

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Automatizace podavače rozmítací pily

Automation of Ripsaw feeder

Student:

Bc. Radka Caisová

Osobní číslo:

CAI0009

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2020

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radka Caisová**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika
Téma: **Automatizace podavače rozmítací pily
Automation of Ripsaw Feeder**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte automatický podavač prizmy do rozmítací pily a následný automatický odběr přířezů za pilou. V rámci práce vypracujte následující body:

- 1) Popište současný stav zařízení a požadavky na automatický cyklus.
- 2) Navrhněte konstrukci dopravníku.
- 3) Navrhněte pneumatické válce a řídicí prvky pneumatického obvodu.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2019, 4. vydání. 373 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 p. ISBN 978-3-540-69470-0.
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.
MURRENHOFF, H., REINERTZ, O. *Fundamentals of fluid power: Part 2, Pneumatics*. Aachen: Shaker Verlag, 2014. 333 p. ISBN 978-3-8440-3213-0.
CAMOZZI COMPETENCE CENTRE. *Pneumatic Automation From Basic Principles to Practical Techniques*. Brescia: Camozzi Automation S.p.A., 2019, 215 p. Dostupné z: https://www.camozzi.com/sites/default/files/dl_files/MN-Tec%20Did_ENG_2019_LowRes.pdf
Katalogy a podklady výrobců pneumatických prvků.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020



.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo)
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce, s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020



.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Radka Caisová

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CAISOVÁ, R. *Automatizace podavače rozmítací pily: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2020, 79 s., Vedoucí práce: Dvořák, L.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem automatizace podavače do rozmítací pily. Součástí práce je rešerše o dřevozpracujícím průmyslu v České republice. V další kapitole je rozebrán přehled současného stavu. V řešení je navržen automatický proces, konstrukční návrh, návrh elektromotorů s převodovkami, elektrovýzbroje a pneumatických prvků. Pneumatické prvky jsou zvoleny na základě výpočtů a zkontrolovány na průtokovou propustnost. Součástí jsou výkresy sestavy dopravníků a pneumatické schéma.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

CAISOVÁ, R. *Automation of Ripsaw Feeder: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydrodynamics and hydraulic Equipment, 2020, 7* p., Thesis head: Dvořák, L.

This master thesis deals with the design of Automation of Ripsaw Feeder. Part of this thesis is a survey of woodworking industry in Czech republic. In the next chapter provides an overview of current status of wood processing. In the solution is described automatic cycle and design of conveyors. There is also a design of electric motors with gearboxes, electrical equipment and pneumatic components. Pneumatic components are selected on the basis of calculation and checked for flow permeability. Assembly drawings of conveyors and pneumatic diagram are included.

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých značek	8
Úvod.....	9
1. Dřevozpracující průmysl	10
1.1 Dřevozpracující průmysl v České republice.....	10
1.2 Pilařský průmysl	12
1.3 Technologie	14
2. Přehled současného stavu	21
2.1 Současná technologie a rozmístění.....	21
2.2 Problematika rozmítání.....	23
3. Řešení	26
3.1 Požadavky na automatický cyklus	26
3.2 Konstrukce.....	33
3.2.1 Dopravníkové válečky	34
3.3 Elektromotory s převodovkou	36
3.3.1 Příklad výpočtu pohonu pro vstupní dopravník	37
3.4 Řetězy.....	39
3.5 Elektrovýzbroj	40
3.5.1 Indukční snímače	40
3.5.2 Magnetické snímače	41
3.5.3 Optické snímače.....	42
3.6 Pneumatické prvky a jejich uchycení	43
3.6.1 Boční přítlak	44
3.6.2 Pneumatický obraceč.....	46
3.6.3 Vkladač.....	49
3.6.4 Vyklápěcí mechanismus příčného dopravníku	50

3.6.5	Úprava vzduchu	54
3.6.6	Rozváděče	54
3.6.7	Proporcionální redukční ventil.....	55
3.6.8	Rychloodvětrávací ventily	55
3.6.9	Jednosměrný škrticí ventil	56
3.7	Výpočet průtokové propustnosti	56
3.7.1	Přítlačné válce	57
3.7.2	Obraceče	60
3.7.3	Pomocný boční přítlak	62
3.7.4	Vkladač.....	64
3.7.5	Vyklápění příčného dopravníku	65
3.7.6	Průtoková propustnost pro současný pohyb podskupin válců	68
4.	Kalkulace pneumatických prvků.....	69
5.	Realizace	71
6.	Závěr	73

Seznam použitých značek

Značka	Název veličiny	Jednotka
a_1	Délka polotovaru	mm
d	Průměr pístnice	mm
D, D_1, D_2	Průměr pístu	mm
e	Rameno valivého tření	m
f	Součinitel čepového tření	-
F_1, F_2, F_3, F_4	Síla na jeden pneumotor	N
F_{kr}	Kritická síla	N
F_p	Síla od tíhy polotovaru	N
F_{sk}, F_{sk2}	Skutečná síla	N
$F_{tř}$	Síla od tření břemene	N
h	Zdvih	mm
h_1	Účinnost	-
J	Kvadratický moment	mm ⁴
k_1	Počet válečků	-
L_1	Šířka válečků	mm
L_2	Celková šířka válečku včetně hřídele	mm
m_p	Hmotnost polotovaru	kg
m_{rot}	Hmotnost rotující části válečku	kg
m_{rv}	Hmotnost rotujících částí válečků	kg
n	Počet polotovarů	-
P	Potřebný výkon pro rovnoměrný pohyb	kW
P_1	Přidaný výkon	kW
p_a	Absolutní tlak	MPa
P_c	Celkový výkon	kW
p_n	Normální tlak	MPa
q	Zatížení	kg
Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5	Průtok pro jeden pneumotor	l·min ⁻¹ (ANR)
Q_{11}, Q_{21}, Q_{51}	Průtok pro čtyři pneumotory	l·min ⁻¹ (ANR)
Q_{12}, Q_{22}, Q_{25}	Průtok pro dva pneumotory	l·min ⁻¹ (ANR)
$Q_{ekv1}, Q_{ekv2}, Q_{ekv3}, Q_{ekv4}, Q_{ekv5}$	Ekvivalentní průtok	l·min ⁻¹ (ANR)
$Q_{ekv11}, Q_{ekv21}, Q_{ekv51}$	Ekvivalentní průtok pro první část	l·min ⁻¹ (ANR)
$Q_{ekv12}, Q_{ekv22}, Q_{ekv52}$	Ekvivalentní průtok pro druhou část	l·min ⁻¹ (ANR)
$Q_{ekv13}, Q_{ekv23}, Q_{ekv53}$	Ekvivalentní průtok pro třetí část	l·min ⁻¹ (ANR)
r	Poloměr čepu v ložiscích	m
R	Poloměr válečku	m
R_o	Odpor těsnění	-
S_1, S_2	Plocha pístu	m ²
t	Rozteč válečků	mm
V	Objem polotovaru	m ³
v	Požadovaná dopravní rychlost	m·s ⁻¹
v_1, v_2, v_3, v_4, v_5	Rychlost vysouvání/zasouvání pístnice	m·s ⁻¹
z	Počet poháněných válečků	-
β	Sklon dopravníku	°
μ	Součinitel tření	-
ρ_j	Hustota jedlového dřeva	kg·m ⁻³

Úvod

Čím dál častěji se ve světě výrobních zařízení setkáváme s pojmem automatizace. Ať už jde o jednoduchý stroj, nebo celou výrobní halu, jedná se o dva aspekty, kvůli kterým chceme proces automatizovat. Jedním z nich je ekonomické hledisko, kdy stroj může na rozdíl od člověka pracovat 24 hodin denně. Druhým přínosem je eliminace lidského faktoru, tedy minimalizace chybovosti. Takovouto automatizací se zabývá i tato diplomová práce.

Cílem diplomové práce je navrhnout automatický podavač dřevěných polotovarů do rozmítací pily a následné odebrání řeziva za rozmítací pilou. Nejdříve je rozebrán základní přehled dřevozpracujícího průmyslu v České republice a problematika rozmítání. Dále je rozebrán současný stav a nároky na automatizovaný režim. V rámci řešení je navržena konstrukce rámu, elektromotory s převodovkou, elektrovýzbroj, a v neposlední řadě pneumatické prvky zajišťující manipulaci a napolohování polotovaru. Pneumatické prvky jsou zvoleny na základě výpočtů a následně zkontrolovány na průtokovou propustnost. Součástí je kalkulace pneumatických prvků firmy FESTO.

1. Dřezozpracující průmysl

1.1 Dřezozpracující průmysl v České republice

Dřevo je pokládáno za jednu z nejperspektivnějších surovin, a je potřeba ho náležitě zpracovávat a zhodnocovat. Podle odborníků je velmi kreativním materiálem budoucnosti, jelikož je využívání dřeva stále více podporováno také vzhledem k jeho obnovitelnosti. Využívání dřeva jako obnovitelného zdroje surovin neohrožuje životní prostředí, tak jako jiné doposud používané materiály z neobnovitelných zdrojů. Zároveň zásoby dřeva v České republice každým rokem stoupají. Za rok v lesích přibude asi 18 milionu metrů krychlových dřeva, přičemž se vytěží asi 14-15 milionů metrů krychlových. [16] V roce 2015 se plocha lesních pozemků zvýšila o 2016 hektarů na 2,66 milionů hektarů. [17]

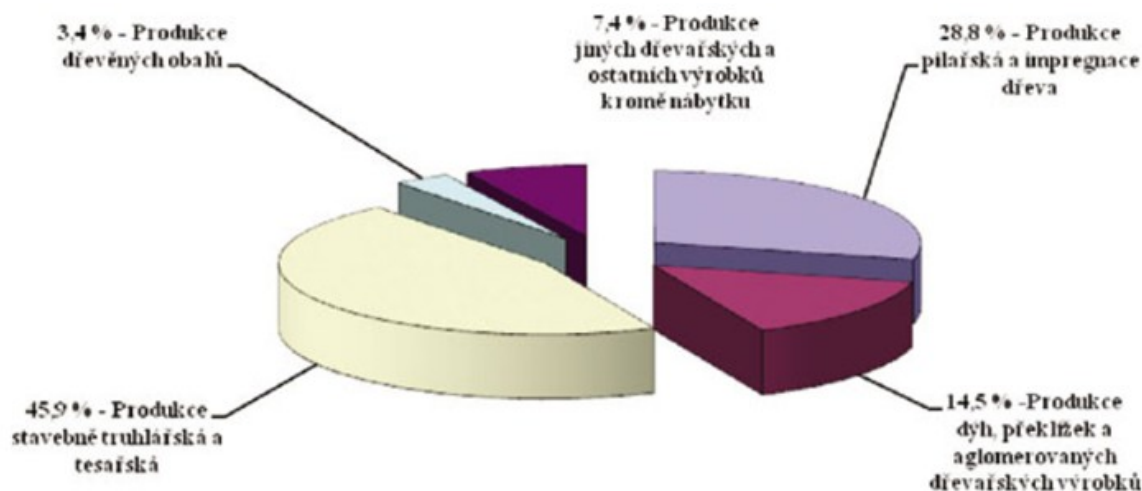
Zalesněnost (podíl pozemků na celkové rozloze země) České republiky je přibližně jedna třetina území což je mírně pod průměrem Evropské unie (37,6%). [18] Nejvyšší zalesněnost najdeme v severských státech Evropy – Finsko téměř 75% území a naopak nejnižší zalesněnost (zhruba jedna desetina území) má Irsko a Nizozemí.

V ČR má dřezozpracující průmysl dlouholetou tradici. Uplatnění se najde především ve stavebnictví, zemědělství, automobilovém průmyslu a dopravě, výrobě papírů, truhlářství. Trendem je navýšování spotřeby dřeva na obyvatele v ČR, snaha je alespoň zdvojnásobení během deseti let. Také proto je domácí dřezozpracující průmysl na vzestupu.

Dřezozpracující průmysl zahrnuje produkci dřevařské prvovýroby, průmysl dřevařský a korkařský, mimo výroby nábytku, výrobu košů a dalšího proutěného zboží. V souladu s odvětvovou klasifikací ekonomických činností (OKEČ), které odpovídají mezinárodní klasifikaci NACE Rev. 1., se dělí na pět oborů [15]:

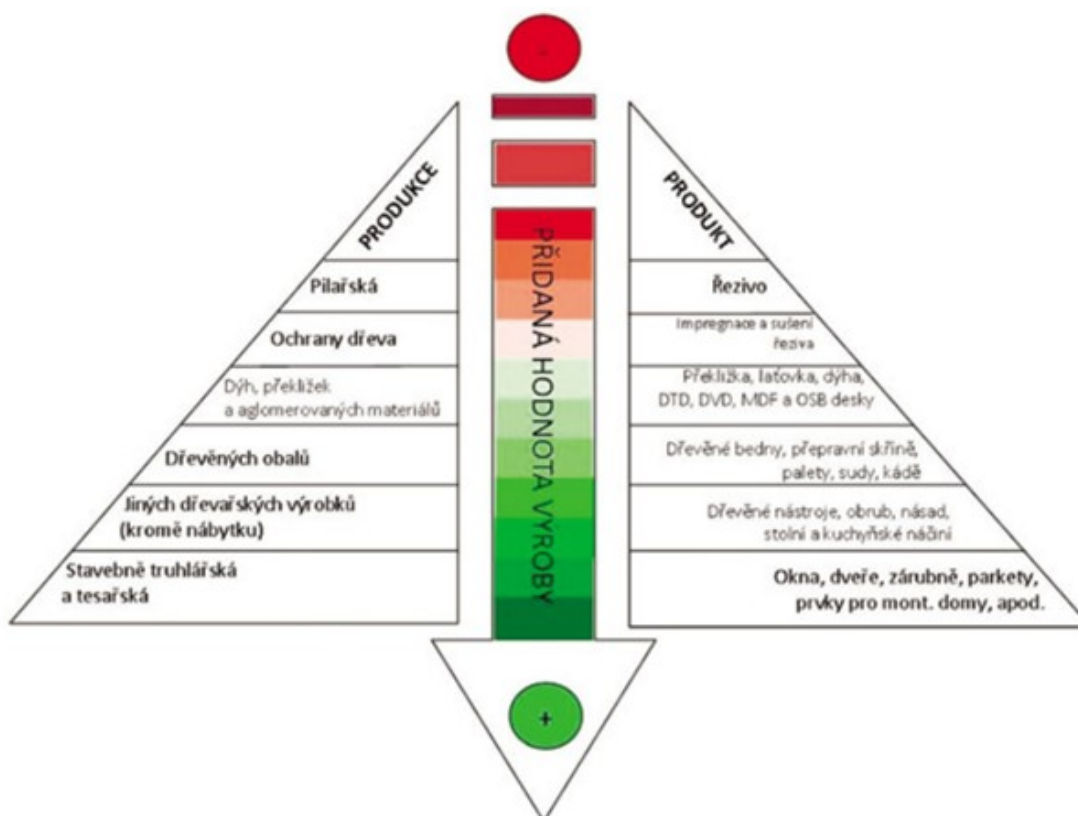
- pilařská výroba a impregnace dřeva,
- stavebně truhlářská výroba a tesařská výroba (tj. výroba oken, dveří, zárubní, dřevostavby a jejich prvky, lepené a ohýbané konstrukce),
- výroba dých (dýha) a desek na bázi dřeva (materiály na bázi dřeva),

- výroba dřevěných obalů včetně palet,
- výroba jiného zboží ze dřeva; výroba zboží z korku; výroba košíkářská.



Obrázek 1 - Struktura výroby dřevařského průmyslu ^[1]

Dřevozpracující průmysl v České republice zaměstnává v současné době kolem 210 000 pracovníků, asi 16% z celého zpracovatelského průmyslu. Lesní hospodářství pak zaměstnává zhruba 24 000 pracovníků [16]. Dřevozpracující kapacity v ČR vzrostly po roce 1990 hlavně díky malým pilám, také se zvýšila poptávka po dřevě. Z důvodu nedostatku kvalitní kulatiny nejsou kapacity využívány na 100%. Bohužel kvalitní nezpracovaná kulatina je obchodníky často prodávána do zahraničí.



Obrázek 2 - Pyramida tvorby přidané hodnoty ^[1]

1.2 Pilařský průmysl

V České republice najdeme spoustu pilařských podniků, od malých pil s 1-5 zaměstnanci, které řezou převážně na zakázku, až po velké pilařské podniky s vysokou mírou mechanizace a automatizace.

Tabulka 1 - Rozdělení podniků podle velikosti ^[3]

Velikost pořezu m ³ /rok	Velikost provozu	Popis provozu
0 – 2499	velmi malé	velmi malé pily bez mechanizace, s rámovými pilami bez podpílí, případně jednoduché pásové
2.500 – 4.999	malé 1	malé pily, bez mechanizace, s primitivními mechanizačními prostředky bez elektrického pohonu.
5.000 – 9.999	malé 2	menší pily většinou jednorámové se základní mechanizací. Případně, výjimečně, pásové pily s několika jednotlivými pilami.
10.000 – 19.999	střední	střední pily jednorámové, ale většinou dvourámové, středně mechanizované s dopravníky na elektrický pohon, pracující většinou na jednu směnu. Případně kmenové pásové pily, kombinované s pilami omítacími a rozmítacími.
20.000 – 49.999	větší střední	větší střední pily dvourámové s vícelistými rozmítacími pilami, mechanizované a automatizované, pracující většinou ve dvousměnném provozu. V některých případech mimo rámových pil ještě s linkami na pořez tenké hmoty.
50.000 – 200.000	velké pily	velké pily s agregátními technologiemi, automatizované, pracující ve dvou až třisměnných režimech. V některých případech agregátní linky s linkou rámových pil pro pořez silné kulatiny.
200.000 +	velkopily	velkopily s pořezy převyšujícími i 1 mil.m ³ /rok, vysoce výkonné agregátní technologie, plně automatizované, pracující ve tří až čtyřsměnném provozu. Zpravidla mají tyto pily více agregátních linek, ale výjimkou nejsou ani jednolinkové provozy s takto vysokým výkonem dosahovaným většinou nepřetržitým provozem

Rozdělení provozů dle velikosti:

Při průzkumu v roce 2015, který zpracoval Odbor lesnických zakázek Lesy České republiky, s.p., bylo cílem získání komplexního přehledu o stavu dřevozpracujícího sektoru v České republice, především jaké je množství subjektů a jejich zpracovatelská kapacita, struktura a možný potenciál do budoucna. Průzkumu se zúčastnilo 717 provozoven, z toho 713 patřilo do pilařského segmentu, 2 provozovny se zabývaly výrobou plošných materiálů (Kronospan CR a Kronospan OSB) a 2 provozovny zastupovaly papírenský segment (Mondi Štětí a Biocel Paskov).

Tabulka 2 - Rozdělení segmentů dřevozpracujícího průmyslu ^[3]

Segment	Počet provozoven	Kapacita (m ³)
Pilařský průmysl	713	7 000 200
Papírenství	2	3 400 000
OSB	2	1 329 700
Celkem	717	11 729 900

58% pilařské kulatiny v Česku zpracují pily, které zpracovávají více jak 50 000 m³ ročně. Velkopily se chlubí především velkou efektivitou zpracování, na jednoho zaměstnance připadá pořez přes 2 158 m³. Za velkopily v Česku považujeme Mayer-Melnhof Holz Paskov, Stora Enso Wpod Product Ždírec, Stora Enso Wood Product Planá, DDL Lukavec, Pila Javořice).

Tabulka 3 - Statistika provozů dle jejich velikosti ^[3]

Pořez (m ³ /rok)	Velikost	Počet subjektů	Celkový pořez (m ³ /rok)	% pořezu	% z celk. počtu	Průměrný pořez (m ³ /rok)	Pořez (zaměst. / rok)	Počet zam.	Počet zam. ve skupině	Pořez na zam. ve skupině (m ³)
0 – 2.499	velmi malé	398	384 600	5,5%	55,8%	966	294	1 309	6 274	473
2.500 – 4.999	malé 1	144	497 100	7,1%	20,2%	3 452	426	1 168		
5.000 – 9.999	malé 2	74	501 900	7,2%	10,4%	6 782	517	970		
10.000 – 19.999	střední	54	737 300	10,5%	7,6%	13 654	554	1 330		
20.000 – 49.999	větší střední	27	848 000	12,1%	3,8%	31 407	567	1 496		
50.000 – 200.000	velké pily	11	985 900	14,1%	1,5%	89 627	608	1 622	3 033	1 329
200.000 +	velkopily	5	3 045 400	43,5%	0,7%	609 080	2 158	1 411		
Celkem		713	7 000 200	100,0%	100,0%		752	9 307	9 307	752

Co se týče pořezu v jednotlivých krajích, je převážně ovlivněn zastoupením velkých pil. Například Plzeňský kraj – SET Planá, Vysočina – SET Ždírec, DDL Lukavec, Olomoucký kraj – Pila Javořice, Moravskoslezský kraj – MM Holz Paskov. Právě díky pile MM Holz

v Paskově a podílu středních a větších pil se Moravskoslezský kraj řadí na první místo v množství pořezu v m³. S malým rozdílem se za Moravskoslezský kraj řadí Vysočina.

Tabulka 4 - Struktura provozů dle velikosti a krajů bez rozlišení dřevin (pořez v m³) ^[3]

Kraj	velmi malé	malé 1	malé 2	střední	větší střední	velké pily	velkopily	Celkový součet
Jihočeský kraj	25 100	57 000	43 400	152 500	59 500	58 300	-	395 800
Jihomoravský kraj	27 800	39 600	51 200	40 000	87 300	-	-	246 000
Karlovarský kraj	28 200	18 800	16 800	13 500	-	-	-	77 200
Kraj Vysočina	40 700	49 800	37 300	67 400	48 100	-	1 172 900	1 416 200
Královéhradecký kraj	34 100	46 200	42 600	45 500	28 600	128 600	-	325 500
Liberecký kraj	12 200	34 700	21 500	-	-	220 800	-	289 200
Moravskoslezský kraj	53 600	60 800	44 100	119 400	108 200	62 300	1 031 800	1 480 300
Olomoucký kraj	28 400	30 500	55 900	96 000	25 700	-	208 000	444 500
Pardubický kraj	8 700	28 000	11 200	27 400	24 700	-	-	99 900
Plzeňský kraj	24 900	31 600	70 200	77 600	99 200	251 300	632 700	1 187 600
Středočeský kraj	25 200	28 400	42 600	23 900	122 900	128 500	-	371 400
Ústecký kraj	26 200	21 300	26 000	22 300	-	-	-	95 700
Zlínský kraj	49 400	50 500	39 200	51 800	243 800	136 000	-	570 700
Celkový součet	384 600	497 100	501 900	737 300	848 000	985 900	3 045 400	7 000 200

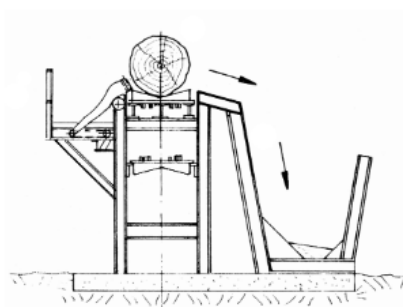
1.3 Technologie

Ze všeho nejdříve musí být do manipulačního skladu pily dovezena kulatina pomocí nákladního automobilu s hydraulickou rukou. Kulatina je dopravována vždy v kůře z manipulačního skladu dodavatele.

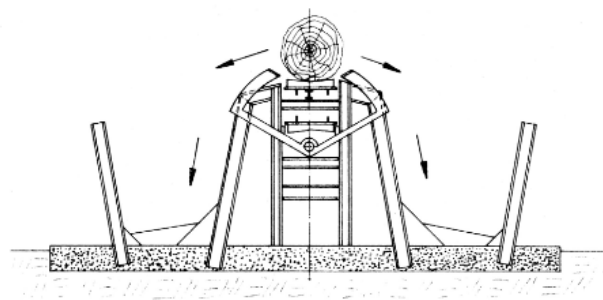
Manipulační sklad zabírá většinu prostoru závodu. Kulatina je v něm rozdělena podle délek a průměrů. Nakrácení délek na požadovaný rozměr se provádí ručně pomocí motorové pily, taktéž manipulace je prováděna ručně pomocí čelního nakladače, a nebo je tato činnost automatizována, pomocí manipulačně třídící linky. Linky mohou provést všechny operace, na začátku elektronická přejímka kulatiny, přes nakrácení, redukci kořenových náběhů, hledání kovů, odkornění po přetřídění výřezů. Počet operací závisí na potřebě, výkonu, vybavení pilnice a dalších parametrech.



Obrázek 3 - pohled na manipulační sklad kulatity pily MM Holz v Leobenu ^[12]



a) jednostranný třidič výřezů



b) oboustranný třidič výřezů

Obrázek 4 - Třidič výřezů ^[4]

Redukce kořenových náběhů se v menších a středních podnicích provádí ručně, motorovou pilou. Sofistikovanější zařízení, pro omezení tloušťky a tvaru zemkových částí

výřezů, je reduktor s válcovou frézou nebo reduktor s průchozím rotorem. Válcové frézy jsou vhodnější pro listnaté stromy naopak rotorový reduktor pro jehličnaté.

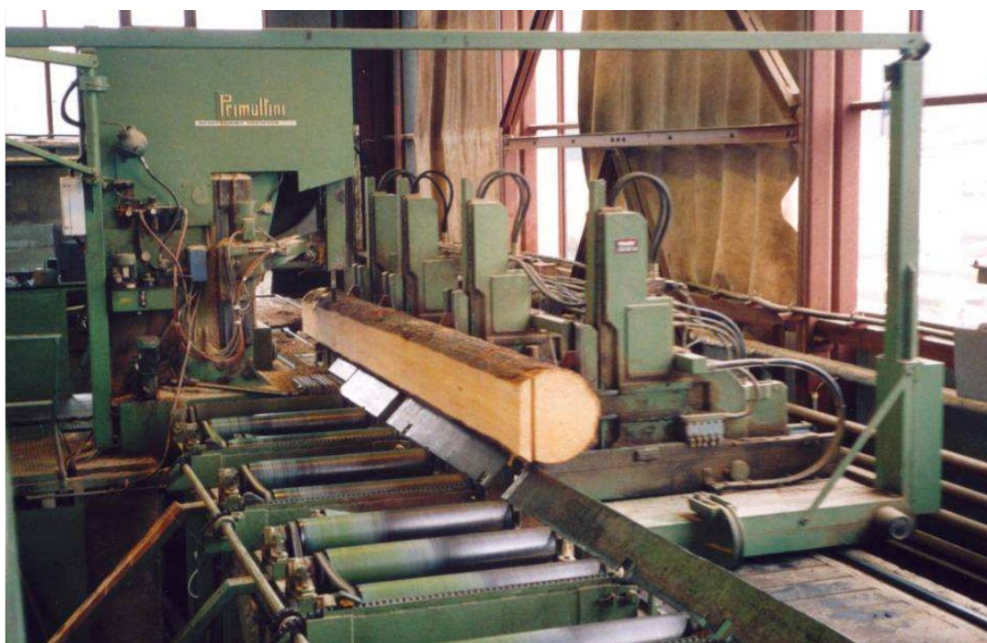
Odkornění se provádí za účelem zvýšení životnosti řezných nástrojů (obr. 5). Během operace je kmen zbaven většiny nečistot a kůru je možné dále zpracovat pro výrobu dřevotřískových desek, papíru a celulózy. Druhy odkornění:

1. Rotorové – na pilách nejpoužívanější, kůra se „sdírá“ tupými noži
2. Frézovací – odstranění ostrými noži, hlavně v dýchárnách
3. Hydraulické – vodním paprskem, málo používané při výrobě papíru a celulózy
4. Odírací – výřezy se odírají vzájemně, výroba papíru a celulózy



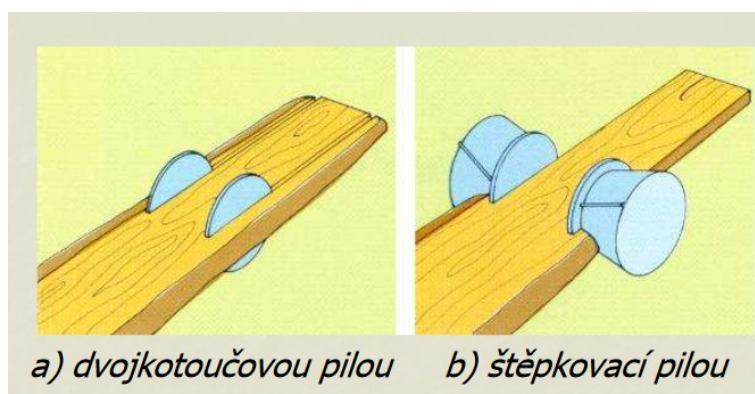
Obrázek 5 - Frézovací odkorňovač s reduktorem kořenových náběhů ^[5]

Když je kulatina uskladněná ve správných délkách a podle průměru, může být podle aktuálních potřeb navážena do pilnice. Kulatina se navází podle délky, v jaké potřebujeme finální produkt a taky podle průměru, aby byla co největší výtěžnost. Nejběžnějšími typy jsou rámová pila, pásová pila a kotoučová pila. Tyto pily můžeme ještě rozdělit podle toho, zda se řezací zařízení pohybuje a řezaný produkt je ve stacionární poloze nebo opačně. Častěji se setkáme s druhým způsobem, avšak jeho nevýhodou je potřeba většího prostoru před i za pilou (tak velký jako je nejdelší řezaný sortiment).



Obrázek 6 - Pásová pila Primultini ^[4]

Z pily dále pokračují desky a prizmy k dalšímu zpracování na omítacích a rozmítacích pilách. Do omítacích center putují desky, které jsou tak zvané „na divoko“ nebo taky krajinové prkno. Deska je v omítací pile zbavena kůry a nařezaná na potřebnou šířku.

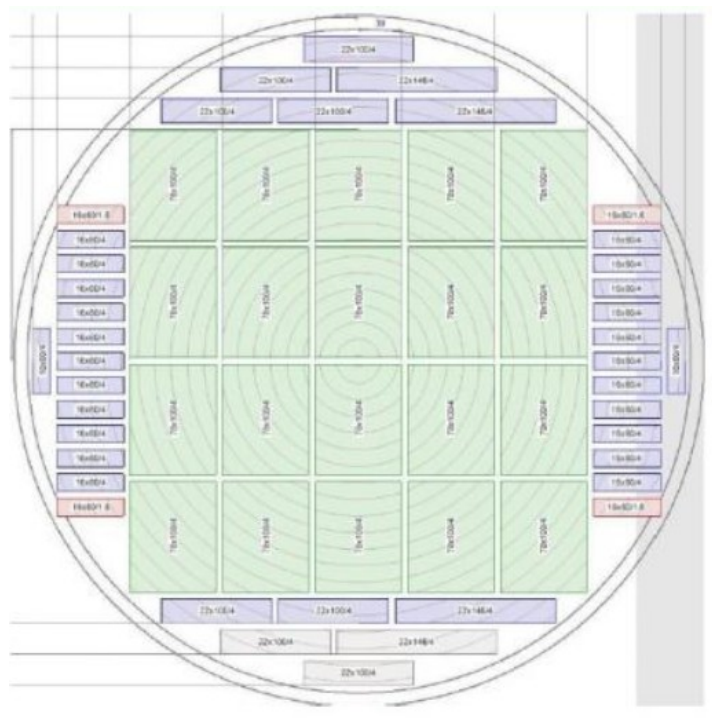


Obrázek 7 - Princip omítací pily ^[4]

K rozmítací pile jsou posílány prizmy, což jsou velké dřevěné hranoly, které zůstanou po „odkrájení kůry“. Aby byl odpad co nejmenší je potřeba předem vědět přesné rozměry produktu a dobře spočítat výtěžnost z průměru kulatiny.



Obrázek 8 - Kotouče rozmítací pily [4]



Vedlejší produkt, který vzniká při pořezu, jsou samozřejmě piliny, které jsou většinou odsáváním dopravovány na místo určené, pro snadné naložení nakladačem do kamionu. Dalším neméně cenným produktem je štěpka, štěpkuje se vše, co zůstane po pořezu včetně kůry. Piliny i štěpka se dále používají například k výrobě pelet a briket pro topení.

Řezivo se ukládá do balíků a pokračuje například do kapovací stanice, kde se zařezávají nadměrky se kterými dorazila kulatina (například pro 5m desky je nadměrek 5-20cm), nebo se balík zařízne na požadovaný rozměr zákazníka, například 2,3m dlouhé desky (šířka zaoceánského kontejneru) se zařezávají z původní 5m kulatiny. Dále může být řezivo upravováno impregnační nebo sušeno v sušárnách. Veškeré další technologie už závisí na velikosti podniku, například velkopily mají vlastní výrobu peletek a podobně.

Většina produktů je po pilnici dopravována, a to různými typy dopravníků. Pro sypké materiály se setkáváme například redlerovými dopravníky, ty dopravují piliny popřípadě štěpku. Přepravu zajišťují unášeče, které jsou upevněny na řetězu, patří tedy do skupiny řetězových dopravníků. Redlerové dopravníky, můžeme rozdělit na dva druhy, a to na dopravník se spodním nebo horním hnutím materiálu. Výhoda těchto dopravníků je nízká hlučnost a minimální nároky na údržbu. Dopravník je možné kombinovat s dalšími technologiemi jako je třízení frakce nebo s jinými dopravníky.

Třasadlový nebo také vibrační dopravník je dalším dopravníkem vhodným pro dopravu pilin, štěpky a kusového odpadu, ale využití najde i při dopravě prken. Jedná se o dopravník bez tažného elementu. Vibrační dopravník využívá pro přemísťování materiálů setrvačné síly, které na materiál působí. Ty vznikají při harmonickém kmitavém pohybu. Proces přepravy může být spojen s třízením. Jelikož je jejich délka omezená, stejně tak i rychlost dopravy (0,4m/s), nemohou soupeřit s dopravníky s tažným elementem. Taktéž i jejich konstrukce je těžší, nákladnější a z důvodu dynamického namáhání složitější. Další nevýhodou je i nepříznivý účinek dynamických sil na konstrukci budovy.

Pásový dopravník k transportu kulatiny, výřezů, odřezků, štěpek, pilin apod. U tohoto druhu je unášecím prvkem nekonečný dopravníkový pás, kterým může být doplněn o další příslušenství pro zefektivnění dopravy. Pás je umístěn mezi dvěma bubny – poháněcím a vratným. Pohonem je převodový elektromotor. Vyznačuje se plynulostí a velkým dopravním výkonem, s malými pohybovými odpory a nízkou hlučností.

Válečkový dopravník slouží k transportu fošen, prken, trámů, prizem apod. Dopravování probíhá v podélném směru. Válce jsou uloženy v ložiskových tělesech. Dopravník opět spadá do dopravníku řetězových. Pohon je opět pomocí převodového elektromotoru. Konstrukce a funkce dopravníku nabízí rozmanité možnosti pro osazení příslušenstvím pro další nakládání s materiálem, jako manipulace s ním, popřípadě zjištění informací o něm.

Velkopily mají trochu jiný technologický proces. Kulatina se běžně neřeže na pásové nebo rámové pile, ale hranatý polotovár (prizma) vznikne postupným ofrézováním (obr. 10). Ze všech stran ofrézovaná prizma se pak rozmítací pilou rozdělí na desky požadované tloušťky.



Obrázek 10 – ofrézování kulatiny

2. Přehled současného stavu

Tak jako u většiny výrobních závodů se i dřevozpracující průmysl snaží mít maximální výtěžnost a minimum odpadu. Proto je důležité i správné rozmítnutí prizmy na hranoly resp. desky, aby nevznikaly nejlépe žádné nežádoucí rozměry.

2.1 Současná technologie a rozmístění

Současná technologie na pile ve Frenštátě pod Radhoštěm nabízí možnost pořezu průměrně 65m³ řeziva za osmi hodinovou směnu. Pila aktuálně disponuje dvěma pilnicemi, z toho jedna je neaktivní. V hlavní pilnici se nachází pásová pila Primultini. Do pilnice je dřevo naváženo čelním nakladačem, manipulační sklad kulatiny zatím nedisponuje mechanizovanou linkou.

Navezená kulatina se ze zásobníku navaluje před velín pilaře. Pilař podle přesných náměrů vyhodnotí co nejvhodnější pořezový plán. Jelikož pila disponuje omítací i rozmítací pilou, část řeziva putuje k omítání a část k rozmítání. A právě u rozmítání nastává krok č. 1 pro budoucí navyšování produkce, avšak návrh mechanizace a automatizace rozmítání nemá za výhodu jen rychlost, ale například i bezchybnost.

Aktuální stav a rozmístění můžeme vidět na obrázku č. 10 – vstupní dopravník před rozmítací pilou, a na obrázku č. 13 – dopravník za rozmítací pilou. Oba dopravníky jsou v tomto případě nepoháněné a improvizovaně ustavené. Rozmítací pila zůstane zachována (obr. 12). Jedná se o kotoučovou rozmítací pilu s nastavitelnou výškou boudy, tzn. mění se vzdálenost horizontálních hřídelů. Zároveň se na hřídelích mění průměry kotoučů podle výšky aktuálně podávaných prizem. Zde je potřeba dát pozor, aby se v případě malé výšky prizmy kotouče nepotkaly a nedošlo ke kolizi.



Obrázek 11 - Aktuální stav dopravníků, 1-Dopravník Primultini, 2- Dopravník příčný pro dopravení polotovaru před rozmítací pilou, 3-Válečkový dopravník před rozmítací pilou, 4-Rozmítací pila, 5-Válečkový dopravník za rozmítací pilou



Obrázek 12 - Kotouče rozmítací pily



Obrázek 13 - Původní dopravník za rozmítací pilou

2.2 Problematika rozmítání

Od pásové pily je na dopravník navaleno středové řezivo, u dopravníku čeká operátor, který přiřazí prizmu na dorazovou lištu a po dopravníku ji tlačí do rozmítací pily, musí tlačit dopředu a zároveň směrem k dorazu. Zde přichází role lidského faktoru, kdy často dochází ke znehodnocení rozměrů z důvodu nedostatečného ne-li nulového přitlačení k pravitku/dorazové liště (obr. 14 a obr. 15). Ze čtyř hranolů resp. desek jsou poté například dva špatně. Další chybou je špatná orientace prizmy, protože ne každá prizma má jasně rozdílné rozměry jako 50x200mm (prizmy se posílají na plocho), ale může přijít i rozměr 200x212mm, kdy operátor zanedbá přeměření a prizmu neotočí správně.

To jsou hlavní ztráty na tomto pracovišti. Při předpokladu navyšování pořezu je třeba myslet i na rychlost, aktuálně projde rozmítací pilou přibližně 30m³ řeziva během osmi hodinové směny, což je necelá polovina průměrné produkce jedné směny. Po mechanizaci by rozmítací pilou mohlo projít průměrně 60 m³, s tímto číslem se počítá do budoucna po dalších úpravách technologie, jako například přidání tandemové hlavy u pásové pily nebo zhotovení automatického manipulačního skladu pro kulatinu. Navýšení pořezu by tak neznameno další pracovní sílu. Mechanizace navíc nabízí mnohem efektivnější výrobu i z důvodu možnosti provázání přímo s rozmítací pilou, která po měření aktuálně připravené prizmy přenastaví výšku přitlačné skříně v rozmítací pile, tím se nabízí možnost

kombinace rozměrů. Tato možnost je i u stávajícího stavu, ovšem poměrně zdlouhavé manuální nastavení na displeji.



Obrázek 14 - Původní stav, fáze 1 - přitlačení prizmy na dorazovou lištu



Obrázek 15 - Fáze 2 - Za stálého přitlačování prizmy k dorazu posouvání do rozmítací pily



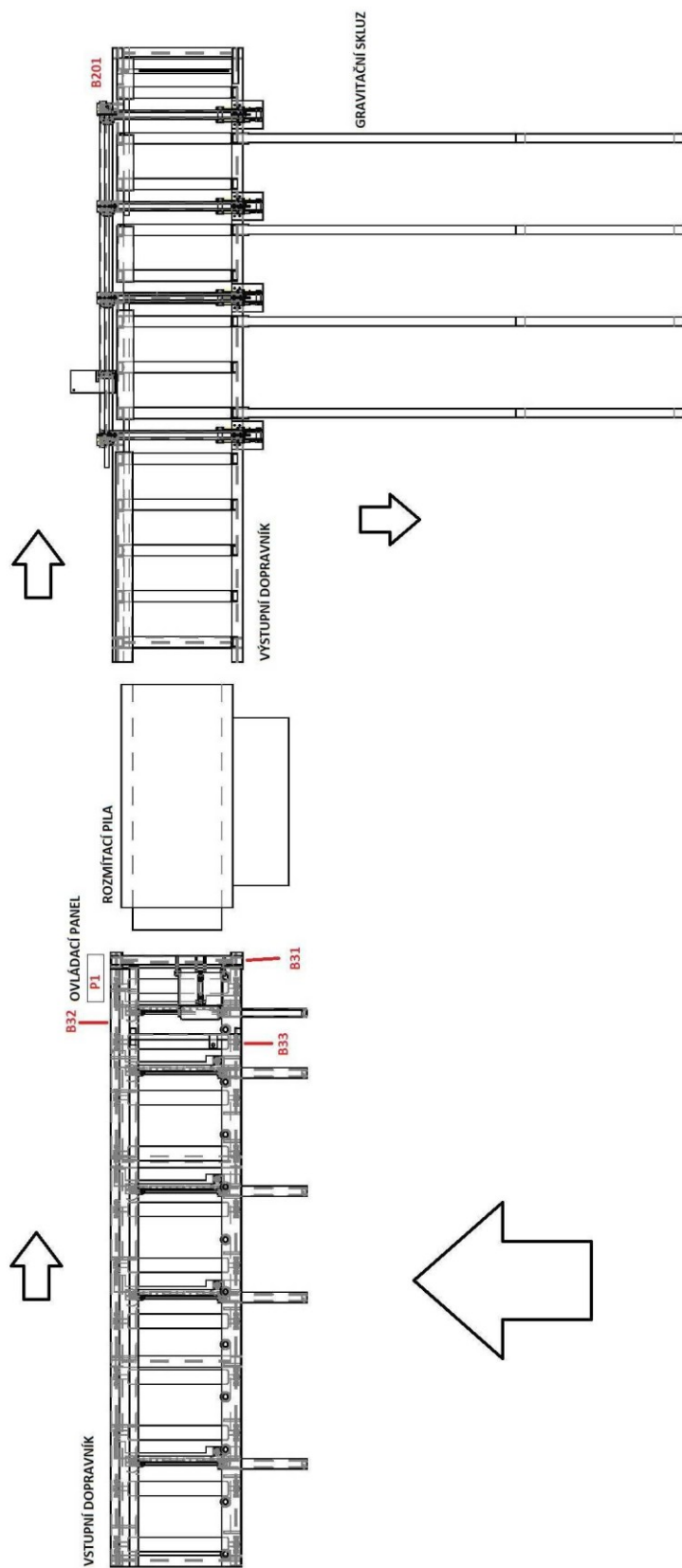
Obrázek 16 - Situace za rozmítací pilou, 1 - operátoři ukládající desky do balíku, 2 - původní válečkový dopravník, 3 - hotové řezivo

Shrnutí požadavků na mechanizaci – nahrazení stávajícího konstrukčního řešení, tak aby prizmy byly do rozmítací pily podávány automaticky, tzn.: Nahrazení stávajících nepoháněných válečkových dopravníků za poháněné válečkové dopravníky navíc osazené pneumatickými prvky tak, aby podávání prizmy proběhlo v souladu s požadavky na kvalitu a výtěžnost, přičemž i vzdálenosti hřídelů v rozmítací pile se budou měnit automaticky podle aktuální naměřené výšky připravené prizmy.

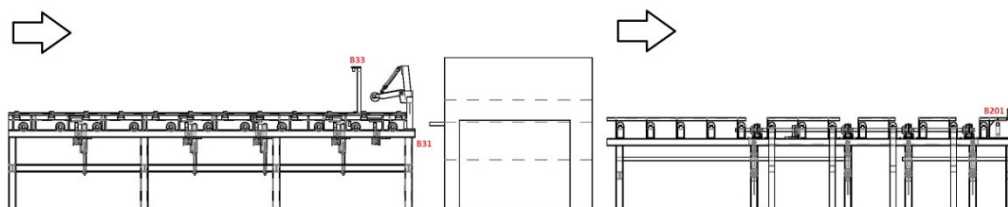
3. Řešení

3.1 Požadavky na automatický cyklus

Zařízení se bude skládat z dopravníku, přítlačného válce (vkladače), čtyř středících/přítlačných válců a jednoho pomocného bočního přítlaku. Základem dopravníku bude rám s poháněnými válečky. Uložení válečků bude pomocí bezúdržbových ložiskových domků. Válečky budou hnané řetězem od převodovky řízené frekvenčním měničem. Pneumatické přítlačné zařízení (vkladač) se bude nacházet na začátku dopravníku, tedy před vstupem do rozmítací pily. Středící válce budou umístěné podél dopravníku, tak aby byl materiál posouván do rozmítací pily ve správné pozici natlačený na doraz. Pomocný boční přítlak posledním před vstupem do rozmítací pily, tak aby byl zajištěn i konec dřevěného polotovaru. Provozní tlak zařízení bude 6bar, který je nutné zkontrolovat na manometru před začátkem provozu. Celý systém bude dimenzován pro výšku prizmy do 200mm. Pila řeže v délkách do 6m. Šířka polotovaru je variabilní v závislosti na objednávce, vzdálenost kotoučů rozmítací pily = tloušťka desky. Dopravník bude fungovat zcela automaticky, ale bude i možnost manuálního ovládní.

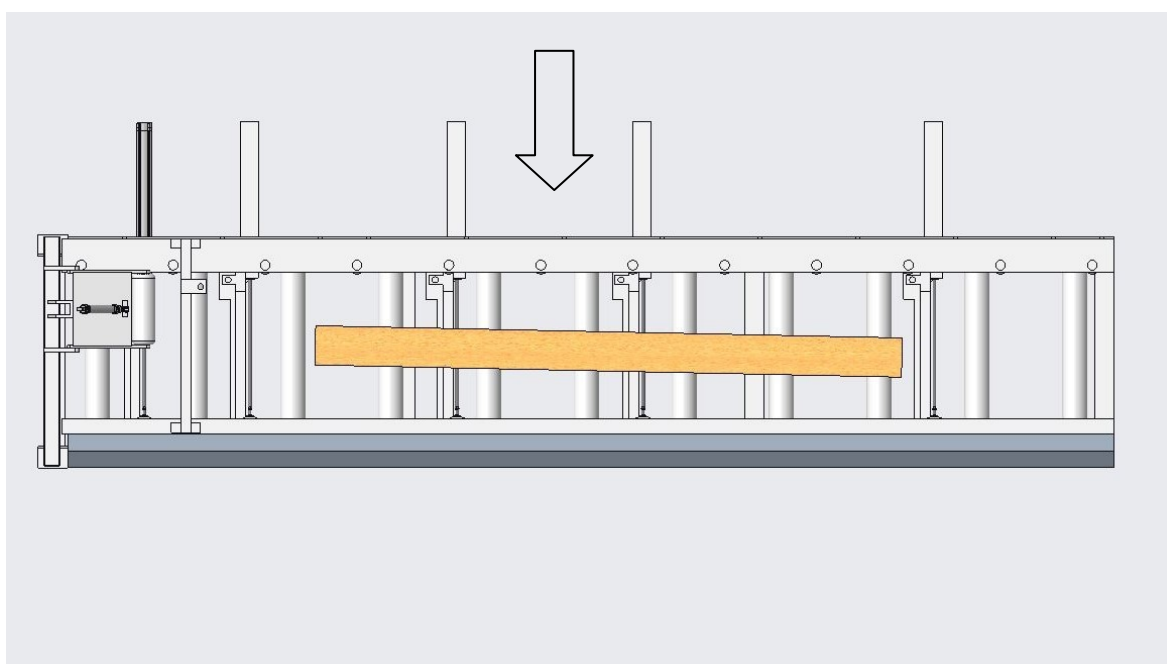


Obrázek 17 - Layout – půdorys a směr pohybu



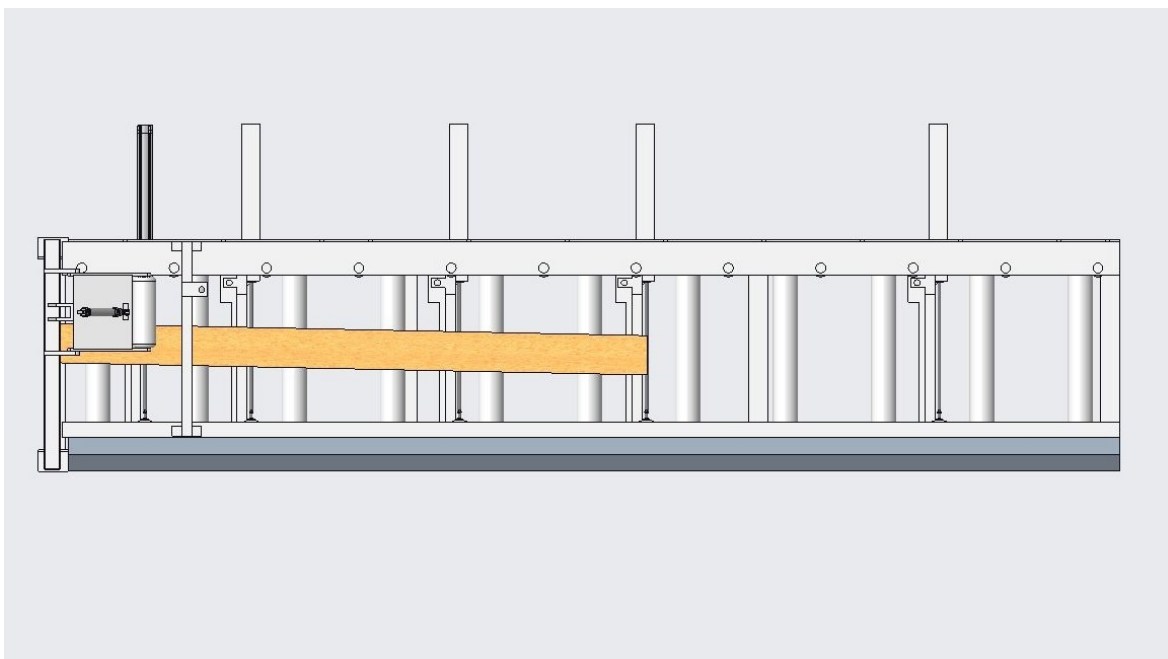
Obrázek 18 - Layout – bokorys a směr pohybu

Zvolí-li se na ovládacím panelu automatický režim, měl by být sled operací následující. Od pásové pily bude příčným řetězovým dopravníkem „navalena“ prizma na vstupní válečkový dopravník (obr. 19)

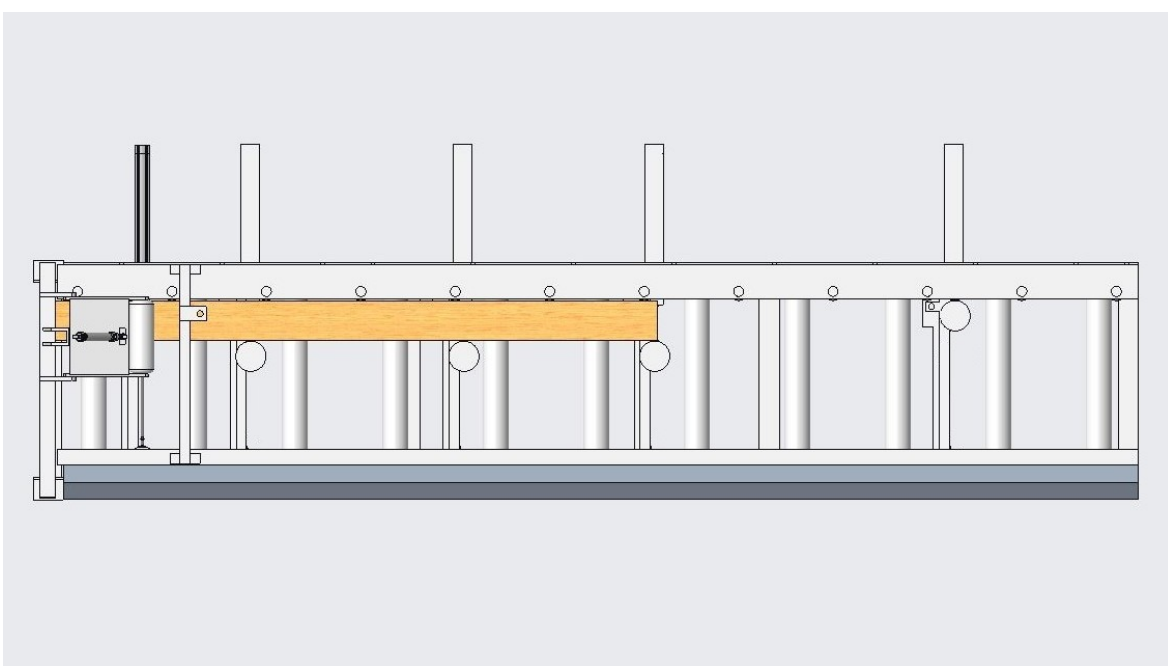


Obrázek 19 - prizma přítomna na vstupním válečkovém dopravníku

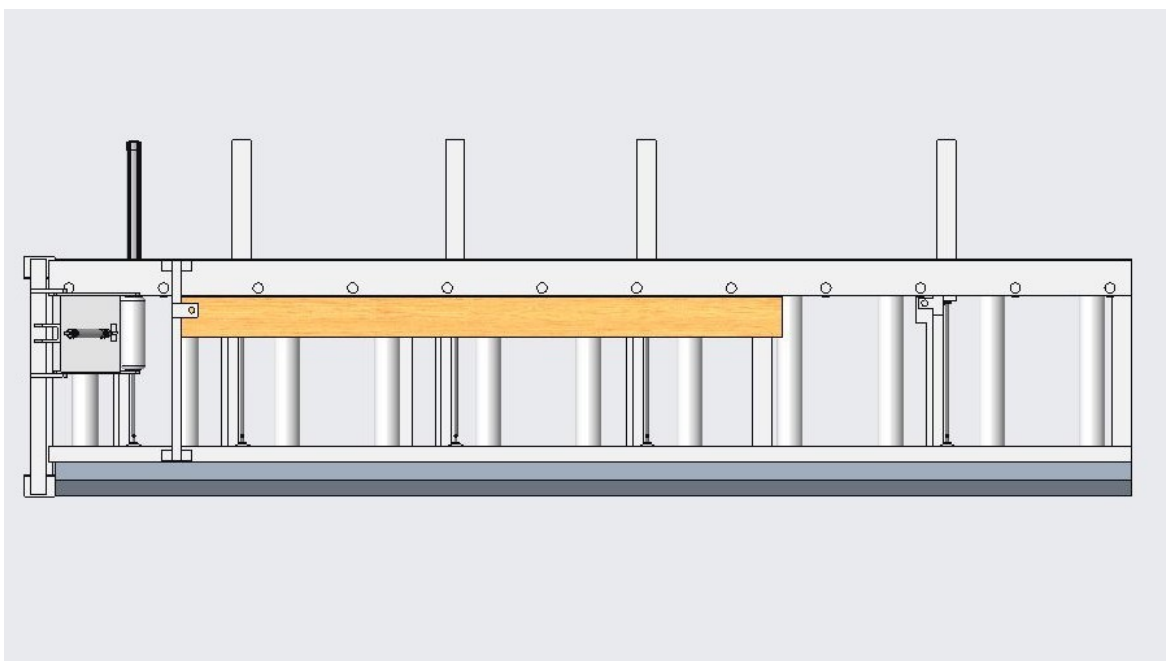
Válečky budou neustále poháněné a dopraví prizmu na první poháněný váleček, kde se zastaví pomocí signálu z optického senzoru „přítomnosti prizmy“ č. B31 viz obr. 17 a obr. 22. Po zastavení prizmy se aktivují pneumatické válce pro přitažení prizmy k bočním dorazům a proběhne změření snímači č. B32 a B33 (obr. 20 a obr. 21), je-li zjištěna špatná pozice – prizma neleží delší stranou na posuvných válcích - dojde ke sledu kroků pro správné napolohování. Přítlačné kladky se odsunou, aby polotovar uvolnily, a poháněné válce posunou prizmu do pozice „vhodné pro polohování“, a to z toho důvodu aby nebyl poškozen vkladač (obr. 22). Následuje obrácení, které bude řešeno čtyřmi pneumatickými válci s nástavcem, ty se rychle vysunou a překlopí prizmu (obr. 23)



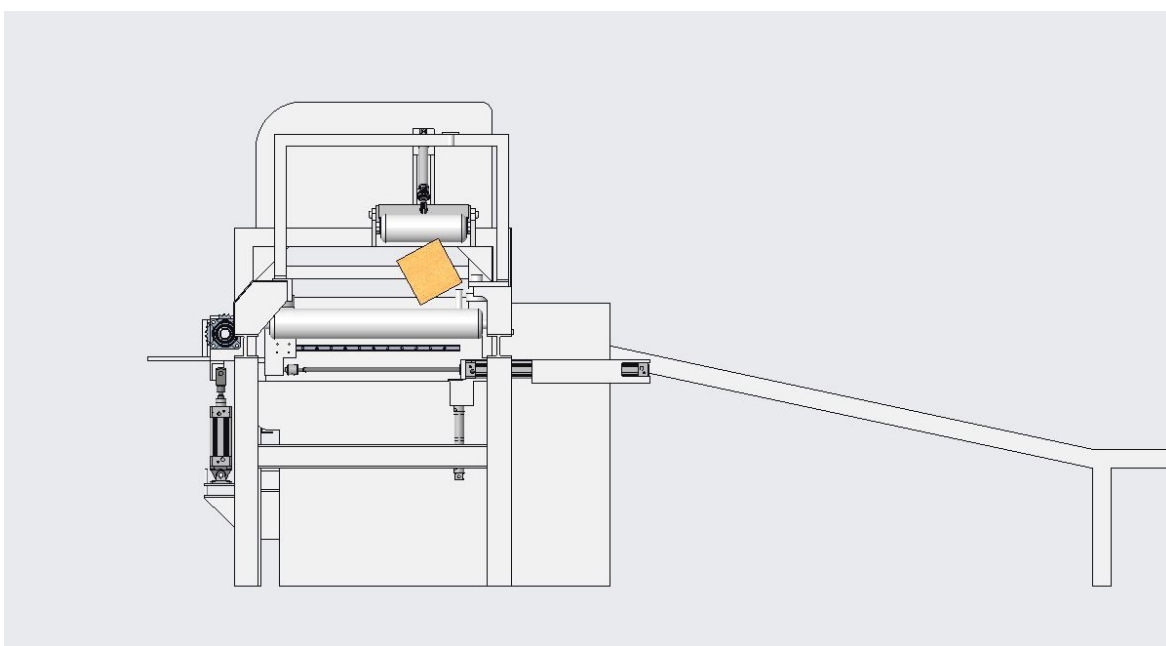
Obrázek 20 – Zastavení prizmy na prvním posuvném válci



Obrázek 21 – Přitlačení prizmy k dorazu a měření

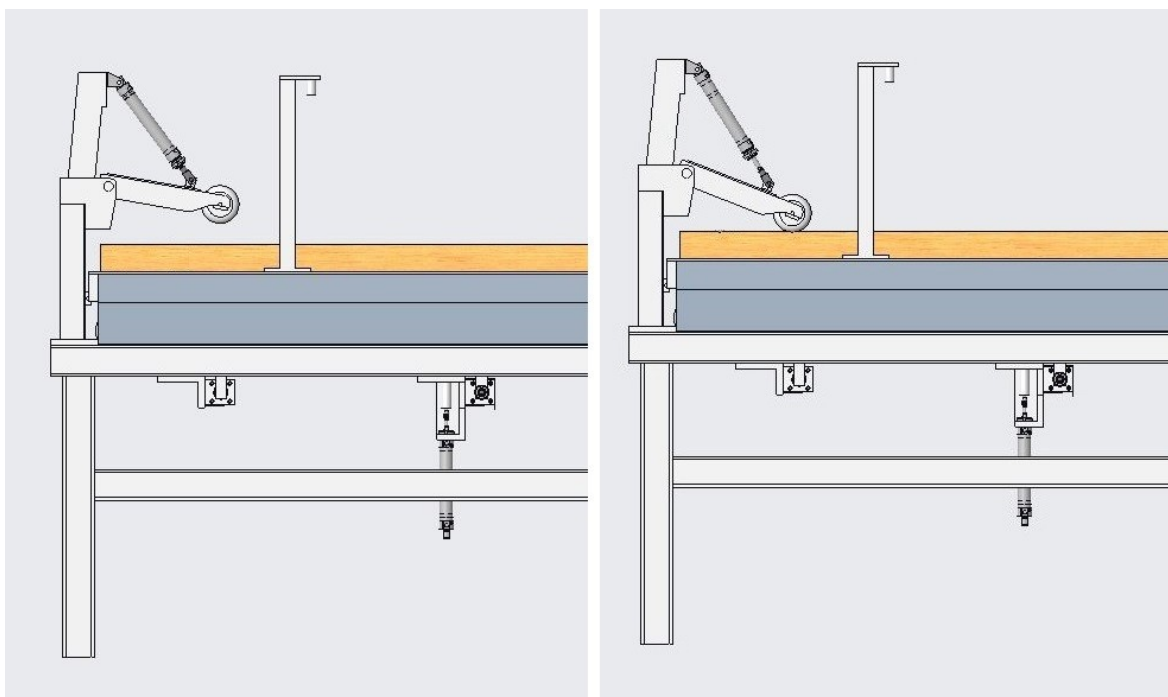


Obrázek 22 - Pozice vhodná pro polohování polotovaru

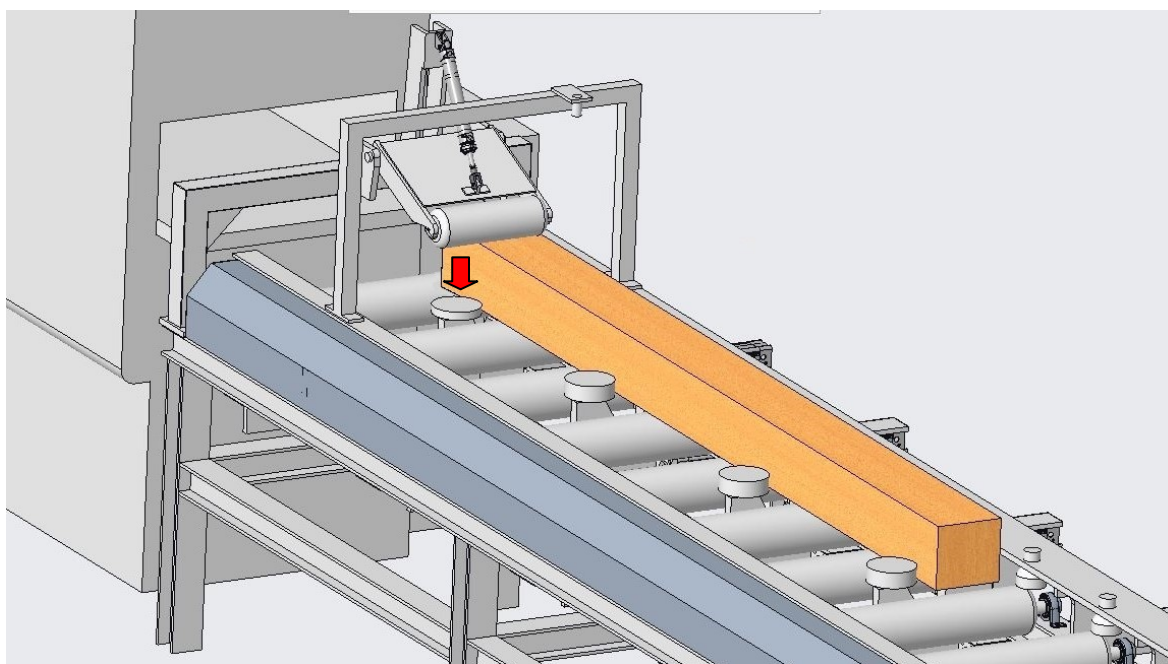


Obrázek 23 – Otočení prizmy o 90° pomocí pneumatických obracečů

Následně se proces opakuje. Proběhne dopravení na první posuvací válec a přitažení k bočním dorazům (obr. 20 a obr. 21), znovu se prizma přeměří a při správné pozici se aktivuje pneumatický vkladač (obr. 24) a prizma začne být posouvána do rozmítací pily, v tuto chvíli se aktivuje i pomocný boční přítlak (obr. 25) – který bude konstruován stejně jako boční přítlaky pro přesun k dorazům. Vkladač i pomocný boční přítlak působí na polotovaru do doby, než opustí vstupní dopravník.

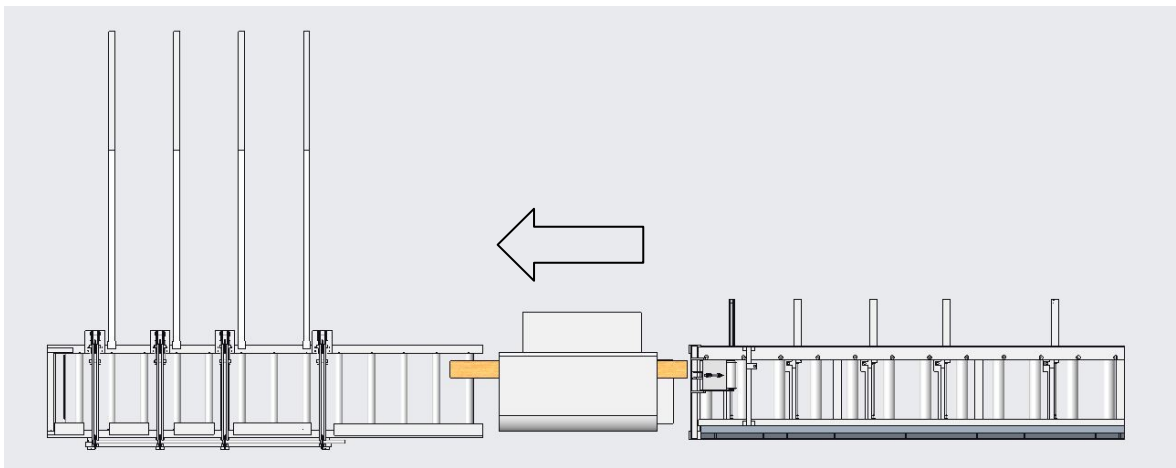


Obrázek 24 - Aktivace pneumatického vkladače

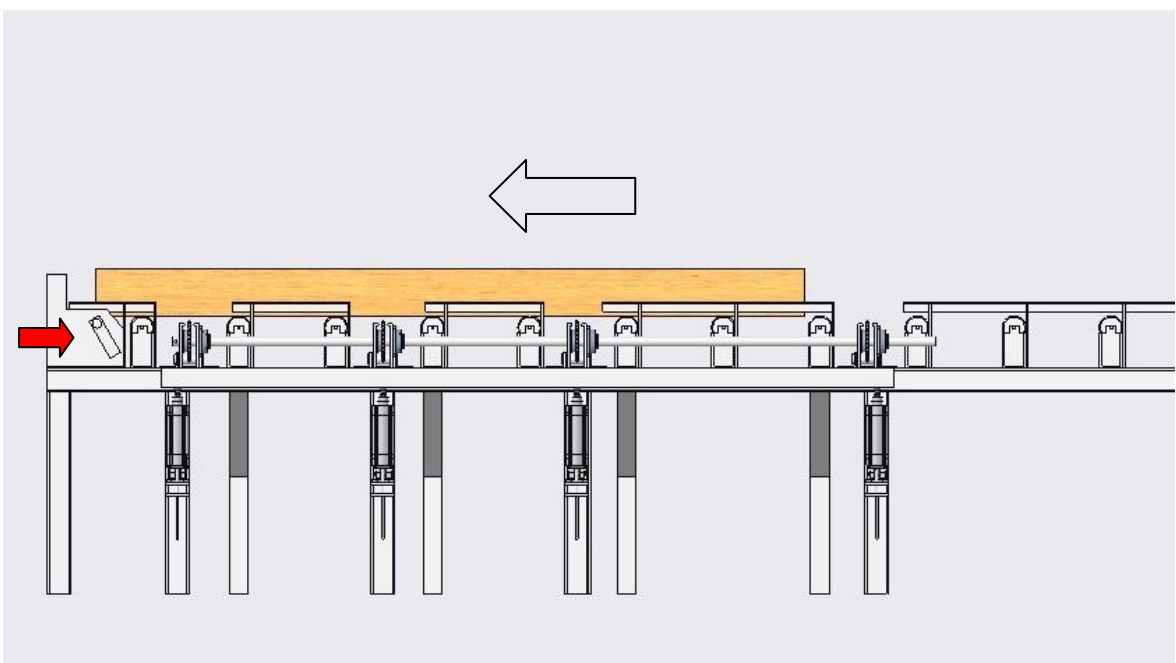


Obrázek 25 - Pohled na vkladač a pomocný boční přítlak (označen červenou šipkou)

Prizma prochází kotoučovou rozmítací pilou (obr. 26) a pokračuje na další poháněný válečkový dopravník tj. výstupní dopravník (pozn.: ve chvíli, kdy polotovar opustí vstupní dopravník, dojde k navalení další prizmy a proces polohování se opakuje). Nyní už je prizma rozmítnutá na desky. Desky jsou posouvány dopravníkem až na konec, kde narazí na doraz (obr. 27 a obr. 28).

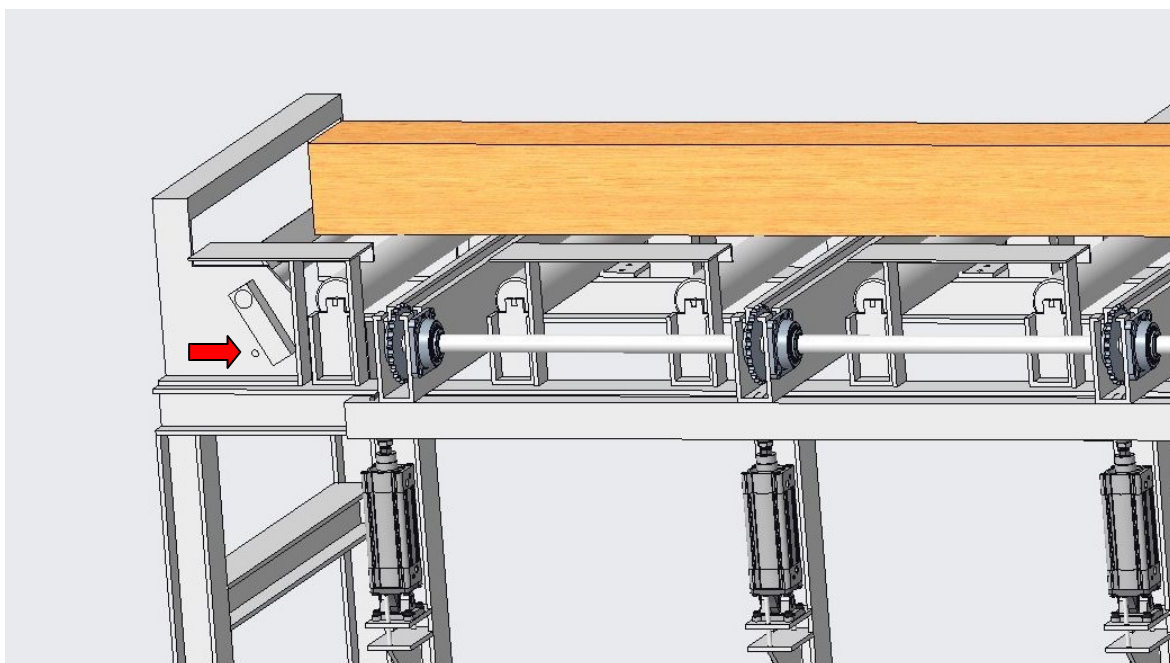


Obrázek 26 - Průchod kotoučovou rozmítací pilou, směr pohybu naznačen šípkou

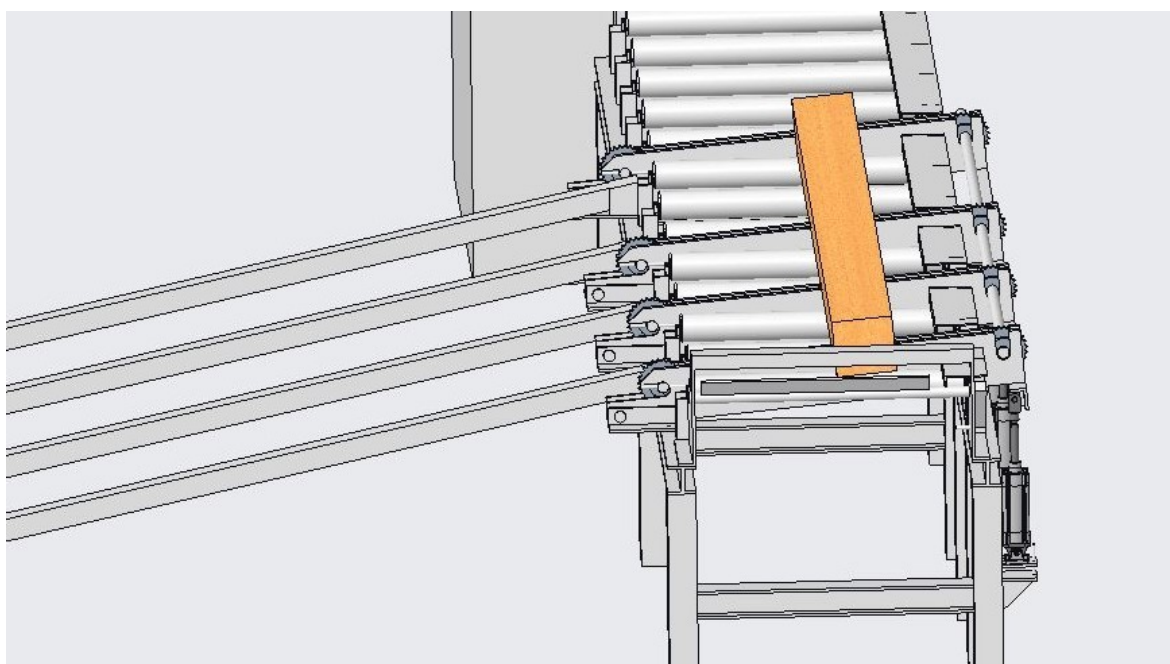


Obrázek 27 - Desky naráží na doraz - doraz označen červenou šípkou

Doraz bude konstruován jako kyvný mechanismus. Po nárazu desek na doraz dojde k odkrytí indukčního snímače, což bude signál, že může dojít k odsunutí desek na gravitační skluz pomocí příčného řetězového dopravníku. Signál z indukčního čidla dá povел k aktivaci pneumatických válců pro zvednutí příčného řetězového dopravníku a pro rozběh řetězů, které přesunou desky na gravitační skluz, tam už si je odebírají pracovníci (obr. 29). Ve chvíli kdy se pneumatické válce příčného dopravníku zasunou, přijde signál, že je na výstupním dopravníku volno a další správně napolohovaný polotovár může pokračovat do rozmítací pily.



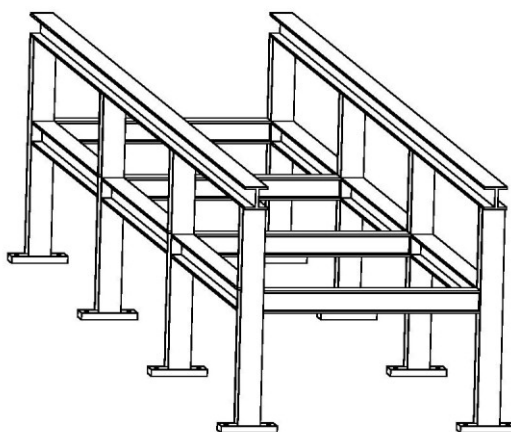
Obrázek 28 - Detail kyvného dorazu, indukční čidlo označeno červenou šipkou



Obrázek 29 - Aktivace příčného řetězového dopravníku

3.2 Konstrukce

Nosná rámová konstrukce bude svařovaná z jednotlivých částí. Pro konstrukci bude použit profil HEB 100 z materiálu S235RJ (11 375), což je materiál vhodný ke svařování. Další prvky budou z plechů různé tloušťky, podle konkrétního použití, například pro uchycení motorů a podskupin s pneumatickými prvky navrhuji plech tloušťky 20mm. Dopravník bude ustaven pomocí patek (obr. 31) a chemických kotev Hilti.



Obrázek 30 – Svařené HEB profily














Tabulka 5 - Základní parametry

	Vstupní dopravník	Výstupní dopravník
Délka [mm]	5500	5500
Šířka [mm]	1764	1726
Výška [mm]	1965	1383

Přestože je délka výstupního dopravníku 5500mm, můžeme po něm dopravit prizmu dlouhou 6000m, a to z důvodu, že mezera mezi rozmítací pilou a začátkem výstupního dopravníku je 890mm. Prizma nám tedy nenajede na doraz dříve, než kompletně opustí rozmítací pilu.

3.2.1 Dopravníkové válečky

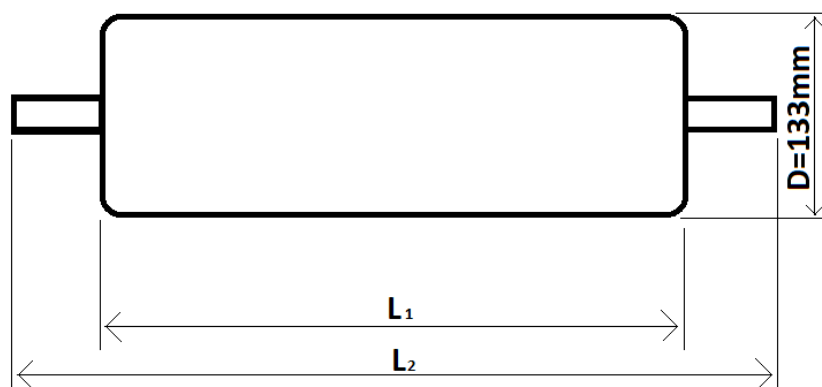
Konstrukce válečků se skládá ze tří komponentů. Z pláště, ten je vyroben z přesné trubky. Materiál pláště může být různý, nejčastěji pozinkovaná ocel, nerezová ocel, chromovaná ocel, slitiny hliníku. Plášť je navíc potažen například pryží, plastem, teflonem nebo měkčeným PVC. Druhý komponent je ložiskové čelo. Jedná se o plastový nebo plechový výlisek, popřípadě odlitek, s ložiskem. Celým válečkem prochází hřídel, jež je třetí komponent. Hřídel může mít různá zakončení podle potřeby, například ukončení odpruženým kónickým pouzdem pro snížení hluku. Pro snadnou a rychlou montáž resp. demontáž dobře poslouží hřídel s bočně, rovnoběžně ofrézovanými plochy, pro zapasování do příslušného profilu. Další varianty jsou s vnitřním nebo vnějším závitem.

dvojitý hladký		jednostranný hladký	
vnitřní dvojitý hladký		vnitřní jednostranný hladký	
redukce		hladký	
girlandové		hladký redukováný	
vnější závit + matice		vnitřní redukováný hladký*	
vnější závit		vnější redukováný hladký	
vnitřní závit		*jen pro strážní válečky	

Obrázek 31 - konce hřídele výrobce Transroll ^[13]

Rozteč válečků se řídí podle rozměru nejmenšího dopravovaného předmětu, a to tak, že pod předmětem by měly být vždy minimálně dva válečky. Tento parametr u řešeného dopravníku nehraje významnou roli, protože dřevěný polotovár má nejmenší možnou délku 2m.

Šířka válečků nám taky určuje šířku tratě. Pro dopravník použiju šířku válečků 900mm viz tabulka níže. Válečky budou uloženy v ložiskových domcích, konec hřídele bude tedy hladký.



Obrázek 32 - Rozměry dopravníkového válečku

Rozměr [mm]		Hmotnost [kg]	
L_1	L_2	rot. dílů	celková
900	1130	10,3	14,7

3.3 Elektromotory s převodovkou

K pohonu dopravníku je nejvýhodnější použití třífázových elektromotorů s převodovkou, které budou poháněné měničem kmitočtu pro synchronizaci rychlosti dopravníku s rychlostí posuvu v rozmítací pile. Při pohonu elektromotoru z měniče kmitočtu se musí brát ohled na chlazení elektromotorů. Většina elektromotorů se používá s vlastním chlazením ventilátorem. Tento ventilátor je nasazený přímo na hřídel elektromotoru pod krytem ventilátoru. Tato strana elektromotoru se označuje jako NDE (Non Drive End, nebo také přední strana elektromotoru). Toto chlazení se označuje IC 411. Ale při použití měničů kmitočtu a snížení otáček se snižuje i objem chladícího vzduchu. To má za následek přehřívání elektromotoru. Proto se elektromotory poháněné z měniče kmitočtu osazují ve vinutí teplotními články, které případně při zvýšení teploty ve vinutí vypnou napájení elektromotoru. V některých případech by takové vypnutí mohlo být nebezpečné, protože by došlo například k zastavení posuvu některého z dopravníků. Mělo by to pak za následek kolizi dopravovaných polotovarů. Proto je vhodné použití pro chlazení elektromotorů tzv. cizí chlazení. Jedná se o konstrukci krytu ventilátoru, na kterém je osazený menší elektromotor, který je napájený přímo z elektrické sítě bez regulace otáček. Na hřídel tohoto elektromotoru pod krytem ventilátoru je pak nasazený ventilátor, který zajišťuje nezávislé chlazení hlavního elektromotoru.

Použitá převodovka může být buď šneková, nebo kuželová. Výhody má každé provedení převodovky. Šneková převodovka má menší zástavbové rozměry vzhledem k převodovému poměru, ale její nevýhoda je ve větších ztrátách ve šnekovém převodu. Kuželová převodovka má menší ztráty v převodech, počítá se 2% na každé soukolí, ale jako celek má větší účinnost, oproti šnekovým převodovkám.

Na trhu jsou k dispozici převodovky osazené přímo elektromotorem a prodávají se jako celek. Elektropřevodovky slouží ke změně výstupních otáček s krouticího momentu hřídele motoru oproti původním otáčkám elektromotoru. Elektropřevodovek je několik variant. Pro použití u dopravníků si vystačíme s těmito převodovkami: Šnekové, kuželové, čelní, kuželočelní a planetové převodovky.

3.3.1 Příklad výpočtu pohonu pro vstupní dopravník

Výpočty níže jsou převzaty z literatury [4]. Počet válečků pod polotovarem je dán roztečí válečků a délkou polotovaru

$$k_1 = \frac{a}{t} = \frac{6}{0,5} = 11 \quad (1)$$

Kde a je délka polotovaru, t je rozteč válečků. V případě nejdelšího možného polotovaru tj. 6m budou zatíženy všechny válečky. V případě nejkratšího řezaného polotovaru tj. 2 m bude využito celkem čtyř válečků.

Polotovar leží na k_1 válečcích, předpokládáme, že hmotnost polotovaru m_p se rozloží rovnoměrně hmotností q . Pro výpočet potřebujeme znát hmotnost polotovaru, kde je potřeba počítat s nejtěžší možnou variantou. Největší možný rozměr polotovaru je 0,2 x 0,65m v maximální možné délce 6m. Další veličinou je hustota dřeva. Nejčastěji zpracovávanou surovinou je smrk s hustotou $\rho_s = 470 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, v sortimentu se však může objevit i jedle s hustotou $\rho_j = 560 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Opět budeme počítat s těžší variantou.

Maximální možná hmotnost je tedy:

$$m_p = \rho_j \cdot V = 560 \cdot 0,78 = 436,8 \text{ kg} \quad (2)$$

A zatížení:

$$q = \frac{m_p}{k_1} = \frac{436,8}{11} = 39,7 \text{ kg} \quad (3)$$

Potřebný výkon pro rovnoměrný pohyb

$$\begin{aligned} P &= \left\{ n \cdot k_1 \cdot q \cdot g \cdot \left[\sin \beta + \cos \beta \cdot \left(\frac{e + f \cdot r}{R} + 0,005 \right) \right] + m_{rv} \cdot g \cdot \frac{f \cdot r}{R} \cdot z \right\} \cdot \frac{v}{1000 \cdot \eta_1} \\ &= \left\{ 1 \cdot 11 \cdot 39,7 \cdot 9,81 \cdot \left[\sin 0 + \cos 0 \cdot \left(\frac{0,0006 + 0,02 \cdot 0,02}{0,0665} + 0,005 \right) \right] + 113,3 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,02}{0,0665} \cdot 11 \right\} \cdot \frac{0,66}{1000 \cdot 0,85} \\ &= 0,13 \text{ kW} \quad (4) \end{aligned}$$

Kde n je počet polotovarů na dopravníku, m_{rv} je hmotnost rotujících částí (viz. kapitola 3.2.1), f je součinitel čepového tření, r je poloměr čepu v ložiskách, R je poloměr poháněného válečku, η_1 je účinnost řetězových převodů mezi válečky a převodovkou, v je

požadovaná dopravní rychlost (počítáno s maximální), z je celkový počet poháněných válečků na dopravníku, e je rameno valivého tření.

Hmotnost rotujících částí válečků:

$$m_{rv} = n \cdot m_{rot.} = 11 \cdot 10,3 = 113,3 \text{ kg} \quad (5)$$

Přidaný výkon při zastavení předmětu

Výpočet výkonu P_1 je důležitý pro zastavení a znovu rozběhnutí dopravníku.

$$P_1 = q \cdot g \cdot k_1 \cdot \cos \beta \cdot \mu \cdot \frac{v}{1000 \cdot \eta_1} = 39,7 \cdot 9,81 \cdot 11 \cdot \cos 0 \cdot 0,6 \cdot \frac{0,66}{1000 \cdot 0,85} = 2 \text{ kW} \quad (6)$$

Kde μ je součinitel tření mezi polotovarem a válečky (dřevo – kov); kde podle [14] $\mu = 0,2 \div 0,6$; volím $\mu = 0,6$

Celkový výkon spočítám sečtením výše spočítaných výkonů:

$$P_c = P + P_1 = 0,13 + 2 = 2,13 \text{ kW} \quad (7)$$

Nejvýhodnější převodovkou z hlediska rozměrů a převodového poměru pro použití u dopravníků je šneková převodovka. Jejich nevýhodou jsou ale větší ztráty a z toho důvodu už někteří výrobci ukončili její vývoj. Proto pro vstupní dopravník volím kuželovou převodovku G43A-DM100LD4 firmy KEB. Tato kuželová převodovka má připevnění na konstrukci pomocí patek, které jsou předlité na převodové skříni. Její převodový poměr je $i=51,52$, výstupní otáčky $n=27 \text{ min}^{-1}$ a výkon $P=3 \text{ kW}$. Elektromotor převodovky je poháněn měničem kmitočtu, tak máme možnost plynule měnit výstupní otáčky na převodovce a tím i požadovanou rychlost dopravníku. Kuželová převodovka má menší ztráty proti šnekové převodovce, ale zase nevýhodou jsou větší zástavbové rozměry kuželové převodovky. Zástavbová velikost nás ale u tohoto dopravníku nijak nelimituje. Další možnost pro připevnění je pomocí příruby, ale patkové provedení je výhodnější pro případné ustavení a napínání řetězu dopravníku.



Obrázek 33 – motor KEB řady G43A ^[19]

Obdobně byly vypočítány i další dva pohony. Pro pohon výstupního dopravníku volím G22A-DM90LC4 firmy KEB s výkonem 1,5 kW a pro pohon příčného řetězového dopravníku volím pohon F42DG DM90SB4 firmy KEB s výkonem 1,1 kW.

3.4 Řetězy

U navržených dopravníků jsou zapotřebí dva druhy řetězů. První bude pro pohon válečků a druhý pro dopravu polotovaru jako příčný řetězový dopravník.

Pro pohon je možné použít válečkové řetězy. Provedení jsou jednořadá, pro větší zatížení je možné objednat i dvou nebo víceřadá provedení. U běžných aplikací je dostačující jednořadá provedení řetězu. Konstrukčně má jednotlivé články spojené čepy a na každém čepu je umístěn váleček. Dle velikosti řetězu je daná rozteč válečků a i jeho šířka. Velikost řetězů je pak dle použitých řetězů. Ideální počet zubů řetězky je lichý počet, aby při provozu docházelo k postupnému posunu článků řetězu proti zubům řetězky. Tím dojde k rovnoměrnému opotřebování zubů a řetězu.

Pro příčné dopravníky pomocí řetězů se využívají dopravníkové řetězy. Mají různá provedení článků, jsou osazeny unášeci pro dodatečnou montáž unášecího dílu dle požadavku dopravy. Pro dopravu dřevěných polotovarů je vhodné použít provedení bez unášecí, ať nedochází k poškození polotovaru unášecem.

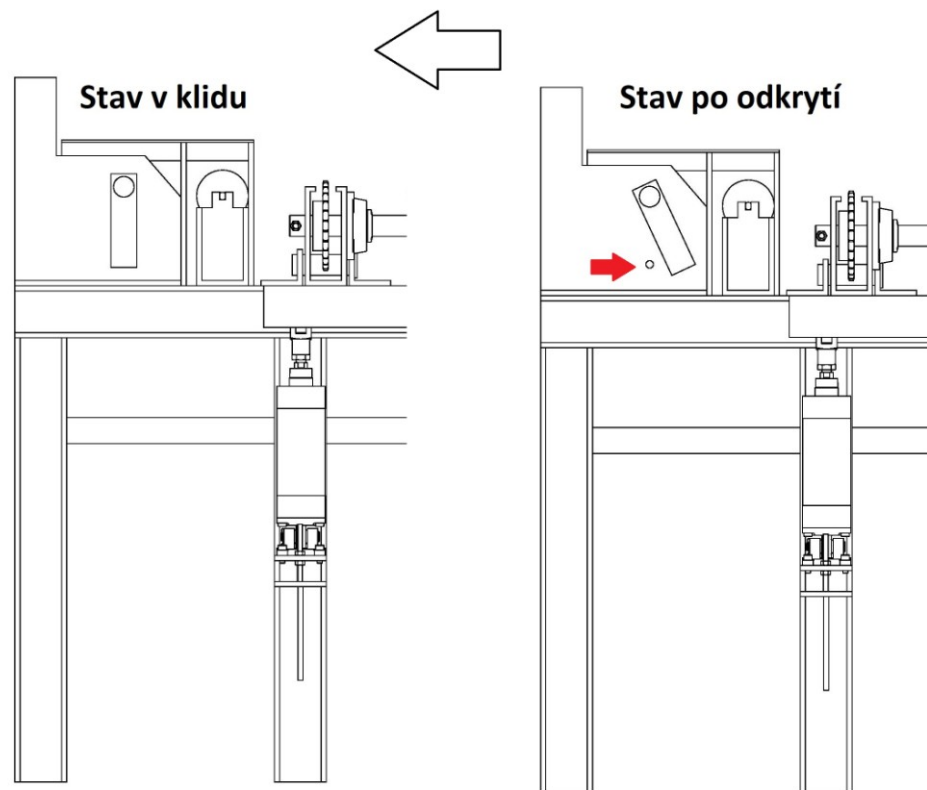
3.5 Elektrovýzbroj

Abychom získali informaci o stavu technologického procesu nebo stroje, musíme zařízení vybavit vhodnými senzory. Sensory snímají průběh činnosti a stavy procesu resp. Stroje a slouží k řízení, regulaci a zabezpečení stroje a procesu. Sensory převádí hodnoty sledovaných veličin na signál, který dále přenášíme a zpracováváme.

3.5.1 Indukční snímače

Indukční bezdotykové nebo také přibližovací indukční snímače detekují, případně měří přiblížení elektricky vodivých předmětů na vzdálenost desítek mm. Jejich hlavní předností je možnost dlouhodobě bezchybně pracovat v prašném a znečištěném průmyslovém prostředí. V průmyslových aplikacích často potřebujeme bezkontaktně a spolehlivě detekovat pohyb například dorazy, natočení, vyosení. A to často v prašném výrobním prostředí. Indukční snímač je nejvhodnější a nejlevnější způsob detekování pro materiály jako je kov (elektricky vodivý materiál). Pro detekci elektricky nevodivých materiálů slouží kapacitní senzory [10].

Indukční snímač je na zařízení použit u výstupního dopravníku. Z rozmítací pily vyjedou hotové výrobky na poháněný válečkový dopravník, přičemž se válečky dopravníku zastaví ve chvíli, kdy se hotové desky ocitnou na posledním válci. To je zajištěno kyvným dorazem. Po nárazu na doraz dojde k odkrytí indukčního snímače. To je signál pro zastavení válečkového dopravníku a taktéž signál pro aktivaci příčného řetězového dopravníku, který dopraví desky na gravitační skluz.



Obrázek 34 - Indukční snímač – směr pohybu řeziva naznačen černou šipkou

3.5.2 Magnetické snímače

Největšího použití dosáhly magnetické senzory při snímání poloh pneumatických a hydraulických válců a to jako senzory přiblížení. Senzor snímá polohu pístu, na kterém je umístěn magnet. Poněvadž je stěna válce neferomagnetická, může magnetické pole proniknout k senzoru. Senzory mají speciální tvary a pouzdra, aby se mohly montovat na pneumatické válce přímo [3].

Magnetické snímače jsou na dopravníku hojně zastoupené. Jsou použity snímače firmy Festo typ SMT-8M-A. Jedná se o polovodičové čidlo, které se nasazuje shora do T drážky (obr. 34)



Obrázek 35 - Magnetický snímač polohy FESTO

V obvodu mají tyto funkce:

Snímač B40 – magnetický snímač výchozí polohy pomocné přitlačovací kladky (pístnice vysunutá)

Snímače B41, B42, B43, B44 – magnetický snímač výchozí polohy přitlačovací kladky (pístnice vysunutá)

Snímač B45 – přitlačná kladka vkladáče – nahoře

Snímač B46 - přitlačná kladka vkladáče – dole

Snímače B47, B48, B49, B50 – Výchozí poloha obraceče (pístnice zasunutá)

Snímač B51, B52, B53, B54 – magnetický snímač výchozí polohy přesouvacích lišt u výstupního dopravníku (pístnice zasunutá)

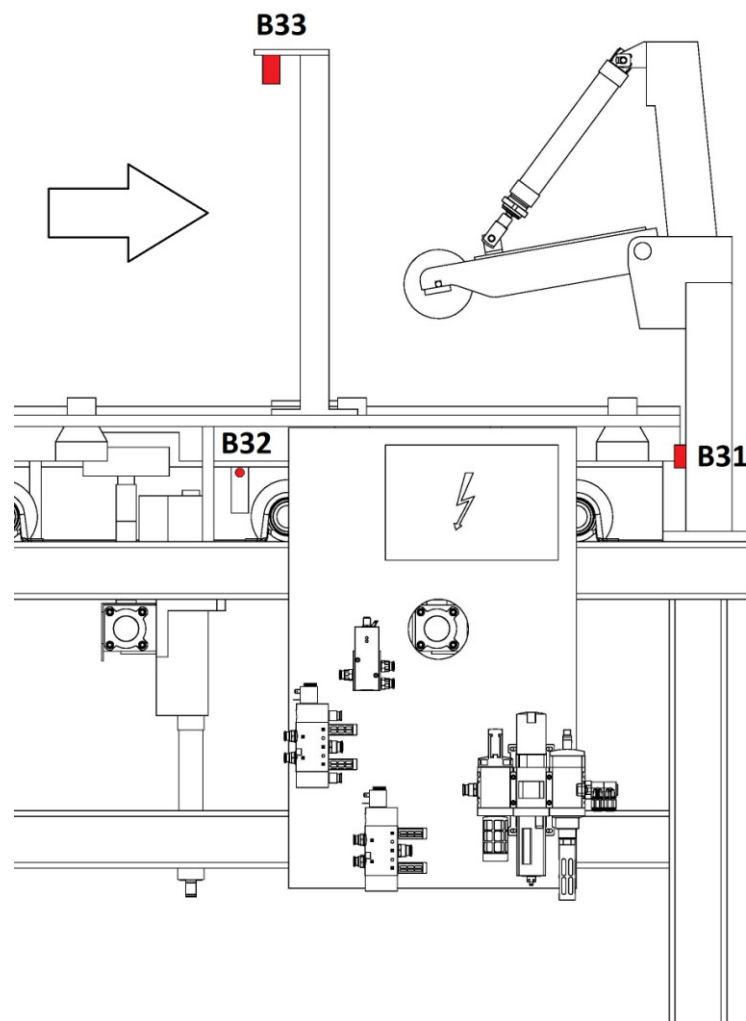
3.5.3 Optické snímače

Na dopravníkovém zařízení jsou celkem tři optické senzory. Konkrétně typ OGD580 firmy IFM. Jedná se o optický distanční senzor. Všechny tři senzory jsou umístěné na vstupním dopravníku před rozmítací pilou (obr. 35)

Snímač B31 – optický snímač pro zabezpečující postupný přísun polotovarů. Ve chvíli, kdy konec polotovaru opustí první posuvný válec, dává signál, že dopravník je volný pro další kus.

Snímač B32 – optický snímač přítomnosti materiálu v pozici vhodné pro polohování a měření šířky polotovaru.

Snímač B33 – Optický snímač měření tloušťky materiálu. Spolu se snímačem B32 provede zjištění, jestli je dřevěný polotovar ve správné pozici a může vstoupit do rozmítací pily. Pokud je změřena nesprávná orientace, přítlačné kladky se odsunou a zaktivuje se pneumatický obraceč, který zajistí otočení materiálu, tak aby byl širší stranou na posouvacích válcích. Následně se znovu obnoví proces přítlačení a změření optickými snímači. Podle naměřené výšky materiálu dojde k přestavení boudy rozmítací pily ve směru nahoru nebo dolů.



Obrázek 36 - Umístění optických senzorů

3.6 Pneumatické prvky a jejich uchycení

V celém obvodu nalezneme 14 dvojčinných přímočarých pneumatických motorů (viz. příloha A), 10 válců u vstupního dopravníku a 4 válce u výstupního dopravníku. Pro boční přítlaky celkem čtyři válce a pro pomocný boční přítlak jeden válec. Další čtyři válce jsou

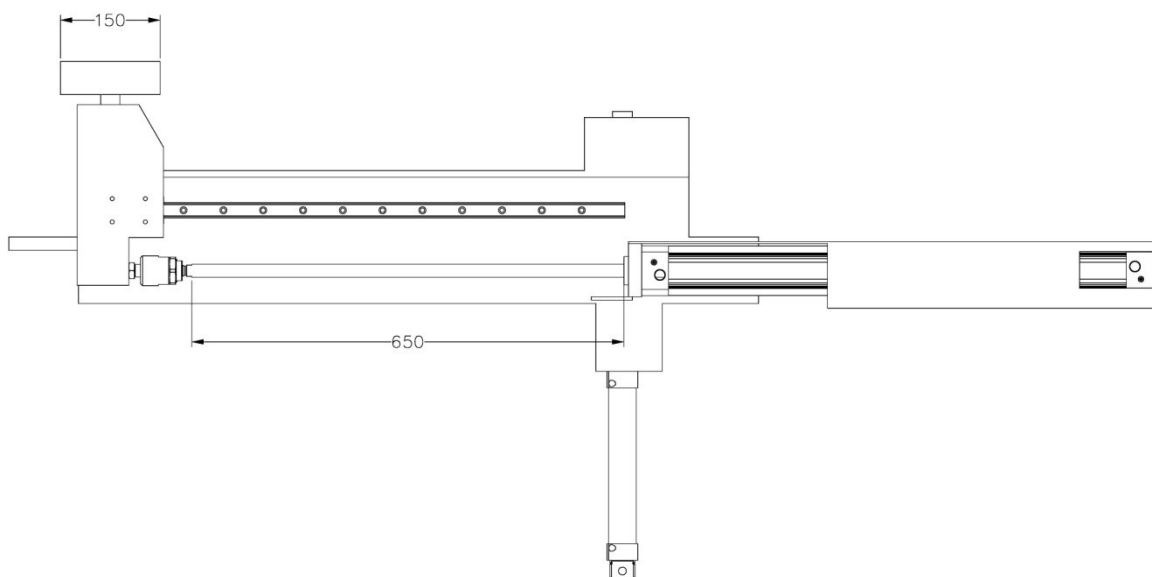
instalovány pro pneumatický obraceč. Poslední, desátý pneumatický válec je umístěn na vkladaci. Na výstupním dopravníku jsou umístěny celkem 4 pneumatické válce.

3.6.1 Boční přítlak

Válce bočního přítlaku slouží k přitažení prizmy k dorazu a jejímu následnému přítlaku při samotném řezání. Pro boční přítlaky budou nejvhodnější pneumatické válce standardního profilu, které nabízí drážky na čidla. Snímač polohy bude umístěn pro výchozí polohu = válec je vysunutý. Z toho vyplývá, že přitažení prizmy k dorazu probíhá zasouváním pístnice tlakem na mezikruží. Ve výpočtu budu počítat se silou od tření břemene o válečky dopravníku (při přitahu k dorazu), jelikož manipulace probíhá v horizontální poloze tedy úhel $\alpha=0^\circ$. Tento válec bude použitý i jako pomocný boční přítlak, ten se nachází za prvním posouvacím válcem před vstupem do rozmítací pily. Aktivuje se ve chvíli, kdy se prizma rozjede do rozmítací pily, tak aby prizma byla zajištěna co možná nejdelší dobu. Jak již bylo spočítáno výše, maximální možná hmotnost polotovaru je:

$$m_p = \rho_j \cdot V = 560 \cdot 0,78 = 436,8kg \quad (8)$$

Kde m_p je hmotnost polotovaru, ρ_j je hustota jedle, V je objem polotovaru



Obrázek 37 – Boční přítlak

- Síla od tíhy polotovaru

$$F_p = m_p \cdot g \cdot \sin \alpha = 436,8 \cdot 9,81 \cdot \sin 0 = 0 \text{ N} \quad (9)$$

Kde F_p je zatěžující síla od tíhy polotovaru

- Síla od tření břemene

$$F_{tř} = N \cdot f = m_p \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f = 436,8 \cdot 9,81 \cdot \cos 0 \cdot 0,6 = 2569 \text{ N} \quad (10)$$

Kde f je součinitel tření dřevo-kov; $f = 0,2 \div 0,6$; volím $f = 0,6$

- Síla na jeden pneumotor

$$F_1 = \frac{F_{tř}}{z} = \frac{2569}{4} = 642,25 \text{ N} \quad (11)$$

Kde z je počet pneumotorů.

- Odpor těsnění:

$$R_o = a_1 \cdot F_1 = 0,3 \cdot 642,25 = 192,68 \text{ N} \quad (12)$$

Kde $a_1 = 0,1 \div 0,3$, volím $a_1 = 0,3$

- Celková síla

$$F_C = F_1 + R_o = 642,25 + 192,68 = 834,9 \text{ N} \quad (13)$$

- Průměr pístu:

$$S_1 = \frac{F_1}{p} = \frac{834,9}{6 \cdot 10^5} = 1,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (14)$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,39 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0,042 \text{ m} \quad (15)$$

Kde p je tlak v systému, $p = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Výpočet odpovídá pneumotoru o průměru pístu $D = 50 \text{ mm}$

- Ověření skutečné síly pro pneumatický válec o průměru $D=50 \text{ mm}$, kontrolu provádím pro mezikruží:

$$F_{sk} = p \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = 6 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi(0,05^2 - 0,02^2)}{4} = 989 \text{ N} \quad (16)$$

$$F_{sk} > F_C$$

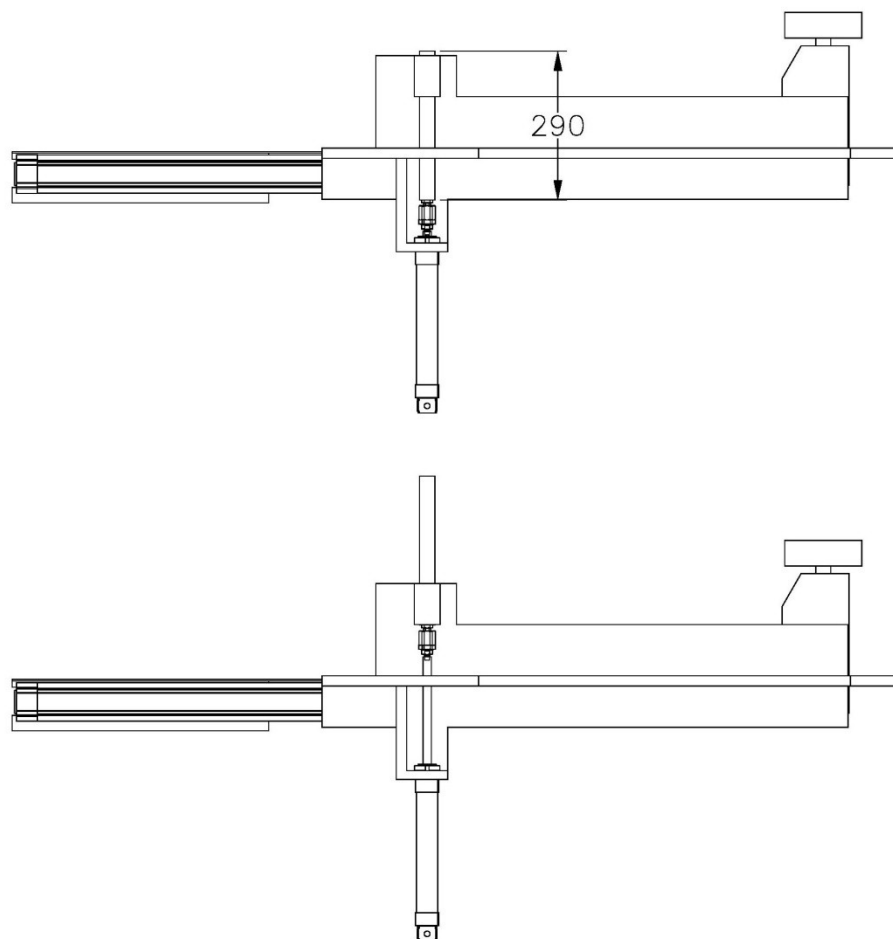
Přesto že podmínka je splněna, volím válec o průměru $D=63 \text{ mm}$, a to z důvodu sjednocení přípojovacích rozměrů na pneumatických válcích na rozměr G3/8. Volím

standardní přímočarý pneumatický válec firmy FESTO DSBC-63-650-PPVA-N3. Tento válec volím i pro pomocný boční přítlak.

Boční přítlaky (kladky) se posouvají po vedení, které zachytí krouticí moment, nebude ta docházet k ohybovému namáhání pístnice. Pístnice je doplněna o pružnou spojku, která slouží pro vyrovnání radiálních a úhlových odchylek vznikajících při výrobě a montáži.

3.6.2 Pneumatický obraceč

Pro pneumatický obraceč opět využiju snímač polohy, opět bude umístěn pro výchozí pozici, tentokrát pro pozici zasunuto – impulz, že proběhlo otočení. Pokud bude změřeno nesprávné napolohování, boční přítlaky uvolní dřevěný polotovar, a ten bude otočen o 90° rychlým vysunutím obracečů. Válec bude pomocí matice uchycen k rámu dopravníku a na pístnici bude opět umístěna pružná spojka. Pro prodloužení pístnice bude na hlavici našroubovaná nerezová tyč. Její vedení bude zajištěno vodícím pouzdrem, které bude pevně spojeno s rámem dopravníku (obr. 37) V tomto výpočtu naopak nebudu počítat s třecí silou, úhel $\alpha = 90^\circ$.



Obrázek 38 - Obraceč

- Síla od tíhy polotovaru

$$F_p = m_p \cdot g \cdot \sin \alpha = 436,8 \cdot 9,81 \cdot \sin 90 = 4285 \text{ N} \quad (17)$$

- Síla na jeden pneumotor

$$F_2 = \frac{F_p}{z} = \frac{4285}{4} = 1071,25 \text{ N} \quad (18)$$

- Odpor těsnění

$$R_o = a_1 \cdot F_2 = 0,3 \cdot 1071,25 = 321,37 \text{ N} \quad (19)$$

- Celková síla

$$F_C = F_2 + R_o = 1071,25 + 321,37 = 1392,63 \text{ N} \quad (20)$$

- Průměr pístu:

$$S_2 = \frac{F_C}{p} = \frac{1392,63}{6 \cdot 10^5} = 2,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,32 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0,054 \text{ m} \quad (22)$$

Nejbližší vyšší průměr pístu $D=63\text{ mm}$

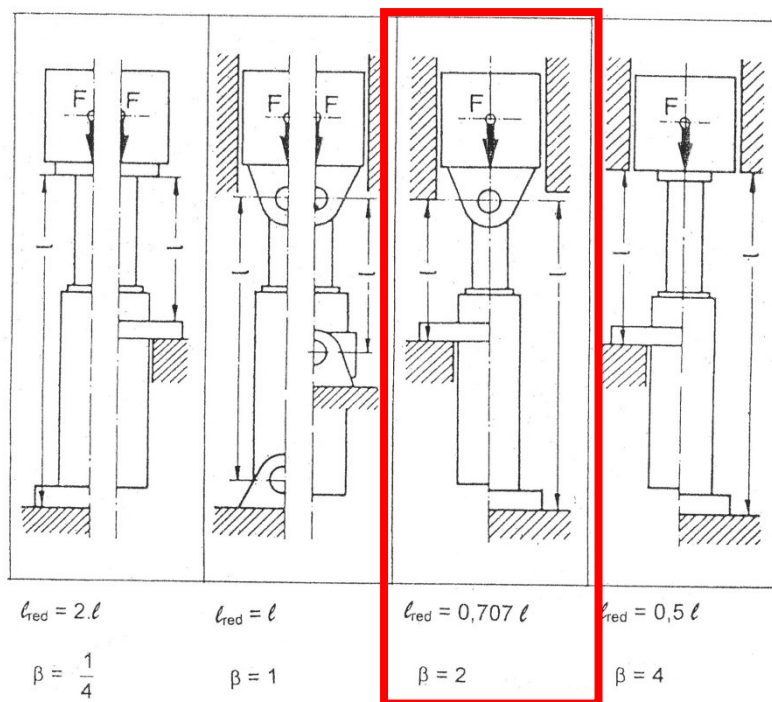
- Ověření skutečné síly pro pneumatický válec o průměru $D=63\text{ mm}$

$$F_{sk} = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 6 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi 0,063^2}{4} = 1870\text{ N} \quad (23)$$

$$F_{sk} > F_C$$

Válec o průměru $D=63\text{ mm}$ vyhovuje. Volím standardní kruhový pneumatický válec firmy FESTO, DSNU-63-200-PPV-A.

V tomto případě je vhodné zkontrolovat pístnici na vzpěr. Pro výpočet je třeba znát uchycení a vedení pístnice. Na jedné straně bude pístnice vedena ve válci, který bude pevně spojen s konstrukcí. Na straně pístnice se nachází pružná spojka. Od způsobu vedení se odvíjí redukovaná délka pístnice l_{red} (obr. 38)



Obrázek 39 – Způsoby uchycení

- Kvadratický moment průřezu pístnice

$$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi 20^4}{64} = 7854\text{ mm}^4 \quad (24)$$

Kde d je průměr pístnice pro zvolený válec, $d = 0,02\text{ m}$

- Kritická síla

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J \cdot \beta}{l_{red}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 7854 \cdot 2}{19\,994} = 1\,628\,322\, N \quad (25)$$

Kde $l_{red}^2 = (0,707 \cdot 200)^2 = (141,4)^2 = 19\,994$ (26)

A E je modul pružnosti oceli v tahu; $E = 2,1 \cdot 10^5\, Pa$

- Přípustná kritická síla

$$F_{kr-dov} = \frac{F_{kr}}{\nu} = \frac{1\,628\,325}{5} = 325\,665\, N \quad (27)$$

Kde ν je součinitel bezpečnosti, $\nu = 3,5 \div 10$, volím $\nu = 5$

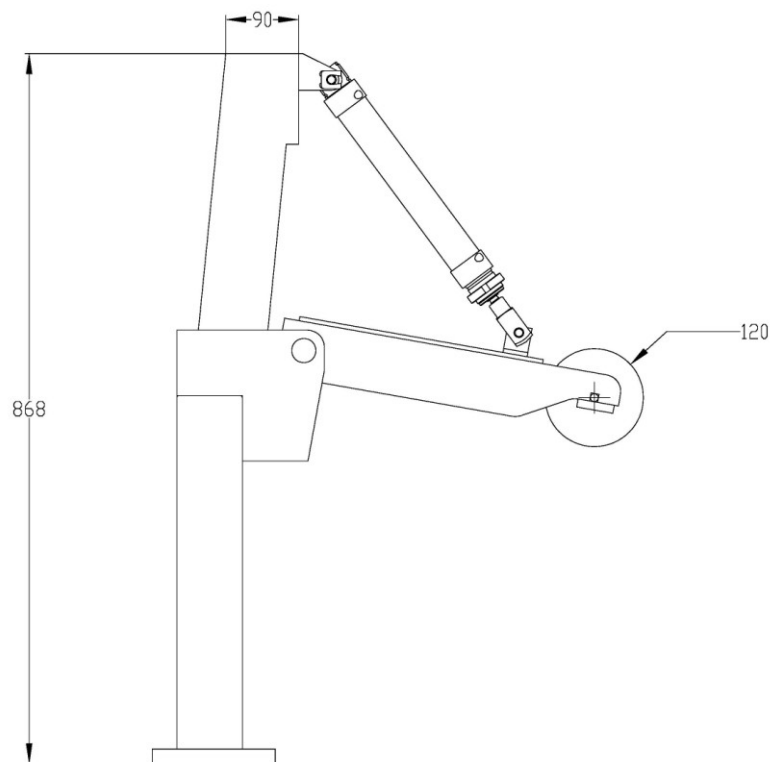
$$F_C < F_{kr-dov}$$

$$F_{sk} < F_{kr-dov}$$

Obě podmínky jsou splněny

3.6.3 Vkladač

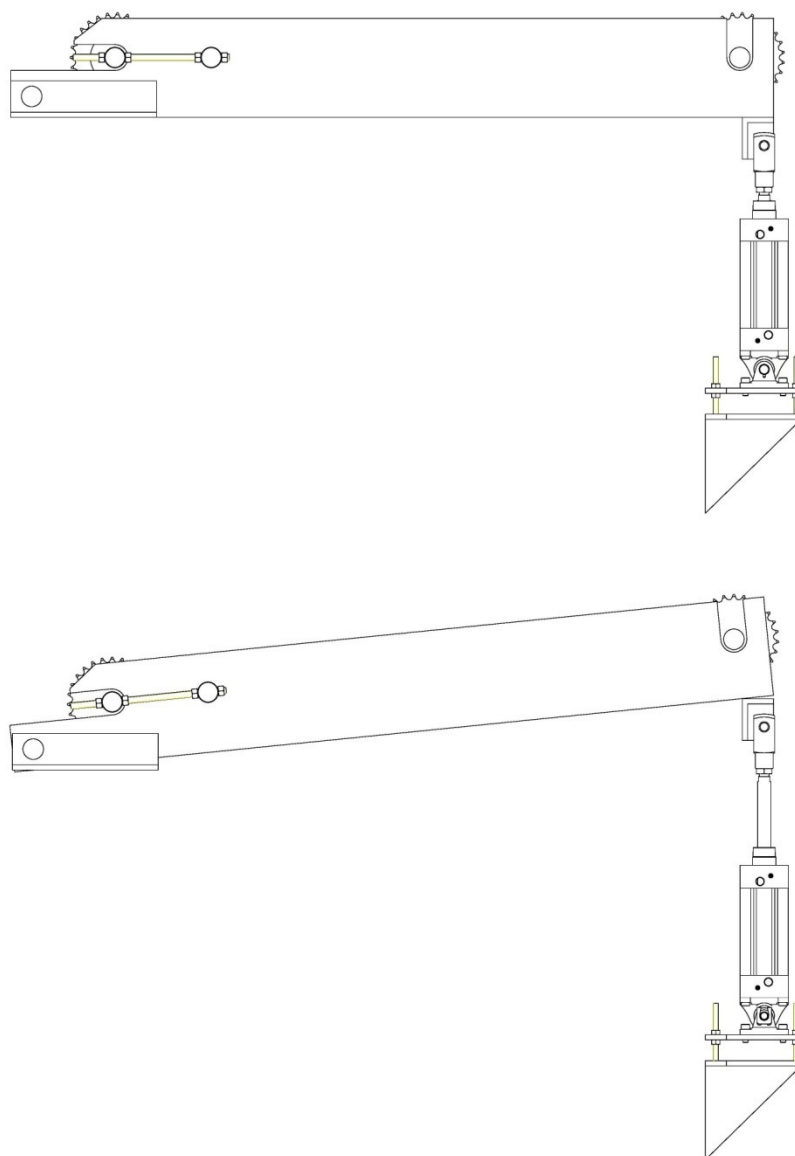
Kruhový válec firmy FESTO, DSNU-63-200-PPV-A, volím i pro pneumatický vkladač. Vkladač plní funkci přítlaku k posuvným válcům a tím přispívá ke zlepšení jejich unášecí schopnosti. Válec bude osazen snímači v obou koncových polohách. Uchytení ke konstrukci bude uskutečněno vidlicovou koncovkou a jejím protikusem na straně pístnice a ložiskovým tělesem tvaru „U“ na druhé straně (obr. 32)



Obrázek 40 - Vkladač

3.6.4 Vyklápěcí mechanismus příčného dopravníku

Poslední čtyři válce jsou použity u výstupního dopravníku. Zaktivují se po nárazu hotových výrobků na doraz a zastavením řetězového pohonu. Válce zvednou ramena navazujícího příčného řetězového dopravníku, ramena jsou s válci spojeny ocelovým profilem. Zároveň se zaktivuje pohon řetězů a dojde k vyhození výrobků z dopravníku na skluz, kde je odeberou operátoři. Zde už válce nezvedají jenom hmotnost řeziva vzniklého z prizmy, ale celou konstrukci příčného dopravníku i s motorem. Hmotnosti komponentů byly vyčteny z 3D modeláře popřípadě katalogu.



Obrázek 41 – Výklop příčného dopravníku

Hmotnost U profilu: $m_{U-profil} = 48,2 \text{ kg}$

Hmotnost L lišty: $m_{L-lišta} = 33 \text{ kg}$

Hmotnost řetězky: $m_{řetězka} = 2,5 \text{ kg}$

Hmotnost motoru: $m_{motor} = 41 \text{ kg}$

Hmotnost hřídele: $m_{hřídel} = 31,6 \text{ kg}$

Hmotnost ložiska: $m_{lož} = 1,8 \text{ kg}$

Hmotnost řetězu: $m_{řetěz} = 117,64 \text{ kg}$

Celková hmotnost:

$$m_{konstrukce} = 4 \cdot m_{U-profil} + m_{L-lišta} + 8 \cdot m_{řetězka} + m_{motor} + m_{hřídel} + 5 \cdot m_{lož} + m_{řetěz} = +192,8 + 33 + 20 + 41 + 31,6 + 9 + 117,64 = 445 \text{ kg} \quad (28)$$

$$m_c = m_p + m_{konstrukce} = 436,8 + 445 = 881,8 \text{ kg} \quad (29)$$

- Síla od tíhy komponentů a řeziva

$$F_3 = m_c \cdot g = 881,8 \cdot 9,81 = 8650 \text{ N} \quad (30)$$

Avšak válce nebudou zvedat celou hmotnost zařízení. Konstrukce je na jedné straně uložena v kloubech, do kterých se přenesou část zatížení a řezivo vyjždí z rozmítací pily blíže ke straně kloubů – pro jistotu budu počítat se zatížením řeziva přibližně uprostřed z důvodu případného rozsypání ke straně válců.

Zvedaná hmotnost pak bude následující:

$$m_{c2} = \frac{2 \cdot m_{konstrukce}}{3} + \frac{m_p}{2} = 296,7 + 218,4 = 515,1 \text{ kg} \quad (31)$$

- Síla od tíhy komponentů a řeziva na jeden pneumotor

$$F_4 = \frac{m_{c2} \cdot g}{4} = \frac{515,1 \cdot 9,81}{4} = 1263,3 \text{ N}$$

- Průměr pístu:

$$S_2 = \frac{F_4}{p} = \frac{1263,3}{6 \cdot 10^5} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (32)$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot S_2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3}}{\pi}} = 0,051 \text{ m} \quad (33)$$

Kde p je tlak v systému, $p = 6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Výpočet odpovídá pneumotoru o průměru pístu $D = 63 \text{ mm}$

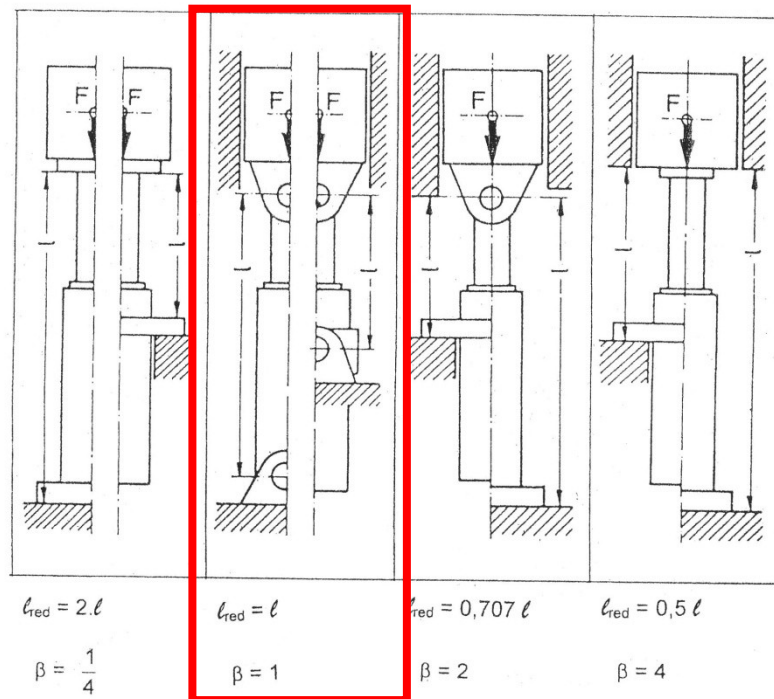
- Ověření skutečné síly pro pneumatický válec o průměru $D=63 \text{ mm}$

$$F_{sk2} = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 6 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} = 1870,3 \text{ N} \quad (34)$$

$$F_{sk2} > F_4$$

Pneumatický válec o průměru $D = 63 \text{ mm}$ vyhovuje. Volím tedy pneumatický válec firmy FESTO, DSBC-63-125-PPVA-N3.

I v tomto případě zkontrolují pístnice na vzpěr. Pístnice je vedena ve válci, který je klyně uchycen ke konstrukci. Na druhé straně je pomocí vidlice spojená s konstrukcí. (obr. 41)



Obrázek 42 – Způsoby uchycení

- Kvadratický moment průřezu pístnice

$$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi 20^4}{64} = 7854 \text{ mm}^4 \quad (35)$$

Kde d je průměr pístnice pro zvolený válec, $d = 0,02 \text{ m}$

- Kritická síla

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J \cdot \beta}{l_{red}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 7854 \cdot 1}{15\,625} = 1\,041\,813 \text{ N} \quad (36)$$

$$\text{Kde} \quad l_{red}^2 = 125^2 = 15\,625 \quad (37)$$

- Přípustná kritická síla

$$F_{kr-dov} = \frac{F_{kr}}{\nu} = \frac{1\,041\,813}{5} = 208\,362 \text{ N} \quad (38)$$

Kde ν je součinitel bezpečnosti, $\nu = 3,5 \div 10$, volím $\nu = 5$

$$F_4 < F_{kr-dov}$$

$$F_{sk2} < F_{kr-dov}$$

Obě podmínky jsou splněny.

3.6.5 Úprava vzduchu

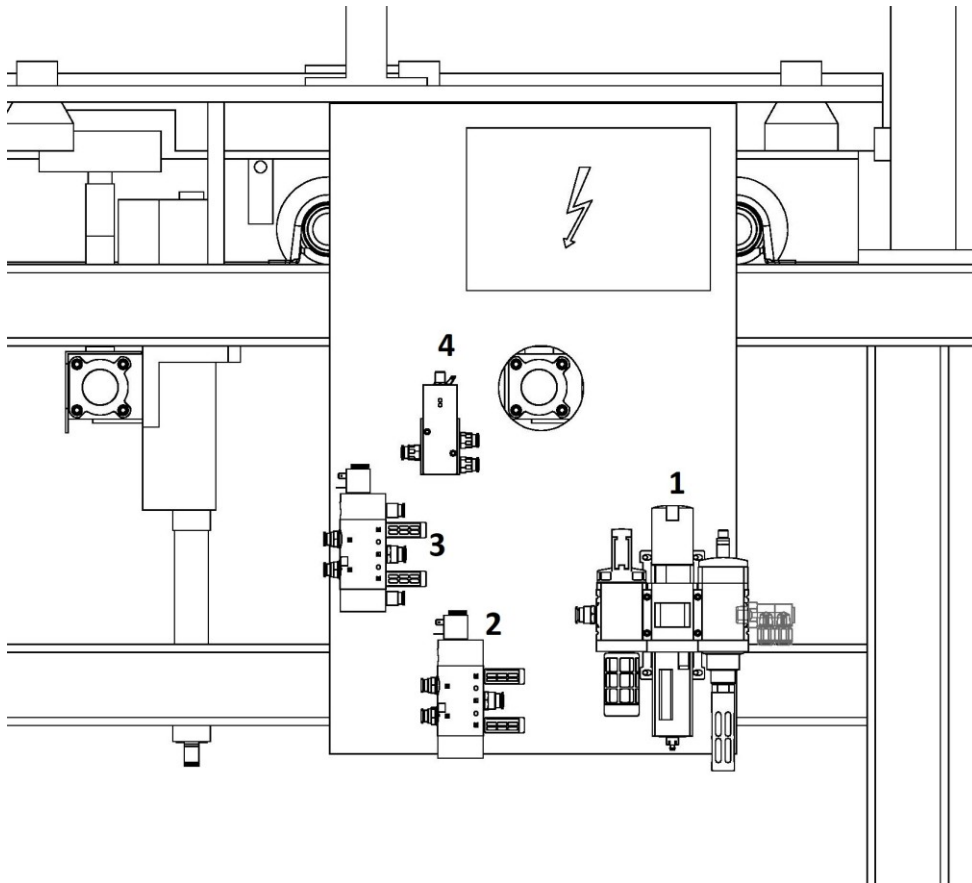
Na začátku obvodu je umístěna jednotka pro úpravu vzduchu série MS. Jednotka je složená ze tří komponentů – Ručního spínacího ventilu, filtr-regulátoru a elektrického spínacího ventilu. Maximální výstupní tlak 10barů, filtrace na 40μm, která je dostačující pro všechny komponenty. Pro zařízení volím konfiguraci MSB6-1/2:C3:J1:D14-WP s upevňovacím úhelníkem (obr. 46). Jednotka pro úpravu vzduchu bude umístěna na panelu, který bude připevněn na rámu vstupního dopravníku (obr. 42)



Obrázek 43 – Jednotka pro úpravu vzduchu ^[20]

3.6.6 Rozváděče

Rozváděče slouží k ovládní pohybu pneumotorů. V obvodu jsou celkem tři různé typy rozváděčů. Ventil řady VUVG-L14-M52-AT-G18-1P3 je samostatný 5/2 monostabilní rozváděč ovládaný elektricky. Tento ventil ovládá pneumatické válce u výstupního dopravníku, na němž je také uchycen. Ventily řady VUVS jsou v obvodu umístěny pro ovládní bočního přítlaku a pomocného bočního přítlaku - VUVS-L30-M52-AZD-G38-F8 a ovládní obraceče a vkladače - VUVS-L30-M52-AD-G38-F8. Vždy se jedná o 5/2 monostabilní rozváděč ovládaný elektromagneticky s pneumatickou pružinou, pro ovládní přítlaků je navíc vybaven vnějším napájením řídicího tlaku. Rozváděče jsou po dvojicích umístěné společně s jednotkou pro úpravu vzduchu na panelu (obr. 43).



Obrázek 44 - Panel - č. 1 - Jednotka pro úpravu vzduchu; č. 2 - VUVS-L30-M52-AD-G38-F8; č. 3 - VUVS-L30-M52-AZD-G38-F8; č. 4 - VPPM-8L-L-1-G14-0L6H-LK-S1

3.6.7 Proporcionální redukční ventil

Tento ventil je v obvodu zařazen pro regulaci tlaku, který prochází přes rozváděče typu VUVS-L30-M52-AZD-G38-F8. Rozváděče ovládají boční přítlaky a tlak potřebujeme zregulovat ve chvíli, kdy je naměřena správná pozice polotovaru a může být posouván do rozmítací pily. Jestliže bychom nechali polotovar natlačený na doraz pomocí tlaku $p=6 \text{ bar}$, nedošlo by k posouvání, tlak proto snížím na $p_s = 1 \text{ bar}$. Proporcionální ventil VPPM-8L-L-1-G14-0L6H-LK-S1 je taktéž uchyten na panelu (obr.43).

3.6.8 Rychloodvětrávací ventily

Tímto ventilem SE-3/8-B lze zvýšit rychlost pístu. Odvětrání je uzavřeno, dokud přes ventil přiváděn vzduch do válce. Ve chvíli, kdy tlak na přívodu klesne, dojde k odvětrání. Má-li být odvětrání rychlé, musí být ventil namontován na přívod do válce.

3.6.9 Jednosměrný škrticí ventil

Jednosměrné škrticí ventily GRLA-3/8-B slouží pro snížení průtoku a tím k regulaci rychlosti pohybu pístnice. Tyto ventily použijí pro škrzení na výstupu z válce všude tam, kde se nenachází rychloodvětrávací ventil.

3.7 Výpočet průtokové propustnosti

Tento výpočet slouží pro kontrolu dimenzování prvků. Do výpočtu zahrnují všechny průtočné prvky jako prvky pro úpravu vzduchu, rozváděče, škrticí jednosměrné ventily, šroubení a hadice. Pro kontrolu použijí katalogové hodnoty.

V obvodu je celkem pět pracujících větví, přičemž je sled operací nastaven tak, aby se procesy navzájem nepřekrývaly, tedy vždy pracuje jedna větev. Větve jsou následující:

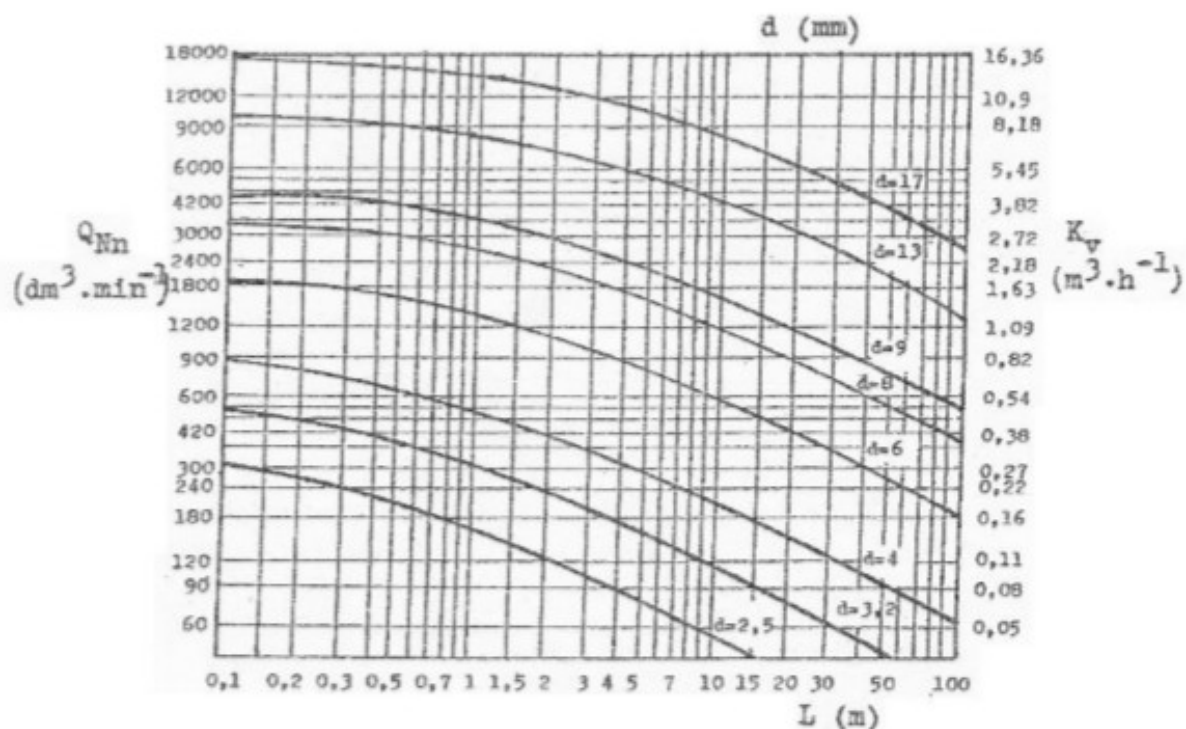
Přítlačné válce

Obraceče

Pomocný boční přítlak

Vkladač

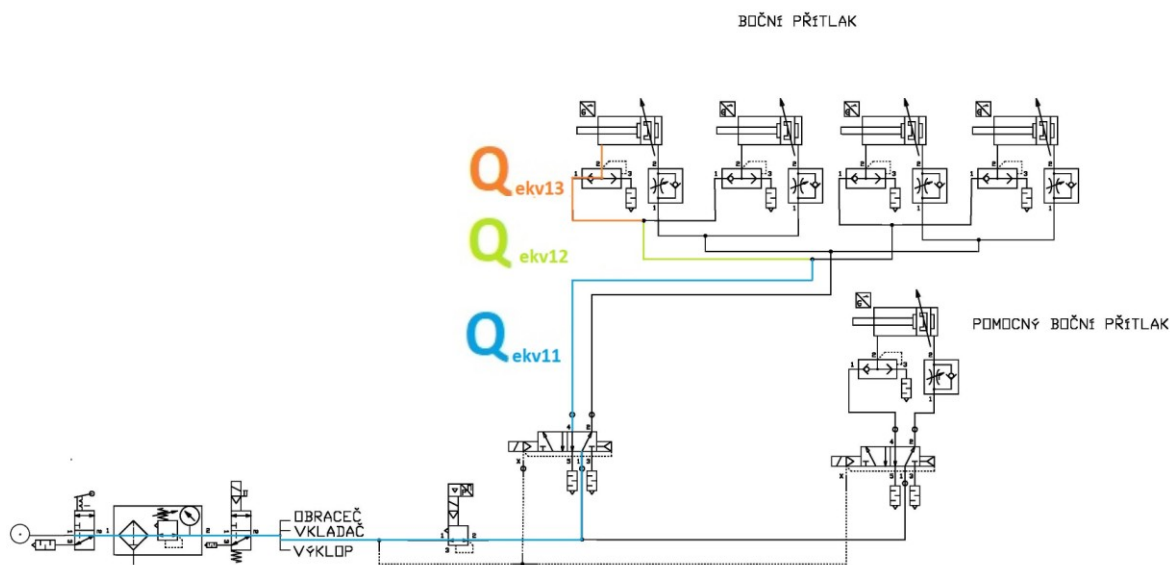
Vyklápění příčného dopravníku



Obrázek 45 - Průtoková propustnost hadice v závislosti na její délce [1]

3.7.1 Přítlačné válce

Ze schématu můžeme vidět, že zde ovládáme čtyři pneumatické válce. Cesta k pneumotoru vede přes dva uzly (T-šroubení), proto budu ve výpočtu kontrolovat celkovou propustnost systému a také propustnost úseku před rozdělením průtoku. Ekvivalentní průtok vypočítám nejdříve pro jednotlivé části obvodu, z těch pak vypočtu celkový ekvivalentní průtok.



Obrázek 46 - Průtoková propustnost - boční přítlak

Seznam průtočných prvků:

	Kód	Název	Normální jmenovitý průtok [l/min]
Q_{ekv11}	MS6-EM1-1/2	Spínací ventil s ručním ovládáním	8700
	MS6-LFR-1/2-D7-E-R-M-AS	Redukční ventil s filtrem	4500
	MS6-EE-1/2-10V24P-S	Spínací ventil ovládaný elektricky	7000
	QSLV4-1/2-12	Rozdělovač	2100
	PUN-12x1,75	hadice světlost 8,5mm; l=0,8	3000
	QST-12	Šroubení T	4000
	QS-G1/4-12	Šroubení G1/4	4230
	VPPM-8L-L-1-G14-0L6H-LK-S1	Proporcionální redukční ventil	1750
	QST-G1/4-12	Šroubení T	3700
	PUN-12x1,75	hadice světlost 8,5mm; l=0,4	4000
	QS-G3/8-12	Šroubení G3/8	7145
	VUVS-L30-M52-AZD-G38-F8	5/2 Rozváděč	2300

	QS-G3/8-10	Šroubení G3/8	4775
	PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5mm; l=2,3	1600
Q_{ekv12}	QST-10	Šroubení T	2900
	PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5mm; l=1,2	1800
Q_{ekv13}	QST-10	Šroubení T	2900
	PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5mm; l=0,8	2400
	QS-G3/8-10	Šroubení G3/8	4775
	SE-3/8-B	Rychloodvětrávací ventil	2760

Rychlost vysouvání pístnice:

$$v_1 = \frac{h}{t} = \frac{0,65}{4} = 0,1625 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Průtok:

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot v_1 \cdot \frac{p_a}{p_n} = \frac{\pi \cdot (0,063^2 - 0,02^2)}{4} \cdot 0,1625 \cdot \frac{0,7}{0,1}$$

$$= 3,185 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 191,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Průtok pro čtyři pneumotory:

$$Q_{11} = 4 \cdot Q_1 = 4 \cdot 191,1 = 764,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Průtok pro dva pneumotory:

$$Q_{12} = 2 \cdot Q_1 = 2 \cdot 191,1 = 382,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok pro první část:

$$Q_{ekv11} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{8700^2} + \frac{1}{4500^2} + \frac{1}{7000^2} + \frac{1}{2100^2} + \frac{1}{2100^2} + \frac{1}{3000^2} + \frac{1}{4000^2} + \frac{1}{4230^2} + \frac{1}{1750^2} + \frac{1}{3700^2} + \frac{1}{4000^2}}}$$

$$+ \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{7145^2} + \frac{1}{2300^2} + \frac{1}{4775^2} + \frac{1}{1600^2}}} = 779 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok pro druhou část:

$$Q_{ekv12} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2900^2} + \frac{1}{1800^2}}} = 1529 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

$$Q_{ekv12\text{-celk}} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Q_{ekv11}^2} + \frac{1}{Q_{ekv12}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{779^2} + \frac{1}{1529^2}}} = 694 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Ekvivalentní průtok pro třetí část:

$$Q_{ekv13} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2900^2} + \frac{1}{2400^2} + \frac{1}{4775^2} + \frac{1}{2760^2}}} = 1849 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Celkový ekvivalentní průtok:

$$Q_{ekv1} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Q_{ekv11}^2} + \frac{1}{Q_{ekv12}^2} + \frac{1}{Q_{ekv13}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{779^2} + \frac{1}{1529^2} + \frac{1}{1849^2}}} = 635 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Při kontrole podmínek porovnávám, jestli mi daná část úseku propustí průtok potřebný pro daný počet válců, tedy ekvivalentní průtok prvního úseku Q_{ekv11} pro čtyři válce a ekvivalentní průtok za prvním a druhým úsekem $Q_{ekv12\text{-celk}}$ pro dva válce a celkový ekvivalentní průtok za všemi třemi úseky Q_{ekv1} pro jeden válec:

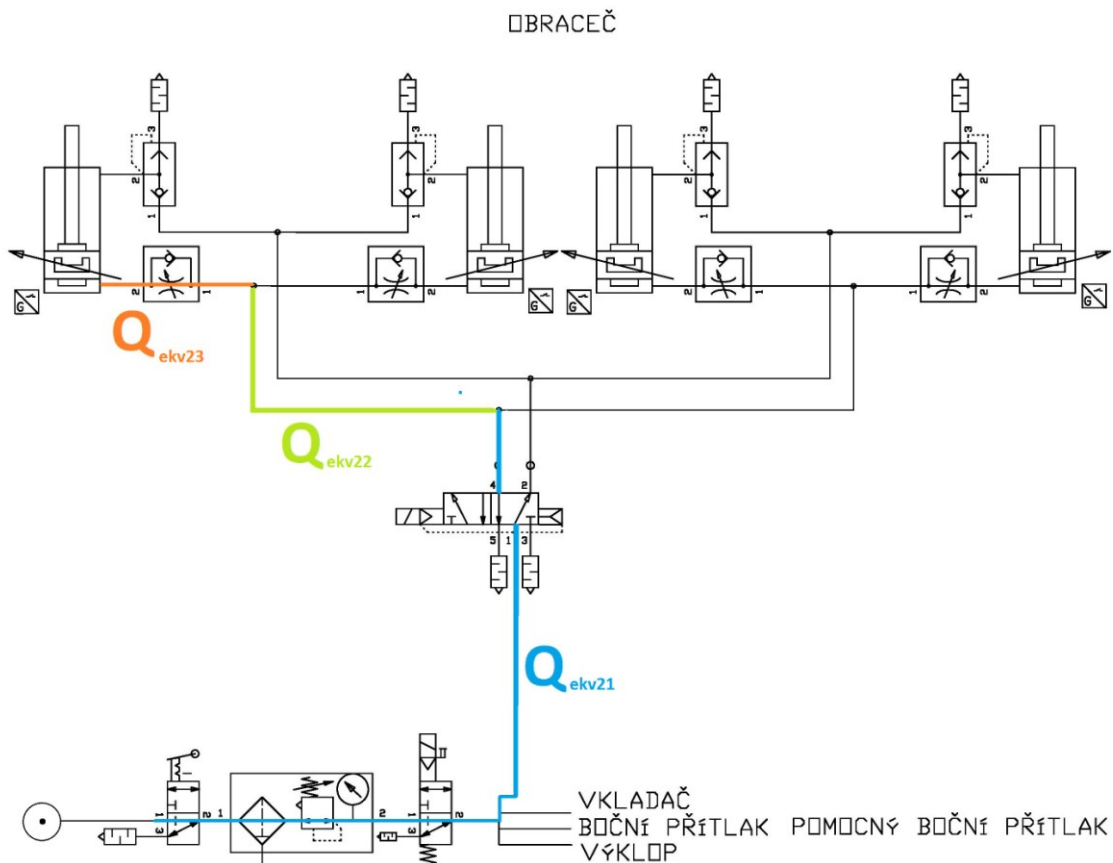
Q_{ekv11}	>	Q_{11}
779	>	764,4

$Q_{ekv12\text{-celk}}$	>	Q_{12}
694	>	382,2

Q_{ekv1}	>	Q_1
635,4	>	191,1

3.7.2 Obraceče

Opět budu kontrolovat propustnost celkovou propustnost i propustnost jednotlivých částí.



Obrázek 47 - Průtoková propustnost - obraceče

	Kód	Název	Normální jmenovitý průtok [l/min]
Q_{ekv21}	MS6-EM1-1/2	Spínací ventil s ručním ovládáním	8700
	MS6-LFR-1/2-D7-E-R-M-AS	Redukční ventil s filtrem	4500
	MS6-EE-1/2-10V24P-S	Spínací ventil ovládaný elektricky	7000
	QSLV4-1/2-12	Rozdělovač	2100
	PUN-12x1,75	hadice světlost 8,5mm, l=0,4m	3200
	QS-G3/8-12	Šroubení G3/8	7145
	VUVS-L30-M52-AD-G38-F8	5/2 Rozváděč	2300
	QS-G3/8-10	Šroubení přímé	4775
	PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5, l=1,9	2000
Q_{ekv22}	QST-10	Šroubení T	1923
	PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5mm, l=1m	2400

Q_{ekv23}	QST-10	Šroubení T	2900
	PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5mm, l=0,5m	2700
	GRLA-3/8-B	Jednosměrný ŠV	1600
	QS-G3/8-10	Šroubení přímé	4775

Rychlost vysouvání pístnice:

$$v_2 = \frac{h}{t} = \frac{0,2}{1} = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Průtok:

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v_2 \cdot \frac{p_a}{p_n} = \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} \cdot 0,2 \cdot \frac{0,7}{0,1} = 4,36 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$= 261,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Průtok pro čtyři pneumatiky:

$$Q_{21} = 4 \cdot Q_2 = 4 \cdot 261,7 = 1046,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Průtok pro dva pneumatiky:

$$Q_{22} = 2 \cdot Q_2 = 2 \cdot 261,7 = 523,4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok pro první část:

$$Q_{ekv21} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{8700^2} + \frac{1}{4500^2} + \frac{1}{7000^2} + \frac{1}{2100^2} + \frac{1}{3200^2} + \frac{1}{7145^2} + \frac{1}{2300^2} + \frac{1}{4775^2} + \frac{1}{2000^2}}}$$

$$= 1048 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok pro druhou část:

$$Q_{ekv22} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1923^2} + \frac{1}{2400^2}}} = 1500 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

$$Q_{ekv22-celk} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1048^2} + \frac{1}{1500^2}}} = 859 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok pro třetí část:

$$Q_{ekv23} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2900^2} + \frac{1}{2700^2} + \frac{1}{1600^2} + \frac{1}{4775}}} = 1203 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Celkový ekvivalentní průtok:

$$Q_{ekv2} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Q_{ekv21}^2} + \frac{1}{Q_{ekv22}^2} + \frac{1}{Q_{ekv23}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1048^2} + \frac{1}{1500^2} + \frac{1}{1203^2}}} = 699 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

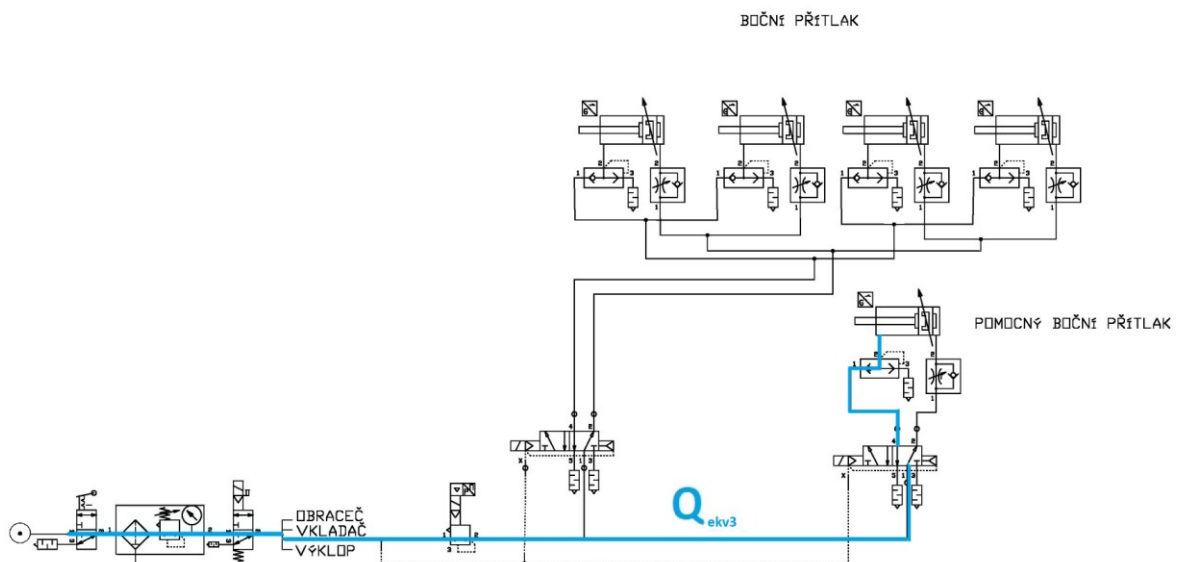
Kontrola podmínek:

Q_{ekv12}	>	Q_{21}
1048	>	1046,8

$Q_{ekv21\text{-celk}}$	>	Q_{22}
859	>	523,4

Q_{ekv2}	>	Q_2
699	>	261,7

3.7.3 Pomocný boční přítlak



Obrázek 48 - Průtoková propustnost - pomocný boční přítlak

Seznam průtočných prvků:

Kód	Název	Normální jmenovitý průtok [l/min]
MS6-EM1-1/2	Spínací ventil s ručním ovládáním	8700
MS6-LFR-1/2-D7-E-R-M-AS	Redukční ventil s filtrem	4500
MS6-EE-1/2-10V24P-S	Spínací ventil ovládaný elektricky	7000
QSLV4-1/2-12	Rozdělovač	2100
PUN-12x1,75	hadice světlost 8,5mm; l=0,8	3000
QST-12	Šroubení T	4000
QS-G1/4-12	Šroubení přímé	4230
VPPM-8L-L-1-G14-0L6H-LK-S1	Proporcionální redukční ventil	1750
QST-G1/4-12	Šroubení T	3700
PUN-12x1,75	hadice světlost 8,5mm; l=0,4	4000
QS-G3/8-12	Šroubení G3/8	7145
VUUVS-L30-M52-AZD-G38-F8	5/2 Rozváděč	2300
QS-G3/8-10	Šroubení G3/8	4775
PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5mm; l=1m	1800
QS-G3/8-10	Šroubení G3/8	4775
SE-3/8-B	Rychloodvětrávací ventil	2760

Rychlost vysouvání pístnice:

$$v_3 = \frac{h}{t} = \frac{0,65}{4} = 0,1625 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Průtok:

$$Q_3 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot v_3 \cdot \frac{p_a}{p_n} = \frac{\pi \cdot (0,063^2 - 0,02^2)}{4} \cdot 0,1625 \cdot \frac{0,7}{0,1}$$

$$= 3,185 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 191,1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok:

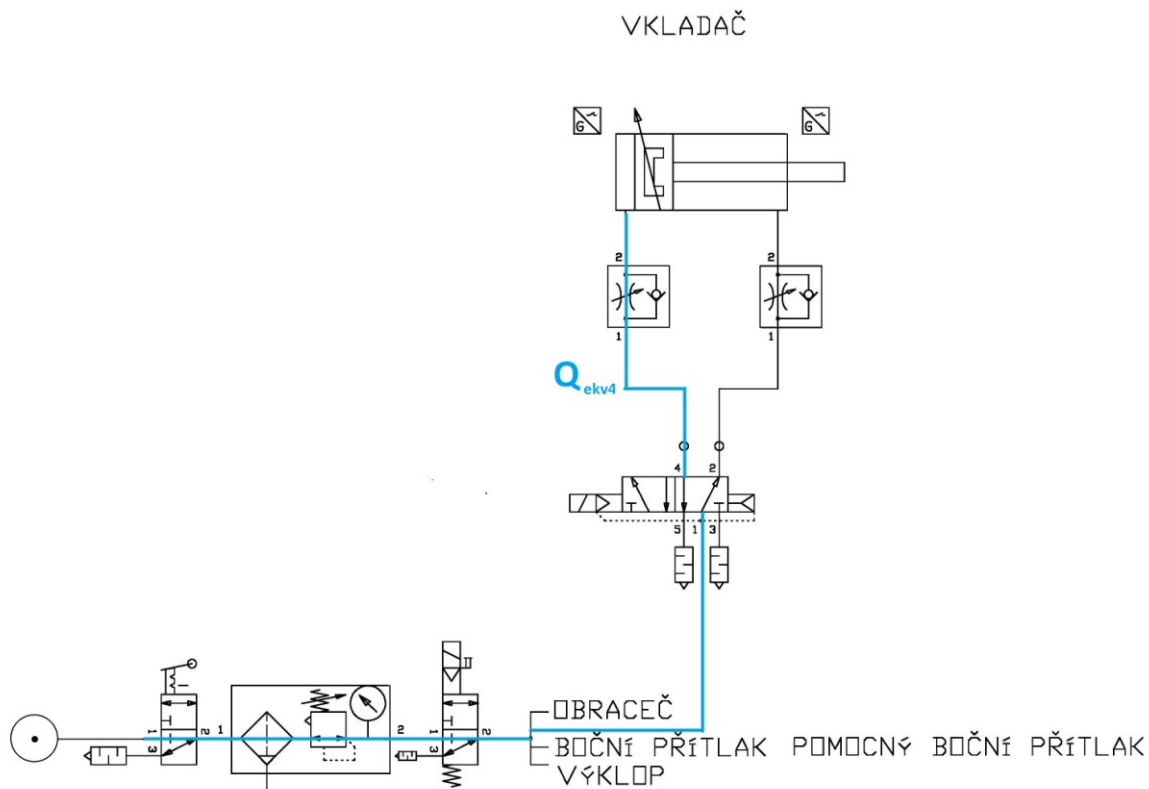
Q_{ekv3}	>	Q_3
758,6	>	191,1

$$Q_{ekv3} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{8700^2} + \frac{1}{4500^2} + \frac{1}{7000^2} + \frac{1}{2100^2} + \frac{1}{3000^2} + \frac{1}{4000^2} + \frac{1}{4230^2} + \frac{1}{1750^2} + \frac{1}{3700^2} + \frac{1}{4000^2} + \frac{1}{7145^2} + \frac{1}{2300^2} + \frac{1}{4775^2} + \frac{1}{1800^2} + \frac{1}{4775^2} + \frac{1}{2760^2}}} = 758 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Kontrola podmínek:

Q_{ekv3}	>	Q_3
758	>	191,1

3.7.4 Vkladač



Obrázek 49 - Průtoková propustnost - vkladač

Seznam průtočných prvků:

Kód	Název	Normální jmenovitý průtok [l/min]
MS6-EM1-1/2	Spínací ventil s ručním ovládáním	8700
MS6-LFR-1/2-D7-E-R-M-AS	Redukční ventil s filtrem	4500
MS6-EE-1/2-10V24P-S	Spínací ventil ovládaný elektricky	7000
QSLV4-1/2-12	Rozdělovač	2100
PUN-12x1,75	hadice světlost 8,5mm, l=0,4m	3200
QS-G3/8-12	Šroubení G3/8	7145
VUVS-L30-M52-AD-G38-F8	5/2 Rozváděč	2300
QS-G3/8-10	Šroubení G3/8	4775
PUN-10x1,25	hadice světlost 7,5, l=1,5m	1800
QS-G3/8-10	Šroubení G3/8	4775
GRLA-3/8-B	jednosměrný škrťací ventil	1600

Rychlost vysouvání pístnice:

$$v_4 = \frac{h}{t} = \frac{0,2}{1} = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Průtok:

$$Q_4 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \cdot \frac{p_a}{p_n} = \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} \cdot 0,2 \cdot \frac{0,7}{0,1} = 4,36 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$= 261,85 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok:

$$Q_{ekv4} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q_i^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{8700^2} + \frac{1}{4500^2} + \frac{1}{7000^2} + \frac{1}{2100^2} + \frac{1}{3200^2} + \frac{1}{7145^2} + \frac{1}{2300^2} + \frac{1}{4775^2} + \frac{1}{1800^2} + \frac{1}{4775^2} + \frac{1}{1600^2}}}$$

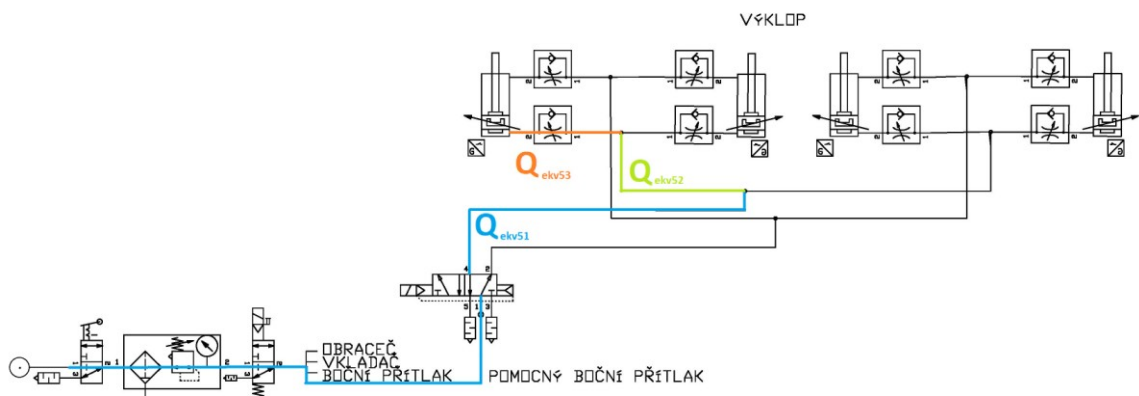
$$= 844 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Kontrola podmínek:

Q_{ekv4}	>	Q_4
844	>	261,85

Podmínka splněna.

3.7.5 Vyklápní příčného dopravníku



Obrázek 50 - Průtoková propustnost - výklop příčného dopravníku

Seznam průtočných prvků:

	Kód	Název	Normální jmenovitý průtok [l/min]
$Q_{\text{ekv}51}$	MS6-EM1-1/2	Spínací ventil s ručním ovládáním	8700
	MS6-LFR-1/2-D7-E-R-M-AS	Redukční ventil s filtrem	4500
	MS6-EE-1/2-10V24P-S	Spínací ventil ovládaný elektricky	7000
	QSLV4-1/2-12	Rozdělovač	2100
	QS-12H-10	Redukce	2300
	PUN-10x1,25	hadice pr. 10mm, 10m	1100
	QS-G1/8-10	Šroubení	1800
	VUVG-L14-M52-AT-G18-1P3	Elektromagnetický ventil	780
	QS-G1/8-8	Šroubení přímé	1800
	PUN-8x1,25	hadice světlost 5,5mm, 3m	800
$Q_{\text{ekv}52}$	QST-8	T šroubení	1500
	PUN-8x1,25	hadice světlost 5,5mm; 1,5	900
$Q_{\text{ekv}53}$	QST-8	T šroubení	1500
	PUN-8x1,25	hadice světlost 5,5mm; 0,8m	1000
	QS-G3/8-8	Šroubení přímé	2900
	GRLA-3/8-B	Jednosměrný ŠV	1600

Rychlost vysouvání pístnice:

$$v_5 = \frac{h}{t} = \frac{0,125}{1,5} = 0,083 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Průtok:

$$Q_5 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v_5 \cdot \frac{p_a}{p_n} = \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} \cdot 0,08 \cdot \frac{0,7}{0,1} = 1,82 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$= 109 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Průtok pro čtyři pneumotory:

$$Q_{51} = 4 \cdot Q_5 = 4 \cdot 109 = 436 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Průtok pro dva pneumotory:

$$Q_{52} = 2 \cdot Q_5 = 2 \cdot 109 = 218 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ (ANR)}$$

Ekvivalentní průtok pro první část:

$$Q_{ekv51} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{8700^2} + \frac{1}{4500^2} + \frac{1}{7000^2} + \frac{1}{2100^2} + \frac{1}{2300^2} + \frac{1}{1100^2} + \frac{1}{1800^2} + \frac{1}{780^2} + \frac{1}{1800^2} + \frac{1}{800^2}}} = 440 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Ekvivalentní průtok pro druhou část:

$$Q_{ekv52} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1500^2} + \frac{1}{900^2}}} = 771 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

$$Q_{ekv52-\text{celk}} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Q_{ekv51}^2} + \frac{1}{Q_{ekv52}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{440^2} + \frac{1}{771^2}}} = 382 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Ekvivalentní průtok pro třetí část:

$$Q_{ekv53} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1500^2} + \frac{1}{1000^2} + \frac{1}{2900^2} + \frac{1}{1600^2}}} = 715 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Celkový ekvivalentní průtok:

$$Q_{ekv5} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Q_{ekv51}^2} + \frac{1}{Q_{ekv52}^2} + \frac{1}{Q_{ekv53}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{440^2} + \frac{1}{771^2} + \frac{1}{715^2}}} = 337,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Kontrola podmínek:

Q_{ekv51}	>	Q_{51}
440,7	>	436,2

$Q_{ekv52-\text{celk}}$	>	Q_{52}
382	>	218,1

Q_{ekv5}	>	Q_5
337,5	>	109,0

Podmínky jsou splněny pro zvolené prvky.

3.7.6 Průtoková propustnost pro současný pohyb podskupin válců

Automatický program může být nastaven tak, že se bude vždy pohybovat jen s jednou z pěti podskupin, a nebo mohou běžet některé podskupiny současně. Pro současný běh připadají v úvahu podskupiny – boční přítlak (vstupní dopravník) + výklop (výstupní dopravník), nebo obraceče (vstupní dopravník) + výklop (výstupní dopravník). Podskupina vkladač nebo pomocný boční přítlak nemohou běžet současně s výklopem na výstupním dopravníku, jelikož k jejich aktivaci dojde postupně, ve chvíli kdy jsou válce výklopu ve výchozí pozici. Pro případ souběžného běhu je třeba zkontrolovat propustnost jednotky pro úpravu vzduchu s rozdělovačem, ta musí být větší než součet potřebných průtoků pro podskupiny.

$$Q_{ekvFR} = \sqrt{\frac{1}{\sum \frac{1}{Q^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{8700^2} + \frac{1}{4500^2} + \frac{1}{7000^2} + \frac{1}{2100^2}}} = 1796 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

$$Q_{11+51} = Q_{11} + Q_{51} = 764,3 + 440,7 = 1205 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

$$Q_{21+51} = Q_{21} + Q_{51} = 1046,8 + 440,7 = 1487,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}(\text{ANR})$$

Q_{ekvFR}	>	Q_{11+51}
1796	>	1205

Q_{ekvFR}	>	Q_{21+51}
1796	>	1487,5

Pro oba případy je podmínka splněna a podskupiny mohou pracovat současně.

3.8 Výběr PLC

Programovatelný logický automat, anglicky „Programmable logic controller“ neboli PLC, je přístroj, který slouží komplexnímu řešení řízení v automatizaci. Původní úlohou PLC, programování logických úloh nebo náhrada pevné logiky, se už dávno překonala. Dnes už jsou možnosti širší a dovolují naprogramovat téměř libovolné typy úloh včetně numericky náročných adaptivních regulačních algoritmů, simulačních modelů, diagnostických úloh a úloh umělé inteligence [1].

Příklady dalšího využití [1]:

- Regulace – teplota, tlak, světlo, množství
- Zobrazení textu – ovládací panel, světelné písmo
- Sériové rozhraní – vážení, regulace, zobrazení
- Připojení na sběrnice – ASI, CAN, Profibus, Ethernet
- Ovládání řízení motorů – frekvenční měnič regulátor otáček
- Řízení elektrických os – servo pohony s řízením polohy

Dopravníky s rozmítací pilou budou ovládány logickým kontrolérem firmy Schenider typu M241CEC24R. Pro zredukování počtu kabelů bude využita prodloužení sběrnice pro PLC, I/O link master firmy ifm AL1122. Na toto prodloužení budou napojené optické senzory OGD580, proporcionální redukční ventil VPPM a zástrčky elektromagnetických ventilů na vstupním i výstupním dopravníku. PLC M241 a I/O Link master se propojují jedním kabelem a komunikují přes rozhraní EtherNet.

4. Kalkulace pneumatických prvků

	Prvek	Kód	ks	kč/ks	kč celkem
Pneumatické prvky	Úprava vzduchu	MSB6-1/2:C3:J1:D14-WP	1	5 750 Kč	5 750 Kč
	Tlumič hluku	U-1/2	2	267 Kč	534 Kč
	Rozbočovač	QSLV4-1/2-12	1	205 Kč	205 Kč
	Pneumatický válec	DSBC-63-650-PPVA-N3	5	2 485 Kč	12 425 Kč
	Pneumatický válec	DSNU-63-200-PPV-A	5	2 023 Kč	10 117 Kč
	Pneumatický válec	DSBC-63-125-PPVA-N3	4	1 082 Kč	4 328 Kč
	Elektromagnetický ventil	VUVS-L30-M52-AD-G38-F8	2	991 Kč	1 982 Kč
	Elektromagnetický ventil	VUVS-L30-M52-AZD-G38-F8	2	991 Kč	1 982 Kč
	Elektromagnetický ventil	VUUG-L14-M52-AT-G18-1P3	1	650 Kč	650 Kč
	Proporcionální redukční ventil	VPPM-8L-L-1-G14-0L6H-LK-S1	1	10 031 Kč	10 031 Kč
	Tlumič hluku	U-3/8	8	188 Kč	1 502 Kč
	Tlumič hluku	U-1/8	2	49 Kč	99 Kč
	Tlumič hluku	AMTE-M-LH-G38	9	757 Kč	6 809 Kč
	Tlumič hluku	U-1/4	1	95 Kč	95 Kč
	Jednosměrný škrticí ventil	GRLA-3/8-B	19	470 Kč	8 922 Kč
	Rychloodvětrávací ventil	SE-3/8-B	9	687 Kč	6 180 Kč
	Ložiskové těleso	LBN-50/63	1	262 Kč	262 Kč
	Vidlicová koncovka	SG-M16x1,5	2	214 Kč	428 Kč
	Kyvná příruba	SNC-63	1	420 Kč	420 Kč
Kyvná příruba	SNCS-63	1	889 Kč	889 Kč	

	Pružná spojka	FK-M16x1,5	9	869 Kč	7 823 Kč
	Šroubení T	QST-12	1	94 Kč	94 Kč
	Šroubení T	QST-10	7	86 Kč	601 Kč
	Šroubení T	QST-8	6	59 Kč	351 Kč
	Redukce	QSH-12-8	1	44 Kč	44 Kč
	Šroubení Y	QSY-8-4	1	72 Kč	72 Kč
	Šroubení T	QST-4	2	47 Kč	95 Kč
	Šroubení přímé	QS-G1/4-12	1	42 Kč	42 Kč
	Šroubení T	QST-G1/4-12	1	137 Kč	137 Kč
	Šroubení přímé	QS-G1/8-4	4	22 Kč	88 Kč
	Šroubení přímé	QS-G3/8-12	4	47 Kč	187 Kč
	Šroubení přímé	QS-G3/8-10	28	41 Kč	1 136 Kč
	Redukce	QS-12H-10	1	55 Kč	55 Kč
	Šroubení	QS-G1/8-10	1	35 Kč	35 Kč
	Šroubení	QS-G1/8-8	2	29 Kč	58 Kč
	Šroubení	QS-G3/8-8	8	32 Kč	258 Kč

Elektro	Přibližovací čidlo	SMT-8M-A-PS-24V-E-5,0-OE	15	309 Kč	4 629 Kč
	Zástrčka elmg. ventilu	KMEB-1-24-5-LED	5	335 Kč	1 674 Kč

			kč/m	kč celkem	
Hadice	hadice pr. 12mm	PUN-12x1,75	2	40 Kč	80 Kč
	hadice pr. 10mm	PUN-10x1,25	150	40 Kč	5 967 Kč
	hadice pr. 8mm	PUN-8x1,25	12	19 Kč	228 Kč
	hadice pr. 4mm	PUN-4x0,7	0,5	26 Kč	13 Kč

CELKEM **97 274 Kč**

5. Realizace

Ve spolupráci s firmou, jejíž zástupci si nepřáli zveřejnit název, byly dopravníky vyrobeny a instalovány na pile. Instalací těchto dopravníků se podařilo zautomatizovat rozmítání polotovárů a minimalizovat počet vyrobených zmetků. Počet operátoru pro tento proces se snížil ze tří na dva. Operátor tak mohl posílit proces balení a expedice.



Obrázek 51 - Vstupní dopravník



Obrázek 52 - Výstupní dopravník

6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout automatizaci podavače polotovarů do rozmítací pily a následné odebrání řeziva a vyhození na gravitační skluz. Na základě shrnutí současného stavu dopravníků a podávání prizem do rozmítací pily jsou rozebrány požadavky na automatizaci těchto dopravníků a je popsán jejich pracovní cyklus.

Pro dopravníky jsem zvolila vhodné elektromotory s převodovkami na základě výpočtů. Dopravníky jsou osazeny celkem třemi pohony. Největší z nich má výkon 3kW, jedná se o pohon válečků vstupního dopravníku. Dále pak pohon s výkonem 1,5 kW pro válečky výstupního dopravníku a pohon o výkonu 1,1 kW s průchozí dutou hřídelí pro pohon příčného řetězového dopravníku. Všechny pohony jsou od firmy KEB.

Dopravník by nefungoval bez správných senzorů, ty jsou zvoleny podle použití. Vstupní dopravník je osazen celkem třemi optickými snímači firmy ifm OGD580. Jedná se o distanční senzory, které slouží pro změření rozměrů polotovaru a pro umístění prizmy do pozice, která je vhodná pro polohování, tj. do pozice, která je vhodná pro aktivaci obraceče. Dále jsou použity magnetické senzory, ty se nacházejí na pneumatických válcích vstupního i výstupního dopravníku. Výstupní dopravník je vybaven i jedním indukčním senzorem, ten je umístěn na jeho konci sloužící jako doraz pro zastavení pohonu válečků, ve chvíli, kdy se řezivo ocitne na jeho konci. Součástí je návrh možnosti řízení pomocí PLC automatu, řídicí program nebyl součástí diplomové práce.

Dopravníky jsou osazeny pneumatickými prvky viz. schéma v příloze A. Pneumatické válce jsem zvolila na základě výpočtů, které vychází z hmotností, se kterou musí válce manipulovat. K těmto válcům jsem zvolila vhodné ventily, jako jednosměrné škrticí ventily pro regulaci rychlosti pístnice a rychloodvětrávací ventily pro zvýšení rychlosti pístu např. u obraceče. Dále jsou zvoleny rozváděče, proporcionální redukční ventil a jednotka pro úpravu vzduchu. Jednotlivé pracovní větve jsem zkontrolovala výpočtem průtokové propustnosti.

Přílohou této práce je výkresová dokumentace sestav, pneumatické schéma s kompletní specifikací prvků. Po dohodě s vedoucím diplomové práce obsahují přílohy pouze podrobnou specifikaci pneumatických částí a výkres sestavy, výrobní výkresy jednotlivých částí nebyly z důvodu rozsahu vyžadovány.

Literatura

- [1] KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
- [2] BEATER, P. *Pneumatic drives: systém design, modelling and kontrol*. Berlin: Springer, 2007. 323 p. ISBN 978-3-540-69470-0
- [3] MARTINEK, Radislav. *Senzory v průmyslové praxi*. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-114-4.
- [4] MARTÍNEK, Petr. *Transportní zařízení: Řešené příklady: Určeno pro posl. 4. roč. FS. 1. vyd.* Ostrava: Vysoká škola báňská, 1993, 109 s. ISBN 80-707-8165-3
- [5] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. ISBN isbn80-7078-306-0.

Elektronické zdroje

- [1] Struktura výroby dřevařského průmyslu, *casopisstavebnictvi.cz* [online]. [cit. 2020-1-12]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/drevarsky-prumysl-v-ceske-republice_N2070
- [2] Pyramida tvorby přidané hodnoty, *mezistromy.cz* [online]. [cit. 2020-1-12] Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/ochrana-a-uprava-dreva/drevozpracujici-prumysl-v-cr>
- [3] Statistiky, *lesy.cz* [online]. [cit 2020-1-12] Dostupné z: <https://lesy.cz/wp-content/uploads/2016/12/zajisteni-potencialu-drevozpracujicich-podniku-11-2015.pdf>
- [4] Třídič výřezů; Pásová pila; Princip omítací pily; Kotouče rozmítací pily; *fraximus.mendelu.cz* [online]. [cit. 2020-1-12]. Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_predmety/Projektovani_drevarskych_technologii/05-Sklady%20suroviny%20s%20manipula%C4%8Dn%C4%9B-t%C5%99%C3%ADd%C3%ADc%C3%ADmi%20linkami.pdf
- [5] Frézovací odkorňovač s reduktorem kořenových náběhů, *af-servis.cz* [online]. [cit 2020-1-12]. Dostupné z: http://www.af-servis.cz/p_odkornovac_red-odkor.php
- [9] Příklad návrhu pořezu, *dřevaři.cz* [online]. [cit. 2020-1-12]. Dostupné z: <https://www.drevari.cz/d55307/Mobiln%C3%AD-Kmenov%C3%A1-P%C3%A1sov%C3%A1-Pila-HD-36-?language=fi#prettyPhoto>

- [10] Indukční snímače, *home.czu.cz* [online]. [cit. 2020-4-23]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvvuka/Data/ivk-mt-soubory/01-F.pdf>
- [12] Manipulační sklad kulatiny, *koller-fotografie.at* [online]. [cit. 2020-4-12]. Dostupné z: <http://www.koller-fotografie.at/industriefotografie/mayr-melnhof-holz-leoben/attachment/mm-leoben-10-2/>
- [13] Konce hřídele výrobce Transroll, *transroll.cz* [online]. [cit. 2020-4-14]. Dostupné z: <https://www.transroll.cz/obrazky-soubory/katalog-spolecnosti-cz-25569.pdf?redir>
- [14] Součinitel tření, *e-konstrukter.cz* [online]. [cit. 2020-4-14]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>
- [15] Rozdělení oborů dřevařského průmyslu, *czso.cz* [online]. [cit. 2020-3-22]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20565267/021608.pdf/2f45895b-4c51-435b-a52a-0c7164dbf371?version=1.0>
- [16] Dřevozpracující průmysl v ČR, *mezistromy.cz* [online]. [cit. 2020-12-1]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/ochrana-a-uprava-dreva/drevozpracujici-prumysl-v-cr>
- [17] Dřevozpracující průmysl-statistiky, *silvarium.cz* [online]. [cit. 2020-12-1]. Dostupné z: <http://www.silvarium.cz/lesnictvi/vlada-odsouhlasila-zelenou-zpravu-za-rok-2015>
- [18] Zalesňenost, *letemlesem.cz* [online]. [cit. 2020-12-1]. Dostupné z: <http://letemlesem.cz/zajimavosti/v-ceskych-lesich-je-vice-nez-dvakrat-vice-lesu-nez-za-dob-marie-terezie/>
- [19] Katalog KEB, *triodamotor.hu* [online]. [cit. 2020-13-5]. Dostupné z: https://www.triodamotor.hu/uploaded/KEB-GM-2014-3_en.pdf
- [20] Jednotka pro úpravu vzduchu, *festo.com* [online]. [cit. 2020-13-5]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_MSB6?CurrentIDCode1=MSB6-1%2F2%3AC3%3AJ1%3AD14-WP&CurrentPartNo=8025359

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Struktura výroby dřevařského průmyslu ^[1]	11
Obrázek 2 - Pyramida tvorby přidané hodnoty ^[1]	12
Obrázek 3 - pohled na manipulační sklad kulatity pily MM Holz v Leobenu ^[12]	15
Obrázek 4 - Třídač výřezů ^[4]	15
Obrázek 5 - Frézovací odkorňovač s reduktorem kořenových náběhů ^[5]	16
Obrázek 6 - Pásová pila Primultini ^[4]	17
Obrázek 7 - Princip omítací pily ^[4]	17
Obrázek 8 - Kotouče rozmítací pily ^[4]	18
Obrázek 9 - Příklad návrhu pořezu ^[9]	18
Obrázek 10 – ofrézování kulatiny	20
Obrázek 11 - Aktuální stav dopravníků, 1-Dopravník Primultini, 2- Dopravník příčný pro dopravení polotovaru před rozmítací pilou, 3-Válečkový dopravník před rozmítací pilou, 4- Rozmítací pila, 5-Válečkový dopravník za rozmítací pilou	22
Obrázek 12 - Kotouče rozmítací pily	22
Obrázek 13 - Původní dopravník za rozmítací pilou	23
Obrázek 14 - Původní stav, fáze 1 - přitlačení prizmy na dorazovou lištu	24
Obrázek 15 - Fáze 2 - Za stálého přitlačování prizmy k dorazu posouvání do rozmítací pily	24
Obrázek 16 - Situace za rozmítací pilou, 1 - operátoři ukládající desky do balíku, 2 - původní válečkový dopravník, 3 - hotové řezivo	25
Obrázek 17 - Layout – půdorys a směr pohybu	27
Obrázek 18 - Layout – bokorys a směr pohybu	28
Obrázek 19 - prizma přítomna na vstupním válečkovém dopravníku	28
Obrázek 20 – Zastavení prizmy na prvním posuvném válci	29
Obrázek 21 – Přitlačení prizmy k dorazu a měření	29
Obrázek 22 - Pozice vhodná pro polohování polotovaru	30
Obrázek 23 – Otočení prizmy o 90° pomocí pneumatických obracečů	30
Obrázek 24 - Aktivace pneumatického vkladače	31
Obrázek 25 - Pohled na vkladač a pomocný boční přítlak (označen červenou šipkou)	31
Obrázek 26 - Průchod kotoučovou rozmítací pilou, směr pohybu naznačen šipkou	32
Obrázek 27 - Desky naráží na doraz - doraz označen červenou šipkou	32

Obrázek 28 - Detail kyvného dorazu, indukční čidlo označeno červenou šipkou	33
Obrázek 29 - Aktivace příčného řetězového dopravníku	33
Obrázek 30 – Svařené HEB profily	34
Obrázek 31 - konce hřídele výrobce Transroll ^[13]	35
Obrázek 32 - Rozměry dopravníkového válečku	35
Obrázek 33 – motor KEB řady G43A ^[19]	39
Obrázek 34 - Indukční snímač – směr pohybu řeziva naznačen černou šipkou	41
Obrázek 35 - Magnetický snímač polohy FESTO.....	42
Obrázek 36 - Umístění optických senzorů	43
Obrázek 37 – Boční přítlak.....	44
Obrázek 38 - Obraceč.....	47
Obrázek 39 – Způsoby uchycení	48
Obrázek 40 - Vkladač	50
Obrázek 41 – Výklop příčného dopravníku.....	51
Obrázek 42 – Způsoby uchycení	53
Obrázek 43 – Jednotka pro úpravu vzduchu ^[20]	54
Obrázek 44 - Panel - č. 1 - Jednotka pro úpravu vzduchu; č. 2 - VUVS-L30-M52-AD-G38-F8; č. 3 - VUVS-L30-M52-AZD-G38-F8; č. 4 - VPPM-8L-L-1-G14-0L6H-LK-S1.....	55
Obrázek 45 - Průtoková propustnost hadice v závislosti na její délce ^[1]	56
Obrázek 46 - Průtoková propustnost - boční přítlak	57
Obrázek 47 - Průtoková propustnost - obraceče.....	60
Obrázek 48 - Průtoková propustnost - pomocný boční přítlak	62
Obrázek 49 - Průtoková propustnost - vkladač	64
Obrázek 50 - Průtoková propustnost - výklop příčného dopravníku	65
Obrázek 51 - Vstupní dopravník	71
Obrázek 52 - Výstupní dopravník.....	72
Seznam tabulek:	
Tabulka 1 - Rozdělení podniků podle velikosti ^[3]	12
Tabulka 2 - Rozdělení segmentů dřevozpracujícího průmyslu ^[3]	13
Tabulka 3 - Statistika provozů dle jejich velikosti ^[3]	13
Tabulka 4 - Struktura provozů dle velikosti a krajů bez rozlišení dřevin (pořez v m3) ^[3]	14
Tabulka 5 - Základní parametry	34

Seznam příloh

Příloha A: Pneumatické schéma zapojení

Příloha A: Kusovník pneumatického schématu

Příloha C: Sestavný výkres vstupního dopravníku, číslo výkresu: DP CAISOVA 001

Příloha D: Sestavný výkres výstupního dopravníku, číslo výkresu: DP CAISOVA 002

Poděkování:

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Lukáši Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace a podnětné připomínky, které mi byly poskytnuty v průběhu tvorby diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým nejbližším za podporu při studiu.