká sériovost výroby, velká konstrukční variabilita (nízká standardizace), problémy s kvalitou, komplikované konstrukční řešení, obtížná orientace součástí při montáži [9]. Implementace automatizace do montáže umožňuje [12]:

- plynulý chod montáže bez meziskladů součástí na pracovišti,
- nízkou rozpracovanost montáže,
- zkrácení průběžné doby montáže,
- zavedení specializace pracovišť a pracovníků,
- vyšší přehled o pohybu montážních celků na montáži,
- vyšší časové a výkonové využití pracovních prostředků,
- dosažení vysoké produktivity práce při nižších nárocích na kvalifikace pracovníků, aj.

Tab. 2 Charakteristiky jednotlivých druhů montáže z hlediska mechanizace a automatizace – podle [16].

Charakteristika	Druh montáže			
	Ruční	mechanizovaná	Automatizovaná	
			tvrdě	pružně
Zdroj síly (výkonu)	 člověk	 motor	 motor	 motor
Ovládání nástroje	 člověk	 člověk	 Tvrdé řízení	 stroj
Řízení procesu	 člověk	 člověk	 Tvrdé řízení	 Pružné řízení
Kontrola	 člověk	 člověk	 člověk, čidla	 čidla

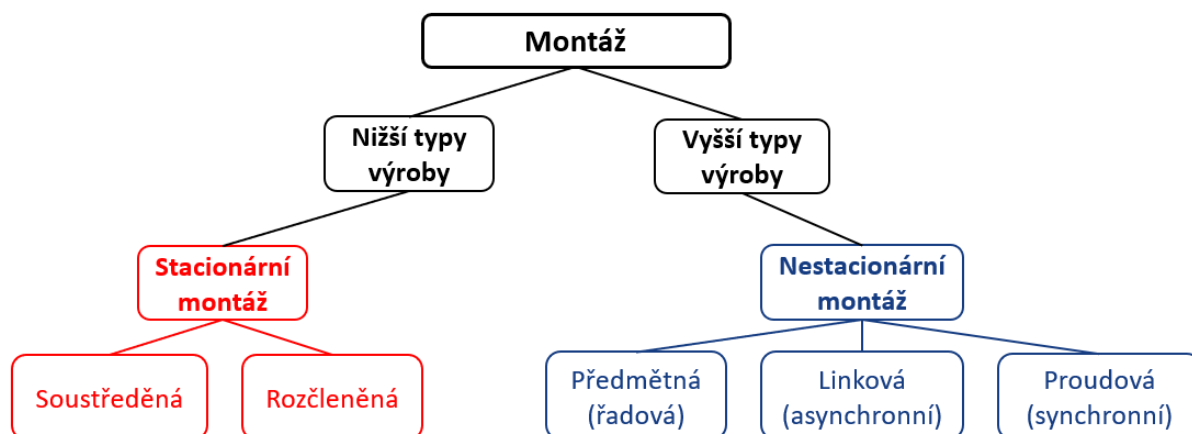
2.6 Dělení montáže dle místa vykonávání

Montáž lze dále klasifikovat z hlediska místa jejího vykonávání na externí a interní. Externí montáž je realizována mimo montážní halu. Jednotlivé části zařízení se zpravidla předem interně smontují ve výrobním závodě a následně se dopraví na zákazníkem určené místo (např. stavbu), kde dochází ke „konečné“ montáži v předem určeném sledu [12; 13]. Tímto procesem montáže procházejí např. manipulační zařízení (regálové zakladače v dané firmě), výrobní a dopravní stroje, vzduchotechnika, potrubí, armatury apod.

Interní montáž se uskutečňuje v uzavřeném prostoru v rámci daného výrobního závodu, kde produkt odchází z výrobního procesu zpravidla ve stavu způsobilém k přímému použití [12; 13]. Jedná se například o automobily, spotřební zboží apod.

2.7 Dělení montáže dle pohybu součástí při montáži

Celková organizace montáže, její časová a prostorová struktura může mít různou (technicko-organizační) podobu v závislosti na složitosti, velikosti a objemu montovaných výrobků. V nižších typech výroby (kusová výroba) převažují při montáži přípravné práce, kontrola a seřizování [7]. Ve velkosériové a hromadné výrobě (vyšší typ výroby) tato časová náročná práce dokončování a seřizování zaniká a dominují operace manipulační a spojovací [8]. Jednotlivé podoby montážního procesu se dále klasifikují podle charakteru pohybu některého prvku z montážního systému, obvykle objektu, na dvě kategorie, a to na tzv. montáže stacionární (nepohyblivé) a nestacionární (pohyblivé), viz Obr. 13 [7; 8].



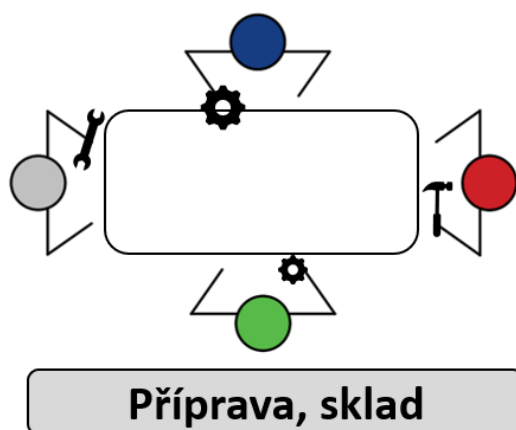
Obr. 13 Dělení montáže dle pohybu součástí při montáži – podle [7; 8].

2.8 Stacionární (nepohyblivá) montáž

Stacionární neboli nepohyblivá montáž výrobků nebo montážních celků probíhá postupně na jednom místě jedním nebo skupinou montážníků. Stacionární montáž je typická pro kusovou a malosériovou výrobu a lze dále dělit na soustředěnou a rozčleněnou, viz níže [12; 13].

2.8.1 Soustředěná montáž

Soustředěná montáž je charakterizována spojováním jednotlivých součástí na jednom stabilním montážním pracovišti, viz Obr. 14 [7; 8; 9; 12; 13; 14; 15]. Tento způsob montáže vykonává zpravidla jedna skupina pracovníků a využívá se u těžkých nebo rozměrných součástí, které jsou montovány podle rámcových montážních kroků bez podrobné časové analýzy činností [9]. V praxi se tento typ montáže používá převážně na kusovou výrobu. Jako příklady typy výrobků lze uvést válcové tratě, velké motory, obráběcí stroje, regálové zakladače apod. [12; 13].



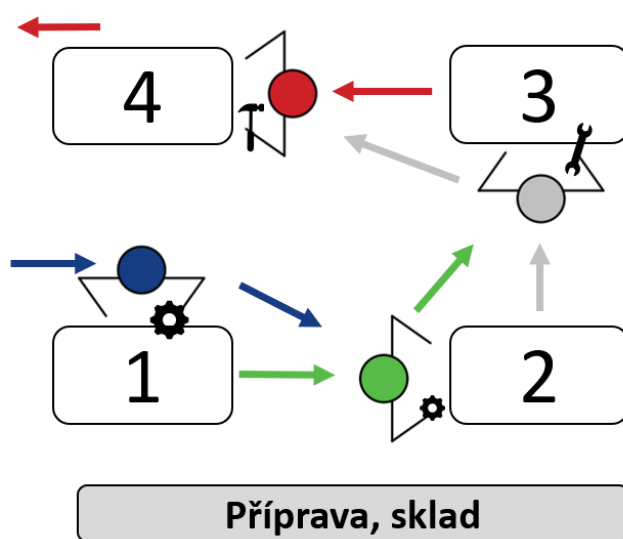
Obr. 14 Schéma soustředěné montáže – podle [12; 13].

Mezi přední nedostatky soustředěné montáže náleží vysoké požadavky na klasifikaci montážníků a prostory k umístění montovaných součástí [12; 13]. Za zmínku také stojí dlouhá průběžná doba montáže, která je spojena s dlouhým skladováním součástí na montáži, nepřehlednost průběhu montáže apod. [13; 14]. Za značné výhody lze považovat přizpůsobivost montážního pracoviště a pracovních prostředků ke změně výrobního sortimentu [9].

2.8.2 Rozčleněná montáž

Montážní postup výrobku je rozčleněn na montáž podskupin, skupin a na finální montáž. Toto rozdělení zpravidla odpovídá technologickému schématu montáže [7; 8]. Samotné montážní kroky se realizují na několika stacionárních montážních pracovištích souběžně, viz Obr. 15 [12; 13; 15]. Pracovníci během montáže v určité posloupnosti střídají pracoviště a vykonávají na jednotlivých částech výrobku pouze konkrétní část operace [12; 13]. Montážní celky jsou časově normované, ale vzhledem k nepředvídatelnému objemu práce jsou často zaváděny časové rezervy pro předání součásti na další pracoviště [9]. Rozčleněná montáž je vhodná na kusovou a malosériovou výrobu [15]. Mezi příklady vyráběného sortimentu náleží zařízení velkých rozměrů a hmotnosti jako, jsou obráběcí stroje, regálové zakladače, lokomotivy, stavební stroje, menší lodě apod. [12; 13].

V porovnání s montáží soustředěnou dosahuje rozčleněná montáž úspory vlivem specializace pracovišť, která značně redukuje pracnost a zvyšují produktivitu práce. Tento typ montáže umožňuje konat práci buď ve volném pracovním taktu, nebo v rytmickém, přesně vymezeném pracovním taktu [9]. Je logické, že ze stránky efektivity provozu, plánování a řízení montáže je příznivější způsob, při němž jsou zavedeny časové návaznosti jednotlivých montážních operací, které zaručí rytmičnost prací na montáži, optimální vytížení pracovních prostředků apod. [9].



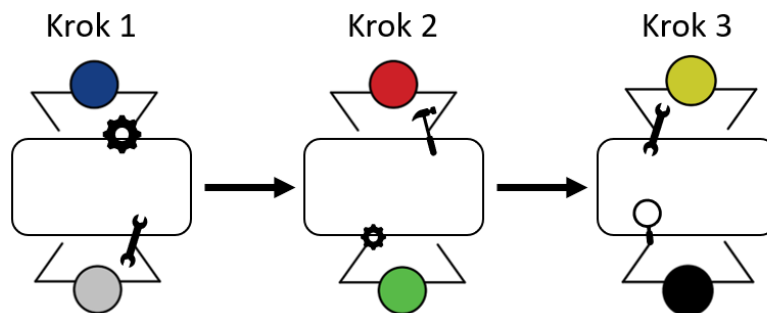
Obr. 15 Schéma rozčleněné montáže – podle [12; 13].

2.9 Nestacionární (pohyblivá) montáž

U nestacionární montáže je výrobek montován postupně na několika pracovních plochách, mezi kterými je nutné montážní podsestavy přesouvat, a to vždy ve smyslu technologického a časového sledu [13]. Nestacionární montáž se používá zpravidla pro sériovou a velkosériovou výrobu a lze ji dále klasifikovat na předmětnou, linkovou a proudovou [14].

2.9.1 Předmětná montáž (řadová)

Předmětná montáž je charakterizována volným pohybem montovaného předmětu [12; 13]. Montované části se po vykonání odpovídající operace přesouvají z jednoho pracoviště na druhé (Obr. 16) buď ručně (po pracovních stolech nebo po válečkové dráze, pomocí vzduchových polštářů, na vozících bez kolejí nebo s koleji), nebo pomocí různého automatizovaného dopravního systému (dopravní pásy, automaticky řízená vozidla) [15]. Montážní postup výrobků je rozčleněn na jednotlivé montážní operace, které musí být na pracovištích rozděleny tak, aby všechny stroje nebo montážní části byly ve stejném čase přesunuty na další pracoviště [7; 8]. Montérům jsou přidělena náležitě vybavená pracovní stanoviště, kde konají určitou opakující se operaci s volným taktem přesouvání součástí na další stacionární pracoviště. V praxi je předmětná montáž používána s výhodou na malosériovou a velkosériovou výrobu např. automobilů, jízdních kol, elektrických motorů atd. [12; 13].

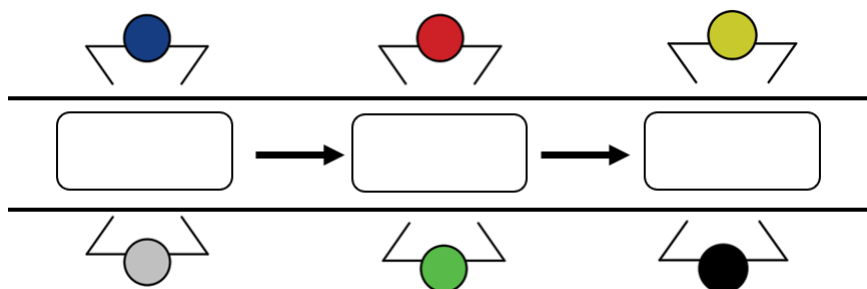


Obr. 16 Schéma předmětné montáže – podle [12; 13].

2.9.2 Linková montáž (asynchronní)

Linková, též liniová montáž se vyznačuje nuceným pohybem montovaného výrobku, který je dán podle předem stanoveného rytmu z pracoviště na pracoviště [12; 13]. Na rozdíl od montáže s volným pohybem je zde přesné dodržování montážního taktu [9]. Hlavním znakem linkového způsobu montáže je „linka“, tj. dráha, podél které jsou v řadě uspořádána pracoviště. Samotná montáž s jejím pochodem je realizována na speciálních dopravních zařízeních a může být dále rozdělena na pohyblivou montáž s plynulým pohybem nebo s přerušovaným (přetržitým periodickým) pohybem [7].

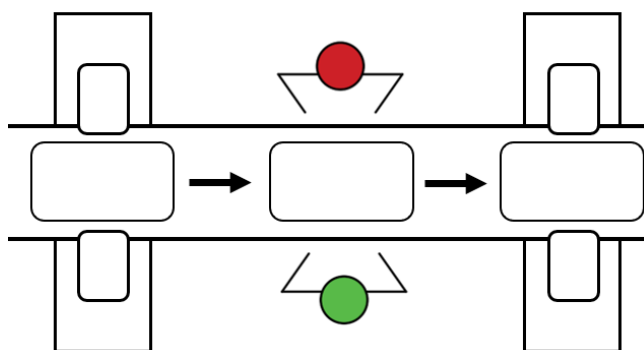
U montáže s plynulým pohybem provádějí dělníci operaci za pohybu dopravníku, dokud výrobek neprojde celým úsekem pracoviště. Takt montáže je stanoven na základě rychlosti pohybu dopravníku, která musí být úměrná času potřebnému k ukončení operace [15]. Při občasném (přerušovaném) posunu výrobku vykonávají dělníci montážní operace v době, kdy je dopravník pozastaven. Doba stání odpovídá době potřebné k provedení operace na každém pracovišti čili takt je určen posunem dopravníku. Tento typ nestacionární montáže je využíván především při větším sortimentu výrobků a také tam, kde je kladen důraz na větší podíl ručních montážních pracovišť v montážním procesu [15].



Obr. 17 Schéma linkové montáže – podle [12; 13].

2.9.3 Proudová montáž (synchronní)

Tato forma linkové montáže (obr. 18) je nejdokonalejší formou pohyblivé montáže [9]. Linka je zpravidla určena pro jeden montážní celek a disponuje vysokou automatizací a předem danou kapacitou odváděných výrobků [7; 8]. Pro dosažení časové synchronizace je před jejím návrhem nutné provést důkladnou časovou analýzu montážního postupu [7; 8]. Mezi její největší přednosti lze řadit vysokou produktivitu práce, krátký tok materiálu a nižší rozpracovanost výroby. Běžné typy výrobků, které se zhotovují na proudové montáži, jsou zejména jednoduché montážní celky malých rozměrů a hmotností, jako jsou např. valivá ložiska, měřidla, motory, elektrické vypínače apod. [12; 13].



obr. 18 Schéma proudové montáže – podle [12]

Zelenka v práci [9] doporučuje při výběru technicko-organizační formy montáže použít pro hodnocení přínosů jednotlivých montážních systémů vícekritériální posouzení, viz Tab. 3.

Tab. 3 Kritéria pro výběr technicko-organizačních forem dílenských montáží – podle [9].

Technicko-organizační Formy montáže	Stacionární MC a MM	Stacionární MO pohyblivá MM	Pohyblivý MO Stacionár ní MM	Pohyblivý MO i MM
Kritéria pro výběr				
Technické využití prostředků	○	◐	●	●
Požadavky na montážní plochy	●	○	◐	◐
Časové využití montážního místa	○	◐	●	●
Průběžná doba montáže	●	◐	○	○
Vliv sériovosti výroby	○	◐	●	●
Přizpůsobitelnost ke změně výrob. programu	●	●	○	○
Nároky na přípravu a uložení materiálu u MM	●	●	◐	◐
Přehled o plnění plánovaných úkolů	○	◐	●	●
Rozdělení montáže do fází a operací	○	◐	●	●
Nároky na kvalifikaci pracovníků	●	●	◐	◐
Nároky na zpracování dělníků	●	●	◐	◐
Složitost technologického projektu	○	◐	●	●
Investiční nároky	○	◐	●	●

Vliv: ○ Malý ◐ Střední ● Velký

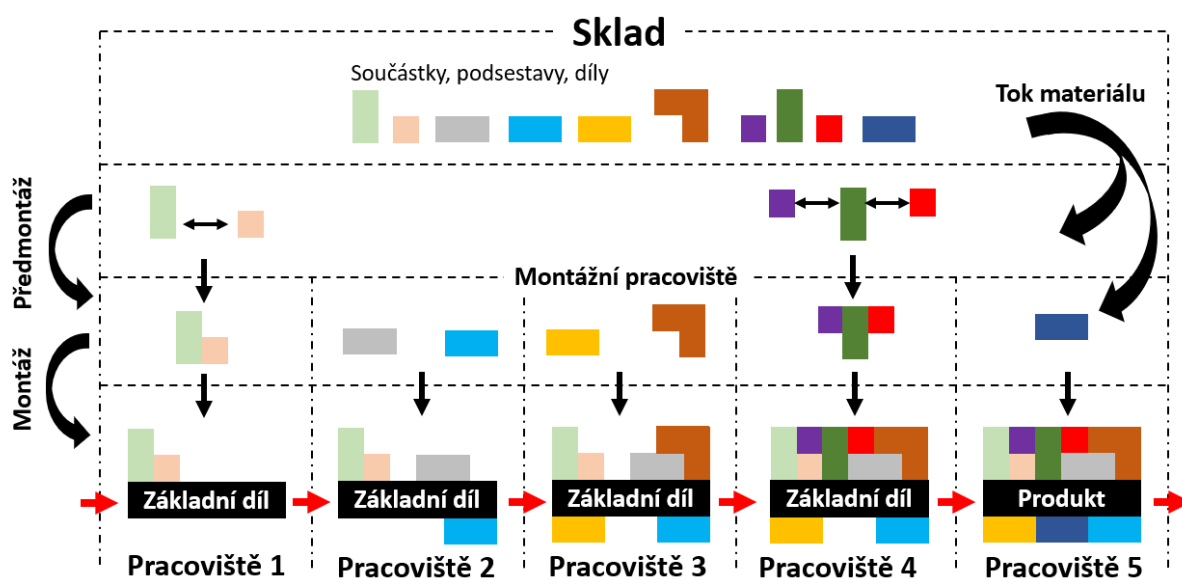
MC = montážní celek, MO = montážní objekt, MM = montážní místo

2.10 Linková montáž a její náležitosti

Jak už bylo popsáno výše, montáž na lince je metodou montáže s takovým uspořádáním, kde se jednotlivé podskupiny, podsestavy a součásti plynule a rovnoměrně spojují ve finální výrobek časově sladěnými operacemi, zpravidla po přímé dráze. Montovaný výrobek získává svůj tvar postupně, počínaje základním dílem, přičemž zbývající díly jsou připojovány na různých stanicích, kterými výrobek projde, viz Obr. 19.

2.10.1 Fáze montážního procesu

Pro komplexní pochopení dynamiky montáže je nutné znát jednotlivé podsystemy, které se podílejí na montážním procesu [17]. Následující Obr. 19 poskytuje stručný přehled typického montážního procesu a zvýrazňuje hlavní prvky a fáze montážní linky (sklad, předmontáž, montáž).



Obr. 19 Ukázka hlavních prvků a toku materiálu na linkové montáži s pěti takty – podle [17].

Vyrobené součástky a díly putují do skladu, kde čekají do doby, než jsou předmontáží vyžadovány. Předmontáž je součástí montážního procesu, který odpovídá za přípravu komponentů a určitých montážních skupin a podskupin do konečné montáže. Dobře rozmístěná předmontážní pracoviště poskytují montážním linkám plynulý materiálový tok a eliminují přebytečné zásoby materiálu v jejich okolí. Zavedením předmontáže dále předchází vzniku zmetkovitosti, která je způsobena vlivem nadbytečné manipulace, balením a častým transportem [18]. Výstupem předmontáže jsou podsestavy zásobující jednotlivá montážní pracoviště na montážní lince, kde dochází k jejich vzájemnému spojování. Každá pracovní stanice by měla být vybavena potřebnými nástroji, přípravky, instrukcemi a obsluhou (operátorem).

2.10.2 Doba taktu

Při navrhování linkových montáží je důležitým parametrem tzv. takt, což je doba jednoho pracovního cyklu, při kterém vypadne z linky hotový výrobek, dílec nebo součástka [7; 8]. Doba taktu neboli cyklu (*takt time*) vyjadřuje čas, za který musejí být produkty nebo součástky vyrobeny, aby uspokojily poptávku zákazníka. Nejedná se však o ukazatel toho, kolik je schopný podnik vyrobit, ale množství vypočítané tak, aby výroba vyhověla požadavkům zákazníků. Doba taktu je definována jako podíl skutečného výrobního času, kdy jsou činnosti v provozu (např. za směnu nebo za den) a množství produktů, které zákazník vyžaduje z daného procesu za určitou dobu [19, 20]. Skutečný výrobní čas se stanovuje jako disponibilní čas, od

kterého se odečítají plánované prostoje, jako jsou porady, úklid pracoviště, údržba nebo přestávky na oběd [20]. Neplánované prostoje a časy nezbytné pro změnu výroby se neodečítají, jelikož jsou to proměnné, které je potřeba snížit. Rovnice pro výpočet doby taktu je následující [19, 20]:

$$t = \frac{T_d}{N} \quad (2.1)$$

kde: t - takt [min/ks],
 T_d - skutečný výrobní čas za směnu [min],
 N - množství výrobků, které má být za dobu T_d vyrobeno [ks].

Ukázka výpočtu doby taktu je vyobrazena na následujícím schématu, viz Obr. 22. Doba taktu představuje rytmus neboli rychlost výroby. Je logické, že s rostoucí poptávkou má doba taktu rychlejší tempo, pokud je poptávka nižší, doba taktu je pomalejší. S dobou cyklu se lze nejčastěji setkat u montážních procesů, které slouží externím zákazníkům [19, 20].

2.10.3 Plánovaná doba cyklu (PDC)

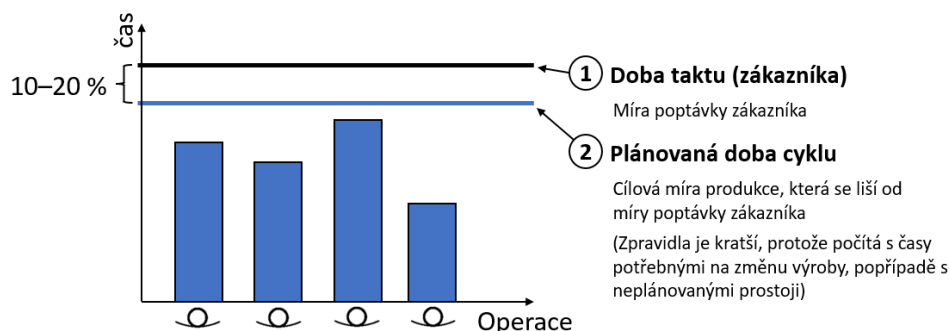
Plánovaná doba cyklu stanovuje reálnou rychlost, kterou by např. montážní linka měla pracovat. Její hodnota se získá skutečným výrobním časem za směnu zkráceným o čas potřebný ke změně výroby a o čas neplánovaných prostojů, poděleným množstvím produktů, které zákazník poptává z daného procesu za stanovenou dobu. Časy potřebné ke změně výroby se rovnají sumě časů všech prováděných změn za den. Rovnice pro výpočet plánované doby cyklu [7, 20]:

$$t_p = \frac{T_d - T_z}{N} \quad (2.2)$$

kde: t_p - plánovaná doba cyklu [min/ks],
 T_z - suma všech ztrátových časů za dobu T_d [min].

Autor literatury [20] definuje dva druhy prostojů, krátké a dlouhé. Kratší, ale mnohem častější prostoje představují krátkodobé přerušení, naopak delší prostoje, které se vyskytují výjimečně, mají charakter katastrofálního selhání. Při výpočtu plánované doby cyklu se počítá pouze s hodnotou času kratších prostojů [7, 20].

Plánovaná doba cyklu montážního procesu je ve srovnání s dobou taktu zpravidla kratší, neboť doba taktu reprezentuje ideální dobu cyklu montážního procesu, při které se vyrábí v souladu s poptávkou klienta – prodat jeden produkt, vyrobit jeden produkt, viz Obr. 20 [20]. Jako příklad lze uvést, že při výrobě různého mixu produktů musí být doba cyklu montáže kratší než doba taktu, aby se vybalancovala časová ztráta při změně výroby. Při určování plánované doby cyklu se doporučuje, aby časy nutné ke změně výroby, ztráty a plánované prostoje činily maximálně 10–20 % [20].

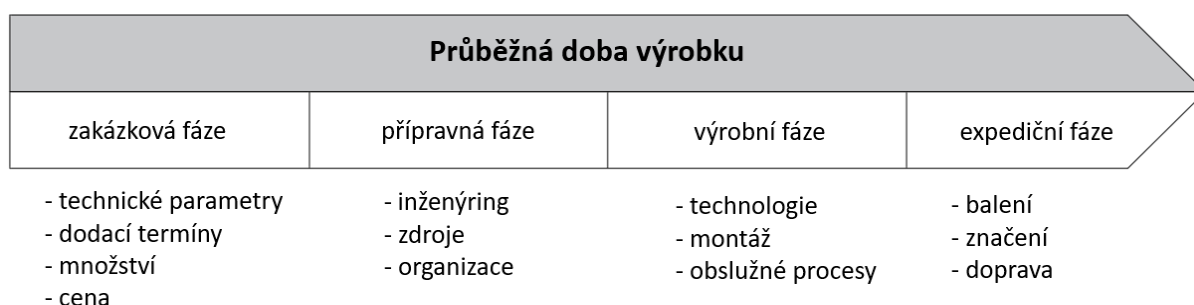


Obr. 20 Doba taktu a plánovaná doba cyklu – podle [20].

2.10.4 Průběžná doba výroby a zakázky

Průběžná doba výroby je časový interval, který vyjadřuje délku trvání všech procesů ve výrobě, které se podílejí na výrobě, opracování a montáži výrobku od vstupu do okamžiku dokončení [21]. Celková průběžná doba výroby výrobku je suma doby technologické, manipulační a doby klidu. Autorka literatury [21] uvádí, že v praxi výrobek z 95 % své průběžné doby výroby tráví čekáním (klidem), než dojde na jeho zpracování či další aktivity.

Terminologicky je vhodné rozpoznávat průběžnou dobu výroby a průběžnou dobu zakázky. Průběžná doba zakázky tvoří celý cyklus od prvního podnětu kupujícího z hlediska možného zájmu o budoucí produkt přes jeho vývoj a samotnou výrobou, včetně technické přípravy výroby, vlastní transformace hutního polotovaru ve finální produkt ve výrobním procesu až po ukončení expedice (popř. i včetně dalších odbytových činností, jako je doprava, prodejní služby apod.) [21]. Průběžná doba výroby je zaměřena pouze na vlastní výrobní proces. Její fáze jsou schematicky znázorněny na Obr. 21.



Obr. 21 Fáze průběžné doby zakázky – podle [21].

2.10.5 Počet operátorů

Ten, kdo provádí montážní operace na lince se, nazývá operátor [20]. Operátoři vykonávají své úkoly na jednotlivých pracovištích buď ručně pomocí ručního nářadí, nebo polomanuálně pomocí automatických nástrojů a jednoúčelových zařízení. Výpočet teoretické potřeby pracovníků poskytuje orientační informaci pro balancování linky. Součástí určení vhodného počtu operátorů je měření celkové doby cyklu práce operátorů na zhotovení jednoho kusu od začátku do konce. To se zpravidla provádí měřením cyklu práce každého operátora a sečtením zjištěných časů, ale existují i další způsoby. Teoreticky vhodný počet operátorů procesu je dán následujícím vztahem [20]:

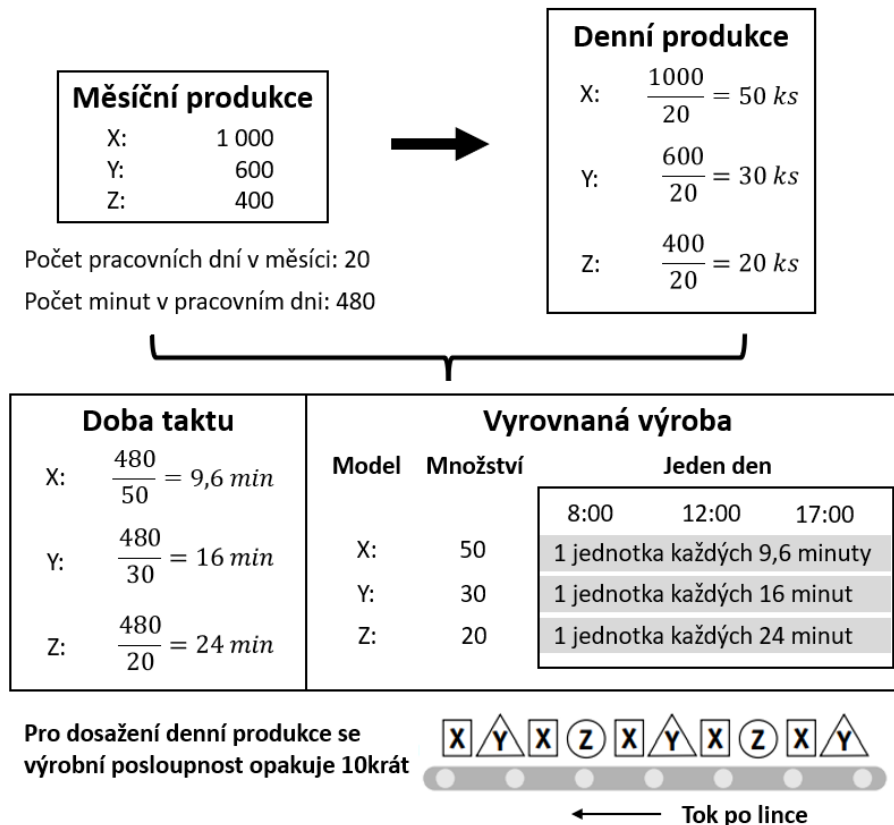
$$o_p = \frac{T_c}{t_p} \quad (2.3)$$

kde: o_p - teoretický vhodný počet operátorů [-],
 T_c - celková doba cyklu práce operátorů na zpracování jednoho kusu [min].

2.10.6 Vyrovnávání výroby (heijunka)

Vyrovnávání výroby je definováno jako „úplné srovnání výroby různých typů a objemů výrobků vzhledem k objednávkám zákazníků a jejich potřebám“ [19; 22]. Je metoda, která se zabývá způsobem naplánování denní výroby rozdílného produktového mixu ve sledu, který srovnává nárůst a pokles ve vyráběném množství. Také se označuje jako vyrovnávání množství, uhlazování množství nebo „heijunka“ [8]. V tomto systému se nevyrábí přesně podle toku poptávek zákazníků, ale vychází se z určitých intervalů mezi jednotlivými termíny, ve kterých jsou expedovány dané produkty [8]. V tomto intervalu je maximální snahou vymezení takového mixu výrobků, aby uspokojily poptávku klientů. Základem je, aby se odstranilo nerovnoměrné plánování ve výrobě [20; 22].

Pokud by se vyrábělo přesně dle posloupnosti zákaznických objednávek s cílem vyexpedovat veškeré objednávky do určitého časového sledu, bylo by nutné v některých dnech vyrábět i během přesčasů (a také platit zaměstnancům), kdežto v jiných dnech by pro zaměstnance bylo málo práce [20]. To zapříčiňuje plýtvání, a proto je nutné objednávky seřadit tak, aby vyrovnávaly mezidenní fluktuaci celkových objednávek s odpovídající dlouhodobou poptávkou [19]. Dalším cílem vyrovnávání výroby je produkce výrobků s konstantní rychlostí, aby se i ostatní procesy ve výrobním podniku odehrávaly konstantní a předpokládanou rychlostí [20; 22].

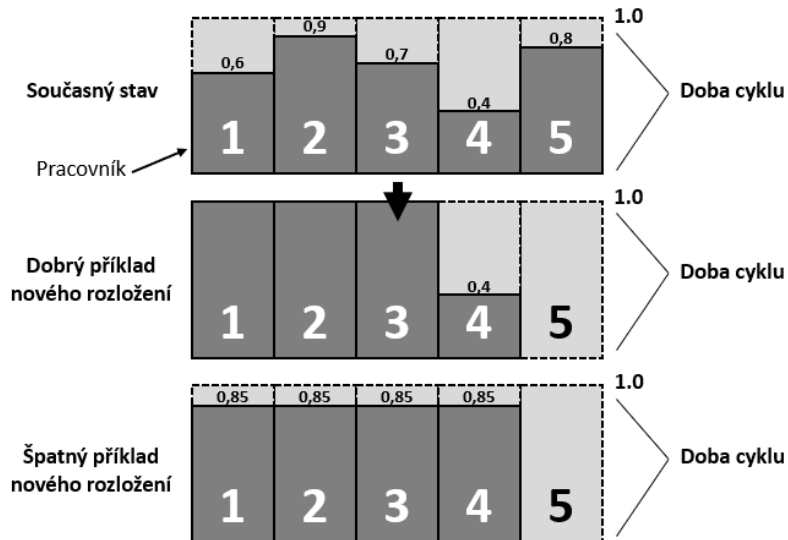


Obr. 22 Vyrovnávání výroby – podle [19].

2.10.7 Balancování linek

Balancování linek se používá při optimalizaci nebo návrhu linky z hlediska vyvážení časů. Autoři literatury [19] definují balancování linek jako „proces, při kterém je práce rovnoměrně rozdělena mezi pracovníky tak, aby byla splněna doba taktu“. Požadavky zákazníků určují množství a typy produktů, které se mají vyrobit. Žádoucím stavem je, aby se montážní linky dokázaly balancovat podle měnící se poptávky [19]. Je logické, že pokud se zvýší poptávka po určitém produktu, je nutné do montážních pracovišť vyrábějících tento výrobek přesunout více montážníků. Jestliže se zájem o výrobky sníží, je k zajištění aktuální potřeby pro obsluhu pracoviště potřeba méně osob [20].

Vybalancovaná linka představuje stav, při kterém je každý operátor stejně časově vytížen [19; 20]. Montážní proces musí být rozdělen do dílčích pracovních kroků tak, aby trvaly stejnou časovou dobu. Během uspořádávání jednotlivých částí operací je důležité respektovat technologické postupy, které na sebe musí navazovat tak, aby se zajistilo hladkého a plynulého toku produktu linkou s maximálním využitím pracovišť a jejich operátorů [19; 20]. Autoři literatury [19] doporučují pro balancování operací využít graf procentuální vytíženosti (viz Obr. 23).



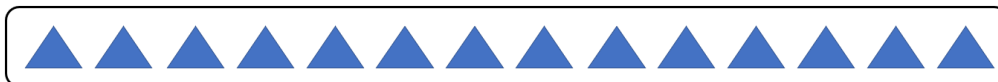
Obr. 23 Balancování linky pomocí grafu relativní vytíženosti – podle [19].

2.10.8 Rozdělení montážních linek

V závislosti na výrobní strategii a podle různorodosti výrobků, které se montují na lince, lze montážní linky rozdělit do tří kategorií:

- a) *Jednomodelová montážní linka.* Na jedno-modelové lince se montují pouze výrobky jednoho druhu bez jeho dalších modifikací. Každé operace na jednotlivých pracovištích jsou jednoúčelové, tudíž jsou stejné pro všechny pracovní kusy a finální výrobky opouštějící linku jsou identické.
- b) *Smíšená montážní linka.* Na tomto typu liniové montáže se provádí montáž jednoho typu výrobku a jeho modifikace. Operace na smíšené lince jsou pro různé varianty výrobku podobné, neboť procházejí podobnými procesy, avšak mohou mít různé operační časy.
- c) *Vícemodelová montážní linka.* Linka, kde se montuje více druhů produktů, je ve srovnání s ostatními druhy nejsložitější. Každý výrobek vyžaduje jiné montážní postupy a při jednotlivých záměnách montovaného sortimentu se také musí „přenastavit“ samostatná linka. To je ovšem z hlediska nákladů nevýhodné, a proto se montáž na lince provádí v rámci tzv. oddělených dávek (viz Obr. 24).

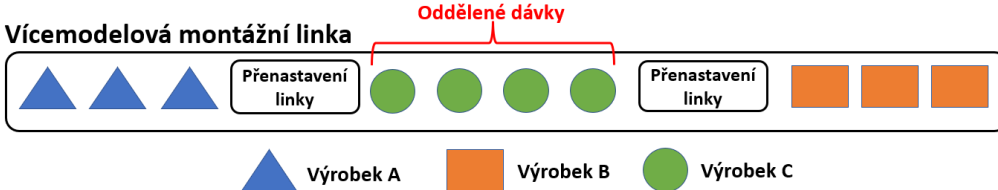
Jednomodelová montážní linka



Smíšená montážní linka



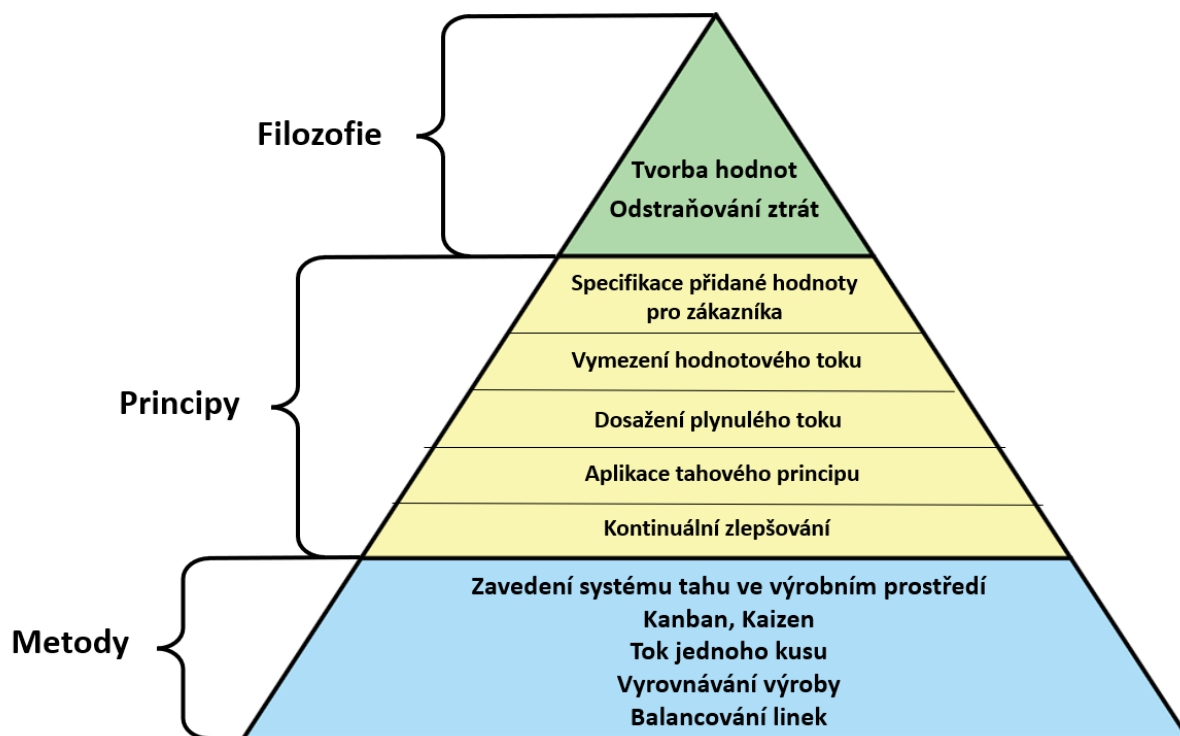
Vícemodelová montážní linka



Obr. 24 Dělení montážních linek dle typu montovaných výrobků.

2.11 Optimalizace pomocí štihlé výroby

Štihlá výroba neboli *Lean Manufacturing* je soubor principů a metod (Obr. 25), které pomáhají odstraňovat plýtvání ve výrobním procesu optimalizací pracovních podmínek [19; 22]. V praxi se jedná například o upravení pracoviště k hladkému chodu tak, aby žádný pracovník nemusel nic složitě vyhledávat, dlouze uvažovat o dalším pracovním kroku nebo přemísťovat materiál na větší vzdálenost [23]. Záměrem metod štihlé výroby je analyzovat a odstranit zdroje plýtvání, neboť výše uvedené činnosti zvyšují nejen nároky na čas každého pracovníka, ale tím pádem i náklady firmy [24; 25]. Jak poukazuje nejvyšší úroveň pyramidy (Obr. 25), koncept štihlé výroby se nezabývá pouze eliminací plýtvání, ale je zároveň orientovaný na poskytování přidané hodnoty zákazníkovi [26; 27].



Obr. 25 Filozofie štihlé výroby – podle [26].

Historie štihlé výroby spadá do počátku 20. století a vychází z metodiky zvané *Toyota Production System (TPS)*, kterou vyvinula automobilka Toyota [25]. Tu proslavily právě nástroje a metody zlepšování jakosti, které pomohly vytvořit základy již dnešní štihlé výroby [22]. Přestože dnešní výroba v porovnání s výrobou na počátku 20. století vypadá zcela odlišně, mnohé ze základních principů stále platí [26; 27].

2.12 Principy štihlé výroby

Trh je v dnešní době neúprosný a konkurence neustále tlačí na ceny. To je důvodem, proč se zavádění principů štihlé výroby staly poslední dobou opravdovou atrakcí [28]. Autoři literatury [29] definovali pět principů (viz druhá úroveň pyramidy Obr. 25), které lze použít k dosažení cílů budoucího štihlého systému.

2.12.1 Definice hodnoty z pohledu zákazníka

Implementace štihlé výroby je pokaždé zahájena analýzou výrobního procesu z pohledu zákazníka, který vymezí hodnotu [22]. Ta má smysl produktu nebo služby dodané zákazníkovi. Jedná se o míru vyhovění zákaznickým požadavkům nebo přáním a obsahuje zpravidla kvalitu, funkčnost, přínos, dostupnost, cenu vzhled apod. [19]. Samotná přidaná hodnota zlepšuje

funkci výrobku, mění jeho tvar, vlastnosti a posiluje jeho postavení na trhu. Zkrátka jedná se o aktivity, za které je zákazník ochotný zaplatit. Nepřidaná hodnota oproti hodnotě přidané představuje takové činnosti, které jsou sice spjaté s jednotlivými částmi procesu (manipulace materiálu, kontrola apod.), ale zákazník za ně není schopný zaplatit [30]. Jednotlivé aktivity, které nepřidávají hodnotu, jsou úzce spojené s níže uvedenými (viz oddíl 2.13) osmi druhy plýtvání, a proto je jejich eliminace žádoucí [31; 32].

2.12.2 Vymezení hodnotového toku

Pojem hodnotový tok ve štíhlé výrobě je soubor vzájemně souvisejících procesů, které mění vstupy (např. hutní polotovary) na hodnotu pro zákazníka [19]. Tok hodnoty pokrývá celý životní cyklus výrobku nebo služby. Obsahuje všechny aktivity v podniku, které jsou nezbytné pro návrh a výrobu produktu a jeho dodání zákazníkovi [31]. Skládá se z činností, které jsou jak s přidanou hodnotou, tak bez přidané hodnoty. Hlavním záměrem je proto odstranit nebo minimalizovat veškeré plýtvání a ztráty v činnostech toku hodnoty tak, aby tok hodnoty byl složen převážně z procesů přidávající hodnotu [32].

2.12.3 Dosažení plynulého toku

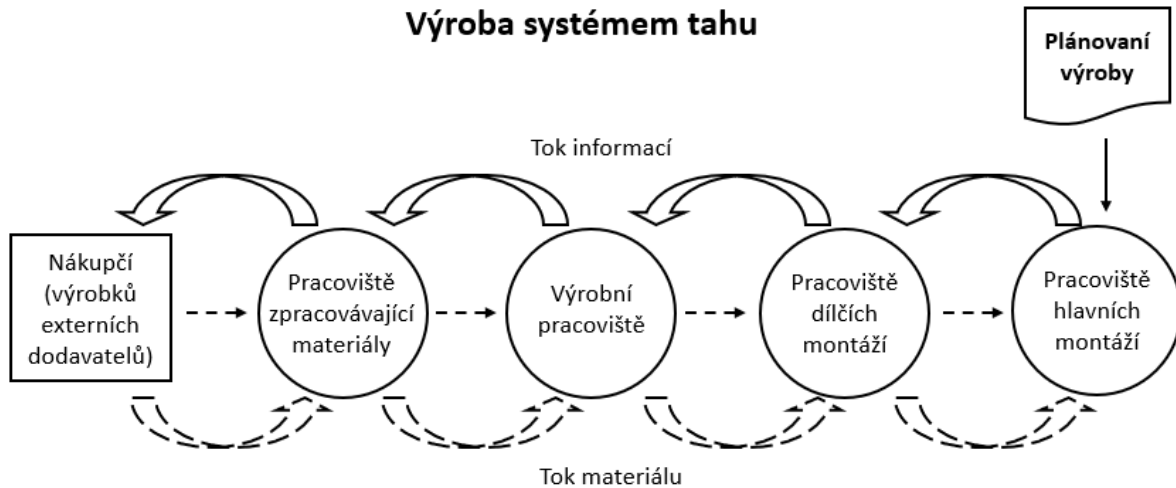
Nezbytnou podmínkou pro implementaci štíhlé výrobního systému je vytvoření nepřetržitého toku ve výrobním procesu [31]. Tok představuje proces, který je zahájen vlivem zákaznické objednávky a zajišťuje potřebné vstupy pro vykonání požadované zakázky [32]. K plynulému toku je zapotřebí správná synchronizace toků a jsou vyžadovány činnosti, které vytváří přidanou hodnotu v jednotlivých krocích bez jakéhokoliv přerušení [19]. K dodržení toku je velice důležité rozdělení pracovních operací časově tak, aby byly rovnoměrné a nikde se nekupily rozpracované kusy (tzv. *Work-In-Progress* neboli *WIP*) ve větší míře. Dále je nutné v navazujících procesech eliminovat stroje a pracoviště s různou kapacitou. Jestliže kapacity předcházejících procesů jsou větší než kapacity následujících pracovišť, dochází ke shromažďování zásob a vznikají tzv. úzká místa [31; 32]. K dosažení plynulého toku dle autorů literatur [19; 31; 32] slouží následující metody štíhlé výroby: systém tahu, tok jednoho kusu, vyrovnávání výroby (*heijunka*) apod.

2.12.4 Aplikace tahového principu

Další z pěti principů štíhlé výroby je zavádění systému tahu, který je založen na myšlence, že zásadním prvkem pro spuštění výroby a odběru zásob je požadavek zákazníka. Výroba systémem tahu (*pull*) má proto dvě stránky:

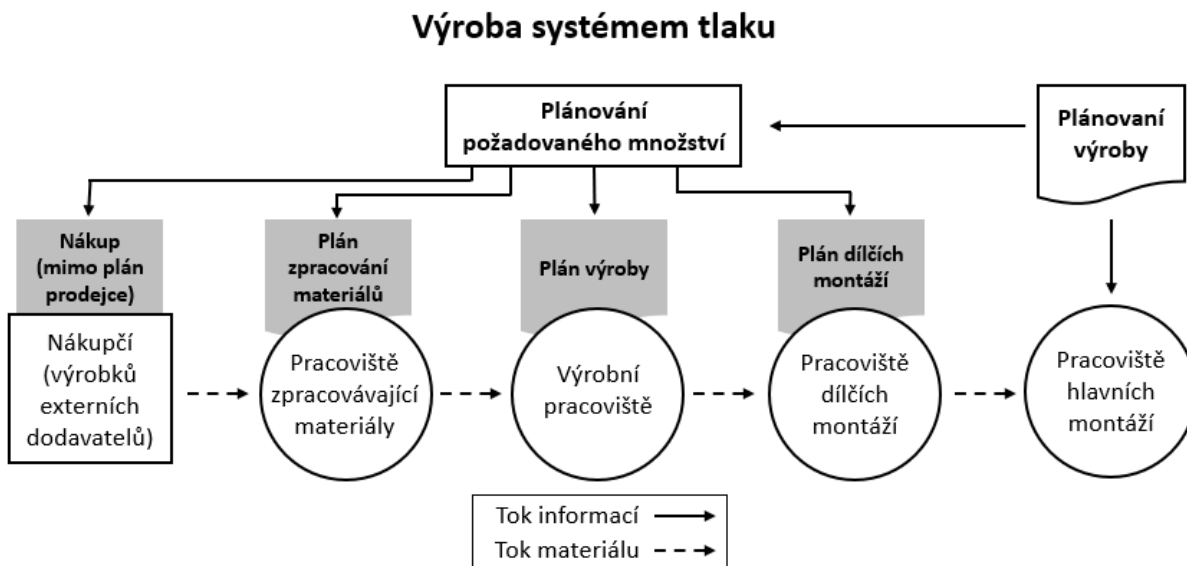
1. „Ve výrobním prostředí představuje výrobu položek v závislosti na požadavcích nebo spotřebě zákazník“ [19].
2. „V oblasti řízení materiálu představuje odběr zásob v závislosti na požadavku operace, která materiál spotřebovává“ [19]. Materiál není propuštěn do výroby, dokud nepřijde pokyn od dalšího uživatele.

Systém tahu je zahájen externím zákazníkem a výroba je vyvolána požadavkem následného procesu, nebo interním zákazníkem každé následující operace, viz Obr. 26 [8]. Jedná se o tržně orientovaný přístup k výrobě, neboť samotný impuls k jejímu spuštění se pohybuje zpětně celým výrobním procesem [19]. Jinými slovy, následující proces je zákazníkem předcházejícího procesu. Pracovníci nevyrábějí do doby, než dostanou signál z nadcházejícího procesu. Díky tomuto způsobu řízení není téměř žádná zásoba vstupujícího materiálu, neboť se vyrábí pouze takové množství produktů, po kterém je poptávka. Výrobní systém tahu na rozdíl od tradičního systému tlaku (*push*) výslovně omezuje množství rozpracované (nedokončené) výroby [31; 32; 33].



Obr. 26 Tok informací a materiálu ve výrobě systémem tahu – podle [19].

U systému tlaku (*push*) jsou suroviny v okamžiku jejich dostupnosti přesouvány ze skladu do výroby, kvůli čemuž vytvářejí sklady na výrobní provozy tlak, aby začal výrobní proces (Obr. 27) [8]. Proto v systému tlaku je dostupnost materiálu hlavním spouštěčem výroby a samotný plán produkce je tvořen na základě předpovědi poptávky od zákazníků [19]. Jinak řečeno, díly jsou do výrobního procesu posílány neprodleně po dokončení, nehledě na to, jestli je následující proces na ně přichystán či ne. Tento systém proto představuje produktově orientovanou výrobní filozofii, která má zpravidla za následek nadvýrobu a zpoždění v dodávkách [31; 32; 33].



Obr. 27 Tok informací a materiálu ve výrobě systémem tlaku – podle [19].

Systém v tahu se do praxe zavádí v pěti hlavních krocích pomocí různých metod [19]. Prvním krokem je analýza současného stavu, při kterém se rozpozná tok materiálu v existujícím systému. Druhým krokem je, aby podnik přešel od rozmístění podle operace k rozmístění podle procesu. Stroje, různá zařízení a pracovníci se uspořádají podle posloupnosti jejich využití v procesu, čímž se značně zkrátí doba mezi operacemi. Dalším krokem implementace štíhlosti ve výrobě je navržení výrobních buněk. Je důležité, aby každá operace byla v blízké vzdálenosti operace následující, což přichystává buňku na tok jednoho kusu. Předposledním krokem je zavedení kanbanu, které jsou v rámci systému tahu určeny k výrobnímu příkazu. Závěrečným, pátým krokem při zavádění systému tahu je využití toku jednoho kusu, viz podkapitola 2.14.2.

Díky systému tahu se podnik vyvaruje nadvýrobě a dalším podobám plýtvání. Zavedením tažného výrobního systému by mělo vést k toku jednoho kusu a tím k větší efektivitě výroby [19]. To je důvod, proč je v dnešní době systém tahu uplatňován všude tam, kde je to možné [8]. Mezi významné nástroje výroby systém tahu, které jsou popsány v dalších podkapitolách, patří kanban, vyrovnaná výroba a balancování linek [19; 22; 32].

2.12.5 Kontinuální zlepšování

Pátý zmíněný princip štihlosti, který je posledním krokem k zavedení a optimalizaci štíhlého systému, se zaměřuje na kulturu neustálého zlepšování [32]. Identifikace, hodnocení a následné zlepšování procesů během předešlých dvaceti let vyvrcholilo v naprostý standard v řízení podnikových aktivit, které se koncentrují na zvyšování výkonnosti. Kontinuální zlepšování představuje veškeré podnikové činnosti, jež se soustředí na postupné zvyšování kvality a produktivity za současného snižování doby zpracování firemních procesů tím, že se omezují neproduktivní činnosti a náklady [32]. Zlepšování procesů vychází od získaných poznatků ze současného stavu tak, jak jsou popsány v příslušných procesních datech nebo v souhrnu znalostí operátorů procesu [33]. Součástí kontinuálního zlepšování je také důsledné zkoumání a monitoring chování procesů, odkrývání příčin problémů spjatých s jejich plynulým tokem, s produktivitou nebo kvalitou výstupů [32; 33]. Pro kontinuální zlepšování lze vybírat ze širokého spektra nástrojů, nicméně kvůli omezenému rozsahu diplomové práce jsou popsány pouze metody DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) a *kaizen*.

2.13 Druhy plýtvání a ztrát

Štíhlá výroba považuje plýtvání za základní faktor pro výrobní náklady. Udává se, že 80 % výrobních nákladů je zapříčiněno plýtváním procesu [19]. Snahou štíhlé výroby je minimalizovat nebo odstranit tři hlavní typy plýtvání, kterými jsou převzaté pojmy z japonštiny *muda*, *muri* a *mura* (tzv. systém 3M nebo 3MU, viz Obr. 29) [29; 31; 34; 35].

2.13.1 Muda

V českém překladu se jedná o „práci bez přidané hodnoty“ nebo „plýtvání“ a existují dva typy *muda* [31]. První z nich zahrnuje aktivity, které netvoří žádnou přidanou hodnotu, ale jsou vzhledem ke stávajícím technologiím nebo výrobním podmínkám považovány za nezbytné, a proto některé z nich ani nelze odstranit [35]. Mezi běžné příklady tohoto typu patří např. testování a kontrola finálního výrobku, bezpečnostní kontroly, seřízení nástrojů a zařízení apod. [31; 35].

Druhý typ obsahuje činnosti, které mají nulovou přidanou hodnotu, jsou zbytečné a musí se odstranit jako první [29]. Autoři odborných literatur [22; 31; 33] v rámci podnikatelských či výrobních procesů uvádí sedm základních typů plýtvání *muda*, které je třeba před samotnou eliminací umět ve výrobním prostředí identifikovat. Autor odborné literatury [33] doplňuje ještě osmý typ plýtvání, který do seznamu přibyl až v posledních desetiletích.

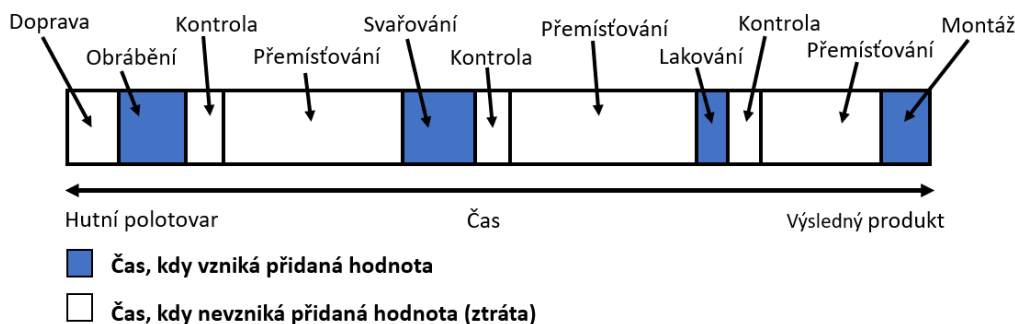
1. *Nadvýroba* [22; 34]. Tento druh plýtvání vzniká, když vyrobený produkt ještě není skutečně poptáván zákazníkem. Nadprodukce dále brzdí tok materiálu, prodlužuje dobu na přípravu produkce a snižuje kvalitu a produktivitu práce. To způsobuje výrobnímu závodu ztráty ve formě přezaměstnanosti a růst nákladů na skladovací prostory a dopravu.
2. *Čekání (disponibilní čas)* [22; 33; 34]. Toto plýtvání je spjaté s prostoji, které vznikají při zpracovatelském procesu. Dělníci dohlížející na automatizované stroje postávají a čekají na další pracovní krok, nástroj, součást apod., eventuálně nemají co dělat vlivem

vyčerpání zásob, prostojů a poruch strojů a kapacitních problémů. Jejich ztracený čas je plýtváním.

3. *Zbytečné přemísťování a doprava materiálů* [22; 34]. Přesouvání materiálů, dílů a hotového zboží mezi procesy nebo do skladu nepřináší produktu žádnou přidanou hodnotu. Za tyto neefektivní přepravy zákazník není ochoten zaplatit, což navyšuje firemní náklady.
4. *Nadměrné či nepřesné zpracování* [22; 34]. Toto plýtvání vzniká, pokud se při zpracování výrobku provádějí nepotřebné kroky. Následkem mohou být zbytečné pohyby a vady, které jsou způsobené neefektivním zpracováním vlivem špatně zvolených nástrojů a chybného konstrukčního řešení výrobku. Ztráty mohou vznikat i při používání drahého a vysoce přesného vybavení tam, kde to není potřeba.
5. *Nadbytečné zásoby* [19; 22; 34]. Zásoby zmrazují kapitál, a tudíž se nepodílejí na návratnosti investic dříve, než jsou prodány nebo proměněny na poptávaný výrobek. Dále zaplňují bezdůvodně prostory, zpomalují materiálový tok, čímž nesou s sebou náklady na údržbu (sklad, pojištění, daně apod.). Autor literatury [22] uvádí jako nejvýznamnější příčinu ztrát nadvýrobu, protože je důvodem většiny ostatních ztrát.
6. *Zbytečné pohyby* [22; 34]. Toto plýtvání je spjaté s ergonomií pracoviště a lze se s ním setkat v každodenních činnostech, jako je ohýbání, natahování se pro díly, podávání a zvedání. Jedná se zkrátka o každý ztrátový pohyb, který zaměstnanci musí provádět při výkonu práce.
7. *Vady* [22; 34]. Výroba dílů s defektem či poruchou ovlivňuje výsledky hospodaření, neboť opravy, předělávky, vyhození zmetků a náhradní výroba, kontrola a dohled představují ohromné náklady. S tím souvisí i ztrátová manipulace, ztrátové časy a někdy zbytečné úsilí.
8. *Intelekt* [33]. Ke správnému výkonu některých operací jsou zapotřebí určité kvalifikované pracovní síly. Jestliže existují takové nástroje, se kterými je možné daný proces konat stejnou kvalitou s méně kvalifikovaným personálem, pak je udržování vysoce kvalifikovaných pracovníků plýtváním.

Jak už bylo zmíněno, nejnákladnějším plýtváním ve výrobním procesu jsou zásoby a nadvýroba, které jsou zpravidla důsledkem tradičního výrobního systému tlaku. Kvůli této výrobní strategii se také zásoby tvoří v samotném výrobním procesu. Štíhlá výroba proto narušuje tuto výrobní strategii systému tlaku a zaměřuje se na odstranění příčin tvorby zásob kdekoli, kde k nim dochází. Příčin hromadění zásob je několik, k nejčastějším patří nevyrovnaná kapacita, shromažďování zásob z více procesů, zásoby čekající na vytiženého operátora, špatný výrobní plán apod. [19].

Následující schéma (Obr. 28) ukazuje vybrané druhy ztrát prostřednictvím jednoduché časové osy procesu obrábění, svařování, lakování a montáže. Čas u procesů, v kterých se přidává



Obr. 28 Ztráty v hodnotovém systému – podle [22]

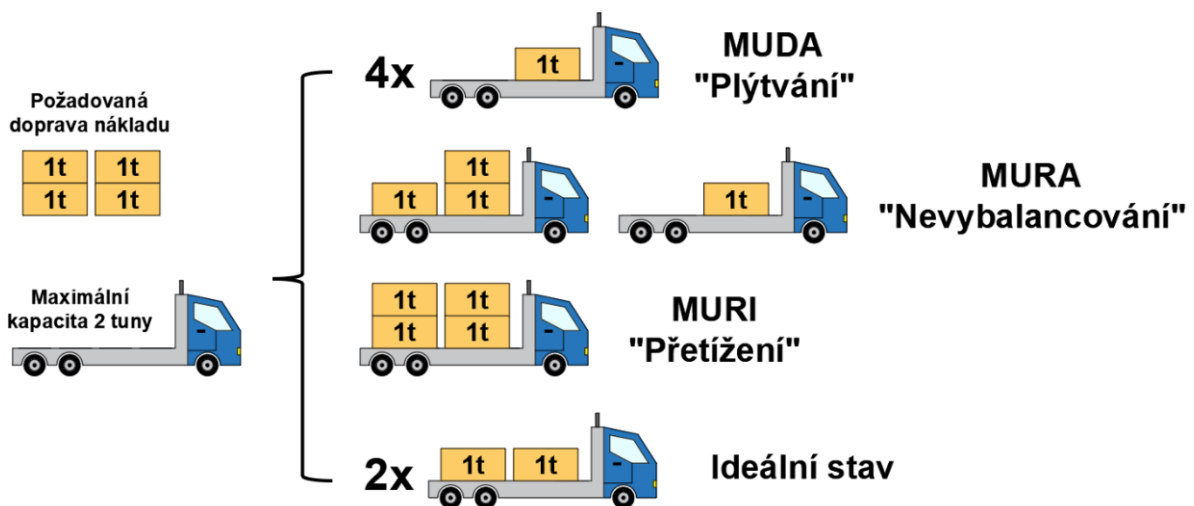
hodnota, je jen malým zlomkem celkového času. Tradiční metody zabývající se snižováním nákladů, se soustředí pouze na položky, které přidávají hodnotu. Principy štíhlé výroby se zaměřují na hodnotový tok a na eliminaci takových položek, které nepřidávají hodnotu [22].

2.13.2 Mura

Mura, jinými slovy nevyváženost či variabilita, je plýtvání způsobené nevyrovnaností a nevybalancováním výrobních procesů, viz Obr. 29 [31]. Jako příklad lze uvést nerovnoměrné pracovní tempo, kdy je jeden den pracovník téměř bez práce a další den je pracovně vytížen. Jestliže procesy jsou nevyrovnané a nepravidelné, dochází k nestejnsměrnému využití kapacity a také k tvorbě zásob. Výsledkem *mura* zpravidla proto bývá *muda* [35].

2.13.3 Muri

Muri je posledním druhem plýtvání, který ve výrobě představuje přetěžování lidí, materiálu nebo výrobních a jiných zařízení, viz Obr. 29 [31]. Jedná se většinou o konání požadované práce ve vysokém tempu nebo vydávání velké síly po delší dobu, než konstrukce stroje či fyzický stav pracovníka dovoluje [31; 35]. Vlivem přetěžování lidí a nedodržení ergonomických zásad vznikají problémy s jejich zdravotním stavem, což se odráží na kvalitě jejich odvedené práce. Pokud výrobní stroje a zařízení pracují za hranic svých provozních podmínek, je logické, že dříve nebo později začnou vznikat zmetky nebo dojde k poruše.



Obr. 29 Systém 3M – podle [35].

2.14 Nástroje a metody štíhlé výroby

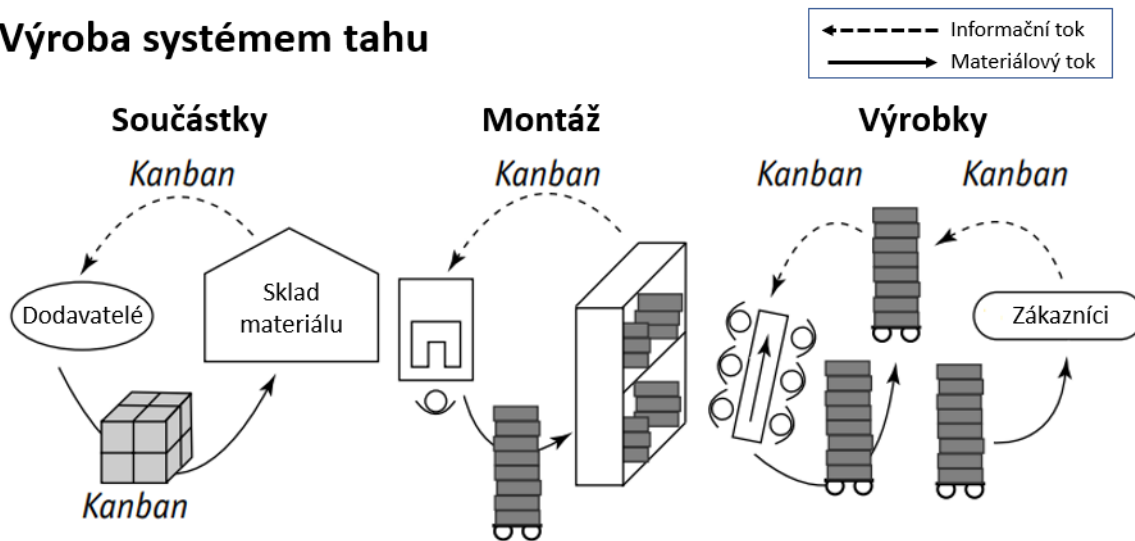
V následujících pasážích jsou vzhledem k řešení práci uvedeny pouze takové zásady a metody štíhlé výroby, které s danou problematikou úzce souvisejí nebo byly v práci zmíněny. Každá metoda v systému se soustředí na jeden nebo více typických zdrojů plýtvání a ztrát.

2.14.1 Kanban systém

Kanban v překladu z japonštiny znamená „karta“, „štítek“ nebo „znak“ [8; 19; 36]. Kanban systém používá karty, emaily, kontejnery a jiné vizuální a zvukové signály k řízení toku, výroby materiálu a signalizuje to, co je nutné vyrobit pro pokrytí poptávky zákazníka. V systému tahu je pod tímto pojmem označen výrobní příkaz (viz. Obr. 30), který se pohybuje od následujících operací ve směru od expedice, přes výrobní proces až po objednávání a plánování. Kanbany ve formě informačních cedulí nebo plánovacích tabulek putují s produkty a určují, co se odebere z předcházejícího procesu a co, kde, kdy má být vyrobeno. Pokud zákazník poptá výrobek,

výrobní příkaz je odeslán na montážní linku, která požaduje součástky z předešlých operací (např. předmontáže). Předmontáž si „objedná“ žádoucí podsestavy z výroby a celý tento cyklus pokračuje ve stejné režii dál. [19; 36]

Výroba systémem tahu



Obr. 30 Kanban jako výrobní příkaz – podle [19; 36].

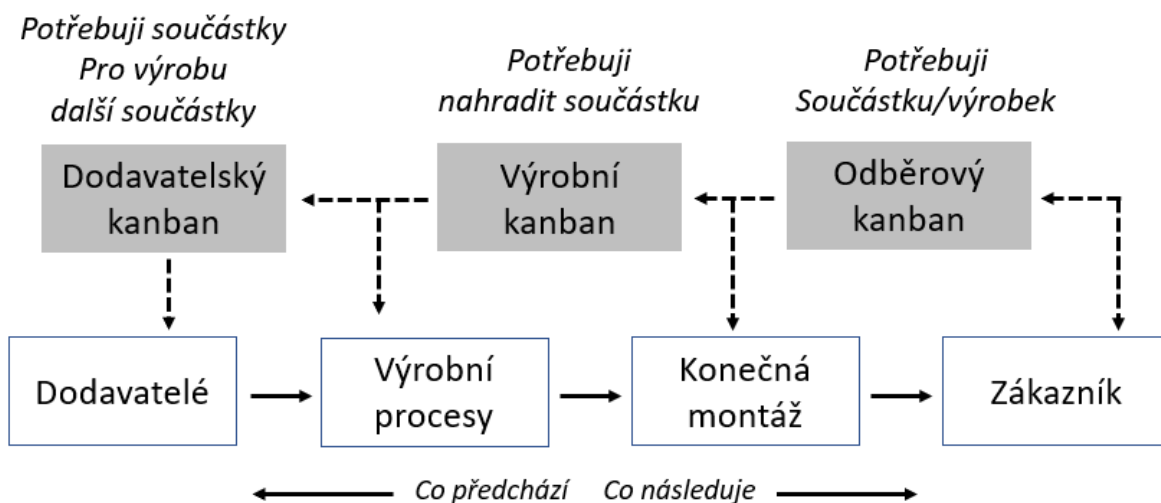
Kanbanový systém jinými slovy zásobuje pracoviště pouze takovými komponentami (od dodavatele, ze skladu nebo výroby), které jsou žádané v určitém množství a čase, aby nedošlo k nadbytečné tvorbě zásob. Hlavním důvodem vzniku kanbanového systému je tedy koordinace výroby s transportem dílů a součástek mezi procesy. Mezi důležité funkce kanbanu patří [19; 36]:

- Komunikační systém.** Kanbany jsou komunikačním nástrojem štlhlé výroby. Oznamují předcházejícím procesům datum a předmět výroby, poukazují na přítomnost problémů nebo změn, které by mohly způsobit zastavení výroby. [19; 36]
- Data k vychystání součástek a výrobním příkazům.** Jak už bylo výše uvedeno, kanbany slouží jako výrobní příkazy, které jako automatické řídicí prostředky poskytují dva druhy informací [19; 36]:
 - Jaké díly nebo produkty byly použity a v jaké míře.
 - Kde a jak má být realizována výroba dílů nebo produktů.
- Odstranění plýtvání z nadvýroby.** Jestliže se vyrábí pouze v momentě, kdy následující proces vydá signál, pak rozpracovanost je minimální a nenastává nadvýroba. [19; 36]
- Nástroj vizuálního řízení.** Kanbany jsou po celou dobu procesu se zbožím, dokud není výrobek hotový, čímž fungují jako vizuální indikátory toho, co má výrobní priority a jak postupují operace. [19; 36]
- Nástroj pro podporu zlepšování.** Velmi mnoho kanbanů určitým způsobem napovídá, že je v procesu přebytek rozpracovaných zásob. Pakliže se počet kanbanů sníží, dojde k odkrytí problémových míst, které mohou být zdokonaleny. Díky tomu je kanban systém významným prostředkem k eliminaci plýtvání a neustálému zlepšování výrobního systému. [19; 36]

Zmíněné funkce systému kanban slouží jako nástroj pro vyladění výroby a propojují jednotlivé procesy pomocí již zmíněných kanbanových kart. Ty jsou nositelem klíčových detailů objednávky a obsahují například tyto informace: číslo dílu a jeho popis, počet dílů v balení, zákazník (spotřebitel) a dodavatel (zdroj). Kanbanové karty mohou disponovat i dalšími interními informacemi, které jsou zpravidla uloženy v systému. V praxi se při řízení

materiálového toku místo klasické plastové kanbanové karty jako nosič informace používají etikety s čárovými kódy. Autoři odborné literatury [19; 36] uvádějí následující základní typy kanbanů (Obr. 31):

- a) **Přepravní kanbany.** Tento významný typ kanbanu se využívá pro transport materiálu a signalizuje, kdy se mají součástky přesunout z jednoho pracoviště k druhému. Kromě označení součástky a jejího množství značí, z jakého místa je součástka dopravována a kam má putovat. Přepravní kanbany se dále dělí následovně [19; 36]:
 - 1) *Dodavatelské (objednávkové) kanbany.* Tyto kanbany součástek se využívají na montážních linkách a jsou doplňovány vnějšími dodavateli na popud výrobního podniku. [19; 36]
 - 2) *Odběrové (vnitropodnikové) kanbany.* Předpokladem aplikace tohoto typu kanbanového systému je, že výrobní pracoviště podniku se musí chovat ve vztahu k ostatním pracovištím v roli vnitropodnikového zákazníka a dodavatele. Vnitropodnikové kanbany jsou s výhodou využívány mezi výrobními či montážními procesy a podávají důležité detaily pro odběr součástek z předcházejícího procesu. Odběrové kanbany lze používat v různých podobách v závislosti na požadavku a typu dílu, který má být odebrán. Tyto podoby jsou následující: jeden kanban pro jednotlivou součástku, kontejner součástek, nebo série kanbanů, jestliže jsou součástky k následujícím montážním krokům dopravovány v určitém sledu. [19; 36]
- b) **Výrobní kanbany.** Výrobní kanbany obsahují kanbany s výrobními příkazy a signály, které dávají pokyny k zahájení pohybu materiálu a realizaci určitých operací podle údajů na kanbanové kartě. [19; 36]



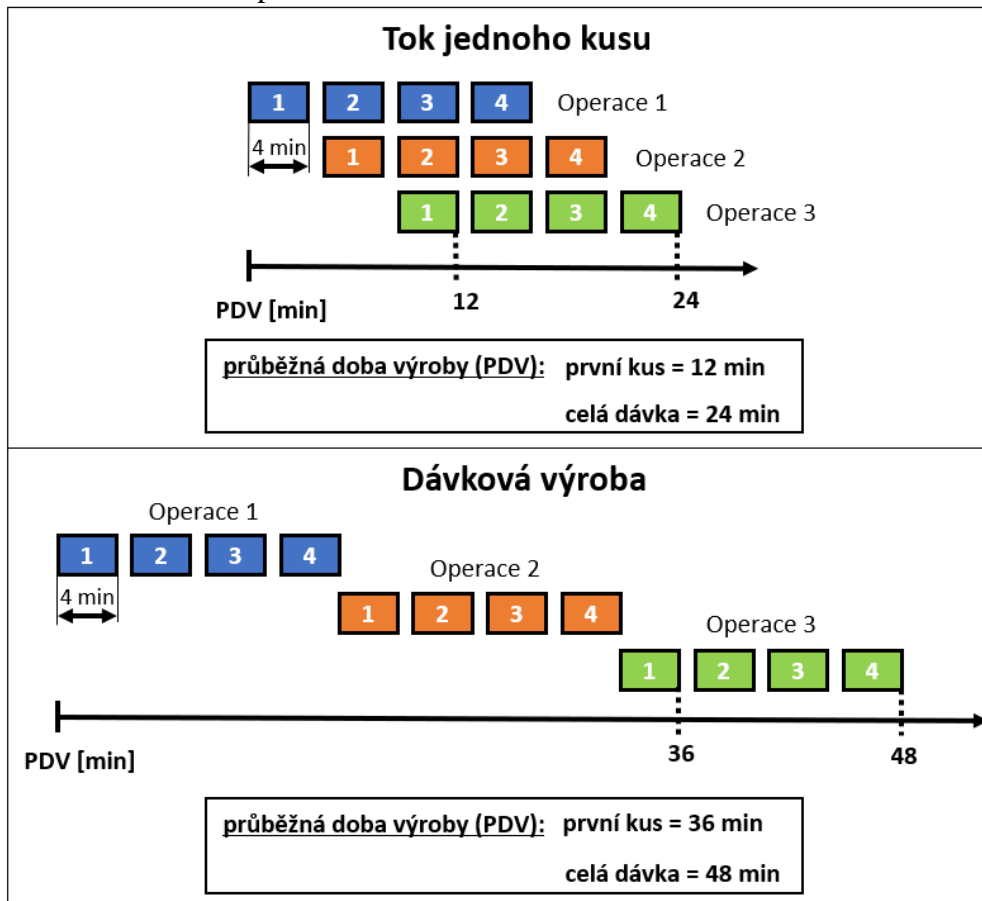
Obr. 31 Základní druhy kanbanu a jejich význam – podle [19; 36].

Kanban systém se nechal inspirovat fungováním supermarketů, neboť dodává výrobky zákazníkům podobným způsobem. V kanban systému jsou jako zboží v regálu supermarketu uložené vyrobené součástky a díly, které se nacházejí v blízkosti jejich výroby. Pokud následující proces (zákazník) odebere a spotřebuje komponenty z předchozího procesu (tj. regál supermarketu), předchozí proces doplní stejné množství spotřebovaných dílů, které byly odebrány. Tento proces mají na starosti odběrové a výrobní kanbany, jejichž úkolem je, aby součástky byly vždy bez dalších zásob dostupné, kdykoliv je zapotřebí. [19; 36]

2.14.2 Tok jednoho kusu

Tok jednoho kusu (*OPF – One-Piece Flow*) definují autoři literatury [19; 37] jako „proces výroby jedné jednotky v čase, a to rychlostí stanovenou potřebami zákazníka“. V ideálním světě tok jednoho kusu představuje, že výrobek teče přímo od jedné výrobní operace ke druhé až směrem k zákazníkovi plynule bez jakéhokoliv pozastavení nebo čekání [20; 37].

Tok jednoho kusu je přímým opakem dávkové výroby, která má za následek vlivem výroby ve velkých sériích a dávkách dlouhé čekací doby mezi dalšími operacemi [19]. Je to z toho důvodu, že žádné výrobky nejsou přesouvány na následující operaci, dokud se nedokončí celá dávka či série v předchozím procesu. Dávková výroba proto snižuje ziskovost společnosti v několika případech [19]. Prodlužuje dobu mezi zákaznickou objednávkou a dodáním produktů, vyžaduje energii, prostor pro skladování a přepravu produktů a zvyšuje pravděpodobnost poškození nebo znehodnocení výrobku [20]. Naproti tomu tok jednoho kusu tyto problémy řeší. Dodává výrobky zákazníkům s menším zpožděním, snižuje požadavky na skladování a dopravu, zvyšuje dohled nad kvalitou a vede k úplnému odhalení skrytého plýtvání [37]. Porovnání metod toku jednoho kusu a dávkové výroby je zobrazené na Obr. 32. Tok jednoho kusu představuje ideální stav, který není za každé situace dosažitelný a mnohdy ani žádoucí [20]. Cílem je podporovat nepřetržitý tok produktů s co možná nejmenším zpožděním nebo čekáním v procesu.



Obr. 32 Tok jednoho kusu VS. dávková výroba – podle [38].

2.14.3 Kaizen

Kaizen je kombinací dvou japonských slov „*kai*“ a „*zen*“, které v překladu do češtiny znamenají „změna“ a „dobrý“, což lze sumárně vyjádřit jako změna k lepšímu nebo zlepšení [39]. Jak už název napovídá, jedná se o metodu, která se zabývá neustálým zlepšováním procesů tím, že se specializuje na odstraňování plýtvání v zaměřené oblasti procesu a na zvýšení

výkonnosti a její udržení [33]. Koncept Kaizen vychází z předpokladu, že malé úpravy v opakovaných přírůstcích, pokud jsou dlouhodobě aplikovány, mohou ve finále poskytnout značné zlepšení ve výkonnosti procesů. Akce Kaizen orientované na objevování zdrojů plýtvání v procesech mají zpravidla pět základních kroků [33; 39]. Jejich stručný smysl je následující:

- a) *Definování* [33; 39]. Jedná se o přípravnou fázi, která řeší výběr tématu pro předmět diskuze a návrhu řešení. V tomto kroku se dále stanovují konkrétní cíle a identifikují se jednotlivé metody, které budou v rámci procesu zlepšování použity.
- b) *Měření a analýza* [33; 39]. Ve druhém kroku probíhá analýza současného stavu a vymezují se problémy a jejich příčiny.
- c) *Zlepšování* [33; 39]. Součástí třetího kroku je návrh nových procesních modelů, diskuze nových měřítek procesů a případná implementace změn, jestliže je to možné v rámci řešeného procesního problému.
- d) *Řízení* [33; 39]. V předposledním kroku se hodnotí a ověřují návrhy nových procesních modelů, probíhá simulace, testování a optimalizace.
- e) *Hodnocení a uzavření* [33; 39]. Obsahem pátého a posledního kroku je sestavení závěrečných hodnocení a doporučení.

2.14.4 Cyklus DMAIC

Jedná se o jednu z nejčastějších metod zlepšování procesů, která je pevně spojená s každým zlepšovateľským projektem v oblasti štíhlé výroby a byla taktéž použita pro tento projekt. Zkratka DMAIC je složena z úvodních písmen anglických slov *Define-Measure-Analyze-Improve-Control*, které v českém překladu doslova znamenají Definovat-Měřit-Analyzovat-Zlepšovat-Řídit. Tato slova napovídají, jaké hlavní fáze je nutné při zlepšovateľských iniciativách v podniku dodržovat a jejich zaměření lze vidět na následujícím (viz Obr. 33). Samotné etapy cyklu DMAIC představují specifické cíle, které logicky stanovují, na jaké aktivity jsou jednotlivé kroky zaměřeny. Náplň zmíněných kroků je dále přiblížena v následujících odstavcích. [33]

Krok „Definování“ se zabývá nalezením a pojmenováním cílů zlepšovateľského projektu. Hlavním záměrem této etapy je přesné vymezení problému, který bude řešen. Z tohoto hlediska je velice podstatné, aby zadání bylo zřetelné a dostatečně podrobně popsáno, mělo patřičný rozsah, srozumitelně popisovalo řešenou problematiku, její vymezení a dispozice použitých metod. Mimo obvyklých plánovacích činností zahrnuje také poměrně náročné definování úkolu vlastní zlepšovateľské iniciativy. Během zpracování zadání se aplikují celé řady modelovacích činností vyhrazené k popisu současného stavu procesu a různých analytických a odhadovacích činností, které napomáhají vyhodnocovat potenciální přínosy projektu a možná rizika. [33]

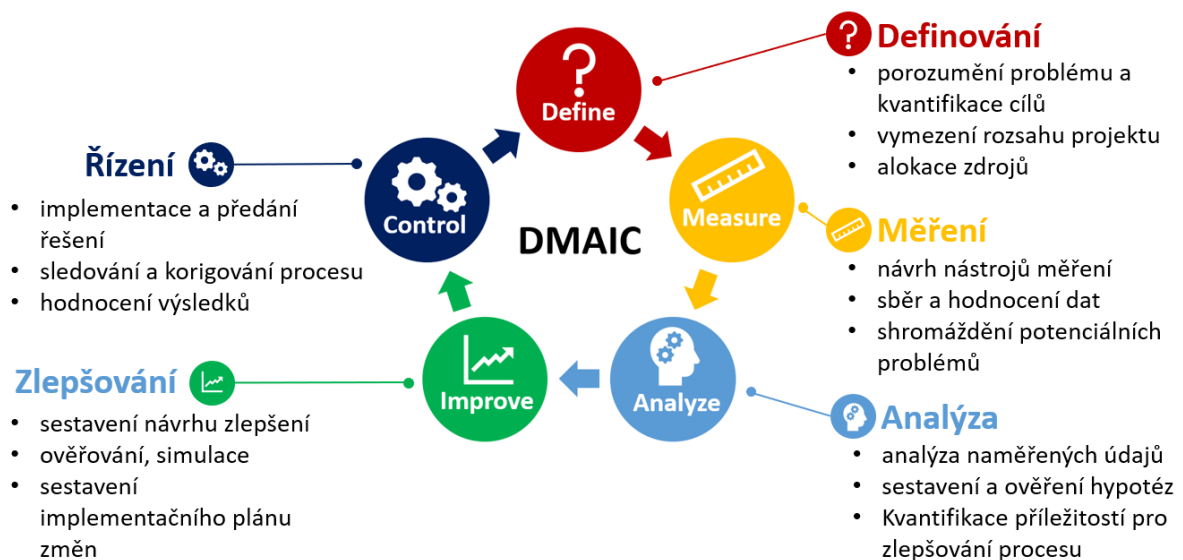
Úlohou kroku „Měření“ je dopracovat se k údajům, které charakterizují chování současného stavu procesu s ohledem na zadání zlepšovateľského procesu. Ve fázi „Měření“ se odhalují faktory, které se podílejí na vzniku problému v procesu, a zjišťuje se, co se skrývá za nedostatečnou výkonností nebo např. nízkou kvalitou. Aby bylo možné zlepšovat procesy pomocí cyklu DMAIC, je nutné přesně vědět, co se zlepšuje a v jakém směru. Zásadním výstupem fáze „Měření“ jsou přesně stanovená měřítka výkonnosti a pochopení, jak daný proces v současnosti funguje. [33]

Dalším následujícím krokem je „Analýza“, jejímž úkolem je posoudit nashromážděné údaje z předchozího kroku. Pomocí různých nástrojů zjišťuje příčiny, které způsobují odchylky mezi současným výkonnostním procesem a definovaným cílem stanoveným v prvním kroku. Analýza se odvíjí od současného stavu procesu, který je popsán souborem údajů měření, a jejím

cílem je zpravidla odhalení trendů v časových řadách a rozdílů v chování identifikujících problémová místa v procesu. [33]

Jakmile se odhalí problémy, je možné pokračovat dalším krokem „Zlepšování“, které pomáhá vzniklá problémová místa v procesu eliminovat. V této fázi je hlavní záměr kladen na navrhování takových variant řešení, které co nejvíce naplní cíl zlepšovateľského procesu. Součástí je jak tvůrčí práce vymyšlení nových postupů, navrhování technologických změn nebo reorganizace práce, tak vlastní implementace vybraných změnových návrhů. Je nutné mít na paměti, že každý problém má v reálném světě více přijatelných řešení. Při výběru by se mělo dbát na takové řešení, které je nejvíce vhodné k odstranění problému v konkrétních podmínkách a situaci, v jaké se momentálně organizace nachází. [33]

Po inovování procesu a implementaci vybraných změn začíná další fáze zvaná „Řízení“. V tomto okamžiku je hlavním cílem stabilizovat a udržovat zlepšený proces definovanými podnikovými řády a procedurami tak, aby se nerozplynuly v několika příštích týdnech nebo měsících. [33]



Obr. 33 Hlavní fáze cyklu DMAIC – podle [33].

3 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je návrh inovovaného montážního procesu regálových zakladačů ve výrobní společnosti. Záměrem je, aby pracovníci v rámci jednoho typu operace pracovali pouze na jednom kusu a montážní celky byly mezi operacemi přesouvány tzv. tokem jednoho kusu (viz podkapitola 2.14.2). Za hlavní část návrhu lze považovat zpracování alternativních konceptů řešení. Jedná se zejména o vypracování možných rozvržení (layoutů) montážních pracovišť pro výrobu regálových zakladačů. Mezi cíle realizace návrhu spadá navýšení výrobní kapacity, z čehož vyplývá vyšší produktivita.

K vedlejším cílům lze zařadit snížení rozpracovanosti jakožto důsledek racionalizace posloupnosti a uspořádání jednotlivých montážních operací. Pro splnění takto zadaných cílů je nutná analýza stávajícího stavu montáže regálových zakladačů v dané firmě. Kvůli ucelenosti se první část práce zaměřuje na zpracování teoretických východisek výrobních a montážních systémů, kde jsou prezentovány možnosti organizace montážních procesů. Závěrečným cílem návrhu je ověření implementované montáže ve výrobě a zhodnocení navrženého řešení.

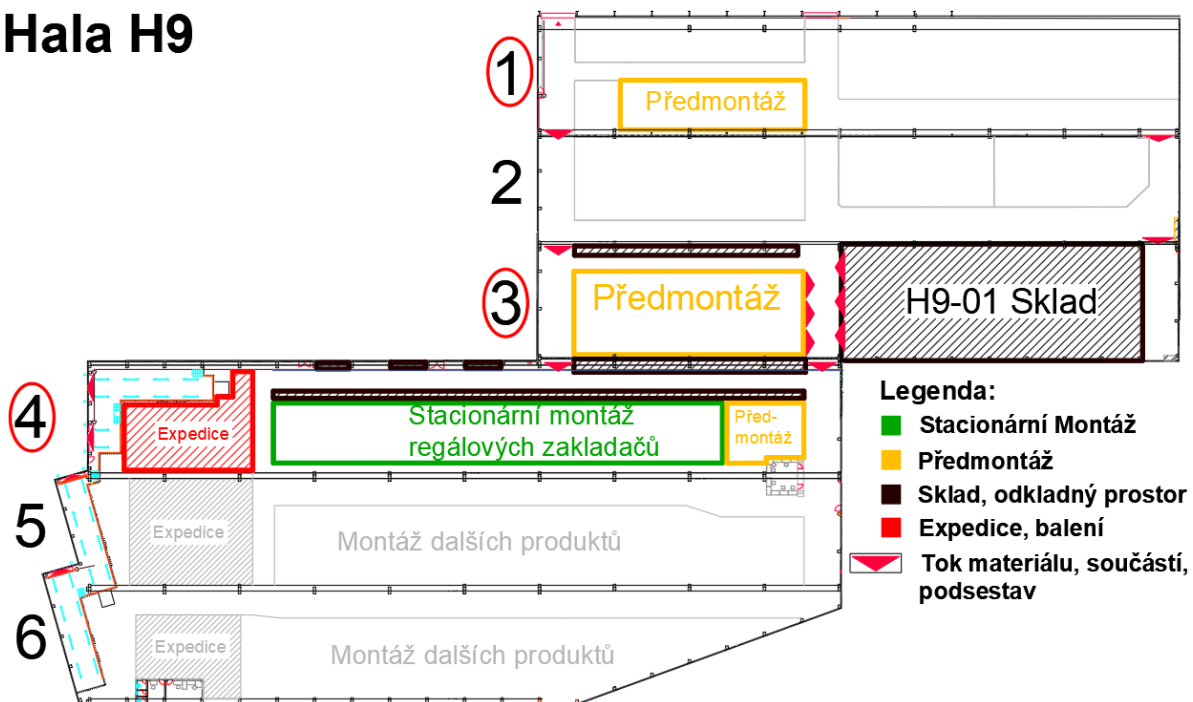
4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Před samotným návrhem liniového montážního procesu bylo nutno nejdříve zmapovat stávající podmínky montáže a stanovit si základní ukazatele procesu. Tato fáze je velmi důležitá nejen pro samotný návrh zlepšení, ale také pro vyhodnocení přínosů celého projektu.

4.1 Layout pracoviště

Stávající předmontáž a konečná montáž regálových zakladačů probíhá v montážní hale s označením H9. Tato hala je rozdělena na šest částí, viz Obr. 34. Horní polovina v layoutu haly (části 1, 2 a 3) je vyčleněna pro předmontáž a montáž vedlejších produktů a velký sklad dílů, který je využíván k uskladnění dílů a zásobování předmontáží a finální montáže regálových zakladačů. Dolní část layoutu montážní haly je rovněž rozdělena na tři části, ve kterých probíhá finální kompletace a expedice jednotlivých produktů. Řešená problematika této diplomové práce se však týká pouze částí 1, 3 a 4, a další části tudíž z důvodu montáže jiných produktů nebudou brány v úvahu. Barevné ohraničení ploch v layoutu níže vymezuje prostory týkající se řešených regálových zakladačů následovně: předmontáž (oranžová), montáž (modrá), skladování nebo odkládání dílů a materiálu (černá) a expedice řešených regálových zakladačů (červená).

Hala H9



Obr. 34 Schéma současného layoutu.

4.1.1 Předmontáž

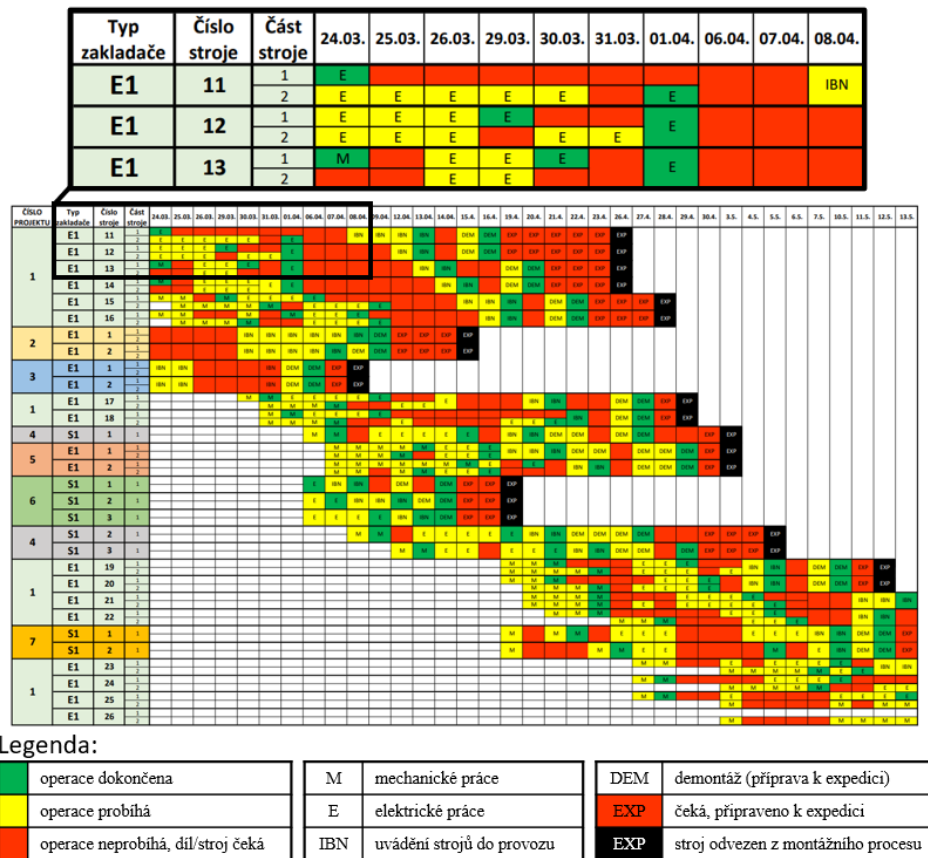
Část haly (č. 1) je vyhrazena pro mechanickou a elektrickou předmontáž základacích ústrojí regálových zakladačů typu S1 a S2. Část haly (č. 3) disponuje prostorem pro předmontáž jednotlivých podsestav všech typů regálových zakladačů. Předmontáž v této části lze pomyslně rozdělit na třetiny. V první je vychystáváno různé příslušenství k jednotlivým zakladačům a druhá je určena pro mechanickou předmontáž podsestav (brzdy, protizávaží apod.) regálových zakladačů. Ve třetí třetině se nachází elektro předmontáž, kde probíhá např. příprava sensoriky a kabelových žlabů, nalisování konektorů na vodiče, rozbalení rozvaděčů atd. Všechny tyto předem smontované a připravené díly jsou poté přepravovány do montážní části haly, kde jsou ukládány do vyznačených regálů nebo na paletová místa.

4.1.2 Konečná montáž

Ke spojení dílů a podsestav z předešlých procesů v hotový regálový zakladač a jeho expedici je vyhrazena čtvrtá část haly, viz Obr. 34. Daný montážní prostor je v layoutu ohraničen zelenou čarou, kde na jedné z delších stran zeleného obdélníku je černě vyšrafovaný odkladný prostor pro palety na díly z předmontáže. Montáž všech typů regálových zakladačů zde probíhá na nepohyblivých montážních pracovištích, kde specializované skupiny pracovníků pracují na určité montážní operaci. Jedná se buď o montáž mechanickou, která je charakterizována spojováním jednotlivých dílů do podsestav, nebo o elektromontážní práce a činnosti spojené s uvedením zakladačů do provozu. Pracovníky lze tedy na základě jejich pracovní náplně rozdělit na mechaniky, elektrikáře a tzv. IBN techniky (specialista pro uvádění strojů do provozu, z němčiny *Inbetriebnahm*). Pracovníci v závislosti na potřebě a podnikových prioritách tyto montážní stanoviště mění a přecházejí z jednoho stroje na druhý. V podstatě se jedná o stacionární (nepohyblivou) rozčleněnou montáž, jejíž princip, výhody a nevýhody byly popsány v kapitole 2.8.2. Zde je nezbytné zmínit, že montáž probíhá z různých důvodů v dávkách o minimální velikosti 2 ks, což s sebou přináší kromě rozpracovanosti i další negativa zmíněná v následujících kapitolách. V zadní části této montážní haly (část 4) je červenou barvou vyznačen prostor pro expedici zkompletovaných regálových zakladačů.

4.2 Procesní analýza

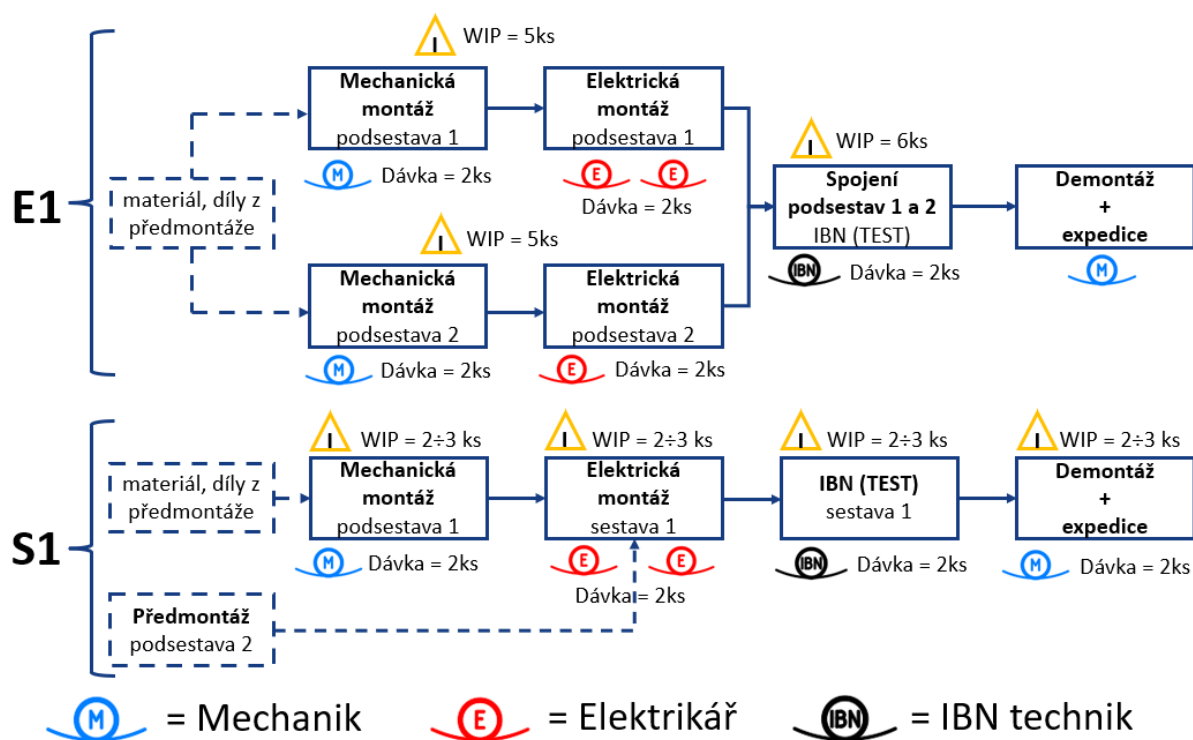
Aby bylo možno posoudit efektivitu současného montážního procesu a vyhodnotit potenciální přínosy nově koncipované taktované montážní linky, bylo nutné posbírat reálná data a stanovit vhodné výchozí procesní charakteristiky. Vzhledem k charakteru výroby a délce jednotlivých montážních operací v řádu hodin byl navržen speciální sběrný formulář (Obr. 35), pomocí něhož byly každodenně monitorovány jednotlivé montážní činnosti.



Obr. 35 Ukázka první fáze zpracování dat z montážního procesu.

Samotný sběr dat probíhal ve dvou časových obdobích, a to vždy ke konci pracovní směny. Během první fáze sběru, v období od 21. 3. 2021 do 13. 5. 2021, byl hlavní záměr kladen na zmapování průchodnosti montáže, tj. začátek a konec montáže jednotlivých zakladačů, data jejich expedice a počet rozpracovaných strojů (WIP) na montážní ploše. Dále se zkoumalo, v jaké míře se na strojích a jejich částech pracovalo a jaké druhy montážních operací se během dne prováděly. V monitorovaném období se bohužel nemontovaly všechny typy regálových zakladačů, a tudíž byly zachyceny pouze data o typech E1 a S1. Nicméně i tak se podařilo sesbírat data z montáže 30 strojů, což bylo pro následnou analýzu dostatečně velkým vzorkem.

Horní část sběrného formuláře (Obr. 35) obsahuje data záznamů a první čtyři levé sloupce pak uvádějí číslo projektu, typ montovaného zakladače, číslo stroje a jeho montovanou podsestavu. Jednotlivé projekty jsou číselně (1–7) a barevně odlišeny a zpravidla do nich spadá montáž více strojů, např. projekt č. 1 byl sledován od montáže stroje č. 11 po 26. stroj (16 strojů celkem). Barevná pole (žlutá, zelená, červená, černá) v tabulce znázorňují stav montážních operací jednotlivých podsestav regálových zakladačů v daný den. Žlutá barva znamená, že se daná část zakladače montovala, tj. operace probíhala. Zelená barva indikuje, že montážní operace byla ve sledovaný den ukončena. Jestliže je pole červené, vyjadřuje to, že montáž z různých důvodů neprobíhá a stroj (část stroje) na montáž čeká. Černé pole v neposlední řadě označuje odvoz stroje z montážní plochy, tj. expedici. Jednotlivá písmena pak určují, o jakou operaci se jednalo (E = elektro montáž, M = mechanická montáž, IBN = uvádění stroje do provozu, DEM = demontáž, EXP = expedice). Jako vhodným doplňkem tohoto sběru dat byly pro přehlednost také zhotoveny jednoduché mapy procesu montáže pro oba typy zakladačů, viz Obr. 36.

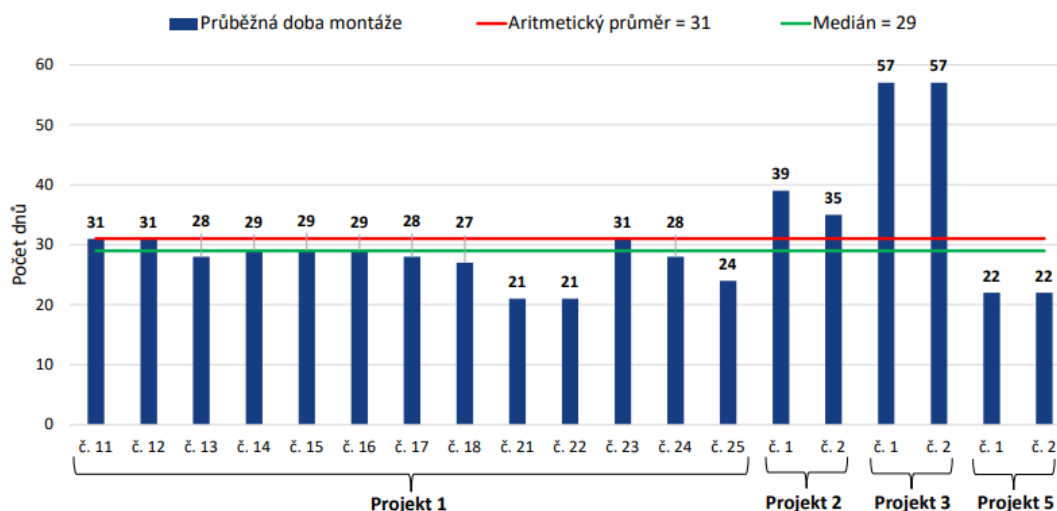


Obr. 36 Jednoduchá mapa procesu montáže regálových zakladačů typu E1 a S1.

Na základě sesbíraných dat byly stanoveny následující charakteristiky procesu: průběžná doba montáže, počty vyrobených zakladačů za týden, rozpracovanost a průměrný počet směn, kdy na zakladačích neprobíhala žádná montáž. Paralelně, tedy současně se sběrem dat popsaným výše, byla analyzována také data týkající se počtu vad a neshod nalezených bohužel až na finální montáži zakladačů. Tyto vady mohou ovlivnit plynulost samotné montáže, a tudíž je jejich sběr a analýze věnována samostatná kapitola dále v práci.

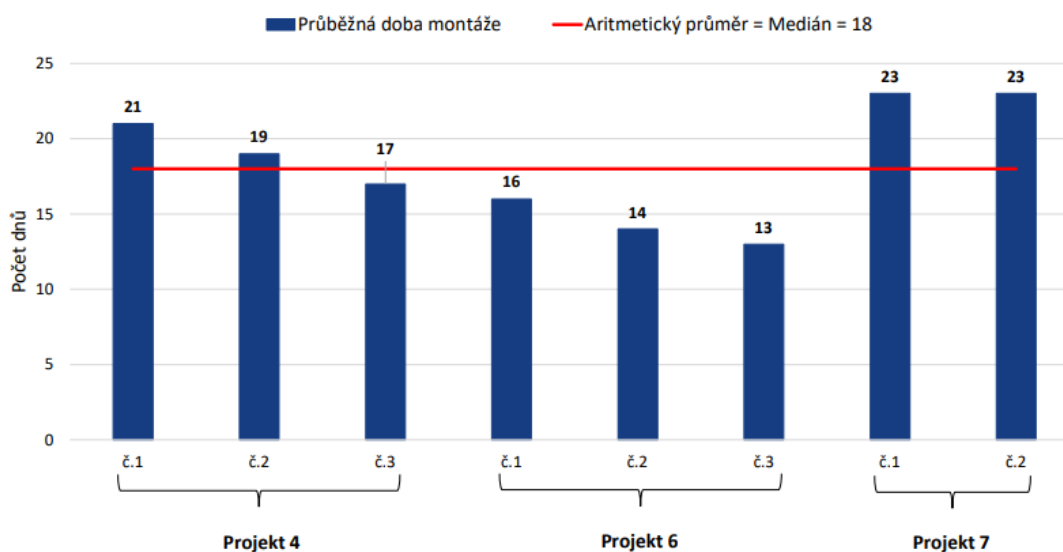
4.2.1 Průběžná doba montáže

Jednou ze základních charakteristik definujících efektivitu výrobních procesů je průběžná doba výroby (popsaná blíže v podkapitole 2.10.4). Průběžná doba montáže byla stanovena jako doba od začátku montáže po datum, kdy byl zakladač připraven k expedici (včetně víkendů). Nasbíraná data byla vzhledem k rozdílům v montážních postupech zakladačů E1 a S1 vyhodnocena separátně. Následující graf (Obr. 37) znázorňuje průběžnou dobu montáže 19 sledovaných regálových zakladačů typu E1. Průměrná průběžná doba jejich montáže je 31 dní, přičemž nejkratší průchodnost montáží byla 21 dnů a nejdelší doba 57 dnů. Z těchto dat pak bylo vypočteno rozpětí 36 dnů. To je vzhledem k tomu, že se jedná o relativně podobné zakladače, opravdu vysoká hodnota, která naznačuje problémy v procesu.



Obr. 37 Průběžná doba montáže regálového zakladače typu E1.

Další graf na Obr. 38 představuje průběžnou dobu montáže osmi regálových zakladačů typu S1. Jejich průměrná doba průchodnosti montáží byla 18 dnů, což je ve srovnání se zakladači typu E1 téměř dvakrát kratší doba. Nejkratší hodnota průchodnosti montáží u zakladače S1 byla 13 dnů, nejdelší pak 23 dnů. Vypočtené rozpětí průchodnosti montáží 10 dnů je také mnohem menší než u zakladačů E1 a indikuje tak u zakladačů o něco stabilnější montážní podmínky.

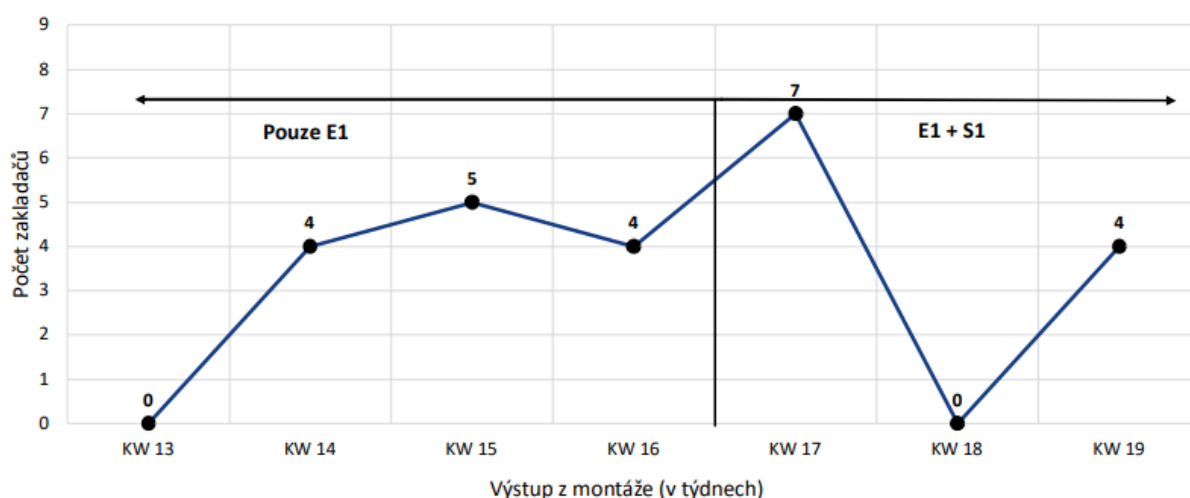


Obr. 38 Průběžná doba montáže regálového zakladače typu S1.

4.2.2 Počet vyrobených kusů

Další důležitou charakteristikou, která napomáhá k posouzení plynulosti montážního procesu a návrhu zlepšení u zakázkové výroby objemných montážních celků, je počet vyrobených kusů za časovou jednotku. Vzhledem k časové náročnosti jednotlivých montážních operací, jak bylo zmíněno již dříve, byl vyhodnocen počet vyrobených zakladačů za týden. Graf níže (Obr. 39) znázorňuje týdenní počet smontovaných regálových zakladačů.

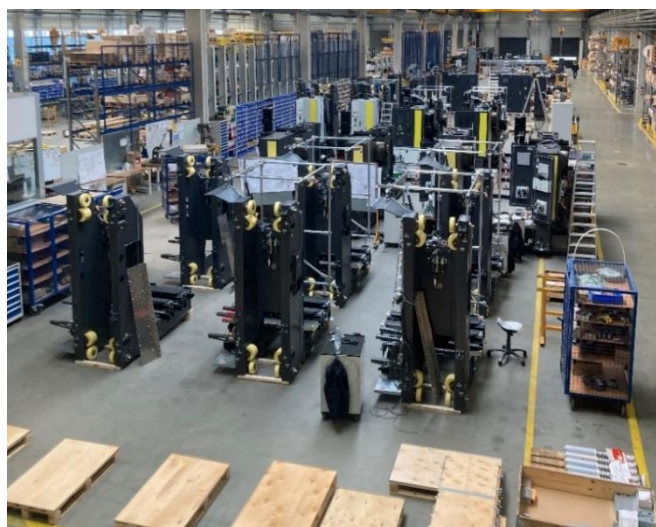
Na první pohled lze vidět velkou variabilitu finální kompletace produktů, která se v rámci sledovaného období pohybovala od 0 až po 7 smontovaných zakladačů za týden. Průměrný týdenní počet smontovaných zakladačů je cca 3,5 ks regálových zakladačů E1 a S1, kdy nejvíce strojů se zhotovilo v 17. týdnu (KW 17) a žádný stroj nebyl finálně složen ve 13. a 18. týdnu (KW 13 a KW 18). Tyto hodnoty opět indikují nestabilitu montážního procesu, a tudíž i prostor pro zlepšení.



Obr. 39 Týdenní výstup regálových zakladačů z montážního procesu.

4.2.3 Rozpracovanost

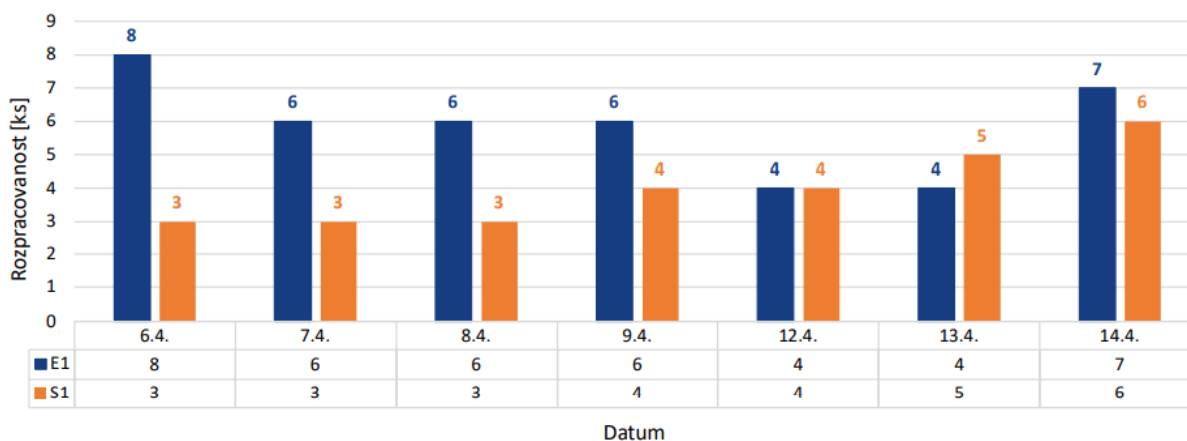
Rozpracovanost ve výrobě je nežádoucím jevem dávkových procesů, a proto byla vybrána v této práci jako jeden z ukazatelů řešeného montážního procesu. Obr. 40 níže znázorňuje reálný stav montážní haly (část 4) k datu 30. 03. 2021. Z přiloženého fotografie si lze na první



Obr. 40 Reálný stav rozpracovanosti na montážní hale (bez pracovníků).

pohled všimnout vysokého počtu rozpracovaných zakladačů. Jednotlivé podsestavy, montážní celky a části regálových zakladačů jsou nepravidelně rozmístěné po montážní ploše. Pracovníci v závislosti na potřebě a podnikových prioritách tyto montážní stanoviště obsluhují a přecházejí z jednoho stroje na druhý. Výsledkem tohoto způsobu montáže se na montážní ploše vyskytují takové stroje, na kterých nebyla vykonána žádná činnost například i několik dní, viz předešlý oddíl 4.2.4.

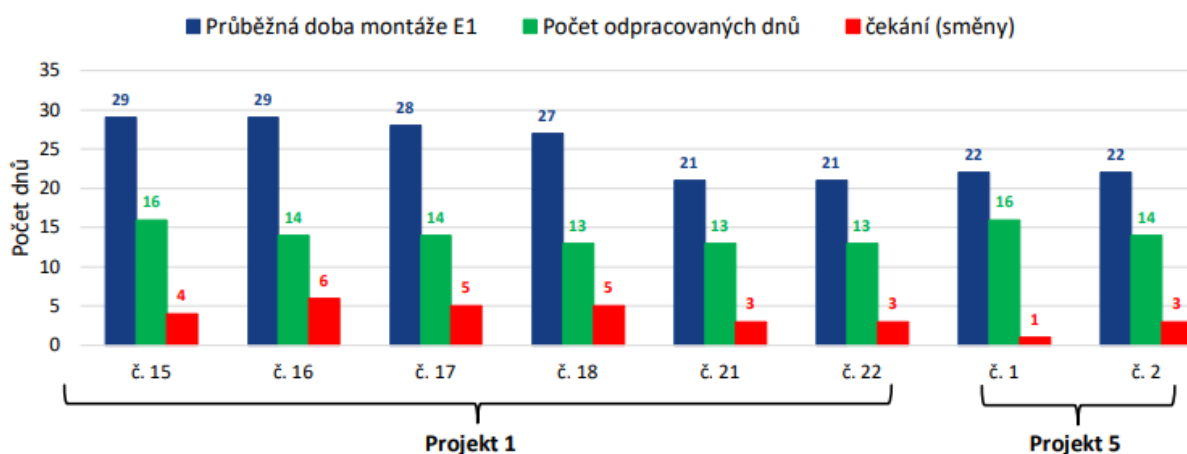
Velikost rozpracované výroby, tj. počet nedokončených zakladačů, ukazuje následující graf, viz Obr. 41. V průměru na montážní ploše setrvává šest regálových zakladačů typu E1 a čtyři zakladače typu S1. Nejvíce bylo na montážní hale rozpracováno zároveň 13 strojů (7 zakladačů typu E1 a 6 zakladačů typu S1).



Obr. 41 Graf rozpracovanosti na konečné montáži.

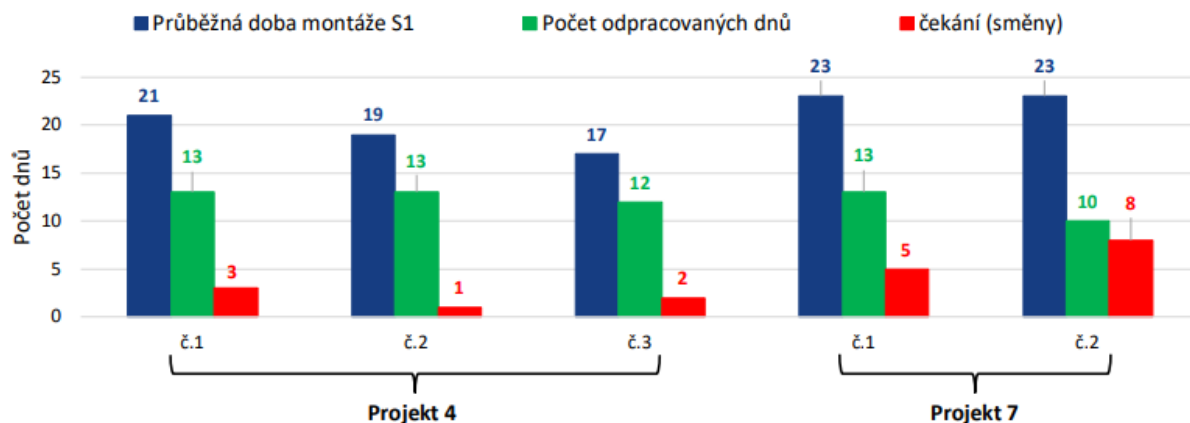
4.2.4 Počet odpracovaných dnů a průměrná doba čekání jednoho stroje

Pro lepší pochopení řešeného montážního procesu byla na základě sesbíraných dat podrobněji analyzována průběžná doba montáže, a to opět u obou sledovaných typů S1 a E1. V následujících grafech je uveden rozpad průběžné doby montáže (včetně víkendů) na počet reálně odpracovaných dní a počet dní, kdy regálový zakladač čekal a neprobíhaly na něm v daný den žádné montážní operace. Toto čekání můžeme jednoznačně označit jako jeden z druhů plýtvání, podrobněji rozepsaných v podkapitole 2.13. Z grafu lze vyčíst, že na montáž jednoho kusu zakladače typu E1 připadalo v průměru 14 odpracovaných směn (dnů), přičemž každý zakladač stejného typu čekal během montážního procesu v průměru 3,75 směny (Obr. 42).



Obr. 42 Průměrná doba čekání jednoho zakladače typu E1.

Počet odpracovaných směn potřebných ke smontování jednoho stroje byl u regálového zakladače typu S1 ve srovnání s typem E1 menší, a to v průměru 12,2 směny (Obr. 43). Průměrná doba čekání každého zakladače pak byla 3,8 směny.

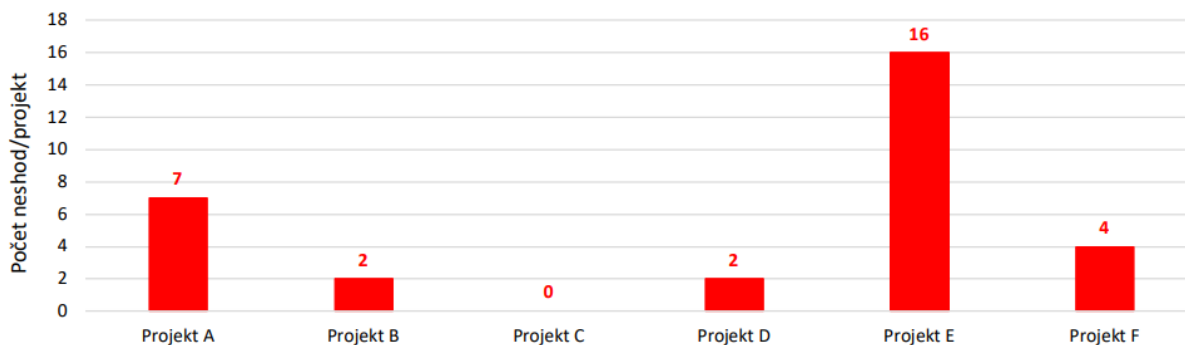


Obr. 43 Průměrná doba čekání jednoho zakladače typu S1.

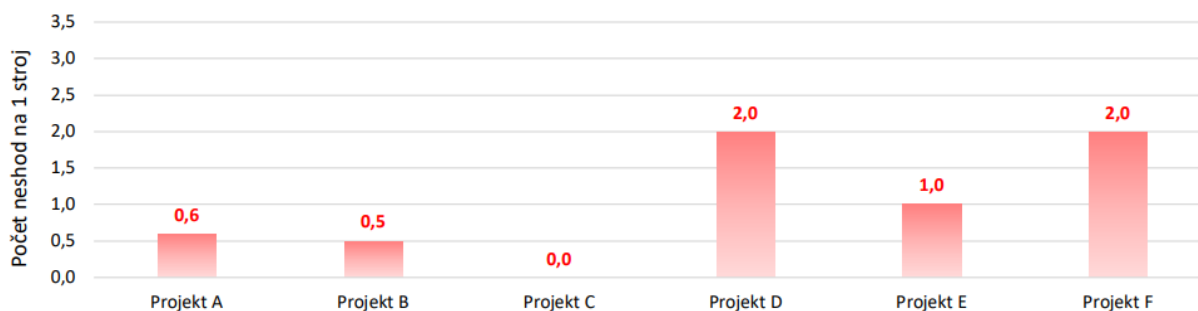
4.2.5 Chybovost zakázek z důvodu interních neshod

Tato podkapitola se věnuje problematice interních vad a neshod komponentů, které jsou používány při interní montáži zakladačů a byly detekovány až při jejich finální montáži. Interní vady a neshody jsou nežádoucím faktorem, neboť významnou měrou přispívají k nárůstu rozpracovanosti výroby. U zvažované liniové montáže mohou, zvláště v případě zakázkové výroby vybrané společnosti, způsobit i zastavení celé montážní linky. Pro účely této práce jsou níže uvedeny pouze výsledky týkající se počtu interních vad na jednotlivých projektech. Podrobná analýza dle typů vad a jejich příčin není předmětem řešení této práce a byla předána oddělení kvality vybrané společnosti k řešení.

Počet interních neshod nalezených na finální montáži zakladačů byl monitorován na celkem dvanácti vybraných projektech v období od 50. kalendářního týdne r. 2020 do 19. kalendářního týdne r. 2021. Bohužel i v tomto časovém úseku se montovaly pouze zakladače typu E1 a S1. Během montáže šesti projektů, do kterých spadají pouze zakladače typu E1, bylo nahlášeno a zaznamenáno celkem 31 neshod, viz Obr. 44. Jelikož je v každém projektu montován odlišný počet strojů, byly tyto neshody přepočteny na počet vad na 1 stroj, tzv. DPU (*Defects Per Unit*). Pouze na jednom projektu z šesti se během montáže nevyskytla žádná neshoda a v průměru na jeden stroj připadalo 1,02 vady, viz Obr. 45.

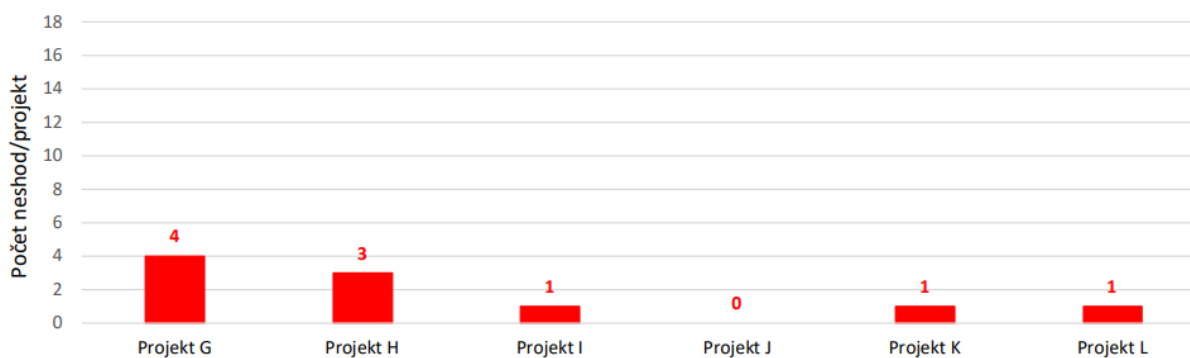


Obr. 44 Počet interních neshod projektů E1 na zakázku.



Obr. 45 Počet interních neshod na jeden zakladač E1.

U montáže projektů, které obsahovaly pouze zakladače typu S1, bylo nahlášeno a zaznamenáno 10 interních neshod, viz Obr. 47. To je sice až trojnásobně menší počet než u zakladačů typu E1, nicméně po přepočtu počtu vad na 1 stroj byl výsledek 0,85 DPU. Také u montáži zakladačů typu S1 proběhla pouze jedna zakázka z šesti bez neshody, viz Obr. 46.



Obr. 47 Počet interních neshod projektů S1 na zakázku.



Obr. 46 Počet interních neshod na jeden zakladač S1.

4.2.6 Příčiny čekání regálových zakladačů v montážním procesu

Podkapitola 4.2.4 se zabývala rozpadem průběžné doby montáže, analyzovala jak reálně odpracované dny, tak i dny, ve kterých regálový zakladač čekal a neprobíhaly na něm žádné montážní operace (viz červená pole ve sběrném formuláři Obr. 35). Vzhledem k potřebě zjistit tyto důvody čekání byla na základě obdobného sběrného formuláře zpracována další analýza. Tato druhá fáze sběru dat probíhala v období od 16. 7. 2021 do 10. 9. 2021, kde se oproti předchozímu formuláři k jednotlivým písmenům v červených polích přiřazovala čísla 1–8, jež reprezentují jeden z důvodů čekání. V monitorovaném období se tentokrát podařilo nasbírat data o typech S1 a E1 ve všech velikostech (BG1–BG9). Z monitorování celkového počtu 54 zakladačů se tak podařilo nashromáždit dostatečné množství různých důvodů čekání.

Typ zakladače	Číslo stroje	Část stroje	16.07.	19.07.	20.07.	21.07.	22.07.	23.07.	CZD	09.08.	10.08.	11.08.	
E1	1	1	E 4	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	
		2	E	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4			
E1	2	1	E	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
		2	E 4	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4			
E1	3	1	E	E 4	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
		2	E 4	E 4	E 4	E	E	E		E			

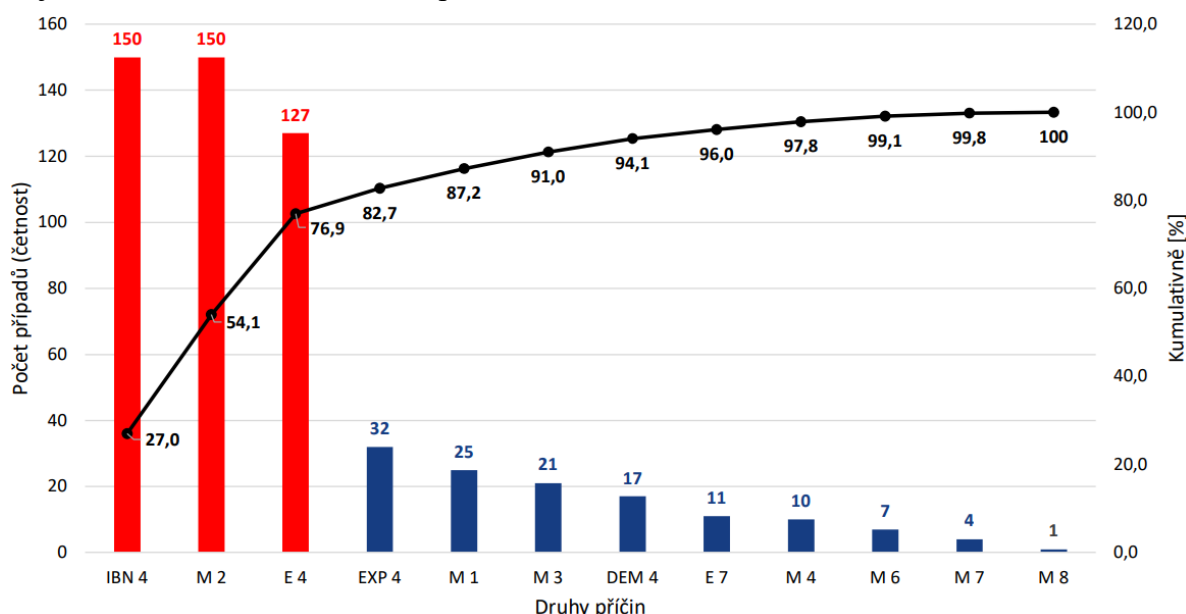
ČÍSLO PROJEKTU	Typ zakladače	Číslo stroje	Část stroje	16.07.	19.07.	20.07.	21.07.	22.07.	23.07.	CZD	09.08.	10.08.	11.08.	12.08.	13.08.	16.08.	17.08.	18.08.	19.08.	20.08.	23.08.	24.08.	25.08.	26.08.	27.08.	30.08.	31.08.	01.09.	02.09.	03.09.			
8	E1	1	1	E 4	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN	IBN	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4		
			2	E	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
	E1	2	1	E 4	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
			2	E 4	E 4	E 4	E	E	E		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
9	E1	6	1	E	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
			2	E	E 4	E 4	E 4	E	E		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
8	E1	5	1	E 4	E 4	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
			2	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
10	E1	1	1	M	M	E 4	E 4	E 4	E 4		E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	
			2	M	M	E 4	E 4	E 4	E 4		E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4	E 4
9	E1	5	1	E	E	E	E	E	IBN 4		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
			2	E	E	E	E	E	E		IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
9	E1	4	1	E	E	E	E	E	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	
			2	E	E	E	E	E	E	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4
9	E1	3	1	E	E	E	E	E	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	
			2	E	E	E	E	E	E	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4	IBN 4

Legenda:

1	chybějící interní díly	5	posun termínu
2	chybějící nakupované díly (díly z kooperace)	6	reklamacce na dodavatele
3	náhrady/opravné zakázky	7	změna priorit
4	čekání dané způsobem montáže (dávková výroba)	8	jiné

Obr. 48 Ukázka druhé fáze zpracování dat z montážního procesu.

Nejčastější z výše uvedených důvodů čekání regálových zakladačů na montážních operacích, viz Pareto na Obr. 49, jsou spjaty se současným způsobem montáže (IBN 4, E 4) a s chybějícími nakupovanými díly z kooperace (M 2). Tyto tři důvody způsobují téměř 80 % celkového čekání strojů na montáži, viz červené sloupce v Paretu.



Obr. 49 Paretoův graf příčin čekání regálových zakladačů při montáži.

Během analýzy se ukázalo, že vlivem stávajícího způsobu montáže, tj. dávkové výroby, dochází k nahromadění mechanicky smontovaných částí strojů před dalšími operacemi (elektromontážní práce a IBN). Hlavní příčinou tohoto jevu je fakt, že nejsou vzájemně vybalancovány počty pracovníků jednotlivých specializací a jednotlivé montážní kroky tak

trvají různou dobu. Jinými slovy řečeno, mechanické práce jsou díky vyššímu počtu pracovníků nejrychlejší a operaci IBN tak lze i díky delší době trvání považovat za úzké místo v procesu. Tato nejčastější příčina čekání by mohla být eliminována vytvořením rovnoměrně vytížených pracovišť a přechodem na tok jednoho kusu, jehož princip byl blíže specifikován v části 2.14.2. Výsledky celé analýzy, obsahující i ostatní důvody čekání v montážním procesu, pak byly předány příslušným oddělením vybrané firmy k řešení.

5 NÁVRH INOVANÉHO MONTÁŽNÍHO PROCESU

Primární požadavek vedení firmy na vytvoření nového konceptu montážního procesu regálových zakladačů byl založen na principech liniové (taktované) výroby. Koncept takového způsobu montáže spočívá ve vytvoření rovnoměrně vytížených pracovišť, kde se jednotlivé montované části zakladačů přesunují v předem definovaných sekvencích. Hlavním důvodem takového rozhodnutí bylo zvýšení efektivity, snížení rozpracovanosti a zvýšení plynulosti montážního toku. Společnost stanovila následující omezení:

- liniová montáž musí být uzpůsobena k montáži co možná největšího počtu různých typů zakladačů,
- zakladače, které nemohou být zařazeny do linky, budou montovány ve stejné hale jako zakladače, které budou montovány v lince,
- výrobní dávky budou sníženy na jeden kus,
- řešení nesmí vyžadovat vysoké investiční nároky.

Jelikož zásadním problémem stávající stacionární montáže je velké množství rozpracované výroby (viz podkapitola 4.2.3) a tím pádem také dlouhá průběžná doba montáže (viz podkapitola 4.2.1), jeví se implementace liniové montáže jako ideální řešení. Navíc je vhodné i pro méně obrátkové produkty nebo konstrukčně složitější výrobky a její implementaci je možné výše uvedené aspekty omezit, či úplně eliminovat. V následujícím textu je popsán postup a možnosti řešení liniového montážního procesu ve vybrané firmě. Na základě srovnání jednotlivých variant návrhů bylo vybráno a popsáno nejvhodnější řešení.

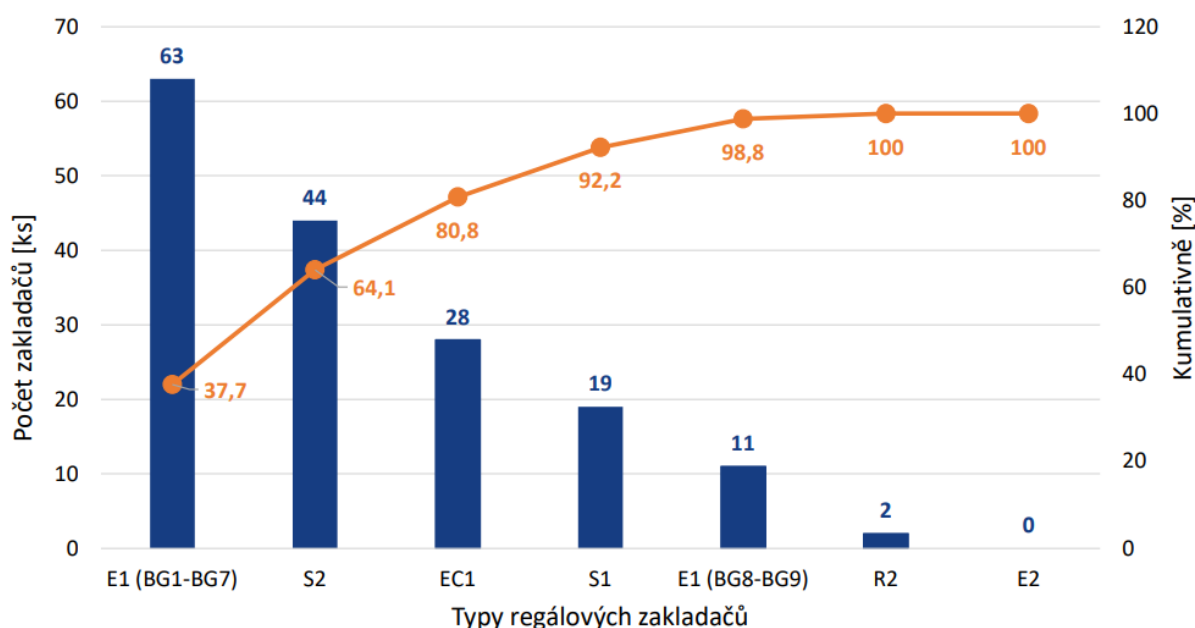
5.1 Výběr vhodných zakladačů do linky

Jak už bylo na začátku diplomové práce zmíněno, vybraná společnost se zabývá výrobou šesti různých typů regálových zakladačů. Důležitým počátečním krokem je proto zvolit takový sortiment produktů do linky, jejichž objem výroby představuje většinu produkce. Jako vhodný nástroj pro identifikaci těchto produktů bylo využito Paretova principu.

V tabulce níže (Obr. 50) jsou zobrazeny měsíční počty vyráběných typů zakladačů v období září 2021 až květen 2022, včetně podílu z jejich celkového počtu. Z Pareta, viz Obr. 51, lze vyčíst, že do linky by z hlediska objemu produkce byly nejvhodnější zakladače E1 (BG1–BG7), S2 a EC1, s cca 81 % objemu produkce, popř. i S1 s 92 % produkce.

Typ RBG	Počet vyrobených strojů/měsíc [ks]									Celkem [ks]	Podíl [%]
	Rok 2021				Rok 2022						
	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen		
E1 (BG1-BG7)	3	7	0	10	12	9	7	8	7	63	37,7
S2	0	0	0	2	6	8	16	12	0	44	26,3
EC1	0	4	10	4	0	0	10	0	0	28	16,8
S1	1	3	3	0	4	4	0	0	4	19	11,4
E1 (BG8-BG9)	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	6,6
R2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	1,2
E2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Celkem	15	14	13	18	22	21	33	20	11	167	100

Obr. 50 Analýza sortimentu regálových zakladačů.



Obr. 51 Paretova analýza regálových zakladačů dle jejich objemu výroby.

Pro finální rozhodnutí bylo ovšem také nutno posoudit slučitelnost montážních operací jednotlivých zakladačů. K tomuto účelu byla vytvořena jednoduchá procesní matice, viz Obr. 52. Tato matice obsahuje přehled hlavních montážních kroků jednotlivých typů zakladačů. Jsou zde zastoupeny jak operace z konečné montáže a demontáže, tak i operace z předmontáže (montáž *Hubwágenů*, dále jako HB), která se však kvůli obtížnému transportu předem smontovaného dílu provádí v přední čtvrté části haly. Vzhledem k různorodé konstrukci jednotlivých zakladačů se mění celkový počet z osmi kroků potřebný k jejich finálnímu smontování (zakladač R2 vyžaduje pro smontování pouze 4 operace, kdežto zakladač EC1 jich požaduje 7).

Typ zakladače	Předmontáž	Montážní operace						5. krok: Demontáž, příprava k expedici	Celkem kroků do linky
	Montáž <i>Hubwágenů</i>	Před(montáž) kol	Montáž kolejnic	1. krok: Mechanika	2. krok: Mechanika	3. krok: Elektro	4. krok: IBN		
E1 (BG1 - BG7)	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	5
E1 (BG8 - BG9)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	7
E2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	7
S1	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	5
S2	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	5
EC1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	7
R2	-	-	-	✓	✓	✓	✓	-	4

Operace je na předmontáži

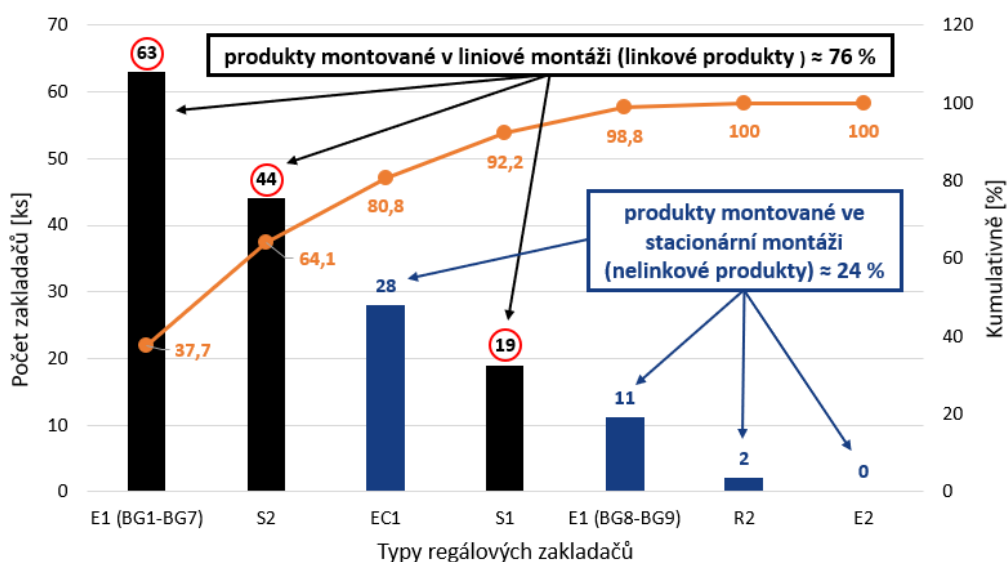
✓ regálový zakladač obsahuje danou operaci
 - regálový zakladač neobsahuje danou operaci

Přípravu k expedici lze provést v rámci kroku č.4

Obr. 52 Procesní matice: analýza pracovních kroků.

Procesní matice tímto způsobem porovnává počet montážních operací jednotlivých regálových zakladačů. Ten se pohybuje v rozmezí 4–7 a při stejném počtu těchto kroků lze předpokládat jakousi „podobnost“ průběhu a počet taktů v jejich montážním procesu. Z procesní matice vyplývá, že celkem 5 montážních operací mají zakladače typu E1 ve velikostech BG1–BG7 a regálové zakladače skupiny S. Celkem sedm montážních kroků pak mají regálové zakladače typu E2, EC1 a E1 ve velikostech (BG8–BG9). Regálový zakladač typu R1 je ve srovnání s ostatními zakladači velice atypický, neboť jeho počet montážních kroků (celkem 4 kroky) neodpovídá ani jednomu z nich.

Při zvážení výsledků těchto dvou analýz se jeví jako nejlepší volba sloučit do liniové montáže zakladače typu E1 ve velikosti BG1–BG7, S1 a S2 (Obr. 53). Nejenom že tyto tři výrobky dohromady pojmu téměř 80 % celkového objemu produkce zakladačů vybrané firmy, ale jejich montážní postup se dá rozdělit na 5 operací. Montáž zbylých zakladačů, typy E1 (BG8–BG9), EC1 a R2, bude probíhat stejným způsobem jako dosud (stacionární rozčleněná montáž) a ve stejné hale. Ke správnému fungování a organizaci montáže těchto dvou skupin výrobků bylo nutno navrhnout nové uspořádání pracovišť, které bude vymezovat montážní plochy pro stacionární a liniovou montáž.



Obr. 53 Paretova analýza vybraných regálových zakladačů do linky dle jejich objemu výroby.

Na základě výše uvedeného Pareto grafu (Obr. 53) lze spočítat zákazníkem požadované týdenní množství jak linkových, tak nelinkových produktů. Období od 1. 9. 2021 do 29. 5. 2022 zahrnuje celkem 37 týdnů, během kterých se má smontovat celkem 167 regálových zakladačů. Z těchto 167 zakladačů jich dle procesní matice 126 spadá do liniové montáže a 41 do stacionární montáže. Při výpočtu týdenního množství žádaných linkových produktů je nutné k počtu 126 strojů přičíst 44 zakladačů S2, neboť jeden zakladač typu S2 je složen ze dvou zakladačů typu S1, a tudíž čas na jeho kompletaci je přibližně také dvojnásobně delší. Zákazníkem požadované množství a celkovou roční kapacitu linkových a nelinkových regálových zakladačů znázorňuje následující tabulka.

Tab. 4 Týdenní požadavky zákazníka a roční kapacita montáže regálových zakladačů.

	Zákazníkem požadované týdenní množství [ks]	Roční kapacita (46 pracovních týdnů) [ks]
Linkové produkty	5	230
Nelinkové produkty	1	46
Celkem	6	276

5.2 Výpočet doby taktu zákazníka a plánované doby cyklu

Druhým nezbytným krokem, bez kterého by se návrh liniové taktované montáže neobešel, je stanovení taktu zákazníka. Jak již bylo popsáno blíže v podkapitole 2.10.2, jedná se o interval, ve kterém zákazník požaduje hotový výrobek. Následující výpočty týdenní doby taktu a plánované doby cyklu vycházejí z již dříve uvedených rovnic (viz oddíly 2.10.2 a 2.10.3):

$$t = \frac{T_d}{N} = \frac{\text{délka směn za týden} - \text{přestávky (oběd + úklid)}}{\text{zákazníkem požadované týdenní množství}} = \quad (5.1)$$

$$t = \frac{(5 \cdot 480) - [(5 \cdot 30) - (4 \cdot 10 + 30)]}{5} =$$

$$t = \frac{2180}{5} = 436 \frac{\text{min}}{\text{ks}} \approx \mathbf{7,3 \text{ hod./ks}}$$

kde: t - takt [min/ks], [hod./ks],
 T_d - skutečný výrobní čas [min],
 N - množství výrobků, které má být za dobu T_d vyrobeno [ks],

$$t_p = \frac{T_d - T_z}{N} = \frac{2180 - (5 \cdot 30)}{5} = \quad (5.2)$$

$$t_p = \frac{2030}{5} = 406 \frac{\text{min}}{\text{ks}} \approx \mathbf{6,8 \text{ hod./ks}}$$

kde: t_p - plánovaná doba cyklu [min/ks], [hod./ks],
 T_z - suma všech ztrátových času za dobu T_d [min].

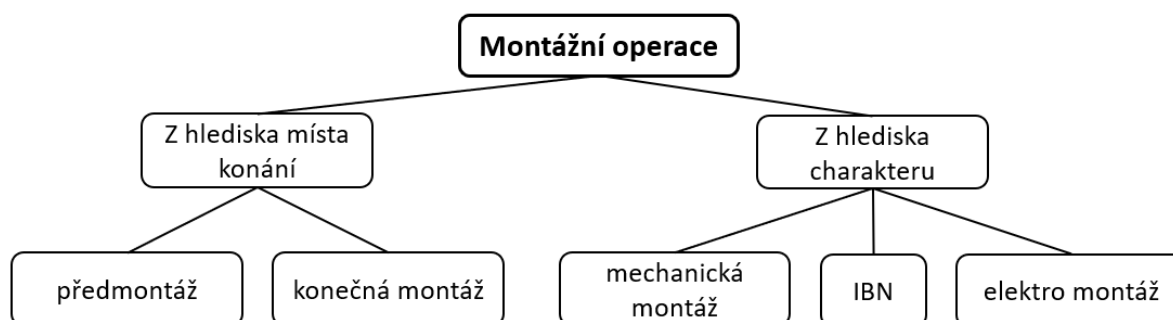
U plánované doby cyklu bude hlavní časová ztráta způsobena přesunem jednotlivých částí zakladačů mezi operacemi. Jelikož návrh nového řešení nesmí vyžadovat vysoké investiční nároky, byly pro přesun těchto několikátunových strojů vybrány tzv. vzduchové polštáře, jejichž princip je blíže popsán v části 5.8.3. Vybraná společnost již tento transportní systém pro jiné účely v minulosti používala, tudíž se nejedná o žádnou investici. Z důvodu dostatečného počtu sad vzduchových polštářů bude přesun mezi operacemi prováděn 1x denně po dobu maximálně 30 min.

5.3 Analýza stávajícího montážního postupu

V této podkapitole je podstatný záměr kladen na popis zjednodušeného montážního postupu finální kompletace linkových regálových zakladačů (E1 ve velikostech BG1–BG7, S1 a S2). Hlavním cílem je poznat možnosti montážních postupů výrobků, aby byly správně rozvrženy montážní operace do jednotlivých taktovaných pracovišť budoucí liniové montáže. Pro účely této diplomové práce je základní popis montážních kroků ve formě montážního diagramu (viz další podkapitoly) dostačující a detailnější zkoumání lze považovat za zbytečné. Důvodem pro toto rozhodnutí je fakt, že podrobná analýza veškerých montážních návodů je časově extrémně náročná, neboť se regálové zakladače skládají z mnoha montážních celků, podsestav a součástí. Před samotným popisem montážního postupu jsou zde dále pro ucelenost uvedeny druhy montážních operací a typy dílů, které vstupují do kusovníku každého zakladače.

5.3.1 Montážní operace

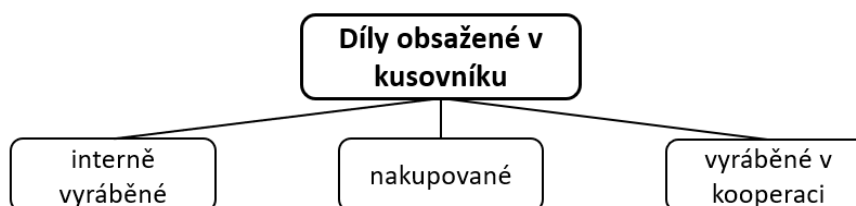
Jednotlivé součásti regálových zakladačů procházejí různorodým montážním řetězcem. Z hlediska místa konání a montážní posloupnosti lze montáž klasifikovat na předmontáž a finální montáž. Montáž z hlediska charakteru vykonávané práce pak lze dělit na mechanickou montáž, elektro montáž a IBN (uvádění stroje do provozu). Dělení montážních operací v dané firmě je vyobrazené na následujícím schématu, viz Obr. 54.



Obr. 54 Typy montážních operací v dané firmě.

5.3.2 Typy dílů vstupujících do kusovníku

Regálové zakladače jsou složeny z mnoha rozličných dílů. Jejich montážní sestavy jsou tvořeny interně vyráběnými díly, nakupovanými díly a díly vyráběnými v kooperaci, viz Obr. 55. Interní díly si společnost sama vyrábí ve svém výrobním závodě v Hranicích a představují značnou část kusovníků regálových zakladačů. Patří sem zpravidla lakované velké obrobky, svařence a ohýbané plechy. Mezi nakupované díly spadají zejména elektrotechnické součástky, jako jsou elektromotory, rozvaděče, senzory, čidla, kamery, vodiče atd. U externích dodavatelů se dále nakupují plastové díly různých tvarů a velikostí, ložiska, spojovací materiál, pružiny apod. Výrobu některých dílů musí vybraná společnost z kapacitních důvodů nechat vyrábět v kooperaci. Jedná se o méně podstatné, avšak důležité díly menších rozměrů, jako jsou obráběné hřídele, kola, malé svařence a plechové díly. Do kooperace se také posílají díly na zinkování, případně k provedení jiné povrchové úpravy.



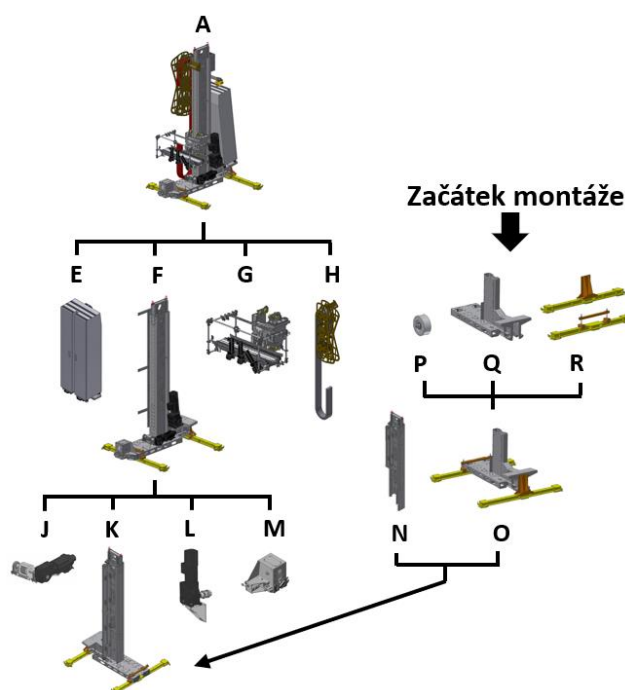
Obr. 55 Díly vstupující do kusovníku.

5.3.3 Montážní diagram regálových zakladačů S1

Následující Obr. 56 zobrazuje zjednodušený montážní postup regálového zakladače S1 na konečné montáži. Všechny díly či montážní podsestavy mají v každém diagramu pro lepší orientaci a srozumitelnost přiřazené své písmeno. Pokud jde o názvy jednotlivých dílů, je nutné podotknout, že se ve firmě používají převážně německé názvy, jako např. *Hubantrieb* apod.

Celá montáž regálového zakladače typu S1 spočívá v „nabalování“ různých součástí z předmontáže, kdy postupně vznikají ve čtvrté části haly tři různé montážní podsestavy označené písmeny F, K a O. Finální produkt vzniká namontováním rozvaděče, základacího ústrojí (LAM, z němčiny *Lastaufnahmemittel*) a kabelového řetězu na montážní podsestavu č. 3 (písmeno F). Součástí každé konečné montáže jsou i demontážní práce, které již v montážním diagramu nejsou uvedeny. V tomto kroku se odmontují přípravky pro stání, regálový zakladač je položen bokem na zem, připevní se sloup do 12 m a celý stroj se ustaví do transportních rámu pro následnou přepravu.

- A - konečný produkt
- E - rozvaděč
- F - montážní podsestava č. 3
- G - základní LAM
- H - kabelový řetěz
- J - *Hubantrieb* s motorem
- K - montážní podsestava č. 2
- L - motorová konzole s motorem
- M - rozvaděč
- N - sloup
- O - montážní podsestava č. 1
- P - kolo
- Q - ponorka
- R - přípravek pro stání

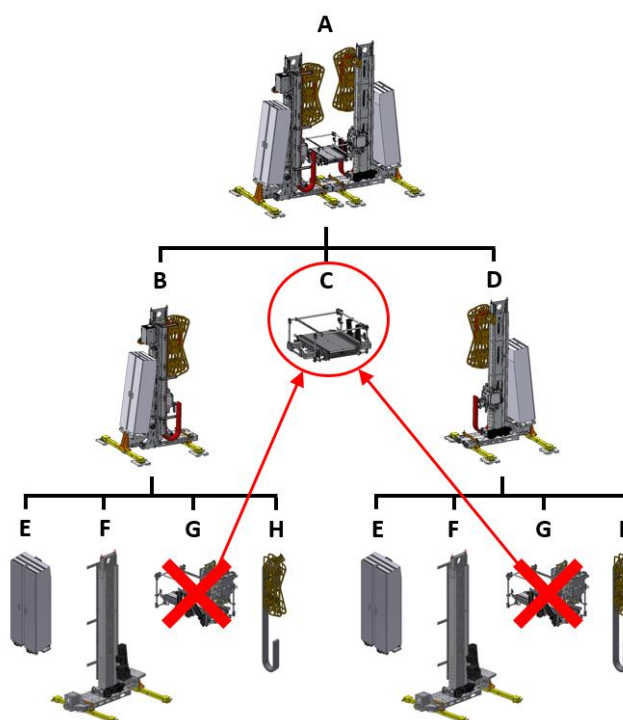


Obr. 56 Zjednodušený montážní diagram regálových zakladačů typu S1.

5.3.4 Montážní diagram regálových zakladačů S2

Jak již bylo v předchozím textu zmíněno, regálový zakladač typu S2 se skládá ze dvou zakladačů typu S1 (*Master* a *Slave*), čemuž odpovídá montážní diagram, viz Obr. 57. Jediný rozdíl v montážním postupu spočívá v tom, že základní LAM (písmeno G) je nahrazen jeho dvojitou verzí (písmeno C) a zbylé montážní kroky jsou téměř shodné. Při demontáži se zakladač S2 rozmontuje zpět na dvě podsestavy (*Master* a *Slave*) a od této chvíle je průběh demontáže totožný jako u regálových zakladačů typu S1.

- A - konečný produkt
- B - *Master*
- C - dvojitý LAM
- D - *Slave*
- E - rozvaděč
- F - montážní podsestava č. 3
- G - základní LAM
- H - kabelový řetěz



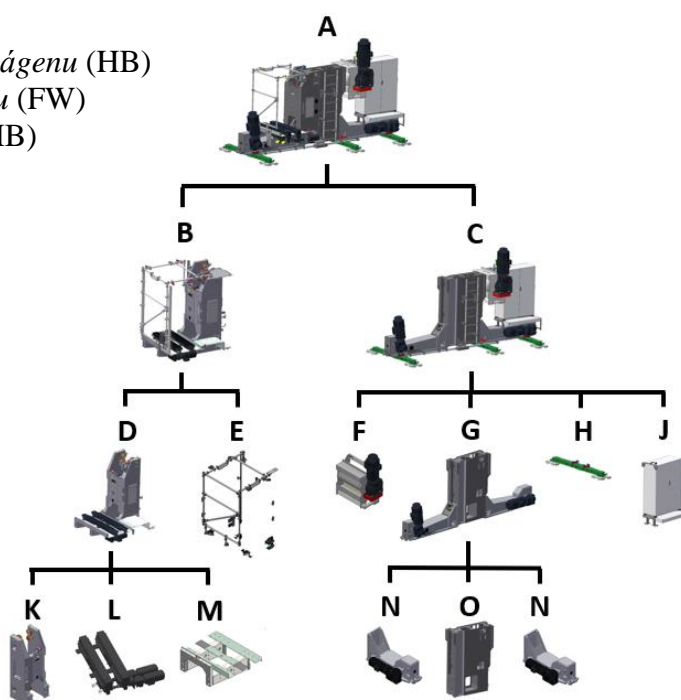
Obr. 57 Zjednodušený montážní diagram regálových zakladačů typu S2.

5.3.5 Montážní diagram regálových zakladačů typu E1 (BG1–BG7)

Montážní diagram regálových zakladačů typu E1 ve velikostech BG1–BG7 je vyobrazen na následujícím schématu, viz Obr. 58. Konečná montáž regálového zakladače tohoto typu začíná ve čtvrté části haly postupným smontováním různých dílů z předmontáže za vzniku dvou podsestav B a C. Podsestava B je již známa z předešlých kapitol a jedná se o předmontáž HB. Spojením a smontováním podsestav B a C je pak konečný produkt (písmeno A).

Podle uvedeného montážního diagramu jsou sestavovány všechny velikosti zakladače typu E1 (BG1–BG7), kdy jednotlivé velikosti zakladačů vznikají spojováním podsestav různých rozměrů. Jako příklad lze uvést podsestavu *Fahrwerksarm* (písmeno N, dále jako FW), která se vyrábí v sedmi velikostech. Demontážní práce u tohoto zakladače nehrají oproti zakladačům skupiny S tak velkou roli, neboť se u menších strojů (do velikosti BG4) vůbec neprovádějí. U větších strojů je to vzhledem k velké hmotnosti nezbytné, nicméně jak už bylo zmíněno, tuto operaci lze díky nižším časovým nárokům provést v rámci operace IBN.

- A - konečný produkt
- B - konečná předmontáž *Hubwágen* (HB)
- C - konečná montáž *Fahrwerku* (FW)
- D - předmontáž *Hubwágen* (HB)
- E - *Lichtschranken*
- F - *Hubwerk*
- G - *Fahrwerk* (FW)
- H - přípravek pro stání
- J - rozvaděč
- K - část *Hubwágen* (HB)
- L - teleskopické vidle
- M - podlaha
- N - *Fahrwerksarm*
- O - *Mastfuss*



Obr. 58 Zjednodušený montážní diagram regálových zakladačů typu E1 (BG1 – BG7).

5.4 Zjištění spotřeby času konečné montáže

Pro návrh liniové montáže bylo potřeba zjistit také přibližnou spotřebu času pro jednotlivé pracovní kroky a zvažované typy zakladačů. Při současném způsobu organizace montážního procesu je velmi obtížné změřit časy jednotlivých operací, a to hned z několika důvodů. Pracovníci mění svá stanoviště dle momentálních potřeb montáže, tudíž se jejich počet na jedné operaci mění i v průběhu pracovního dne. Dále se montuje více kusů současně a jednotlivé operace pak trvají i více směn, než jsou dokončeny (viz graf rozpracovanosti Obr. 41). Navíc, konstrukce jednotlivých zakladačů je odlišná, a to i v rámci stejných typů, proto jsou různé i časy jednotlivých operací.

Pro lepší představu o rozdílech v počtu a časové spotřebě jednotlivých operací byla na základě montážního návodu vytvořena Tab. 5, která znázorňuje počty dnů a pracovníků potřebných ke konečné montáži zvažovaných zakladačů. Barevná písmena (M, E, IBN) v každém z polí určují počet a specializaci pracovníků.

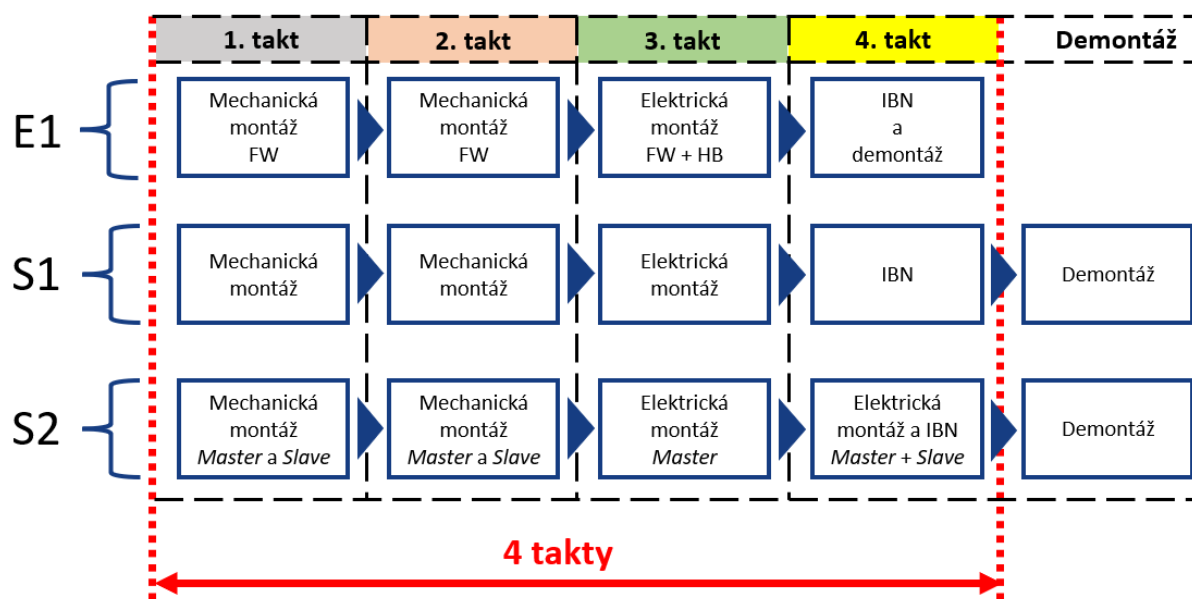
Tab. 5 Potřebný počet dnů a pracovníků k finální montáži zvažovaných zakladačů.

		Typ zakladače			
		E1 (BG1 – BG7)	S1	S2 ≈ 2x S1	
1. den	doba montáže [Nh]	15	15	15	X
	počet pracovníků na den	MM	MM	MM	
2. den	doba montáže [Nh]	15	15	15	15
	počet pracovníků na den	MM	MM	MM	MM
3. den	doba montáže [Nh]	15	22,5	22,5	15
	počet pracovníků na den	EE	EEE	EEE	MM
4. den	doba montáže [Nh]	30	7,5	22,5	
	počet pracovníků na den	MME E	IBN	EEE	
5. den	doba montáže [Nh]	15	7,5	7,5	
	počet pracovníků na den	IBN IBN	IBN	IBN	
6. den	doba montáže [Nh]	15	15	7,5	
	počet pracovníků na den	ME	MM	IBN	
7. den	doba montáže [Nh]		7,5	15	
	počet pracovníků na den		E	MM	
8. den	doba montáže [Nh]		15	30	
	počet pracovníků na den		MM	MME E	
9. den	doba montáže [Nh]			22,5	
	počet pracovníků na den			ME E	
10. den	doba montáže [Nh]			15	
	počet pracovníků na den			MM	
Celková doba konečné montáže [Nh]		105	105	202,5	

Z tabulky lze vyčíst, že finální montáž zakladače E1 by měla při současném způsobu montáže při uvedeném počtu pracovníků trvat přibližně 6 dnů (105 hodin), montáž S1 8 dnů a 105 hodin, montáž S2 10 dnů a 202 hodin, což odpovídá tvrzení v podkapitole 5.1, že montáž S2 trvá dvojnásobek montáže S1. Zde je nutno doplnit, že ne všichni pracovníci uvedení v tabulce jsou plně vytiženi celou pracovní dobu a počet pracovníků je tudíž v některých případech zaokrouhlen směrem nahoru. Cílem podkapitoly níže je v podstatě najít algoritmus, jak vhodně rozdělit a zkombinovat montáže všech tří typů zakladačů v různém počtu a vzájemném pořadí tak, aby nedošlo k zastavení montáže důsledkem nedostatku pracovní plochy či pracovníků.

5.5 Uspořádání operací a návrh potřebného počtu pracovníků

Na základě výše uvedené Tab. 5, procesní matice v oddíle 5.1 a výpočtů v předchozích kapitolách práce by mohl návrh liniové montáže pro linkové produkty (zakladače typu E1 ve velikostech BG1–BG7, S1 a S2) vypadat následovně, viz Obr. 59. Tomuto návrhu bylo nutné přizpůsobit operace z Tab. 5 a rozdělit je. Při tomto dělení byly v rámci návrhu brány v úvahu pouze hlavní montážní operace, viz červeně ohraničené části v Tab. 6, které jsou dále rozčleněny do jednotlivých barevně odlišených taktů. Jako vhodné řešení se jeví liniová montáž se čtyřmi takty s předemným uspořádáním (viz podkapitola 2.9.1), jejíž stacionární pracoviště náleží technologickému, respektive montážnímu postupu výrobku. Demontáž zakladačů E1 bylo možno přiřadit ke 4. taktu IBN. Demontáž S1 a S2 bude z důvodu časové náročnosti probíhat ve vyhrazeném prostoru za linkou, viz Obr. 59.



Obr. 59 Schéma uspořádání jednotlivých operací liniové montáže.

Tab. 6 Vybrané montážní operace spadající do konceptu liniové montáže.

Dny	Typ zakladače		
	E1 (BG1 – BG7)	S1	S2 ≈ 2x S1
1	MM	MM	MM
2	MM	MM	MM
3	EE	EEE	EEE
4	MMEE	IBN	EEE
5	IBN IBN	IBN	IBN
6	ME	MM	IBN
7		E	MM
8		MM	MMEE
9			MEE
10			MM

Legenda: 1. takt 2. takt 3. takt 4. takt

Schématá montážních kroků regálových zakladačů, které by se prováděly v liniové montáži, jsou vyobrazena v následujících tabulkách, viz Tab. 7, Tab. 8 a Tab. 9. Každá tabulka odpovídá jednomu typu zakladače a je rozdělena na tři sloupce. První sloupec znázorňuje pořadí dnů, kterým přísluší jednotlivé takty vyskytující se ve druhém sloupci. Třetí sloupec zobrazuje montážní schémata operací, jež se provádějí v daném taktu. Ty vznikly rozdělením a úpravou montážních diagramů (viz oddíl 5.3) a jsou přizpůsobeny novému montážnímu procesu. Pro představu je dále v Tab. 8 uvedena demontážní operace regálového zakladače S1, která již není součástí liniové montáže. Jak už bylo dříve zmíněno, demontáž regálového zakladače typu S2 je téměř shodná jako u zakladače typu S1, proto Tab. 9 tuto operaci již neuvádí.

Tab. 7 Schéma montážních operací zakladačů E1 spadající do konceptu liniové montáže.

1. den	1. takt	Mechanická montáž <i>Fahrwerku</i> (FW)
		<p>C (bez rozvaděče J)</p>
2. den	2. takt	Mechanická montáž <i>Fahrwerku</i> (FW)
		<p>C (bez rozvaděče J)</p>
3. den	3. takt	Elektrická montáž <i>Fahrwerku</i> (FW)
		<p>C</p>
4. den	3. takt	Nasazení <i>Hubwágen</i> (HB) na <i>Fahrwerk</i> (FW)
		<p>A</p>
5. den	4. takt	Operace IBN (uvádění stroje do provozu)
		<p>A</p>
6. den	4. takt	Demontáž a příprava k expedici

Tab. 8 Schéma montážních operací zakladačů S1 spadající do konceptu liniové montáže.

1. den	1. takt	Mechanická montáž
2. den	2. takt	Mechanická montáž
3. den	3. takt	Elektrická montáž
4. den	4. takt	Operace IBN (uvádění stroje do provozu)
5. den		
6. den		Demontáž přípravků pro stání, položení stroje na bok, připevnění sloupu do 12 m
7. den		Elektrikářské práce, např. instalace a seřízení kabelového řetězu, montáž kabelového žlábu, uchycení a vázání kabelů apod.
8. den		Montáž žebříku, napnutí řemenu, montáž lana pro záchytný systém, lepení nálepek, montáž strojů do přepravních rámců apod.

Tab. 9 Schéma montážních operací zakladačů S2 spadající do konceptu liniové montáže.

1. den	1. takt	Mechanická montáž <i>Master</i>
2. den	2. takt	
	1. takt	Mechanická montáž <i>Slave</i>
3. den	3. takt	Elektrická montáž <i>Master</i>
	2. takt	Mechanická montáž <i>Slave</i>
4. den	4. takt	Elektrická montáž a spojení podsestav <i>Master</i> a <i>Slave</i>
5. den 6. den	4. takt	Operace IBN (uvádění stroje do provozu)

Funkčnost návrhu operací (viz Obr. 59) pak byla i z důvodu kombinace tří různých produktů nasimulována pomocí programu *MS Power Point*. Simulace pomohla ověřit následující faktory:

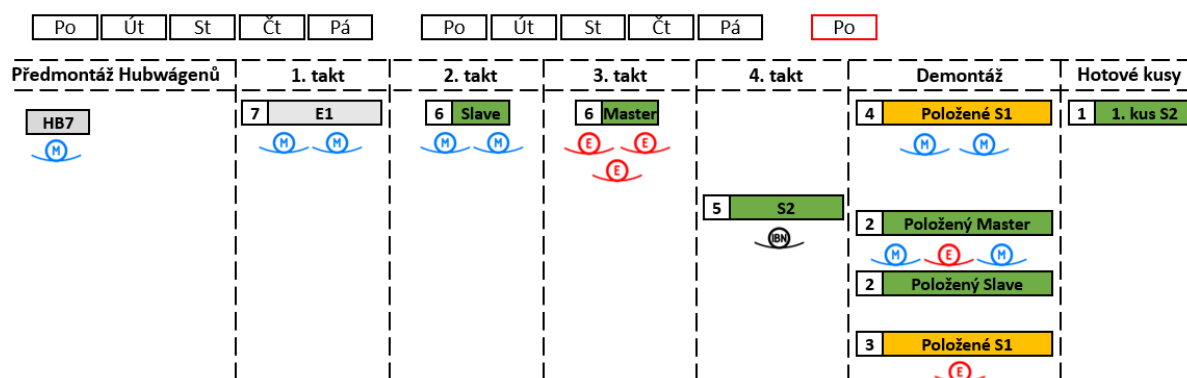
- a) bezproblémovou průchodnost montáže při všech kombinacích tří zvolených produktů při předpokladu alespoň 2 kusů zakladačů stejného typu montovaných za sebou (viz pravá část Tab. 10),
- b) dosažení kapacity požadované zákazníkem, tj. 5 ks zakladačů/týden (levá část Tab. 10).

Tab. 10 Výsledky simulace pro ověření funkčnosti liniové montáže při sérii 2 kusů stejných typů zakladačů.

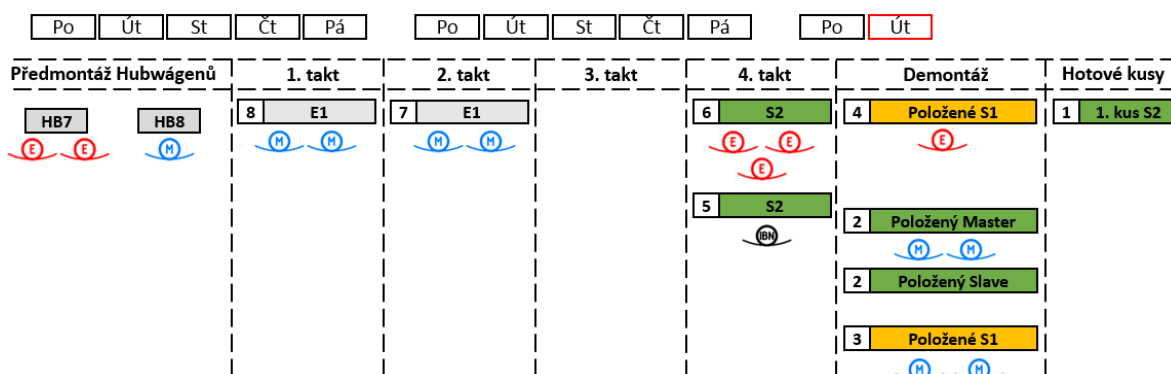
Simulace výroby v montážní lince		S2	S1	E1
2x S2 ≈ 4ks	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> 16 ks (22 ks) zakladačů zkompletováno během 4 týdnů </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> první zakladač zkompletován po 2 týdnech </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> průměrná výroba 4 ks (5,5 ks) zakladačů/týden </div>	✓	✓	✓
2x S1		✓	✓	✓
2x S2 ≈ 4ks		✓	✓	✓
2x E1		✓	✓	✓
2x S1		✓	✓	✓
2x E1		✓	✓	✓
2x S2 ≈ 4ks		✓	✓	✓
2x S1		✓	✓	✓
Poznámka: 1 ks S2 ≈ 2 ks S1				

Několik výstřižků ze simulace je pro představu vyobrazeno níže. Jedná se o ukázkou průběhu montáže zakladačů ve třetím týdnu v posloupnosti z Tab. 10 v pěti dnech (pondělí–pátek). Na každém schématu simulace lze vidět vymezený prostor pro předmontáž, takty a demontáž, v nichž jsou rozmístěny jednotlivé podsestavy a stroje dle simulované kombinace. Nad každým vyobrazeným schématem simulace jsou uvedeny montážní dny. Dny, které již proběhly, jsou ve zkratkách zaznačeny v černých obdélnících. Aktuální stav rozmístění montážních podsestav a strojů v simulaci je pak demonstrován dnem, který je ohraničen červeným obdélníkem (viz např. pondělí v Obr. 60). Hlavní pozornost by měla být věnována jednotlivým přesunům podsestav, strojů a pracovníků různých specializací při měnících se dnech.

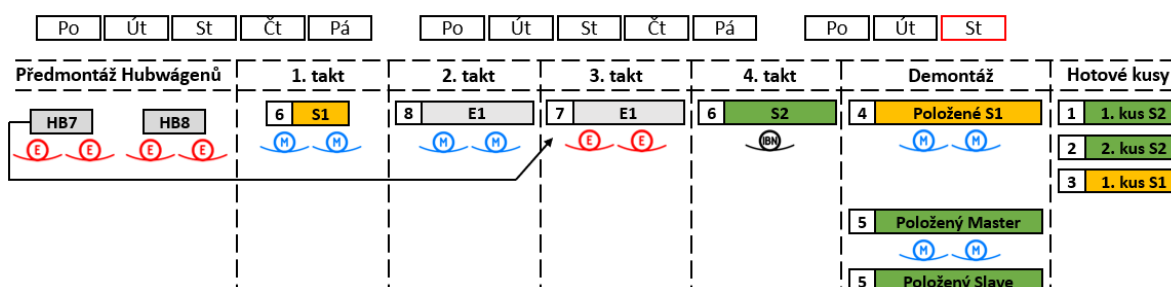
Simulací bylo potvrzeno, že liniová montáž bude probíhat ve čtyřech taktech s vyhrazeným prostorem pro předmontáž *Hubwágenů* (HB) zakladačů E1 a prostorem pro demontáž zakladačů S1 a S2. Dále bylo díky simulaci například zjištěno, že při této kombinaci regálových zakladačů je v úterý ve třetím týdnu prostor třetího taktu prázdný a ve středu se k expedici připraví 2 ks strojů, což je pro samotné oddělení expedice přínosná informace.



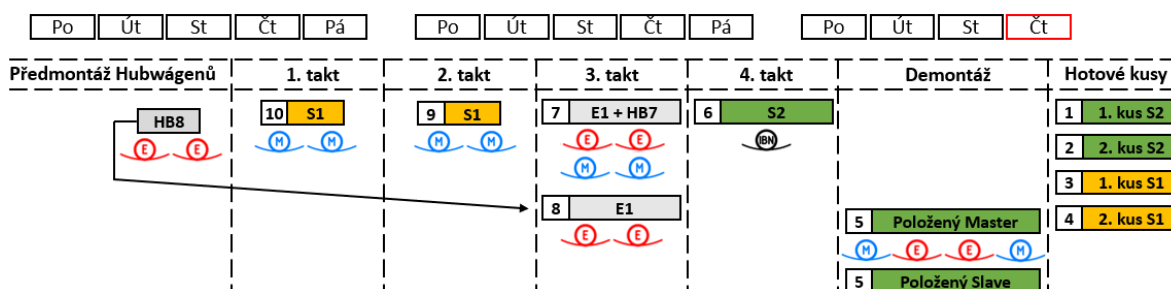
Obr. 60 Simulace pondělní montáže při sérii 2 kusů stejných typů zakladačů ve třetím týdnu.



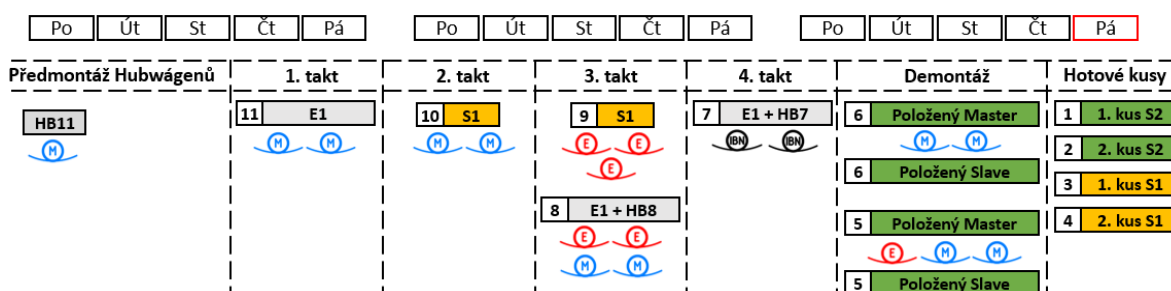
Obr. 61 Simulace úterní montáže při sérii 2 kusů stejných typů zakladačů ve třetím týdnu.



Obr. 62 Simulace středeční montáže při sérii 2 kusů stejných typů zakladačů ve třetím týdnu.



Obr. 63 Simulace čtvrteční montáže při sérii 2 kusů stejných typů zakladačů ve třetím týdnu.



Obr. 64 Simulace páteční montáže při sérii 2 kusů stejných typů zakladačů ve třetím týdnu.

Simulací bylo potvrzeno, že liniová montáž bude probíhat ve čtyřech taktech s vyhrazeným prostorem pro předmontáž HB zakladačů E1 a prostorem pro demontáž zakladačů S1 a S2. Dalším krokem, který bylo nutno v této fázi stanovit, je počet potřebných pracovníků. Z provedené simulace, resp. jejich výstřížků výše, je zřejmé, že se počet operátorů bude měnit v rámci jednotlivých dnů, a to nejen v jednotlivých taktech, ale i v celé montážní lince. Tyto počty budou závislé na kombinaci typů montovaných zakladačů. Pro tyto účely byly v programu *MS Excel* zkušebně namodelovány všechny reálné kombinace typů zakladačů na montáži a z nich stanoveny maximální počty potřebných pracovníků jednotlivých specializací, viz Tab. 11.

Tab. 11 Ukázka namodelovaných kombinací různého počtu typů zakladačů do liniové montáže.

Číslo komb.	Kombinace	Počet potřebných pracovníků jednotlivých specializací		
		Mechanik	Elektrikář	IBN technik
1.	2 ks E1 + 2 ks S1	8	6	3
2.	2 ks E1 + 3 ks S1	10	6	3
3.	3 ks E1 + 2 ks S1	9	7	3
4.	3 ks E1 + 3 ks S1	10	7	3
5.	3 ks E1 + 4 ks S1			
6.	4 ks E1 + 3 ks S1	10	6	3
7.	4 ks E1 + 4 ks S1			
8.	2 ks E1 + 2 ks S2 + 2 ks S1	12	8	2
9.	2 ks E1 + 3 ks S2 + 3 ks S1	12	7	2
10.	2 ks E1 + 3 ks S2 + 2 ks S1	9	7	3
11.	2 ks E1 + 2 ks S2 + 3 ks S1	10	7	3
12.	2 ks E1 + 2 ks S1 + 2 ks S2	9	7	3
13.	3 ks E1 + 2 ks S1 + 2 ks S2	11	8	3
14.	3 ks E1 + 3 ks S1 + 2 ks S2			
15.	3 ks E1 + 3 ks S1 + 3 ks S2			

Ukázka doporučených kombinací počtu dvou a tří typů zakladačů jsou společně s počtem potřebných pracovníků jednotlivých specializací uvedeny v následujících tabulkách, viz Tab. 12 a Tab. 13, které byly dále předány oddělení plánování a výroby. Vhodné kombinace byly zvoleny tak, aby maximální počet pracovníků nepřesáhl 20. Zároveň také bylo snahou vybrat kombinace, které vyžadují co nejmenší počet IBN techniků.

Tab. 12 Doporučené kombinace počtu dvou typů zakladačů do liniové montáže.

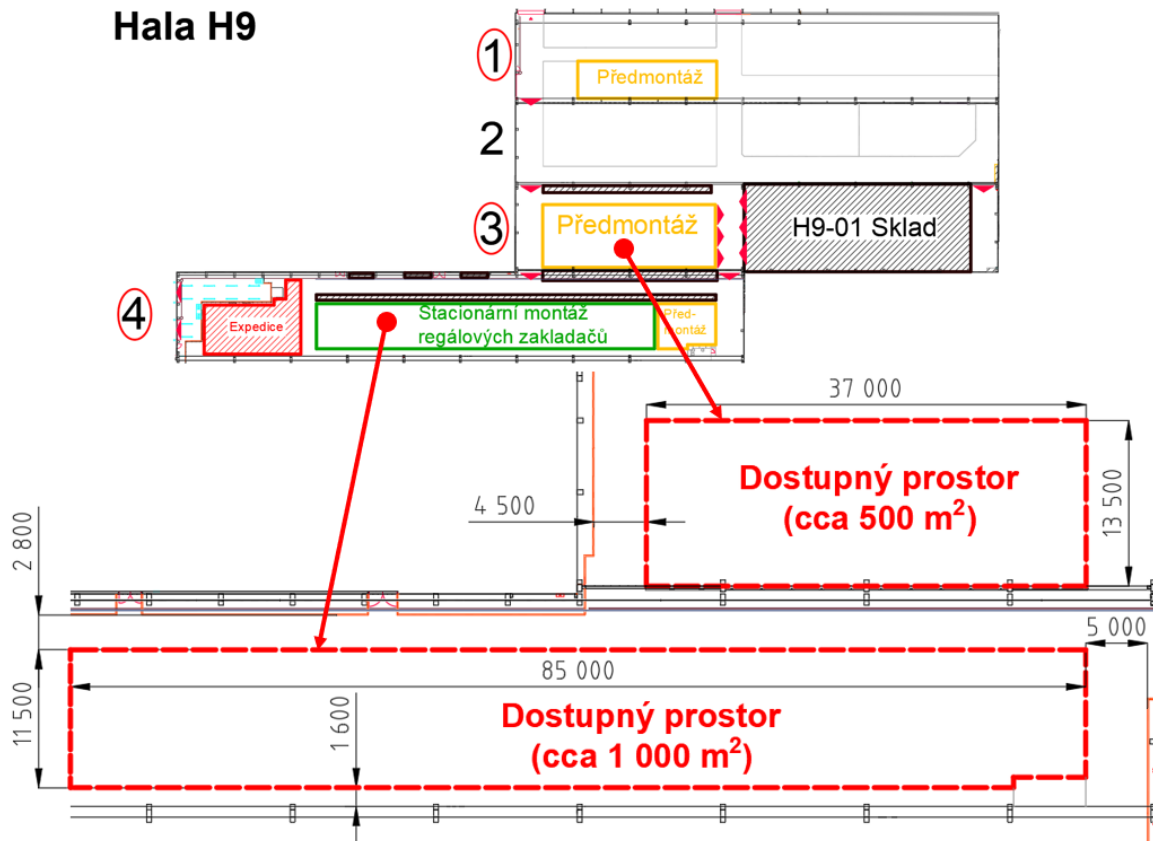
Číslo komb.	Kombinace	Počet potřebných pracovníků jednotlivých specializací		
		Mechanik	Elektrikář	IBN technik
1.	2 ks E1 + 2 ks S2	9	7	2
2.	2 ks E1 + 3 ks S2	10	7	2
3.	2 ks E1 + 4 ks S2			
4.	2 ks S1 + 2 ks S2	10	6	2
5.	2 ks S1 + 3 ks S2			
6.	3 ks S1 + 3 ks S2			

Tab. 13 Doporučené kombinace počtu třech typů zakladačů do liniové montáže.

Číslo komb.	Kombinace	Počet potřebných pracovníků jednotlivých specializací		
		Mechanik	Elektrikář	IBN technik
1.	2 ks E1 + 4 ks S1 + 2 ks S2	12	6	2
2.	2 ks E1 + 4 ks S1 + 3 ks S2			
3.	2 ks E1 + 4 ks S1 + 4 ks S2			
4.	4 ks E1 + 4 ks S1 + 2 ks S2			
5.	4 ks E1 + 4 ks S1 + 3 ks S2			
6.	4 ks E1 + 4 ks S2 + 4 ks S1			

5.6 Návrhy dispozičních řešení

Tato podkapitola se zabývá návrhem možností uspořádání montáže linkových a nelinkových regálových zakladačů. Jak již bylo uvedeno dříve, obě skupiny produktů se budou montovat ve čtvrté části haly. Hlavním záměrem je proto navrhnout nový layout, díky kterému bude pro tyto dva odlišné montážní způsoby (liniová a stacionární montáž) jasně definováno místo. Samotný návrh se opírá o výpočty a získané poznatky z předchozích kapitol a pro jeho realizaci byly vedením firmy poskytnuty následující prostory, viz Obr. 65. Jedná se o stávající plochu předmontáže ve třetí části haly (cca 500 m²) a nynější stacionární montáže (cca 1 000 m²) ve čtvrté části haly. Všechny rozměry v každém layoutu jsou uvedeny v milimetrech.



Obr. 65 Disponibilní prostor pro nový návrh uspořádání montáže.

Dle tohoto zadání byly navrženy tři možné varianty uspořádání montážních procesů a jejich náležitosti. Každý z níže uvedených layoutů barevně odlišuje hlavní plochy, kterými jsou předmontáž, liniová a stacionární montáž, jež jsou dále doplněny o odkladné prostory na palety. Cílem bylo vzájemné rozvržení těchto montážních ploch tak, aby výsledné návrhy splňovaly kapacitní požadavky zákazníka, umožňovaly co možná nejplynulejší tok materiálu a byly bezpečné z hlediska manipulace s těžkými díly i hotovými stroji. Další, co bylo nutno vzít v úvahu, byly prostory pro demontáž regálových zakladačů skupiny S a jejich montáž sloupů. Je důležité zmínit, že do nynějška tyto plochy nebyly nijak zvlášť vymezeny a demontáž zakladačů skupiny S a montáž sloupů probíhá tam, kde je zrovna místo. Součástí každého návrhu jsou také prostory pro zásobování linky (regály a paletová místa) včetně vyznačení materiálových toků a kót výše zmíněných ploch.

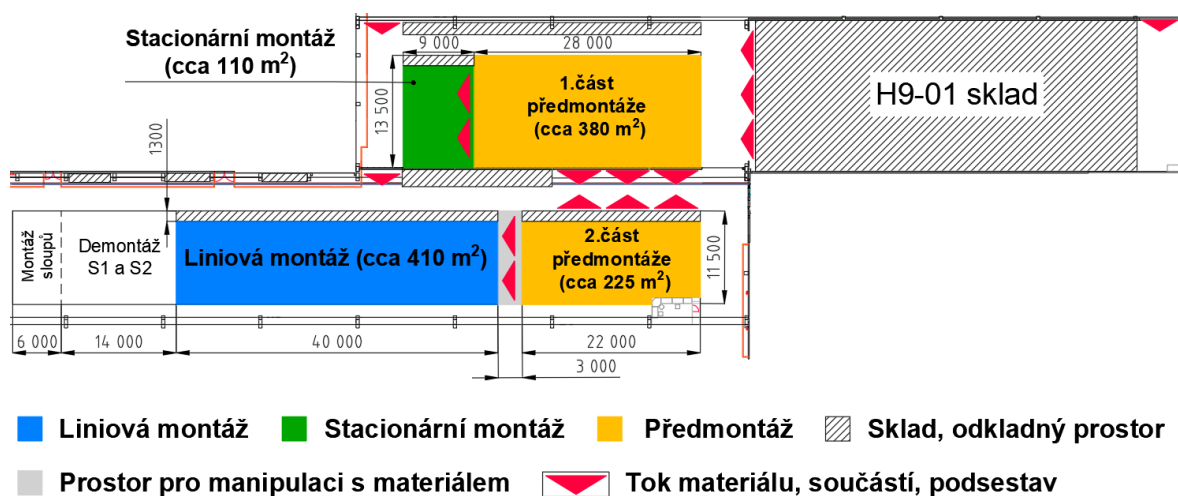
Výběr varianty rozvržení montážních procesů je pak zhodnocen na základě několika kritérií, která byla zčásti definována vedením vybrané společnosti a zčásti doplněna projektovým týmem k posouzení. Vybraný návrh je pak v oddíle 5.8 podrobněji rozebrán, včetně rozvržení jednotlivých taktů, jejich rozměrů, technického vybavení a zásobování.

5.6.1 Varianta A

První varianta návrhu rozmístění jednotlivých montážních procesů (viz Obr. 66) spočívá v rozdělení předmontáže (část 3 v layoutu na Obr. 59) na dvě části. Plocha první části předmontáže byla z původních cca 500 m² redukována na 380 m² a uvolněný prostor (cca 120 m²) byl vyhrazen stacionární montáži (cca 110 m²) včetně prostoru pro její zásobování. Zbylá část této předmontáže byla přesunuta k již existující předmontáži v přední části haly (část 4) a bude využita jako předmontáž pouze pro zakladače v lince. Asi polovina celkového prostoru čtvrté části haly je vymezena pro liniovou montáž (cca 410 m²), která je od 2.části předmontáže oddělena cestou pro manipulaci s materiálem (šedá). Za liniovou montáží jsou dále přesně vytyčené prostory k demontáži zakladačů skupiny S a montáž sloupů.

Hlavní výhodou tohoto návrhu jsou nejmenší investiční náklady na jeho realizaci. Ve srovnání s ostatními návrhy je totiž pro toto uspořádání montáže nutno dokoupit pouze jeden mostový jeřáb. Dalším pozitivem tohoto návrhu je, že stacionární a liniová montáž je oddělena, což působí dojmem poměrně vysoké uspořádanosti. Navíc tak vznikly dostatečně velké prostory pro montáž zákazníkem požadovaného množství linkových i nelinkových regálových zakladačů a je zajištěn plynulý tok materiálu jak pro liniovou, tak stacionární montáž. Jelikož je montáž sloupů úzce spjatá s demontáží regálových zakladačů skupiny S, lze za výhodu považovat, že se prostory pro tyto dvě operace nachází vedle sebe.

Největším nedostatkem tohoto návrhu je ovšem velmi obtížný transport těžkých strojů ze stacionární montáže do čtvrté části haly, kde se nachází expedice regálových zakladačů. Za další nevýhodu lze také považovat opačný tok předmontovaných součástí a podsestav ze 2. části předmontáže do stacionární montáže, tj třetí části haly.



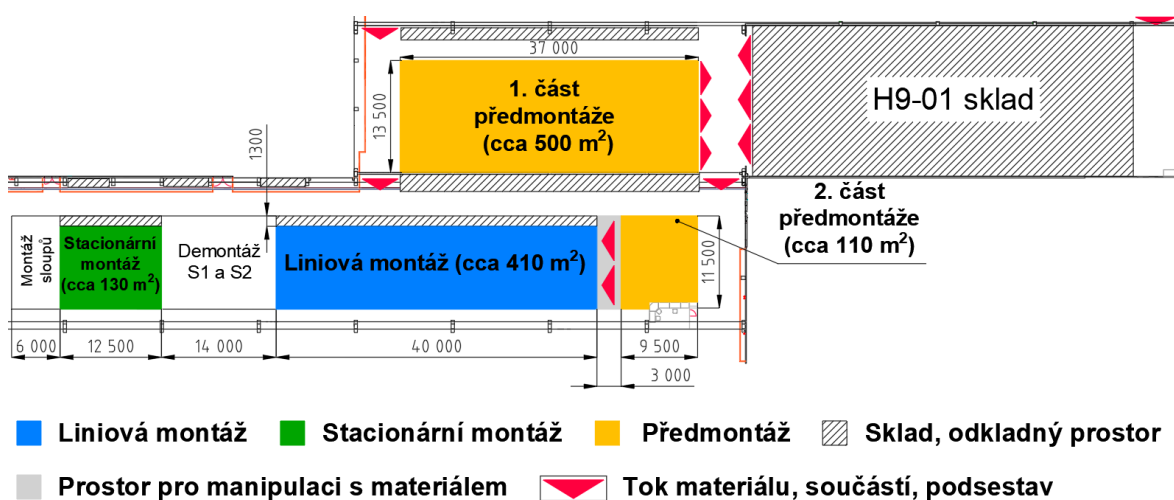
Obr. 66 Návrh rozmístění montáže – varianta A.

5.6.2 Varianta B

Ve druhé možnosti návrhu rozložení montážního procesu (viz Obr. 67) jsou stacionární a liniová montáž umístěny společně ve čtvrté části haly a 1. část předmontáže zůstává beze změny. Plocha pro druhou část předmontáže, která je taktéž umístěna ve čtvrté části haly, je oproti původnímu stavu jasně vymezena a její rozloha činí cca 110 m². Na druhou část předmontáže pak stejně jako u návrhu A navazuje prostor pro manipulaci s materiálem, liniová montáž a prostor pro demontáž regálových zakladačů skupiny S. Za těmito plochami se v této variantě pak nachází prostor o přibližné rozloze 130 m² pro stacionární montáž. Zbylá plocha je určena pro montáž sloupů pro zakladače skupiny S.

Výhodou takto navrženého uspořádání je, že obě části předmontáže zůstávají v podstatě nedotčeny s tím rozdílem, že 2. část předmontáže má přesně vymezené hranice. Oproti návrhu A je transport těžkých strojů ze stacionární montáže do místa expedice mnohem rychlejší a bezpečnější, a navíc nedochází k protiproudu materiálového toku. Jelikož jsou rozlohy ploch liniové a stacionární montáže téměř totožné jako u návrhu A, je zajištěno, že navržené rozměry zón pro tyto dva montážní způsoby jsou dostačující i pro splnění kapacitních požadavků zákazníků.

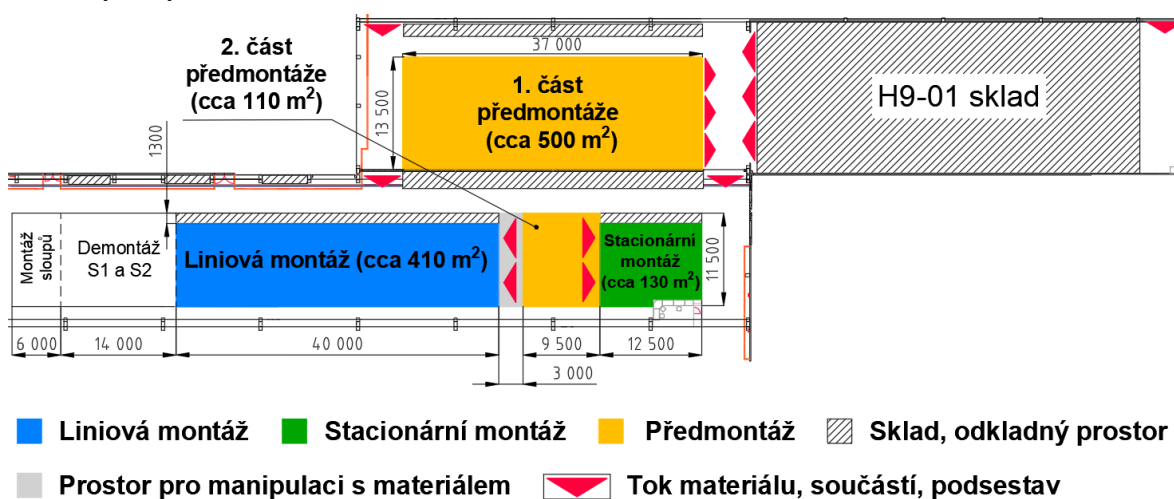
Za hlavní nevýhodu tohoto návrhu lze považovat vysoké investiční náklady. Současný počet jeřábů by nedostačoval potřebám jednotlivých montážních stanovišť, a proto bude nutné dokoupit dva pětitonové mostové jeřáby. Jako další nevýhodu lze zmínit dojem neuspořádanosti, který vzniká na základě faktu, že stacionární a liniová montáž probíhá v jedné části lodi.



Obr. 67 Návrh rozmístění montáže – varianta B.

5.6.3 Varianta C

Posledním návrhem rozložení montážního procesu je varianta C, která je modifikací varianty B. Stacionární a liniová montáž jsou také umístěny ve čtvrté části haly s tím rozdílem, že v tomto návrhu je stacionární montáž umístěna do přední části, z čehož plynou určité výhody, ale i nevýhody.



Obr. 68 Návrh rozmístění montáže – varianta C.

Z výše uvedených možností disponuje tento návrh nejlepším materiálovým tokem, a to díky strategickým umístěním 2. části předmontáže mezi stacionární a liniovou montáží. Jedny z nejvíce vratkých podsestav na transport, tj. HB jsou tak montovány v blízkosti obou montážních pracovišť. Mezi další výhody takto navrženého uspořádání patří lepší průchodnost hotových strojů z liniové montáže do expedice, neboť zde nemusí být brány ohledy na „překážející“ stacionární montáž, tak jak u varianty B.

Nevýhodou je na druhou stranu složitější přeprava hotových strojů ze stacionární montáže do expedice, neboť v tomto případě brání plynulé přepravě liniová montáž. Tato nevýhoda je nicméně vzhledem k zákazníkem týdně požadovanému množství zanedbána, protože by se expedoval v pouze jeden stroj za týden. Další výhody a nevýhody jsou téměř totožné s návrhem B a nejsou zde již dále rozebírány.

5.7 Výběr nejvhodnější varianty

Pro výběr nejvhodnější varianty rozvržení montážních pracovišť byly definovány tři základní skupiny kritérií, kterým byly v souladu s požadavky firmy přiřazeny procentuální váhy. V každé skupině pak byla definována dvě nezávislá kritéria a metodou postupného rozvržení vah pak stanoveny individuální váhy těchto kritérií, viz Tab. 14.

Jako první a nejdůležitější skupina byla zvolena bezpečnostní kritéria, do kterých spadá složitost transportu hotových zakladačů k expedici a bezpečnost manipulace hlavně s velkými podsestavami (HW a FW). Další skupinou jsou ekonomická kritéria, kdy byly brány v úvahu investiční náklady a náročnost realizace spjatá s reorganizací pracovišť. Poslední skupinou jsou výrobní kritéria, která posuzují uspořádání linky a tok materiálu. Výše zmíněná kritéria jsou blíže specifikována v separátní tabulce, viz Tab. 15. Plnění daného kritéria každé z variant bylo ohodnoceno body v rozsahu 1 až 5. Čím vyšší číslo, tím definované kritérium vyhovuje požadavkům lépe a naopak.

Tab. 14 Kritéria a jejich váhy pro výběr nejvhodnější varianty.

Skupina kritérií [%]	Váha skupiny [%]	Kritérium	Váha kritéria ve skupině [%]	Individuální váha kritéria v souboru [%]
Bezpečnost	50	Expedice hotových strojů	60	30
		Manipulace s materiálem	40	20
Ekonomické	30	Investiční náklady	70	21
		Náročnost realizace	30	9
Výrobní	20	Tok materiálu	60	12
		Rozvržení linky	40	8

Tab. 15 Popis vybraných kritérií.

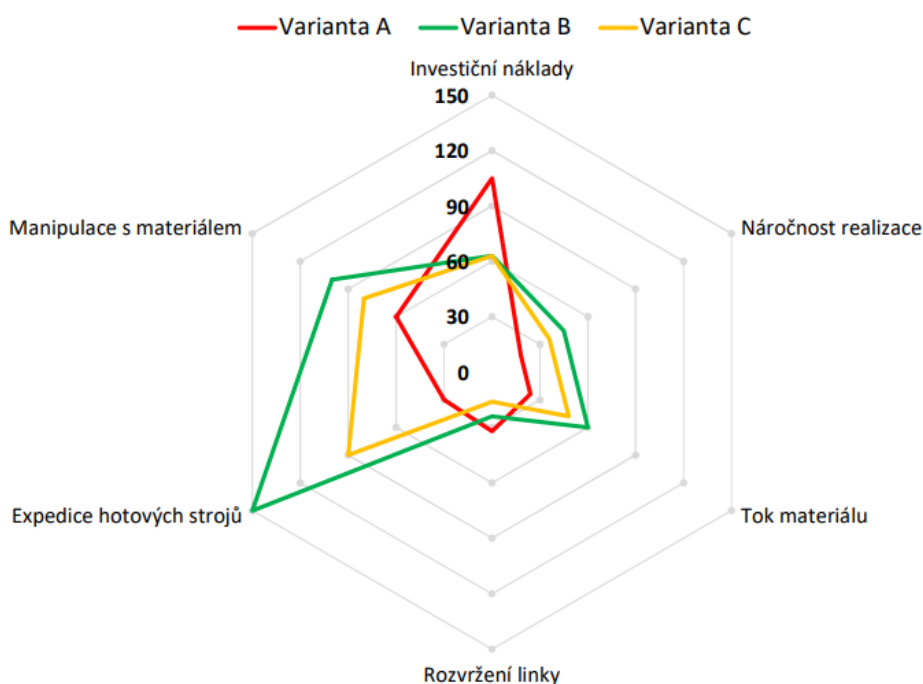
Číslo kritéria	Kritérium	Definice kritéria
1	Expedice hotových strojů	Bezpečnost a složitost transportu strojů do místa expedice.
2	Manipulace s materiálem	Bezpečnost manipulace s materiálem a částmi strojů při výrobě.
3	Investiční náklady	Co nejnižší náklady na realizaci řešení.
4	Náročnost realizace	Přesuny a reorganizace pracovišť.
5	Tok materiálu	Složitost a délka transportu materiálu a podsestav.
6	Rozvržení linky	Vhodnost a dojem z upořádání obou způsobů montáže.

Přirazené body plnění jednotlivých kritérií pro každou z navržených variant bylo dále vynásobeno jejich individuální váhou, viz Tab. 16. Součet takto získaných bodů u každé varianty vyjadřuje její vhodnost. Čím vyšší počet bodů, tím lépe navržená varianta plní celkový soubor daných kritérií.

Tab. 16 Plnění kritérií jednotlivých návrhů možností uspořádání montáže.

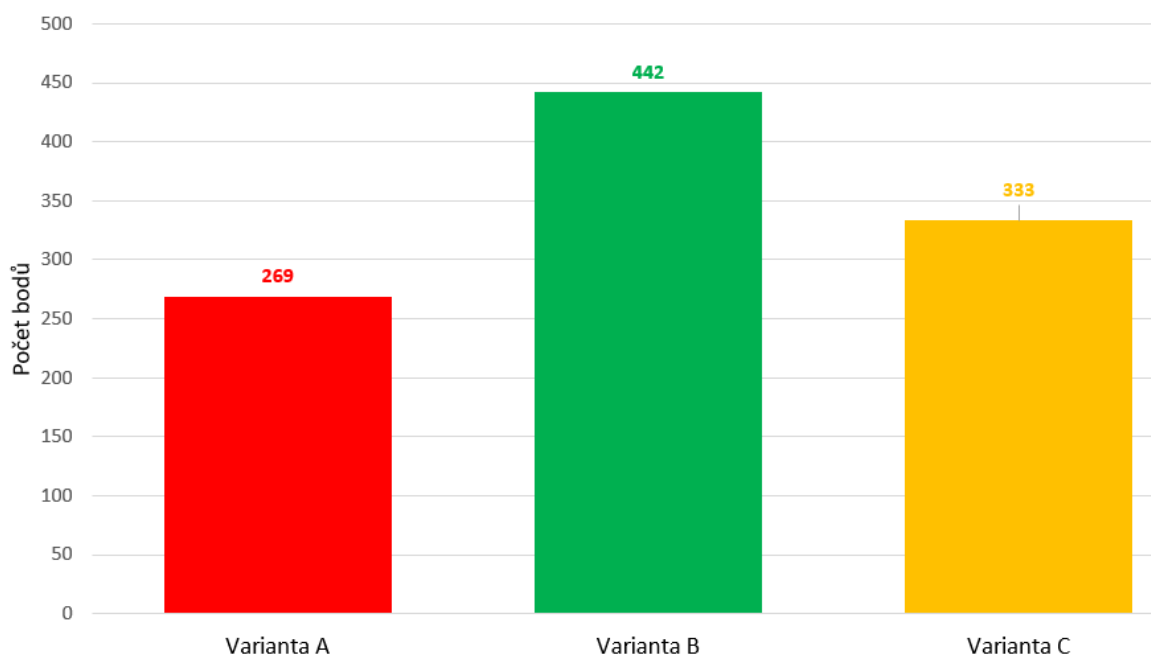
Kritérium	Váha	Návrhy možností uspořádání montáže					
		Varianta A		Varianta B		Varianta C	
		Plnění kritéria	Body	Plnění kritéria	Body	Plnění kritéria	Body
Expedice hotových strojů	30	1	30	5	150	3	90
Manipulace s materiálem	20	3	60	5	100	4	80
Investiční náklady	21	5	105	3	63	3	63
Náročnost realizace	9	2	18	5	45	4	36
Tok materiálu	12	2	24	5	60	4	48
Rozvržení linky	8	4	32	3	24	2	16
Celkový počet bodů jednotlivých variant		269		442		333	

Plnění kritérií jednotlivých návrhů možností uspořádání montáže je taktéž pro lepší představu graficky znázorněno na paprskovém diagramu, viz Obr. 69. Varianta, která nejlépe splňuje všech šest kritérií, je taková, jejíž plocha má největší obsah.



Obr. 69 Grafické znázornění plnění kritérií jednotlivých variant.

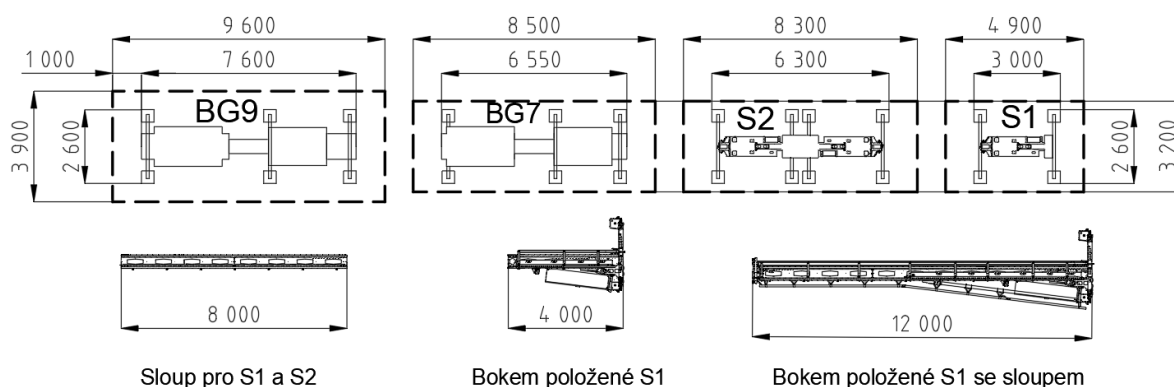
Z tabulky a grafu výše (Tab. 16 a Obr. 69) je patrné, že nejvhodnější návrh možností uspořádání montáže je varianta B (zelená), která získala 442 bodů. Na druhé příčce se s 333 body umístila její modifikovaná verze varianta C (oranžová) a poslední místo s nejmenší počtem bodů (269) obsadila varianta A (červená). Porovnání celkového hodnocení jednotlivých variant je graficky znázorněné na Obr. 70.



Obr. 70 Porovnání celkového hodnocení jednotlivých variant.

5.8 Vybraná varianta B

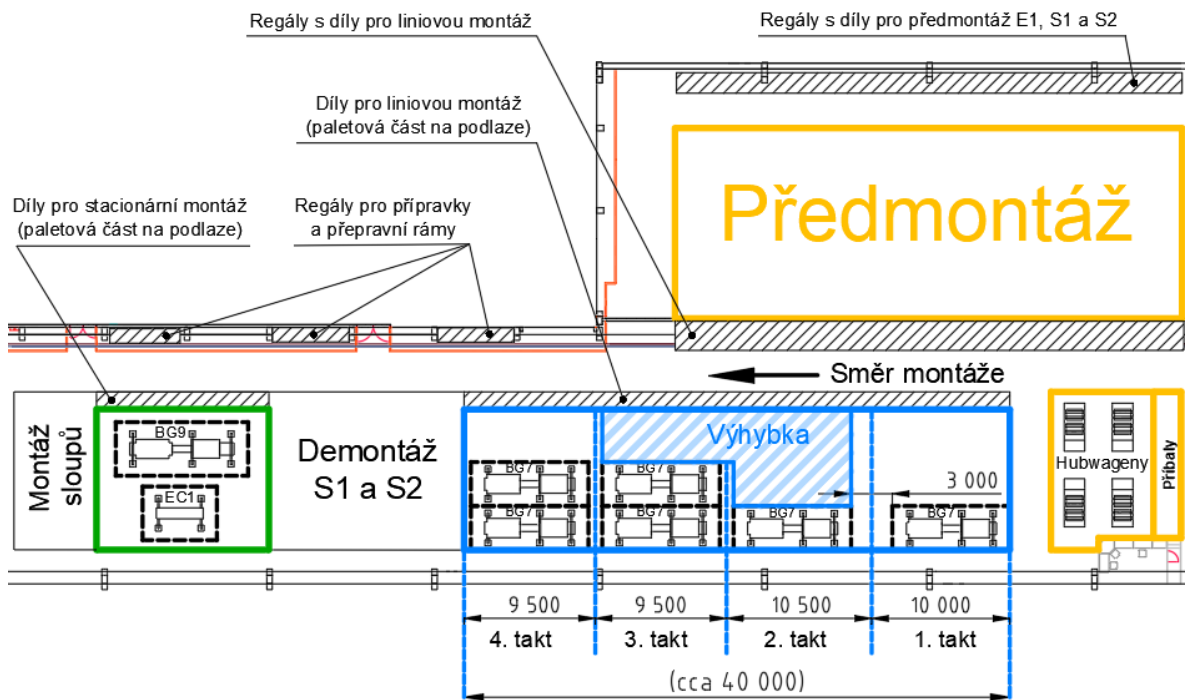
Tato část práce již podrobně popisuje zvolené uspořádání montážních procesů, a to především rozložení taktů liniové montáže a disponibilní prostor stacionární montáže. Vzhledem k tomu, že se na montážní lince budou vyrábět různé velikosti regálových zakladačů, je prostor pro jednotlivé montážní taktky navržen na nejhorší možný scénář, tj. na nejrozměrnější stroje. Stejným způsobem jsou také navrženy prostory pro stacionární montáž, demontáž a montáž sloupů. U linkových produktů je největším strojem zakladač E1 ve velikosti BG7, u nelinkových výrobků je tímto představitelem zakladač typu E1 ve velikosti BG9. Pro představu a rozměrové srovnání je v layoutu dále zmíněn také např. regálový zakladač typu EC1, nebo různé úhly pohledů na zakladače skupiny S. Všechny tyto stroje jsou navíc v layoutu ohraničeny černým obdélníkem, který vymezuje okolní pracovní prostor schválený bezpečnostním technikem. Za účelem větší srozumitelnosti a lepším povědomím strojů, znázorněných v každém z layoutů byla vytvořena následující legenda, viz Obr. 71.



Obr. 71 Rozměry uvedených strojů v layoutu.

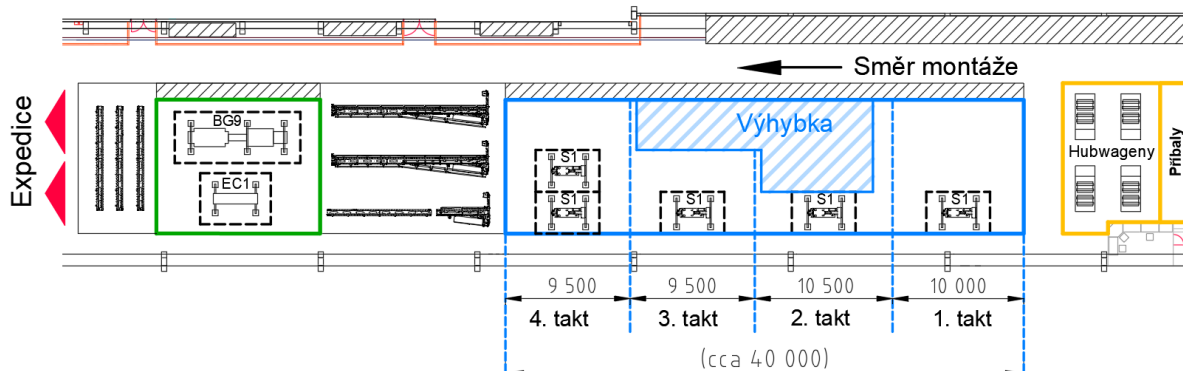
Na následujícím Obr. 72 je náhled vybraného rozvržení třetí, a především čtvrté části haly společně s popisem jednotlivých odkladných prostor či regálů. Ve druhé části předmontáže (oranžová) je plocha vymezena pro předmontáž čtyř největších HB a pro přípravu příbalů k jednotlivým zakladačům.

Hlavní záměr je v tomto layoutu kladen na liniovou montáž a její jednotlivé taktů, ve kterých jsou v tomto případě umístěny regálové zakladače typu E1 ve velikostech BG7. Délka prvních dvou taktů je 10 500 mm, což je o 1 000 mm více než délka třetího a čtvrtého taktů. Hlavním důvodem takto navržených rozměrů je maximální vzájemné přiblížení dvou jeřábů, jejichž problematika bude dále rozebrána v podkapitole 5.8.1. Součástí návrhu je taktéž nouzová zóna, tzv. výhybka, které bude taktéž věnována samostatná podkapitola, viz 5.8.2. Je nutné podotknout, že tento stav rozvržení odpovídá pouze situaci, kdy v lince jsou montovány pouze zakladače typu E1, a proto plochy pro montáž sloupů a demontáž zakladačů typu S1 a S2 jsou prázdné.

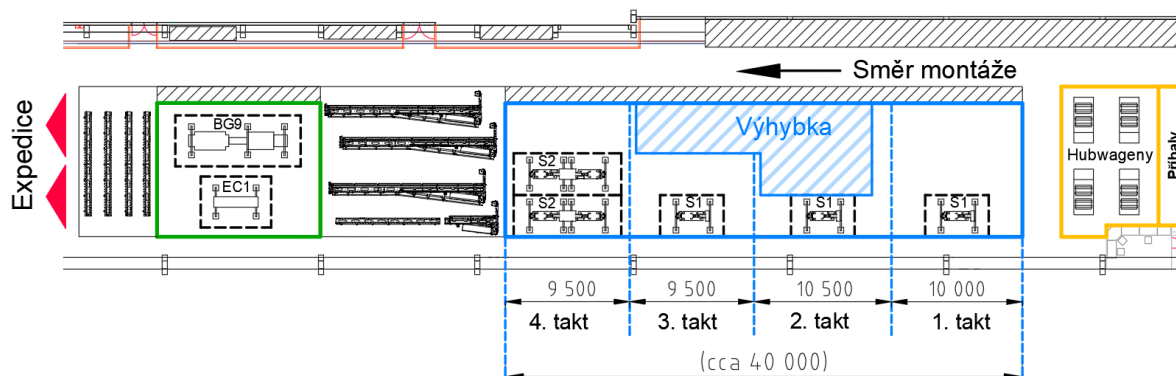


Obr. 72 Detailní rozvržení zakladačů E1 v liniové montáži.

Na Obr. 73 je podrobné rozvržení liniové montáže, ve které probíhá montáž pouze zakladačů typu S1. Oproti předchozí situaci jsou již prostory pro montáž sloupů a demontáž regálových zakladačů typu S1 a S2 využity. Dále si lze povšimnout, že ve 3. taktu při montáži zakladačů typu S1 je oproti montáži E1 o jeden stroj méně, což odpovídá skutečností zjištěným v podkapitole 5.5 a bylo ověřeno simulací. Ke stejnému jevu dochází i při montáži regálových zakladačů typu S2, jejichž podrobné rozvržení v liniové montáži je pro představu vyobrazené na Obr. 74. Volné „bílé“ místo ve 4. taktu každého layoutu je zaplněno dalším strojem v případě, že probíhá např. montáž při kombinaci 2 kusů zakladačů E1 a S1 za sebou.



Obr. 73 Detailní rozvržení zakladačů S1 v liniové montáži.



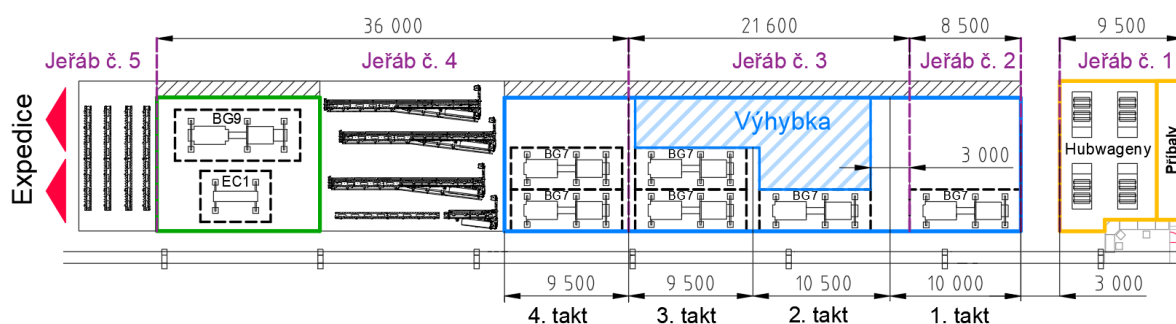
Obr. 74 Detailní rozvržení zakladačů S2 v liniové montáži.

5.8.1 Nové rozmístění jeřábů ve čtvrté části haly

Implementace nového rozvržení montážních procesů vyžaduje ke správnému fungování i reorganizaci a doplnění počtu mostových jeřábů. S výběrem varianty B je na tento podnik nutné zakoupit 2 ks této přepravní techniky. Čtvrtá část haly by tak disponovala čtyřmi pětitonovými jeřáby pro montáž a jedním expedičním osmitunovým jeřábem. Za účelem logického přiřazení jeřábů jednotlivým montážním procesům bylo nutné udělat rozbor jejich časového využití, viz Tab. 17. Míra využití je v této tabulce specifikována třemi úrovněmi. Vysoká využitelnost jeřábu znamená, že dané místo využití ho potřebuje téměř celou směnu, zatímco nízká využitelnost představuje použití jeřábu po dobu maximálně 3 hodin za směnu. Navrženou liniovou montáž, jak lze vyčíst z Tab. 17, by „obsluhovaly“ 2 pětitonové mostové jeřáby. Jednotlivé rozměry montážních taktů jsou navrženy tak, aby mezera mezi stroji byla vždy minimálně 3 000 mm, neboť právě tato hodnota představuje maximální vzájemné přiblížení dvou mostových jeřábů. Fialově vymezené délky pojezdů jeřábů a mezery mezi stroji jsou vyobrazené na následujícím schématu, viz Obr. 75.

Tab. 17 Míra využitelnosti jeřábů pro jednotlivé montážní procesy.

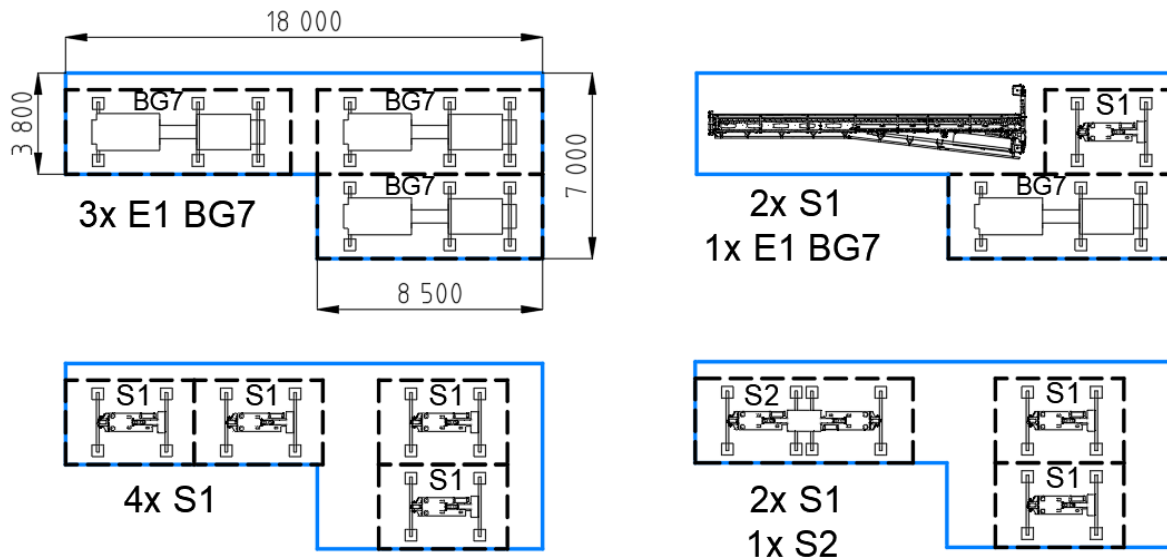
Místa využití	Číslo jeřábu	Využitelnost jeřábu
První část předmontáže	č. 1	vysoká
Liniová montáž	1. takt	vysoká
	2. takt	nízká
	3. takt	
	4. takt	žádná
Demontáž	č. 4	nízká
Stacionární montáž		vysoká
Expedice	č. 5	vysoká



Obr. 75 Vymezené délky pojezdů mostových jeřábů (fialová).

5.8.2 Nouzová zóna (tzv. výhybka)

Jak již bylo v práci zmíněno, součástí návrhu liniové montáže je nouzová zóna, tzv. výhybka. Jedná se o vyhrazený prostor pro linkové stroje, který se využije v případě vzniku potíží během jejich montáže (chybějící interní či nakupovaný díl, opravná zakázka apod.). Díky tomuto opatření se při výskytu problému stroj odsune do výhybky a průchodnost liniové montáže bude nadále zachována. Výhybka byla strategicky umístěna do části 2. a 3. taktu, neboť při běžné situaci má jeřáb č. 3 v těchto taktech nízké využití (viz Tab. 17) a tudíž může být použit pro montáž strojů v této zóně. Následující schéma (Obr. 76) znázorňuje rozměry výhybky, ve které jsou pro představu umístěny vybrané kombinace linkových strojů.

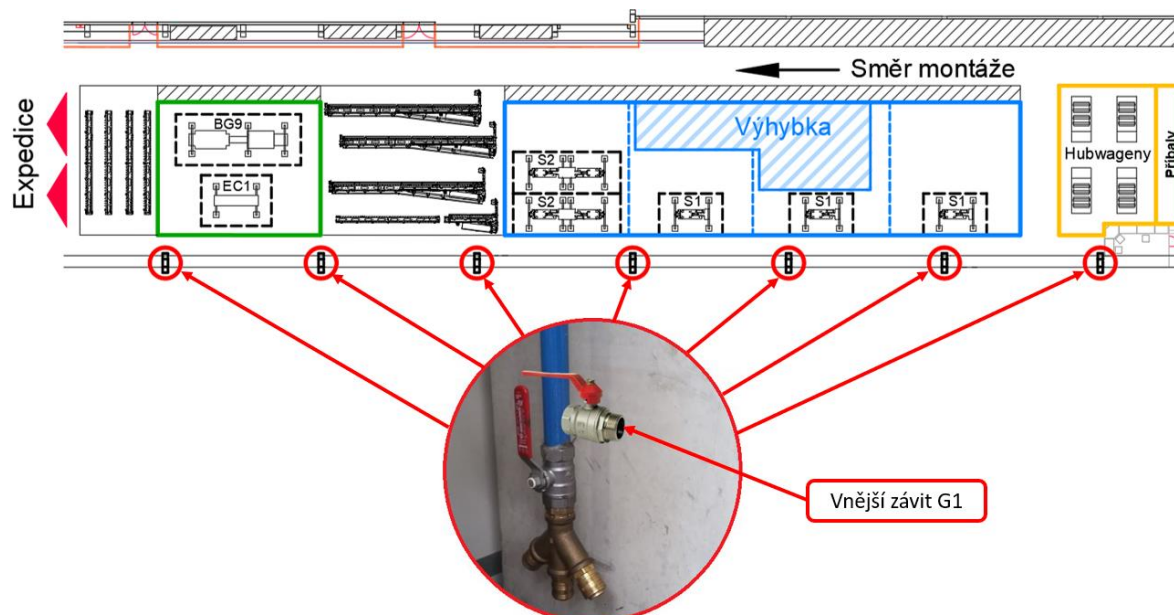


Obr. 76 Rozměry výhybky a jednotlivé kombinace umístění linkových produktů.

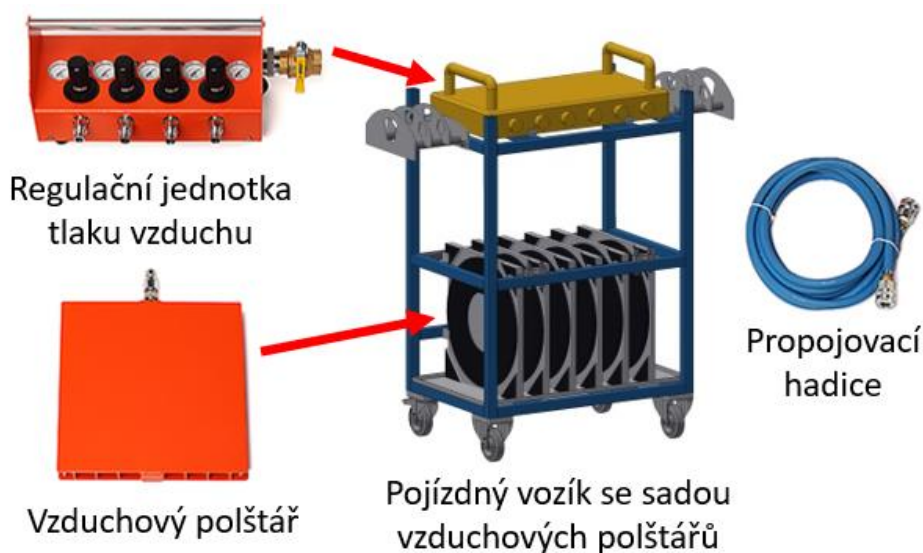
5.8.3 Vzduchové polštáře

Pro přesun strojů mezi jednotlivými takty byly vybrány tzv. vzduchové polštáře, jež využívají efektu klouzání po vrstvě proudícího vzduchu. Jejich princip spočívá v přivádění tlakového vzduchu za pomoci hadic od kompresoru do vnitřních prostor vzduchových polštářů [40]. Vnitřní prostor těchto polštářů je tvořen pevnou deskou, která je oporou pružné kruhové membrány. Jakmile dojde k nafouknutí jejich vnitřních prostor, polštáře přizvednou břemeno. Zvyšováním tlaku přiváděného vzduchu dojde k unikání vzduchu mezi polštářem a podlahou, díky čemuž se vytvoří přibližně 0,1 mm tenký film [40]. Vzduchové polštáře tak nepřicházejí do kontaktu s podlahou a nezanechávají na ní žádné stopy. Po vzduchové vrstvě je pak možné regálový zakladač přemísťovat s minimálním třením, a to přibližně s násobkem 0,001 hmotnosti [40]. Díky tomu dokáže jeden člověk bez problémů pohybovat minimálně s pětitonovým strojem. Při pohybu nedochází ani k rozvíření prachu, neboť vzduch, který pod tlakem 1–4 bary vystupuje z polštáře, ztrácí rychle svoji energii [40].

Pro použití vzduchových polštářů je důležité, aby čtvrtá část haly splňovala určité podmínky. Jedná se o nepropustnost a minimální drsnost podlahy a vhodné rozmístění vzduchových přípojek pro hlavní přívod vzduchu. Čtvrtá část haly těmto podmínkám zcela vyhovuje. Vzduchové přípojky se nacházejí na jednotlivých bočních sloupech čtvrté části haly a jejich rozmístění je znázorněné na Obr. 77. Vybraná společnost disponuje celkem čtyřmi sadami této transportní techniky, což je pro 4 takty dostačující množství. Pro každý takt je tak k dispozici vozík s jednou sadou, která kromě 6 ks vzduchových polštářů dále obsahuje regulační jednotku tlaku vzduchu a propojovací hadice, viz Obr. 78.

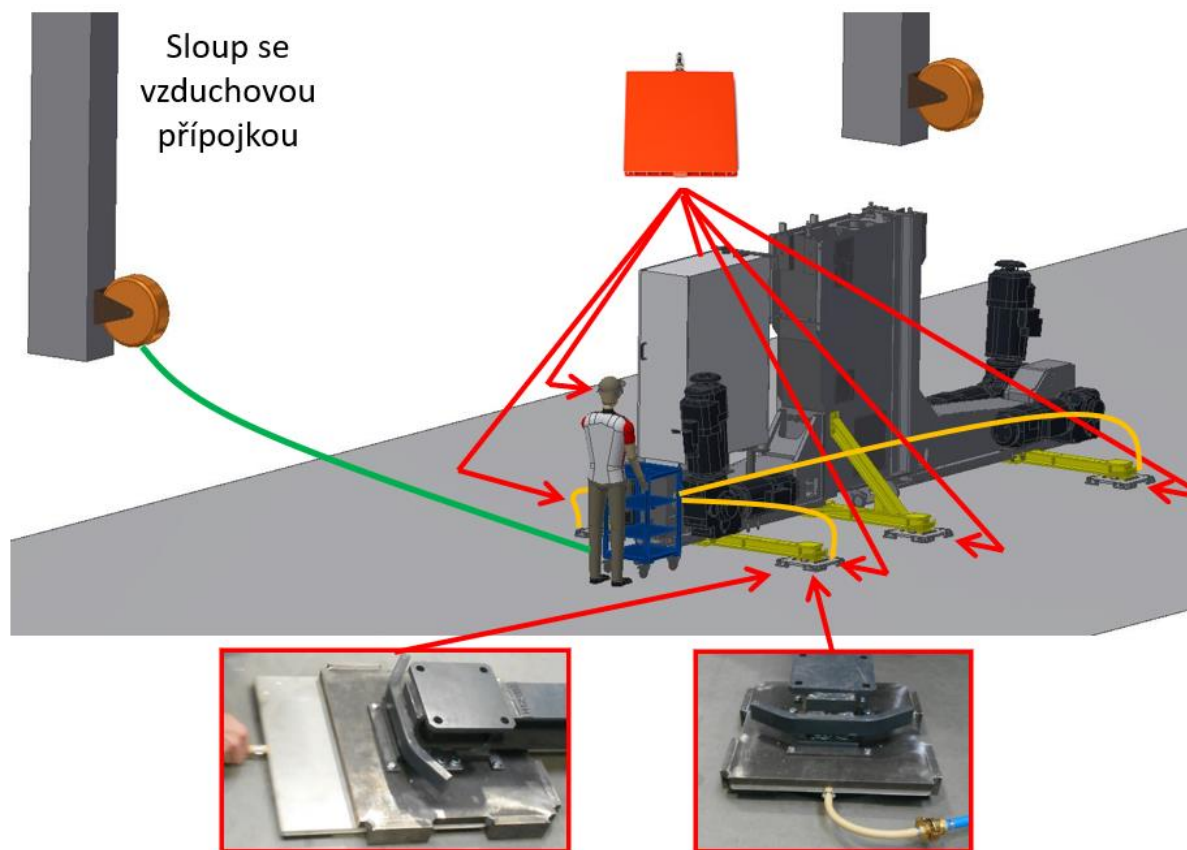


Obr. 77 Rozmístění vzduchových přípojek.



Obr. 78 Pojízdný vozík se sadou vzduchových polštářů – podle [41].

Instalace (viz Obr. 79) vzduchových polštářů je jednoduchá a rychlá. Vzduchové polštáře se pod regálové zakladače nasunou do speciálně uzpůsobených kapes přípravků pro stání. V další fázi se polštáře hadicemi propojí s regulační jednotkou a ta se následně ustanoví na pojízdný vozík. V posledním kroku se regulační jednotka napojí hadicí na hlavní přívod vzduchu a pojízdný vozík se připojí háčkem ke stroji. Důležité je také zmínit, že regálové zakladače skupiny S vyžadují pro přesun pouze 4 ks vzduchových polštářů, kdežto zakladače typu E1 jich požadují o 2 ks více.



Obr. 79 Instalace vzduchových polštářů pod regálový zakladač typu E1 – podle [41].

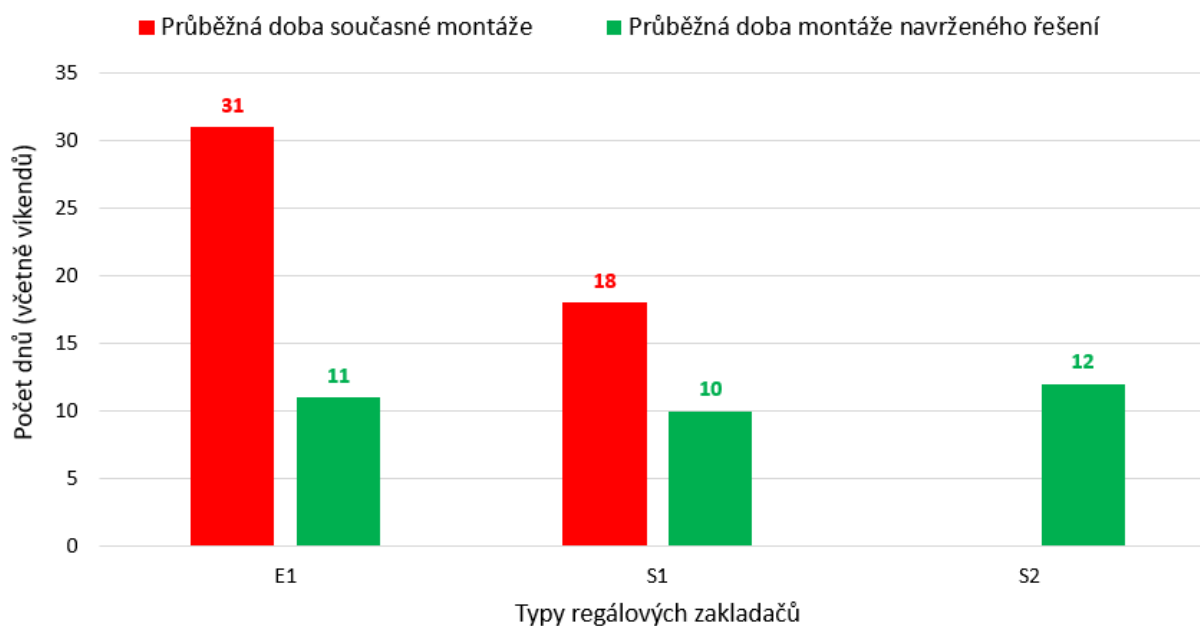
6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Přestože technicko-ekonomické zhodnocení není součástí cílů práce, je vhodné vyhodnotit přínosy nově koncipovaného rozvržení montážního procesu. Pro tento účel bylo provedeno srovnání efektivity současného montážního procesu s navrženým řešením, a to pomocí vybraných charakteristik procesu.

První srovnávaná metrika výchozího a navrženého montážního způsobu je průběžná doba montáže ve čtvrté části haly, tj. doba od začátku montáže po datum, kdy je zakladač připraven k expedici. Součástí této doby proto je i doba předmontáže HB zakladačů E1, která trvá v průměru 3 dny. Srovnání současného a navrženého řešení montážního procesu vyjadřuje následujících Tab. 18 a graf na Obr. 80. Průběžná doba současného způsobu montáže zakladačů E1 a S1 vychází ze získaných dat ze speciálního sběrného formuláře, které jsou vyhodnoceny v podkapitole 4.2.1. Jak již bylo zmíněno, v monitorovaném období se bohužel nemontovaly zakladače typu S2, a tudíž jejich výchozí průběžná doba montáže je neznámá. Jednotlivé časy průběžné doby montáže zakladačů navrženého řešení vyplývají z Tab. 6, ke kterým jsou navíc přičteny víkendy.

Tab. 18 Srovnání průběžné doby současného a navrženého montážního způsobu.

Typy zakladačů	Současná průběžná doba montáže (dny včetně víkendů)	Průběžná doba montáže navrženého řešení (dny včetně víkendů)
E1	31	11
S1	18	10
S2		12



Obr. 80 Grafické znázornění srovnání průběžné doby montáže současného a navrženého řešení.

Z výše uvedeného grafu lze vyvodit, že průběžná doba montáže regálového zakladače typu E1 se při realizaci návrhu zkrátí téměř na třetinu. K redukci průběžné doby montáže taktéž dojde u zakladače typu S1, a to skoro o polovinu původní hodnoty.

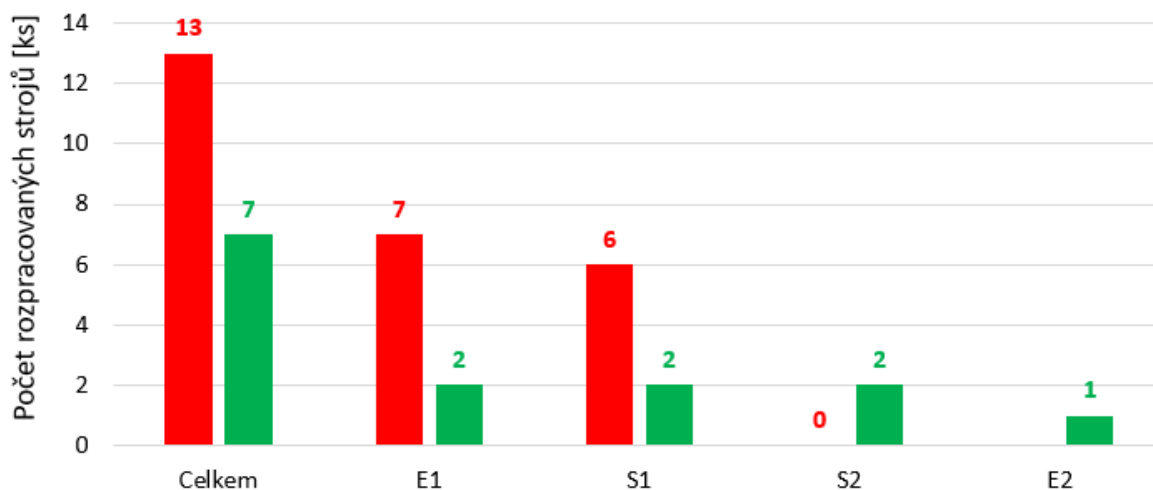
Pro další srovnání výchozího a navrženého řešení byla vybrána míra rozpracovanosti strojů (viz Tab. 19 a graf na Obr. 81), jelikož tato charakteristika procesu představuje pro společnost značné náklady. Pro lepší představu tohoto negativního jevu byly počty jednotlivých strojů na montážní ploše vyjádřeny v korunách. Maximální počet rozpracovaných strojů stávajícího

montážního způsobu je již známý z předchozího textu, viz 4.2.3, a jedná se o 13 strojů (7 zakladačů typu E1 a 6 zakladačů typu S1). Za účelem zjištění míry rozpracovanosti nového návrhu rozvržení montážních pracovišť bylo nutné brát v úvahu maximální počet rozpracovaných strojů jak v liniové, tak stacionární montáži. Pro stanovení tohoto počtu v liniové montáži byla využita simulace jednotlivých kombinací (viz oddíl 5.5). Po přepočtení strojů na Kč se jeví jako nejnákladnější kombinace třech typů zakladačů, a to v následujícím pořadí a počtu: 2 ks S2 + 2 ks S1 + 2 ks E1, viz Obr. 64. Ve stacionární montáži bude dle návrhu rozpracován vždy jen jeden stroj. Pro srovnávací účely byl vybrán nejnákladnější zakladač E2. Celkový maximální počet rozpracovaných strojů v navrženém řešení je sedm.

Tab. 19 Srovnání počtu rozpracovaných strojů v současném a navrženém uspořádání montážních pracovišť

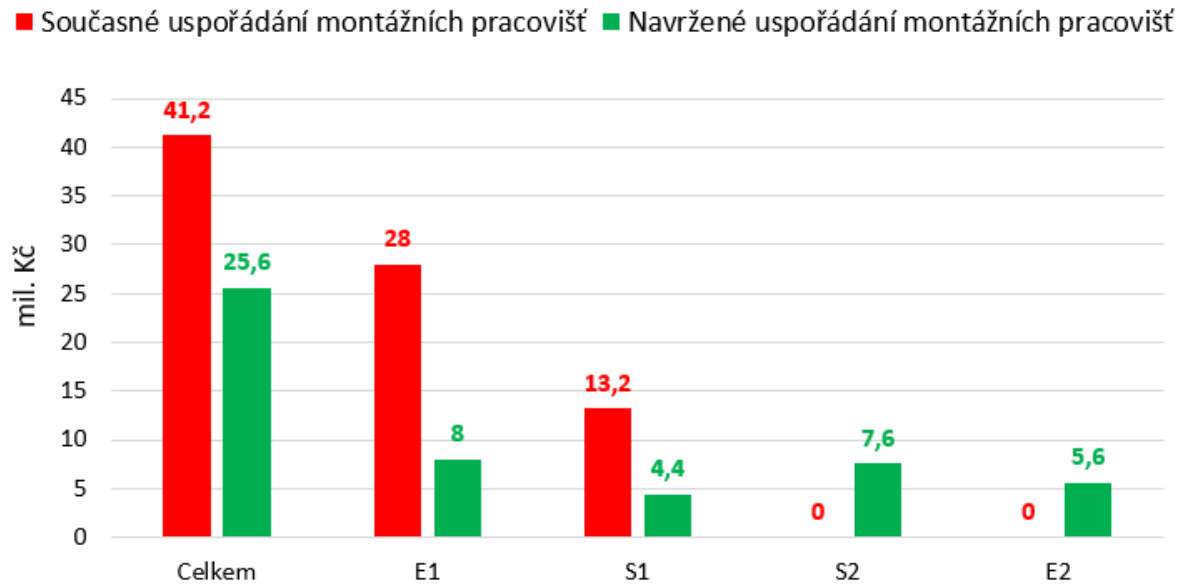
Typy zakladačů	Přibližná cena stroje [mil. Kč/ks]	Současné uspořádání montážních pracovišť		Navržené uspořádání montážních pracovišť	
		Max. počet rozpracovaných strojů [ks]	Přepočet na Kč [mil. Kč]	Max. počet rozpracovaných strojů [ks]	Přepočet na Kč [mil. Kč]
E1	4	7	28	2	8
S1	2,2	6	13,2	2	4,4
S2	3,8	0	0	2	7,6
E2	5,6	0	0	1	5,6
Celkem		13	41,2	7	25,6

■ Současné uspořádání montážních pracovišť ■ Navržené uspořádání montážních pracovišť



Obr. 81 Grafické znázornění maximálního počtu rozpracovaných strojů současného a navrženého uspořádání montážních pracovišť.

Implementace nově navrženého montážního způsobu a uspořádání montážních pracovišť by vybrané společnosti značně snížila počet rozpracovaných strojů na montážní ploše a to téměř o polovinu. Díky tomu firma ušetří nejen montážní plochu, ale také náklady. Rozpracovanost ve čtvrté části haly v přepočtu na Kč klesne z původních 41,2 mil. Kč na 25,6 mil. Kč, což činí úsporu úsporu asi 40 %, viz Obr. 82.



Obr. 82 Grafické znázornění rozpracovanosti v současném a navrženém uspořádání montážních pracovišť v přepočtu na Kč.

ZÁVĚR

Hlavní náplní této diplomové práce byl návrh inovovaného montážního procesu regálových zakladačů ve výrobní společnosti, díky kterému by se navýšila výrobní kapacita, snížila rozpracovanost a zlepšila plynulost montážního toku.

V úvodní části práce byl představen výrobní podnik a jeho produktové portfolio, kde byly blíže popsány montované typy regálových zakladačů. V rámci teoretické části práce byla provedena rešerše výrobních systémů a byly zpracovány informace související s tématem montáže, jejím členěním a organizací. Důraz byl kladen na sepsání výhod a nevýhod jednotlivých montážních způsobů.

V první polovině praktické části práce byla provedena analýza současného způsobu montáže a byly zmapovány její stávající podmínky. Na základě toho byly stanoveny a vyhodnoceny následující základní ukazatele procesu:

- v současnosti probíhá montáž stacionárně,
- průměrná průběžná doba montáže sledovaných zakladačů E1 a S1 byla 31 a 18 dní,
- průměrný počet vyrobených zakladačů E1 a S1 za týden byl 3,5 ks (kolísání 0 ÷ 7 zakladačů),
- průměrný počet rozpracovaných strojů na montážní ploše byl 10 ks (6 ks E1 a 4 ks S1),
- průměrná doba čekání jednoho zakladače na montáž byla u E1 3,75 směny a u S1 3,8 směny,
- počet vad na 1 stroj byl u typu E1 1,02 vady a u typu S1 0,85 vady.

Závěr praktické části byl věnován návrhu nového konceptu montážního procesu, který je založen na principech liniové (taktované) výroby. U tohoto typu montáže je výrobek montován postupně na několika pracovištích, mezi kterými se montované podsestavy posouvají dle technologického a časového sledu. Při navrhování bylo postupováno následovně:

- na základě podobnosti montážních operací byly vybrány vhodné typy zakladačů do liniové montáže, kterými jsou E1, S1 a S2,
- montáž zbylých zakladačů, typ E1 (BG8–BG9), EC1 a R2 bude probíhat stejným způsobem jako dosud (stacionární rozčleněná montáž),
- byla stanovena doba taktu zákazníka (7,3 hod./ks) a plánovaná doba cyklu (6,8 hod./ks).
- byla provedena analýza stávajícího montážního postupu regálových zakladačů,
- byla zjištěna celková doba finální montáže při současném způsobu montáže, která je u E1 105 Nh (6 dní), u S1 105 Nh (8 dní) a u S2 202,5 Nh (10 dní),
- na základě zjištěných skutečností a výpočtů byl proveden návrh uspořádání operací a potřebného počtu pracovníků,
- funkčnost návrhu operací byla ověřena simulací v programu *MS Power Point* a bylo potvrzeno, že montáž bude probíhat ve čtyřech taktech,
- byly navrženy tři možné varianty uspořádání montážních procesů a jejich náležitosti,
- na základě vícekritériálního hodnocení byla vybrána jako nejvhodnější varianta B, která byla podrobněji popsána.

Jestliže firma předložený návrh nového konceptu montážního procesu zrealizuje, dosáhne lepší kvality a kontroly nad výrobky. Vybranými přínosy navrženého řešení jsou:

- průměrná průběžná doba montáže regálového zakladače typu E1 se zkrátí téměř na třetinu (ze 31 na 11 dní),
- průměrná průběžná doba montáže regálového zakladače typu S1 se zkrátí téměř o polovinu původní hodnoty (z 18 na 10 dní),
- týdenní počet vyrobených zakladačů se zvýší z původních 3,5 ks na cca 5 ks (závisí na kombinaci montovaných strojů, viz výsledky ze simulace Tab. 9),
- kolísání týdenního počtu smontovaných regálových zakladačů klesne na $0 \div 2$,
- omezí se maximální počet rozpracovaných strojů na montážní ploše z původních 13 ks na 7 ks, čímž dojde ke snížení nákladů z původních 41,2 mil. Kč na 25,6 mil. Kč.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Copacol will inaugurate several new fully automated facilities in Brazil. Mecalux [online]. Birmingham: Mecalux, c2022 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.mecalux.co.uk/news/automated-warehouses-copacol-brazil>
 2. Vysokopodlažní regálová sila: Galler vysokopodlažní sklad – paletové regály jako regálová sila. Galler [online]. Kulmbach: GALLER Lager- und Regaltechnik, c2022 [cit. 2022-02-20]. Dostupné z: <https://www.galler.de/cz/produkty/vysokopodlazni-regalova-sila>
 3. VANĚČEK, D. *Logistika*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2008. ISBN 978-80-7394085-0.
 4. STACKER CRANE: AUTOMATED AND OPTIMIZED STORAGE. Ats-group [online]. Mulhouse: ATS Group [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.ats-group.com/EN/product-solutions/products/stacker-crane.html>
 5. ARNOLD, Dieter, Heinz ISERMANN, Axel KUHN, Horst TEMPELMEIER a Kai FURMANS, ed. *Handbuch Logistik* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008 [cit. 2022-03-18]. VDI-Buch. ISBN 978-3-540-72928-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-540-72929-7
 6. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
 7. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
 8. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.
 9. ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01302-2.
 10. GROOVER, Mikell P. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. 4th ed. Upper Saddle River: Pearson, c2015. ISBN 978-0-13-349961-2.
 11. TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
 12. PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2773-5.
 13. PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Technologie obrábění v příkladech: 3 montáž*. Ostrava: Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2013. ISBN 978-80-248-3014-8.
 14. ŘASA, Jaroslav, Václav HANĚK a Jindřich KAFKA. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže*. Praha: Scientia, 2003. ISBN 978-80-7183-284-3.
 15. DUŠÁK, Karel. *Technologie montáže: základy*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-906-6.
 16. FRINTA, Jan. *Navrhování montáže*. Educom [online]. Liberec [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: [http://educom.tul.cz/educom/inovace/PVS/VY_03_020-navrhov%C3%A1n%C3%AD%20mont%C3%A1%C5%BEe%20\(z%C3%A1kladn%C3%AD%20p%C5%99%C3%ADstupy-uspo%C5%99%C3%A1d%C3%A1n%C3%AD\)_MZ_4.pdf](http://educom.tul.cz/educom/inovace/PVS/VY_03_020-navrhov%C3%A1n%C3%AD%20mont%C3%A1%C5%BEe%20(z%C3%A1kladn%C3%AD%20p%C5%99%C3%ADstupy-uspo%C5%99%C3%A1d%C3%A1n%C3%AD)_MZ_4.pdf)
-

-
17. Assembly line design and optimization: Restructuring and balancing of the bus pre-assembly line at MANNutzfahrzeuge AG Ankara factory [online]. Švédsko, 2009 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: https://www.proplanner.com/media/cms/ArtunTorenli_Thesis_MAN_Public_41372EB3DF63E.pdf. Master of Science Thesis. Chalmers University of Technology.
 18. Pre-assembly. ALDERS [online]. Kempen: ALDERS [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://alders.de/en/alders-explains/pre-assembly/>
 19. *Systém tahu ve výrobním prostředí*. Brno: SC&C Partner, 2008. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-0-3.
 20. ROTHER, Mike. *Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*. Přeložil Martin ŠIKÝŘ. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-0435-2.
 21. JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
 22. LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Praha: Management Press, 2007. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
 23. CO JE ŠTÍHLÁ VÝROBA. Štíhlá výroba [online]. Praha: Enprag, c2021 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://stihlavyroba.eu/stihla-vyroba/s-29/>
 24. WILSON, Lonnie. *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill, c2010. ISBN 978-0-07-162507-4.
 25. SHINGO, Shigeo. *Study of the Toyota Production System*. Cambridge: Taylor & Francis, 1989. ISBN 0915299178.
 26. PANWAR, Avinash, Bimal P. NEPAL, Rakesh JAIN a Ajay Pal Singh RATHORE. On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control* [online]. 2014, 26(7), 564-587 [cit. 2022-02-23]. ISSN 0953-7287. Dostupné z: doi:10.1080/09537287.2014.936532
 27. What is Lean Manufacturing?. Planview [online]. California: Planview, c2022 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://www.planview.com/resources/guide/what-is-lean-manufacturing/>
 28. ŠTÍHLÁ VÝROBA A LOGISTIKA. Leanindustry [online]. Brno: leanindustry, c2020 [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://www.leanindustry.cz/stihla-vyroba-a-logistika/>
 29. WOMACK, James P., Daniel T. JONES a Daniel ROOS. *The machine that changed the world: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million-dollar 5-year study on the future of the automobile*. New York: Rawson Associates, c1990. ISBN 0-89256-350-8.
 30. GEORGE, Michael L. *The lean six sigma pocket toolbox: a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity*. New York: McGraw-Hill, c2005. ISBN 978-0-07-144119-3.
 31. J SAYER, Natalie. *Lean For Dummies*. 2nd. New Jersey: Wiley, 2012. ISBN 1118117565.
 32. WOMACK, James P. a Daniel T. JONES. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press, 2003. ISBN 0-7432-4927-5.
 33. SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
-

-
34. Štíhlá výroba: Systém štíhlé výroby Indeva® plně podporuje zásady pro štíhlou výrobu. Indevagroup [online]. Val Brembilla: SCAGLIA INDEVA, c2017-2018 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://www.indevagroup.cz/stihla-vyroba/>
 35. MUDA, MURA, MURI. Lean Enterprise Institute [online]. Boston: Lean Enterprise Institute, c2000-2022 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://www.lean.org/lexicon-terms/muda-mura-muri/>
 36. *Kanban for the Shopfloor*. II. Series. New York: Productivity Press, 2002. ISBN 978-1563272691.
 37. *Cellular manufacturing: One - Piece Flow for Workteams*. New York: Productivity Press, C1999. ISBN 978-1-56327-213-4.
 38. TOK JEDNOHO KUSU (OPF). Escare [online]. ESCARE [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.escare.cz/metodika/tok-jednoho-kusu/>
 39. *Toyota Kaizen Methods: Six Steps to Improvement*. New York: Productivity Press, c2011. ISBN 978-1-4398-8400-3.
 40. Transportní systém s využitím vzduchových polštářů. Technický týdeník [online]. Praha: Business Media CZ [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/transportni-system-s-vyuzitim-vzduchovych-polstaru_41341.html
 41. Air Caster Rigging System. Aerogo [online]. AeroGo, c2021 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.aerogo.com/products/air-caster-rigging-system/> Air Caster Rigging System. Aerogo [online]. AeroGo, c2021 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.aerogo.com/products/air-caster-rigging-system/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK
Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
N	Množství výrobků, které má být za dobu T_d vyrobeno	[ks]
o_p	teoretický vhodný počet operátorů	[-]
T_c	celková doba cyklu práce operátorů na zpracování jednoho kusu	[min]
T_d	skutečný výrobní čas za směnu	[min]
T_z	Suma všech ztrátových časů za dobu T_d	[min]
t	takt	[min/ks]
t_p	plánovaná doba cyklu	[min/ks]

Zkratky

Označení	Legenda
BG	<i>Baugrosse</i>
DEM	demontážní operace
DMAIC	<i>Define Measure Analyze Improve Control</i>
DPU	<i>Defects Per Unit</i>
E	elektro montáž
EXP	expedice
FMCG	<i>Fast Moving Consumer Goods</i>
FW	<i>Fahrwerksarm</i>
HB	<i>Hubwágen</i>
IBN	uvádění stroje do provozu (<i>Inbetriebnahm</i>)
LAM	<i>Lastaufnahmemittel</i>
M	mechanická montáž
OPF	<i>One-Piece Flow</i>
RBG	<i>Regalbediengeräte</i>
WIP	<i>Work-In-Progress</i>