

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh podavače hliníkových bram

Autor: **Karel RITTER**
Vedoucí práce: **Ing. Miroslav Duník**

Akademický rok 2017/2018

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Miroslavu Duníkovi, za cenné rady a připomínky, které mě společně s veškerou jeho ochotou při konzultacích dovedly k vypracování této práce.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Karel RITTER**

Osobní číslo: **S15B0179P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Stavba výrobních strojů a zařízení**

Název tématu: **Konstrukční návrh podavače hliníkových bram**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Cílem práce je vypracování konstrukčního návrhu podavače hliníkových bram pro kování na lisu CKV 84/105. Zpracování rešerše možných variant řešení. Pevnostní kontrola hlavních částí podavače pro zvolenou optimální variantu a vytvoření výkresu sestavy podavače.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše na dané téma dle zadání, zhodnocení konstrukčních variant a optimalizovaný výběr.
2. Vypracování konstrukčního návrhu s výpočty pro zvolenou optimální variantu pro konkrétní zadání.
3. Zhotovení výrobního výkresu částí podavače dle zadání.
4. Komplexní zhodnocení práce, včetně ekonomické analýzy.
5. Závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

STANĚK, J. Základy stavby výrobních strojů: tvářecí stroje. Plzeň: Západočeská univerzita, 2004

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra: obecné strojní části. Praha: Computer-Press, 1999

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miroslav Duník**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2017

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Ritter	Jméno Karel	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Stavba výrobních strojů a zařízení“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Duník	Jméno Miroslav	
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh podavače hliníkových bram		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	93	TEXTOVÁ ČÁST	80	GRAFICKÁ ČÁST	13
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS	Bakalářská práce obsahuje konstrukční návrh podavače hliníkových bram. Práce porovnává 3 varianty provedení, z nichž je zvolena (sub)optimální varianta. Pro zvolenou variantu jsou následně vypočteny jednotlivé součásti. Pevnost podavače byla zkontrolována počítačovou simulací v programu Siemens NX.
KLÍČOVÁ SLOVA	automatizace, konstrukce, MKP, podavač, brama

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Ritter	Name Karel	
FIELD OF STUDY	B2301“Design of Manufacturing Machines and Equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Duník	Name Miroslav	
INSTITUTION	ZČU – FST – KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Construction design of aluminum slab feeder		

FACULTY	Mechanical engineering	DEPARTMENT	Machine design	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	93	TEXT PART	80	GRAPHICAL PART	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION	<p>This thesis contains construction design of aluminum slab feeder. The work compares 3 different variants of design, from which is chosen the (sub)optimal variant. Then are calculated single parts of feeder for the chosen option. The rigidity of the feeder was checked up by computer simulation in Siemens NX software.</p>
KEYWORDS	<p>automatization, construction, FEA, feeder, aluminum slab</p>

Obsah

1	Seznam použitých zkratk a symbolů	11
2	Úvod	12
3	Upřesnění zadání	13
4	Mechanizace ve výrobě.....	14
4.1	Zpracování plechu v tabulích	14
4.2	Zpracování plechu ve svitcích	15
4.2.1	Odvíjecí zařízení na smyčky.....	15
4.2.2	Podávací zařízení	15
4.2.2.1	Válečkový podavač s pohybem od kulisy.....	15
4.2.2.2	Válečkový podavač s pohybem od globoidní vačky	16
4.2.2.3	Válečkový podavač s pohybem od krokového motoru	16
4.2.2.4	Válečkový podavač s pohonem od elektromotoru	16
4.2.2.5	Válečkový podavač s bočním kýváním	17
4.2.2.6	Kleštinový podavač s pneumatickým a hydraulickým pohonem.....	17
4.2.2.7	Kleštinový podavač s kulisou.....	17
4.2.2.8	Podavače na principu oscilačního pohybu	18
4.2.2.9	Háčkový podavač s pohybem od beranu lisu	18
4.2.2.10	Háčkový podavač s pohybem od výstředníku.....	19
4.2.2.11	Skličidlové podavače	19
4.2.3	Zařízení na zavádění pruhů.....	19
5	Konstrukční analýza.....	20
5.1	Analýza problémů.....	20
5.1.1	Rám podavače.....	20
5.1.2	Pohon.....	20
5.1.3	Válce.....	20
5.1.4	Pružiny.....	20
5.1.5	Naklápění.....	21
5.1.6	Vybočování bramy	21
5.1.7	Odměrování polohy	21
5.2	Specifikace požadavků TS.....	22
5.3	Koncepční návrh TS	22
5.3.1	Návrh černé skříňky provozního transformačního procesu.....	22
5.3.2	Návrh technologie provozního transformačního procesu.....	22
5.3.3	Morfologická matice	23
5.4	Navržené koncepční varianty	24
5.5	Hrubá stavební struktura variant.....	25
5.6	Hodnocení koncepčních variant	27

5.7	Konstrukční návrh TS	28
5.7.1	SWOT analýza a hodnocení vhodnosti alternativ	28
5.8	Zlepšení předběžného návrhu	29
5.8.1	SWOT analýza a hodnocení vhodnosti zlepšené alternativy	29
6	Výpočet vybrané konstrukční varianty	30
6.1	Kinematické a statické řešení	30
6.2	Volba pohonu	31
6.3	Návrh hřídele	32
6.4	Volba pera	34
6.5	Návrh nosníku	35
6.6	Volba ložiska	36
6.7	Volba pružin	37
6.8	Návrh sloupků	38
6.9	Kontrola šroubu	39
6.10	Kontrola torzních tyčí na krut	39
6.11	Kontrola svaru	40
7	Řešení konkrétní varianty	41
7.1	Motor	41
7.2	Ovladače motoru	41
7.3	Řemen	42
7.4	Napínací kladka	42
7.5	Snímač stlačení bramy	42
7.6	Snímač polohy	43
7.7	Vedení bramy	43
7.8	Torzni tyče	44
8	Metoda konečných prvků	45
8.1	Návrh výpočtového modelu	45
8.1.1	Cíle práce	45
8.1.2	Materiál	45
8.1.3	Geometrie	45
8.2	MKP model	46
8.2.1	Sítování (meshing)	46
8.2.2	Fyzikální vlastnosti	46
8.2.3	Spojení	46
8.2.4	Zatížení	46
8.2.5	Uchycení	47

8.2.6	Okrajové podmínky	47
8.3	Výsledné hodnoty	48
8.3.1	Hodnoty – posunutí.....	48
8.3.2	Hodnoty – napětí.....	48
9	Celkové konstrukční řešení.....	50
10	Ekonomické zhodnocení.....	51
10.1	Náklady na nákup komponent	51
10.2	Náklady na materiál vyráběných komponent	51
10.3	Náklady na výrobu	52
10.4	Celkové náklady	52
11	Závěr	53
12	Seznam použité literatury	54
13	Seznam obrázků	55
14	Seznam tabulek.....	58
15	Výkresová dokumentace	59
	Příloha č. 1	
	Příloha č. 2	
	Příloha č. 3	

1 Seznam použitých zkratk a symbolů

m	hmotnost bramy	[kg]
g	gravitační zrychlení	[m * s ⁻²]
G	tíhová síla bramy	[N]
T	tečná síla	[N]
N	normálová síla	[N]
e	rameno valivého odporu	[m]
r	poloměr kola	[m]
r _č	poloměr čepu	[m]
f _č	součinitel tření v čepu	[-]
R _{x,y}	reakce ve vazbě čepu	[N]
M _{hc}	celkový krouticí moment	[Nm]
m _p	hmotnost bramy	[kg]
m _z	hmotnost při předpokládaném rozložení na 2/3	[kg]
m _v	hmotnost válce	[kg]
m _o	hmotnost ozubeného kola	[kg]
F ₁	síla přenášená na kola	[N]
F ₂	síla způsobená od hmotnosti ozubených kol	[N]
T _{1,2,3}	posuvové síly	[N]
M _{1,2,3}	ohybové momenty	[Nm]
R _{A,B}	reakce v podporách	[N]
M _k	krouticí moment od pohonu	[Nm]
M _o	ohybový moment	[Nm]
W _o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
W _k	modul průřezu v krutu	[mm ³]
σ _D	dovolené napětí v ohybu	[MPa]
τ _D	dovolené napětí ve smyku	[MPa]
s	součinitel bezpečnosti	[-]

2 Úvod

Tato práce byla zadána Západočeskou univerzitou. Práce je zaměřena na vytvoření konstrukčního návrhu podavače, který bude připojen k beranu lisu CKV 10 500, jenž se nachází ve společnosti PILSEN STEEL s.r.o.

Úkolem práce bylo zajistit způsob, jakým bude hliníková brama o rozměrech 4000 x 1200 x 200 mm podávána do lisu. V původním případě byl na podávání používán mostový jeřáb, který ale při tváření bramy musel odolávat vysokým zatížením, která vedla k jeho poškození. Současně byla v konkrétním případě požadována automatizace, protože bylo nutné podávat bramu do lisu po přesně odměřených stomilimetrových krocích s odchylkou do dvou desetín milimetru, která se s použitím mostového jeřábu nedokázala zajistit. U navrženého podavače se předpokládá kromě snížení náročnosti na zatížení jeřábu také zvýšení ekonomického zhodnocení samotného procesu tváření bramy.

Součástí práce bylo také navržení způsobu snímání velikosti stlačení lisu během tváření. Lis obsahuje měřicí pásek s ukazatelem, ale během tváření dochází k deformaci rámu, a tudíž se do odměřovací části přivádí odchylka.

Hlavním důvodem tváření hliníkové bramy za studena bylo zvýšení tvrdosti, pevnosti a meze kluzu tvářeného materiálu. Následně byla tvářená brama nařezána na tenké plátky plechu, které byly poté vytvarovány a následně použity na pokrytí povrchu letadla. Takto tvářené plátky hliníkového plechu dosahují výborného poměru mezi hmotností a pevností, který je potřebný, aby letadlo dokázalo odolávat aerodynamickým silám.

3 Upřesnění zadání

Cílem práce bylo navrhnout konstrukční řešení podavače hliníkových bram. Bylo nutné zajistit veškeré možné problémy, které by se s použitím mohly vyskytnout.

Celkový proces tváření bramy je rozdělen na dvě části, nejdříve mostový jeřáb dopraví bramu nad podavač, a následně bramu usadí na podavač. Poté je brama po jednotlivých krocích posouvána do lisu CKV 10 500. Velikost jednotlivých kroků se pohybuje v rozmezí od 90 do 115 mm, záleží na velikosti kovadel. Samotná brama bude procházet 30 mm nad kovadly lisu, z toho plyne, že je nutné zajistit, aby se podavač během procesu kování dokázal stlačit o požadovanou velikost. Po průchodu skrz kovadla brama opět najede na podavač z druhé strany.

Samotný podavač je velmi specifické zařízení, to znamená, že na světě neexistuje firma, která by se zabývala sériovou výrobou, proto není možné nalézt takové zařízení na trhu. Určitou podobnost je možné nalézt u válečkových dopravníků jen s rozdílem, že v konkrétním případě byla použita namísto válečků kola, po kterých se bude odvalovat brama.

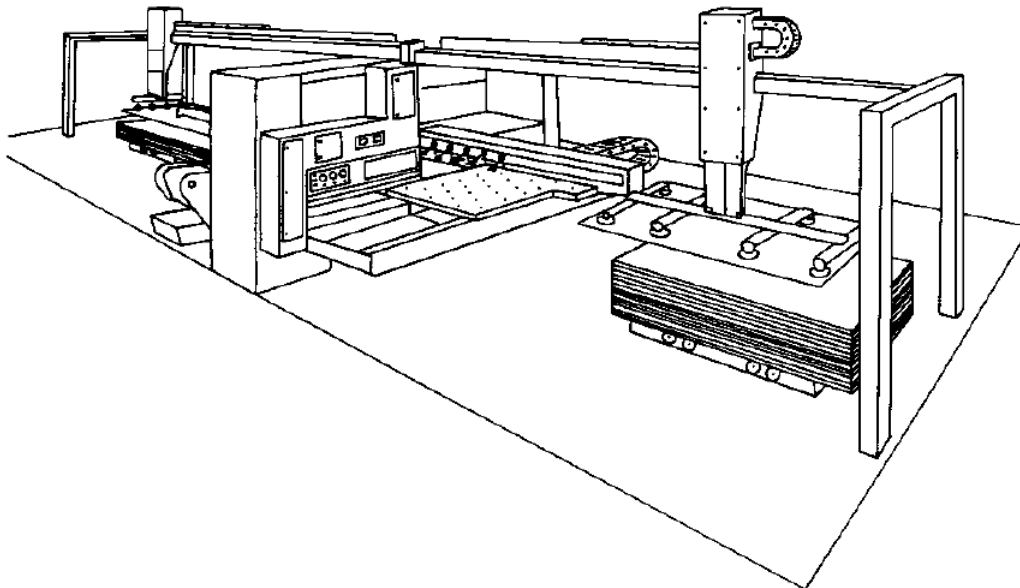


Obrázek 1 – Lis CKV 10 500 [1]

4 Mechanizace ve výrobě

4.1 Zpracování plechu v tabulích

Tabule plechu jsou běžně dováženy ve svazcích, které se ve výrobním skladu, případně na pracovišti, musí odpáskovat a následně se s jednotlivými tabulemi manipuluje. Ovšem manipulace je velmi náročná, protože tabule nemá žádná oka nebo podobné manipulační prvky, proto se převážně používá pneumatické savkové zařízení, které se za pomoci savek přisaje k desce, kterou je pak možné přesouvat. Zpravidla jsou společně se savkovým zařízením použité různé stoly a plošiny, které jsou opatřené kuličkami. Kuličky vyčnívají nad pracovní desku, což umožňuje, aby se tabule plechu valila po stole. V některých případech se používají i otočné stoly pro snadné natáčení jednotlivých tabulí. [2]



Obrázek 2 – Savkové zařízení [2]

Z obrázku je možné vidět, jak savkové zařízení umístěné na mostě jezdí nad vozíky pro dopravu stohů tabulí. Přisátá tabule je následně ustavena na souřadnicový kuličkový stůl za pomoci výsuvných kolíkových dorazů, odkud je následně přebrána kleštinami posuvu tabule. Odebírání zpracovaných tabulí plechu je v podstatě stejné jako doplňování jen s rozdílem, že pro uchycení tabule jsou použité elektromagnety namísto savek.

Někdy jsou namísto vozíků použité větší jeřáby určené k manipulaci celých stohů. Takové jeřáby jsou opatřeny dalším menším jeřábovým zařízením určeným přímo pro manipulaci s jednotlivými tabulemi plechu.

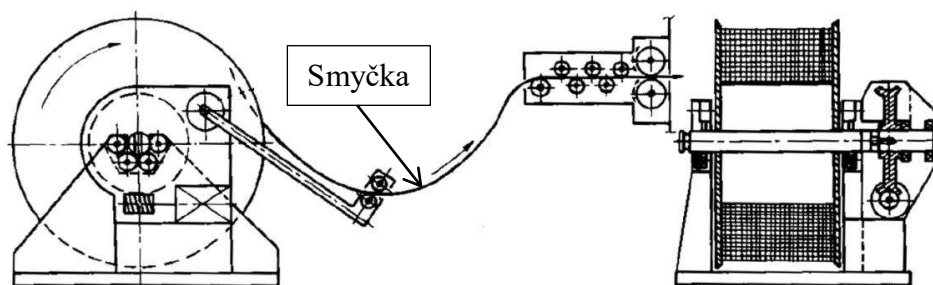
4.2 Zpracování plechu ve svitcích

4.2.1 Odvíjecí zařízení na smyčky

Nejčastější materiál, který je podáván do lisu a dalších tvářecích zařízení, je svitek plechu. Běžné rozměry dodávaných svitků jsou v šířkách do 2500 mm a o tloušťce od 0,15 mm do 10 mm. Materiál je převážně z oceli nebo z barevného kovu. Princip podávacího zařízení svitku je založen na přítržích, zatímco odvíják je plynule otáčen. Proto je vhodné vytvořit mezi podávacím zařízením a odvíjákem tzv. smyčku, čímž se vytvoří prověšení. V takovém případě se odvíják otáčí nuceně silou od rovnačky, do které vstupuje materiál, anebo má odvíják samostatný pohon, který ho uvádí do rotace. Velikost smyčky by měla být co nejmenší, v ideálním případě by mělo prověšení odpovídat délce kroku při podávání. Pro tlusté svitky je nutné mít větší délku smyčky, protože poloměr pružného ohybu se s tloušťkou zvyšuje. [2]



Obrázek 3 - Odvíjecí zařízení [3]



Obrázek 4 – Prověšení plechu [2]

4.2.2 Podávací zařízení

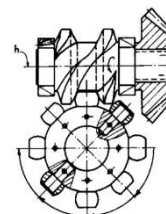
Nejběžnějším polotovarem při lisování je výstřižek, zpravidla je stříhán ze svitku nebo z pruhu. V takovém případě je nutné mít k lisu připojený podavač, který udržuje délku kroku podání. Proto se podávací zařízení řadí mezi jedno z nejběžnějších mechanizačních zařízení v lisovnách.

4.2.2.1 Válečkový podavač s pohybem od kulisy

V případě pohonu od kulisy uvádějí svitek do pohybu dva proti sobě ležící válce, které jsou přitlačovány ke svitku. Svitek je podáván po přítržích do lisovacího nástroje. Podle konstrukčního uspořádání je kulisa napojena na klikový mechanismus lisu. Velikost kroku je určena kulisou, která má stavitelnou výstřednost, kulisa je napojena na mechanismus rohatky a západky. Touto jednosměrnou válečkovou spojkou je potom převeden kývavý pohyb od kulisy na rotační pohyb po přítržích. Válečky jsou k sobě většinou přitlačovány pomocí pružin nebo tlakem vzduchu. Pro usnadnění zavádění plechu do podavače je možné válečky mechanicky rozpojit, aby se mezi ně mohl vložit nový začátek svitku, který se následně vystředí v lisovacím nástroji pomocí zarážek. Na výstupní straně lisu je druhý podavač, který slouží k vytahování zbytku svitku. [2]

4.2.2.2 Válečkový podavač s pohybem od globoidní vačky

Principem mechanismu je rozpohybování vačky, která uvede do pohybu kladičková kola. Nevýhoda tohoto mechanismu spočívá v malé tuhosti čepů kladiček. Další nevýhoda je konstantní úhel, o který se kladičkové kolo pootočí. Pro změnu velikosti kroku je nutné měnit převod, proto se mění přímo ozubená kola. U podavače tohoto typu je možné mít v sadě až 100 kusů různých rozměrů kol. Výhoda naopak spočívá v možnosti nastavení krátkého kroku podání a vysoké výkonnosti až 800 podání v minutě. [2]



Obrázek 5 – Schéma globoidní vačky [2]

4.2.2.3 Válečkový podavač s pohybem od krokového motoru

Pohyb podavače je způsoben krokovým elektromotorem, který je složen z řady rotorů s permanentními magnety, které k sobě postupně přitahují elektromagnety ve statoru, čímž se rotor pootočí přesně o jeden krok. Krokový elektromotor je schopen s přesně zvoleným počtem impulzů dosáhnout přesného natočení rotoru. Přes ozubené převody je možné zmenšit jeden krok na tisícinu nebo setinu milimetru kroku podavače. Motor si zachovává přesnou velikost podávaného kroku a není možné, aby se velikost kroku změnila, protože při posílání impulzů do motoru nemůže nastat situace, kdy se impulz ztratí nebo přeskočí. Pro zabránění prokluzu je součástí elektromotoru tlumič rázů, který zmírní počáteční a koncové rozdíly ve zrychlení. V případě krokového elektromotoru jsou krouticí momenty nedostačující, proto se k elektromotoru připojuje rotační hydromotor. [2]

4.2.2.4 Válečkový podavač s pohonem od elektromotoru

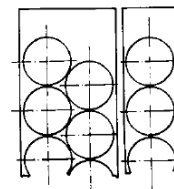
Tento typ podavače se typicky využívá k podávání tenkých plechů o velkých šířkách, které jsou následně stříhány v nástřihových linkách na velké délky. Pohyb zajišťují stejnosměrné nebo střídavé asynchronní elektromotory. Pootočení motoru je ovládáno přes řídicí jednotku, která je spojena se snímačem polohy uloženým přímo v motoru. V motoru může být zabudovaná i brzda pro lepší zastavení, a tím i přesnější odměřování kroku. Tyto motory dosahují velké rychlosti až 100 m za minutu s vysokou přesností, dosahují až 0,05 mm. [3]



Obrázek 6 – Podavač s elektromotorem [3]

4.2.2.5 Válečkový podavač s bočním kýváním

Podavač s bočním kýváním je převážně určen pro výstřižky kruhového průřezu, protože svitek je podáván po kroku, který je roven velikosti mezery mezi jednotlivými výstřižky a současně je bočně posunut, aby se dosáhlo nejefektivnějšího poskládání jednotlivých výstřižků vedle sebe. Tímto způsobem se využití materiálu svitku zvýší až na 80 %, vše závisí na šířce můstku pro dva následující výstřižky. Pohon je zajištěn od klikového hřídele spojeného s dvěma kulisami se stavitelnou výstředností čepu. [2]

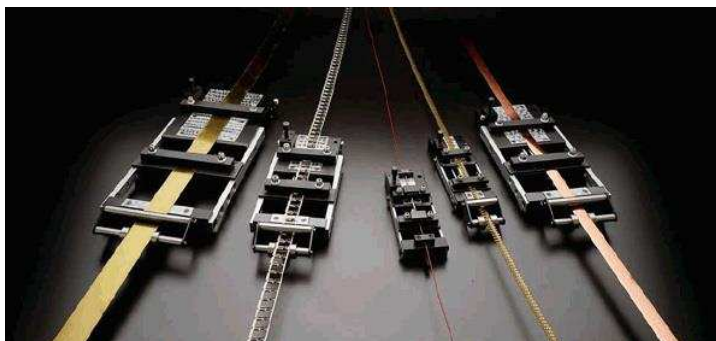


Obrázek 7 –
Rozložení stříhu [2]

4.2.2.6 Kleštinový podavač s pneumatickým a hydraulickým pohonem

Podavač s pneumatickým pohonem je založen na principu svírání kleštin s využitím tlaku vzduchu. Deska kleštiny je nadzvedávána vzduchem, čímž dochází ke svírání svitku. V případě, kdy se podavač má vrátit do počáteční polohy, se vzduch vypustí přes vypouštěcí ventil, dojde k poklesu tlaku a kleštiny se uvolní. Velikost kroku je ovládána přes víka válce, která jsou posouvána stavěcími maticemi. Jemné nastavování velikosti kroku, je také možné s použitím dorazového šroubu s noniovou stupnicí. Přesnost takových podavačů se pohybuje okolo 0,05 mm.

Podavač s hydraulickým pohonem je založen na stejném principu jako pneumatický. Při návrhu hydraulického pohonu je nutné uvažovat změny viskozity kapaliny s měnící se teplotou, čímž dochází ke změně tlakových poměrů a tím ke změnám rychlosti průtoku. Rychlost proudu kapaliny je také pomalejší než proudění vzduchu, proto hydraulický podavač nedosahuje takové frekvence kroků. Výhoda však spočívá ve schopnosti vyvodit velké silové účinky, proto je vhodný pro větší a těžší svitky. Velikost kroku může být řízena přes více kleštin, které si svitek mezi sebou postupně podají. V případě krátkých zdvihů je možné pro pohyb použít vačkový hřídel s elektromotorem. Tento typ podavače je schopen dosáhnout od 20 do 50 zdvihů za minutu. [2]



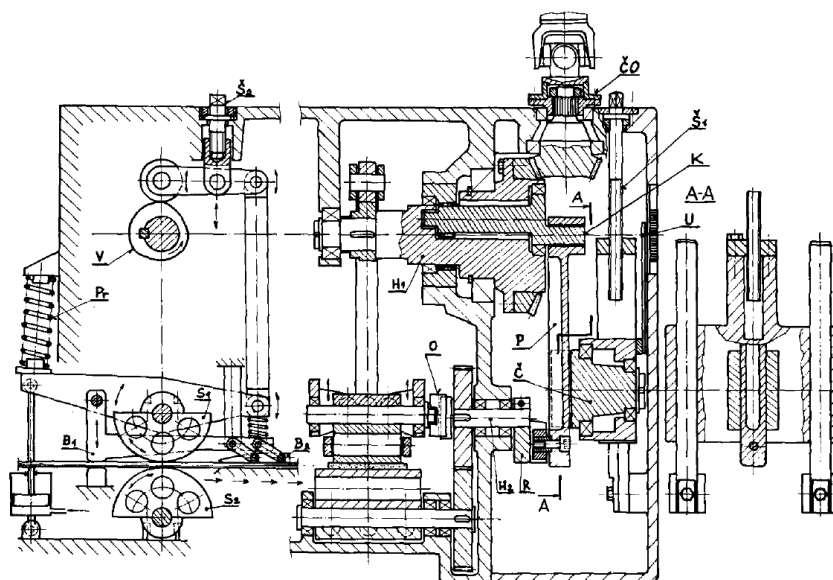
Obrázek 8 – Pneumatické podavače [3]

4.2.2.7 Kleštinový podavač s kulisou

Pohyb podavače je zajištěn od kulis se stavitelnou výstředností, která je napojena přes teleskopickou kloubovou hřídel a kuželové soukolí ke klikové hřídeli lisu. Pro tento typ podavače je možné nastavit úhel podání na 180° nebo na 90°, kdy se změní převodový poměr z 1:1 na 2:1. Pro správnou funkci je v podavači brzda, která zajišťuje svitek během přepínání pohybu kleštin. Aby nedocházelo k vlnění svitku, je použito výškové vedení. Důležitým faktorem ovlivňujícím přesnost kroku je síla sevření kleštinami, která je v tomto případě omezena mazáním svitku pro správné tváření. Proto se na funkční plochy frézují drážky sloužící k vytlačení oleje ze svíraných ploch svitku, čímž je při stisku svitku podavačem plocha plechu ještě suchá, takže nedojde ke snížení účinnosti sevření. [2]

4.2.2.8 Podavače na principu oscilačního pohybu

„Konstrukční provedení podavače s oscilačním pohybem je vyobrazeno na obr. níže. Od klikové hřídele lisu je kuželovým převodem a teleskopickou kloubovou hřídelí poháněn přes časovací objímku ČO kuželový pastorek a kuželové kolo na hřídeli H1, ve kterém je planetovým ozubením otáčena v dutině hřídel s klikou K. Hřídel H1 má otáčky shodné s otáčkami kliky lisu a má na sobě uchycenou vačku V pro zvedání a spouštění oscilačního segmentu S1 a brzdy B1 nad výškově nepřestavitelným segmentem S2. Oba segmenty jsou vykyvovány od kliky K, která se díky planetovému převodu v hřídeli H1 pohybuje ve vodorovné rovině po dráze rovné dvojnásobku poloměru kliky K a nezmenšuje ramena na páce P posuvné v drážce na čele otočného čepu Č.“ [2]

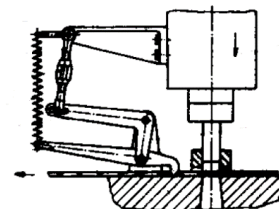


Obrázek 9 – Podavač na principu oscilačního pohybu [2]

Výhodou tohoto podavače je spojení několika funkcí dohromady, protože kleština ovládaná vačkou řídí jednotlivé segmenty, brzdu, a dokonce i určuje zapojení jednoho a druhého nástroje. Další nespornou výhodou je možnost změny velikosti kroku pomocí stavěcích šroubů na vnější straně. To umožňuje upravovat velikost kroku i za chodu stroje. Naopak nevýhoda tohoto podavače je vyšší cena, která je způsobena potřebným vysoce přesným sestavením.

4.2.2.9 Háčkový podavač s pohybem od beranu lisu

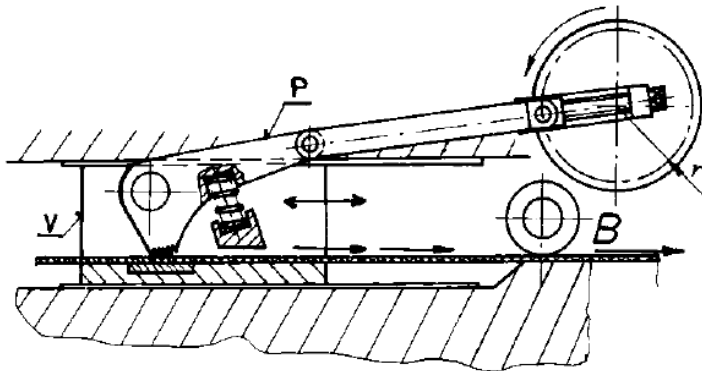
Jedná se o jeden z nejjednodušších typů podavačů. Pohyb je zajištěn přes háček, který tahá svitek. Háček je spojen s beranem přes táhlo s nastavitelnou délkou. Některé háčkové podavače mají háček propojený s pružinou, která tlačí háček do prostřížených otvorů. Spolehlivost a jednoduchost těchto podavačů je omezena na použití pouze pro vystřihovací operace, kde vniká prostřížená díra s můstkem, za který se háček může zachytit. Není vhodné používat háčkové podavače u tenkých plechů, v takovém případě může dojít k deformaci můstku a nesprávnému odměření kroku podání. Nejběžnější rozsah rozměrů svitku se pohybuje okolo 1 až 5 mm tloušťky a 150 mm šířky, obvyklá velikost kroku je okolo 70 mm. Háčkové podavače nedosahují takového výkonu, proto počet podání za minutu se pohybuje okolo 100 kroků. [2]



Obrázek 10 – Háčkový podavač [2]

4.2.2.10 Háčkový podavač s pohybem od výstředníku

Tento typ podavače je založen na podobném způsobu pohybu jako háčkový podavač s pohonem od beranu kromě pozmeněného schématu, kdy se pohyb odvíjí od spojení dvouramenné páky s klikovým hřídelem. Je změněn také tvar háčku, který se v daném případě nezachytává o můstek výlisku, ale na povrchu háčku jsou zoubky, které umožní přichycení ke svitku. Délka kroku je vždy dvojnásobná velikosti výstřednosti hřídele. Podavač má vysokou přesnost 0,1 mm a počet kroků podání se může pohybovat až okolo 1200 kroků za minutu. Nevýhoda podavače spočívá v poškozování svitku od zoubků háčku. Problém způsobuje také háček táhnoucí svitok pouze z jedné strany, čímž může dojít ke zkřížení svitku v lisovacím nástroji. [2]



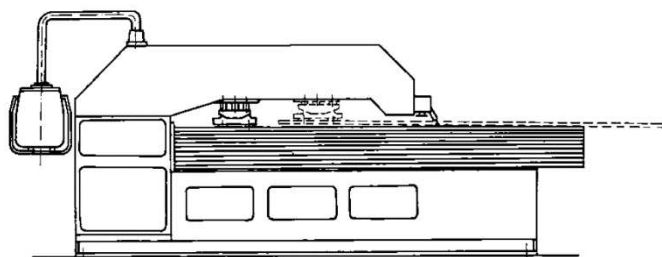
Obrázek 11 – Háčkový podavač [2]

4.2.2.11 Sklíčidlové podavače

Pohyb sklíčidlového podavače je vyvozen od ramene spojeného s klikovou hřídelí lisu. O uchycení materiálu se starají svěrací válečky, které se pomocí dvou sbíhavých ploch dokážou sevřít. V některých konstrukčních variantách je pohon tohoto podavače pneumatický. Pro sklíčidlové podavače se vhodné rozměry pásku pohybují v šířce okolo 250 mm. [2]

4.2.3 Zařízení na zavádění pruhů

V případě, že tvářený materiál je velmi křehký a tvrdý, není možné materiál svinout do svitku. Typickým příkladem je křemíkový plech používaný v rotorech elektromotoru. V takovém případě se ve výrobě používají zavaděče pruhů, které slouží k transportu pruhů nebo pásů, které byly nastříhány z tabulí plechu. Způsoby pohybu jednotlivých pásků jsou podobné jako u předchozích typů podavačů, nejčastěji jsou použity savky, které jsou posouvány elektromotorem, v některých případech je pohyb veden spojením s klikovým hřídelem lisu. [2]



Obrázek 12 – Podavač pruhů [2]

5 Konstrukční analýza

5.1 Analýza problémů

Pro předpoklad správného fungování podavače bylo nutné uvážit několik faktorů, které by mohly ovlivnit funkčnost. V takovém případě by nemuselo dojít přímo k poškození podavače, ale například ke znehodnocení tvářeného polotovaru. Takové případy není možné ve výrobě připustit, protože by se výroba značně prodražovala. Některé konstrukční úpravy jsou pouze pro usnadnění manipulace obsluhy s bramou, ale i takové úpravy zvýší produktivitu a zlepší dělníkovi pracovní komfort.

5.1.1 Rám podavače

Rám podavače musí být dostatečně naddimenzovaný, aby průhyb při zatížení bramou byl minimální. Předpokládá se, že rám podavače bude svařovaná ocelová konstrukce, tudíž je nutné zvolit takový materiál, který je vhodný na sváření, a přitom si zanechává vysoké pevnostní vlastnosti.

5.1.2 Pohon

Volba typu pohonu umožňuje několik konstrukčních variant, pro bramy velkých rozměrů (3 tuny a více) je vhodnější použít pneumatický válec, který za pomoci rohatky roztočí hřídel s válcem. Zatímco pro menší bramy (do 3 tun) je z konstrukčního hlediska efektivnější použití elektromotoru. Výhoda použití elektromotoru spočívá hlavně ve snadném zapojení, kde obsluze stačí připojit motor k elektrické síti, a pak už se o pohyb bramy stará řídicí jednotka spojená s lisem. Odměřování kroku se předpokládá přímo zabudované do těla elektromotoru.

5.1.3 Válce

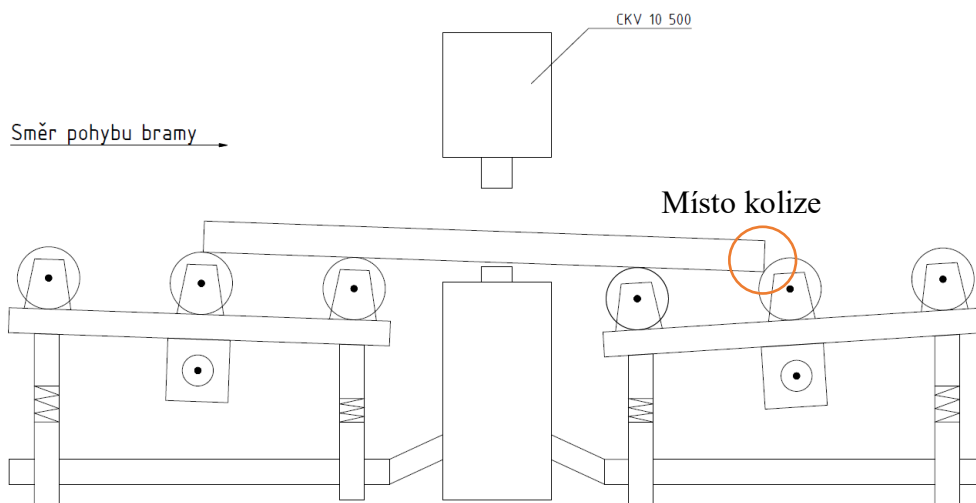
Válce, které budou přenášet krouticí moment k rozpohybování bramy, bude nutné povrchově upravit, aby docházelo k nejefektivnějšímu převodu momentu na sílu generující pohyb bramy. Jako nejvhodnější materiál povrchu válce vychází tvrdá pryž, která má koeficient ramena valivého odporu na ocel (v našem případě na hliník) 0,0077 m, a tudíž patří mezi nejmenší poměry v odporech mezi materiály.

5.1.4 Pružiny

Zvolené pružiny musí mít i při stlačení od vlastní váhy bram vůli větší než 30 mm, protože při kování se předpokládá, že kovádlu stlačí podavač o 30 mm, a zároveň nesmí nastat případ, že by pružina na sebe dosedla. V tu chvíli by došlo ke zničení podavače, protože by se veškerá síla lisu přenesla z kovádel do podavače.

5.1.5 Naklápění

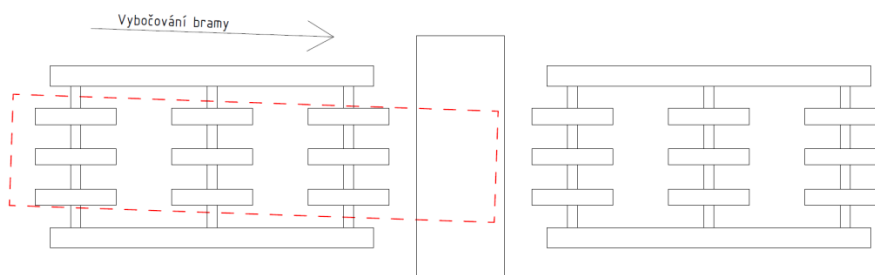
Při předpokladu pohybu bramy po podavači se veškerá tíha bramy bude postupně přesouvat po podavači. To znamená, že do pružin bude nerovnoměrně působit zatížení od tíhy bramy. V takovém případě by mohlo dojít při průchodu bramy přes kovádla k následnému naražení do prostředních válečků podavače. Proto je vhodné přidat do návrhu podavače soustavu torzních tyčí, které zamezí naklápění a rozloží rovnoměrně síly do jednotlivých pružin. Výhoda soustavy torzních tyčí je nejen ve vyrovnání horní tratě podavače, ale protože se síla bude rozkládat mezi 4 pružiny namísto pouze dvě, nebude nutné navrhovat tolik silné pružiny.



Obrázek 13 – Schéma naklápění podavače

5.1.6 Vybočování bramy

Problém s vybočováním bramy může nastat v případě, kdy jeřáb neusadí bramu na podavač přesně. Možným řešením by bylo bramu znovu nadzvednout a znovu usadit přesněji, ale to by vedlo ke zbytečnému plýtvání času. Nejvhodnějším způsobem, jak vyřešit tento problém, je použít oboustranné boční vedení, které bramu přesně nasměruje do kovádel.



Obrázek 14 – Schéma vybočování bramy

5.1.7 Odměřování polohy

Lis CKV 10 500 je schopen odměřovat s přesností na 1 mm, v konkrétním případě je ale nutné, aby byl krok odměřen s odchylkou na desetiny milimetru. Proto je nutné zajistit přesné odměřování kroku. Přesné odměřování kroku je zajištěno již s motorem, protože přímo do motoru je zabudován snímač polohy, který je schopen odměřovat polohu na setiny milimetru.

5.2 Specifikace požadavků TS

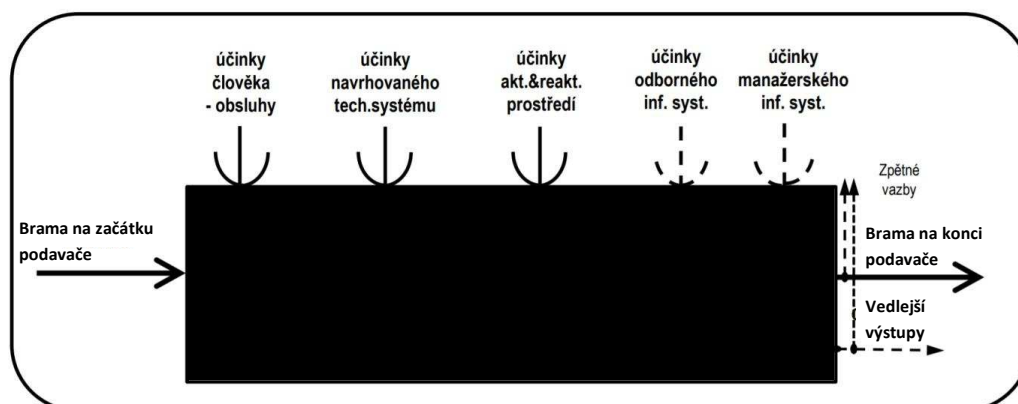
Cílem specifikace požadavků TS je zjistit veškeré vlastnosti technického systému, aby nedošlo k zanedbání některé důležité z nich. Tímto způsobem se následně zajistí všechny potřebné vlastnosti řešeného technického systému, které se zpracují do konkrétní tabulky, viz **Příloha č. 1**. Definované vlastnosti se následně ohodnotí váhou od 0 do 4, kde číslo 4 je nejvyšší prioritou důležitosti určené vlastnosti.

5.3 Koncepční návrh TS

Po zpracování kompletní Specifikace požadavků je další fází nalezení řešení koncepčního návrhu TS. Nejdříve se stanoví abstraktní model černé skříňky, a následně se určí celkový návrh transformačního procesu.

5.3.1 Návrh černé skříňky provozního transformačního procesu

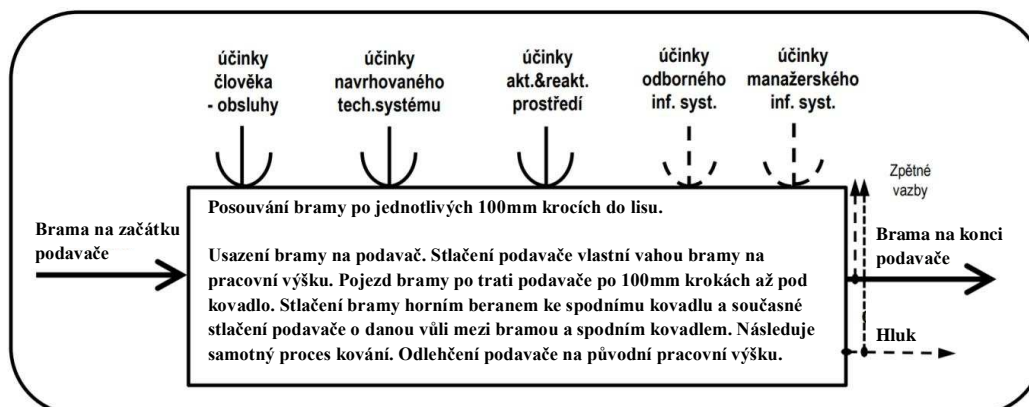
Jedná se o nejabstraktnější model provozního procesu, ve kterém jsou znázorněny pouze vstupy, výstupy a účinky, které působí na technický systém, v našem případě na podavač.



Obrázek 15 – Návrh černé skříňky

5.3.2 Návrh technologie provozního transformačního procesu

Návrh transformačního procesu je blízké podobný černé skřínce, jen je pouze obohacen o popis technologie posouvání bramy po podavači a další vedlejší funkce podavače.



Obrázek 16 – Návrh technologie provozního transformačního procesu

5.3.3 Morfologická matice

Cílem morfologické matice je zajistit potřebné funkce technického systému a k jednotlivým funkcím navrhnout vhodné orgány. Po stanovení orgánů se zvolí jednotlivé varianty návrhu orgánové struktury TS. V konkrétním případě se zvolily 3 varianty, které by dokázaly splnit požadavek na posouvání bramy do lisu.

Tabulka 1 – Morfologická matice + varianty

HLAVNÍ/TRANSFORMAČNÍ FUNKCE TS vč. asistujících funkcí		Orgány				
		1	2	3	4	5
1	Posuv bramy	válečky	pásky	skluzem		
2	Stlačení podavače	pneumatické válce	nástrojové pružiny	talířové pružiny		
3	Naklápění	torzní tyče	řízené pneumatické válce			
4	Vedení bramy	vodící kladka	třecí plocha			
5	Pohon	pneumatický pohon	krokový elektromotor + hydraulický válec	servomotor	hydromotor	
6	Krok podání	rohatka se západkou	odměřovat motorem	odměřovat snímačem	zdvih hydraulického válce	
7	Pohyb válečků	třením přes bramu	řemenem	řetězem	pohybový šroub	pohon jednotlivých válečků
8	Počet válečků	3	4	5		
9	Zajištění zkroucení	vzpěry				
10	Meření stlačení	laserový snímač	kamerový systém	optický snímač	koncový spínač	
11	Meření kroku	inkrementální rotační snímač	optický snímač	laserový snímač		

Legenda:  Varianta A
 Varianta B
 Varianta C

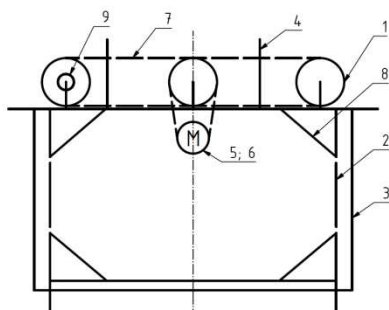
5.4 Navržené koncepční varianty

Pro jednotlivé zvolené varianty se vypracovaly návrhy orgánové struktury TS. Orgánová struktura je bezhmotný návrh znázorňující funkce, viz oddíl **5.3.3 Morfologická matice**, na konkrétních schématech.

Podavač by měl s ohledem na dotýčný transformační proces splňovat tyto funkce:

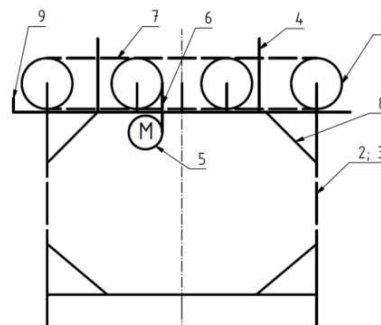
- (1) posuv bramy zajistit
- (2) stlačení podavače umožnit
- (3) naklápění zajistit
- (4) vedení bramy vytvořit
- (5) pohon zajistit
- (6) krok podání umožnit
- (7) pohyb válečků zajistit
- (8) zkroucení zajistit
- (9) měření kroku vytvořit.

Varianta A



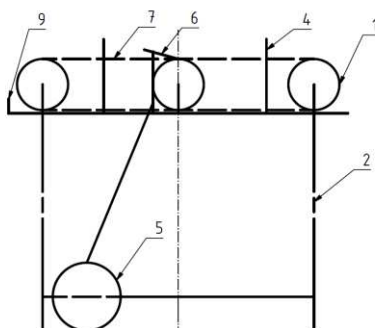
Obrázek 17 – Varianta A

Varianta B



Obrázek 18 – Varianta B

Varianta C

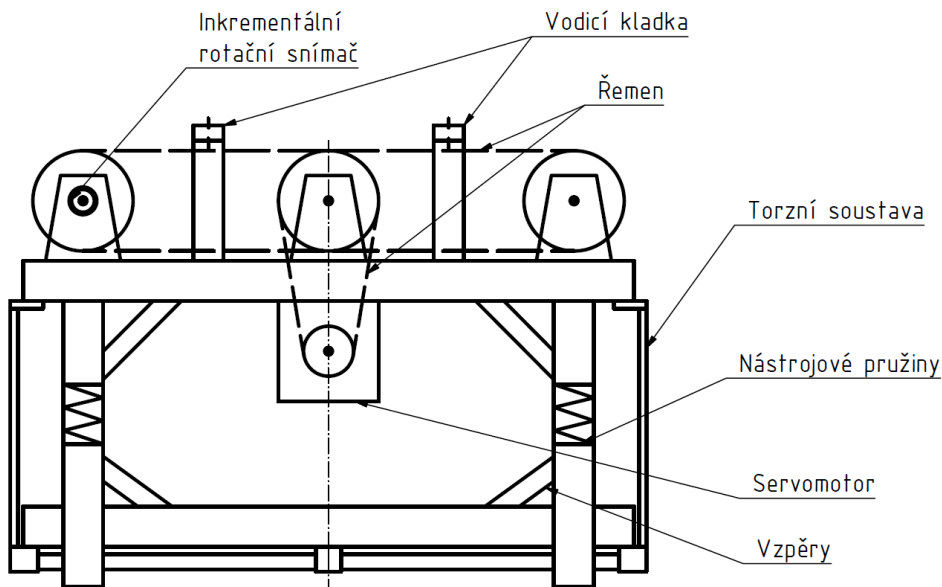


Obrázek 19 – Varianta C

5.5 Hrubá stavební struktura variant

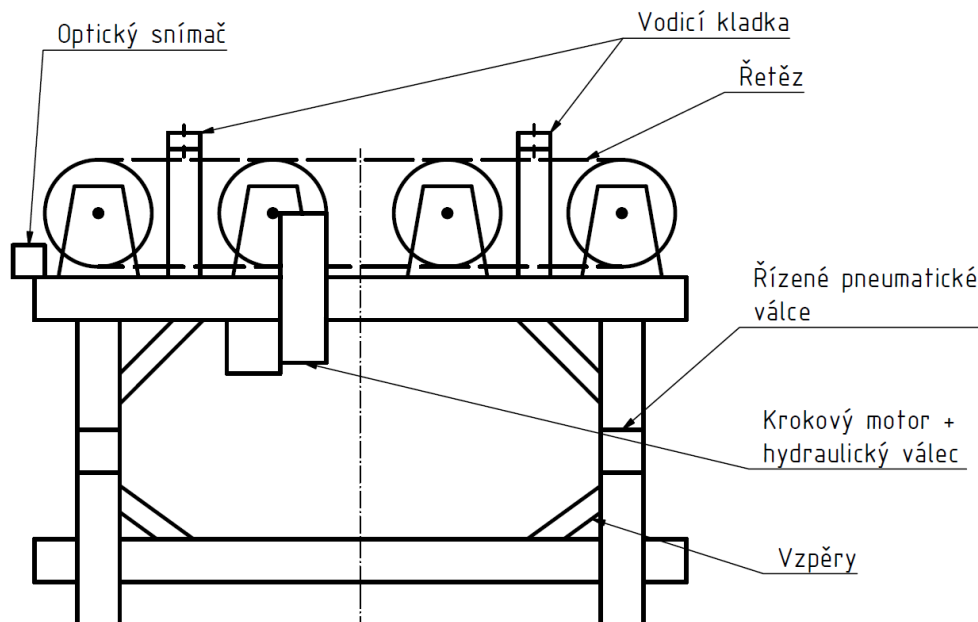
Pro větší názornost a lepší orientaci byly vytvořeny jednotlivé hmotné varianty, které obsahují hmotné návrhy, a jednotlivé funkce již jsou zajištěné konkrétními orgány jednotlivých funkcí.

Varianta A

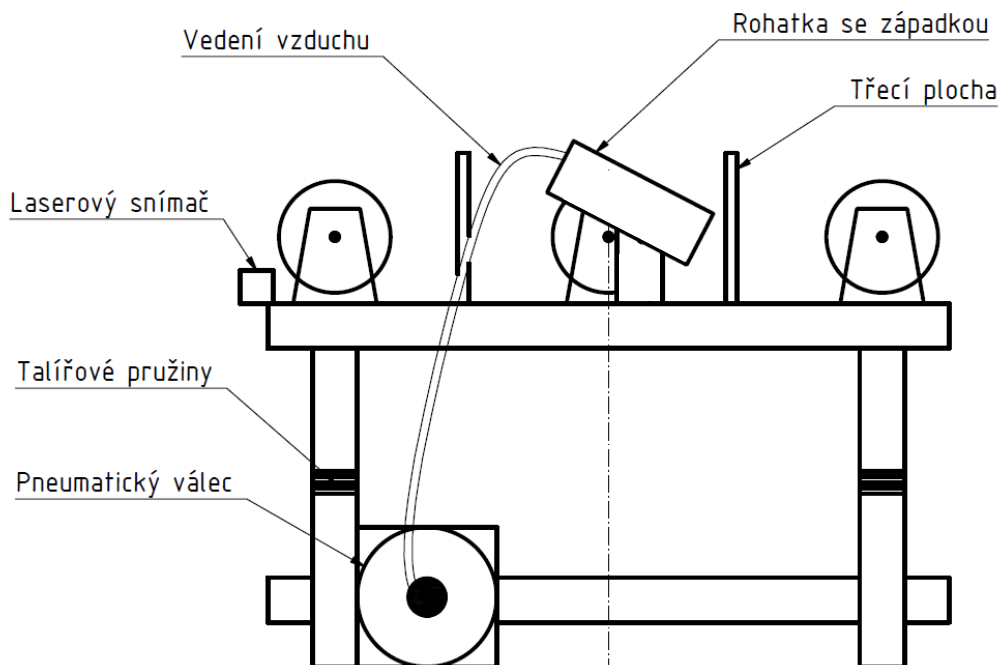


Obrázek 20 – Varianta A – hrubá stavební struktura

Varianta B



Obrázek 21 – Varianta B – hrubá stavební struktura

Varianta C

Obrázek 22 – Varianta C – hrubá stavební struktura

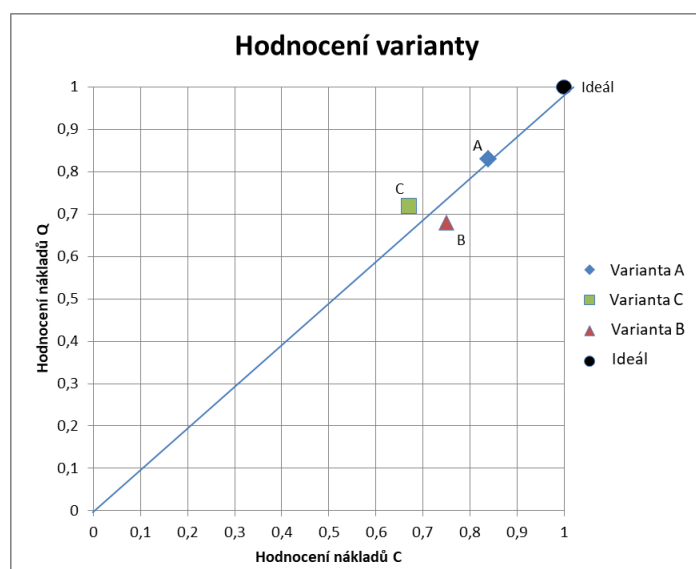
Pro názornější hodnocení jednotlivých variant se v následující podkapitole **5.6 Hodnocení koncepčních variant** počítá s vlastnostmi vycházejícími z hrubé stavební struktury.

5.6 Hodnocení koncepčních variant

Navržené varianty je nutné ohodnotit pro zjištění, která ze zvolených variant je (sub)optimální. Všechny vlastnosti se ohodnotí od 0 do 4 a následně se spočítá normované hodnocení jednotlivých variant. Výsledné hodnoty se zanesou do grafu hodnocení varianty, kde se určí zvolená (sub)optimální varianta.

Tabulka 2 – Hodnocení koncepčních variant

	Vlastnosti	Varianta			
		A	B	C	Ideál
Q	Posuv bramy	3	3	3	4
	Stlačení podavače	4	3	1	4
	Naklápění	3	3	4	4
	Vedení bramy	4	4	2	4
	Efektivita pohonu	3	2	3	4
	Uvedení do pohybu	3	3	2	4
	Provozní náklady	3	2	4	4
	Celkový součet	23	20	19	28
	Normované hodnocení	0,83	0,72	0,68	1
C	Výrobní náklady	3	3	3	4
	Náklady na nákup	4	1	4	4
	Náklady na proškolení obsluhy	3	4	2	4
	Celková součet	10	8	9	12
	Normované hodnocení	0,84	0,67	0,75	1



Obrázek 23 – Graf hodnocení koncepčních variant

Z diagramu vyplývá, že (sub)optimálním návrhem je varianta A, neboť při srovnání s variantou C má vyšší hodnotu koeficientu kvality a ceny a ve srovnání s variantou B je levnější.

5.7 Konstrukční návrh TS

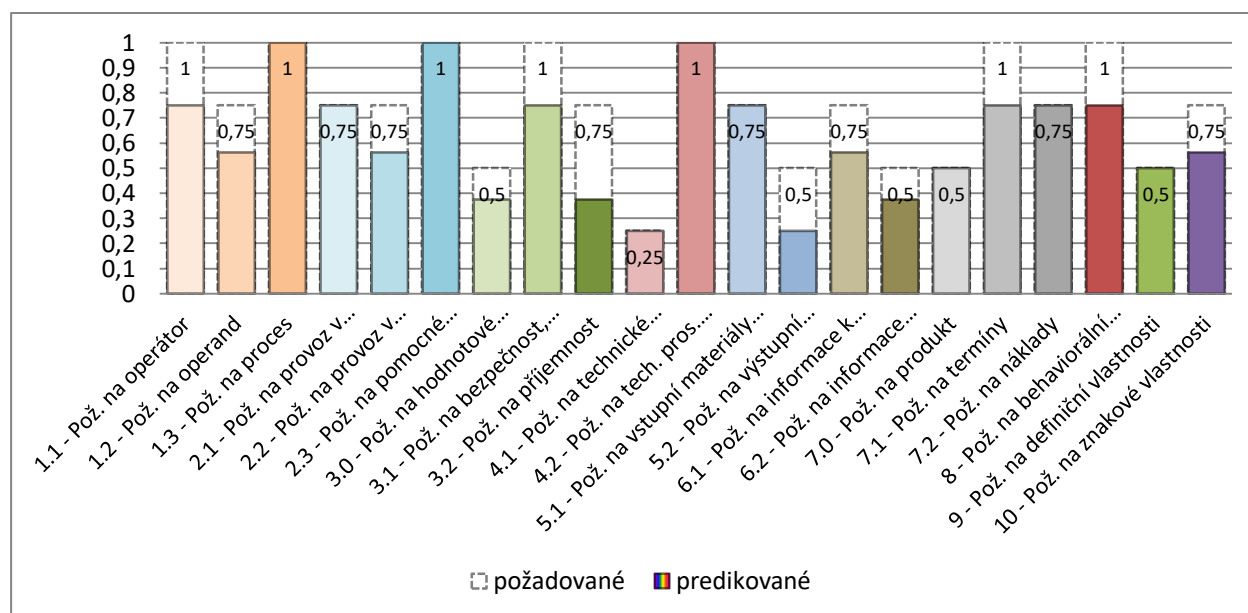
Jedná se o předběžný návrh stavební struktury TS, který bude nutné zkontrolovat, do jaké míry jsou splněny požadované vlastnosti technického systému, viz podkapitola 5.2 Specifikace požadavků TS.



Obrázek 24 – Konstrukční návrh zvolené varianty

5.7.1 SWOT analýza a hodnocení vhodnosti alternativ

Cílem SWOT analýzy je ohodnotit, do jaké míry jsou splněny vlastnosti TS, viz Příloha č. 2. Výsledné hodnoty jsou následně zpracovány do grafu.



Obrázek 25 – Diagram váženého hodnocení vhodnosti predikovaných vlastností (výchozí)

5.8 Zlepšení předběžného návrhu

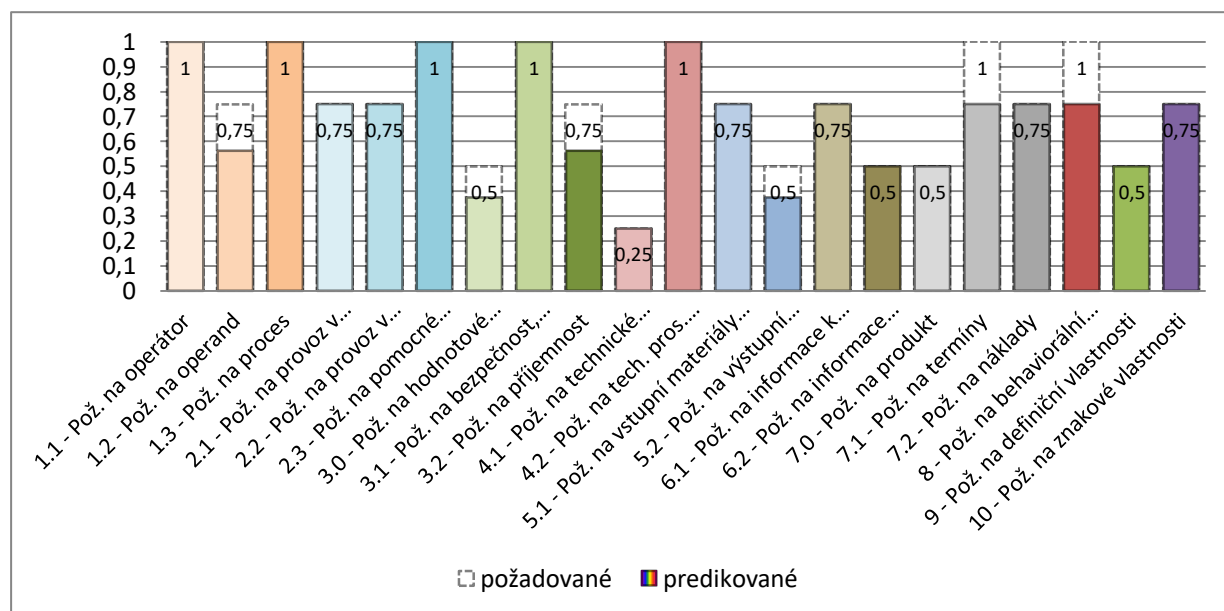
Hlavním úkolem je zlepšit takové vlastnosti, které mají nižší poměr predikované hodnoty oproti požadavku. Pro zvýšení bezpečnosti se do návrhu zlepšené varianty připojí ochranný kryt motorové části s výstražným značením, aby nedošlo k poranění obsluhy. Zároveň budou do konstrukce přimontovány upínací nožičky, které se přišroubují k lisu, a tím se zabrání nežádoucímu odskočení podavače od lisu. Do zlepšeného návrhu bude zakomponován ochranný obal na kabely od motoru, takové řešení ochrání kabely v případě tváření bramy o vyšší teplotě a zároveň zabrání obsluze o kabel zakopnout, a v nejhorším případě spadnout. Do podavače bude také zakomponovaný mechanismus, se kterým bude možné nastavovat výšku jednotlivých nožiček, aby se zabránilo kymácení podavače.



Obrázek 26 – Konstrukční návrh zlepšené varianty

5.8.1 SWOT analýza a hodnocení vhodnosti zlepšené alternativy

Hodnoty zlepšené varianty, viz **Příloha č. 3**.



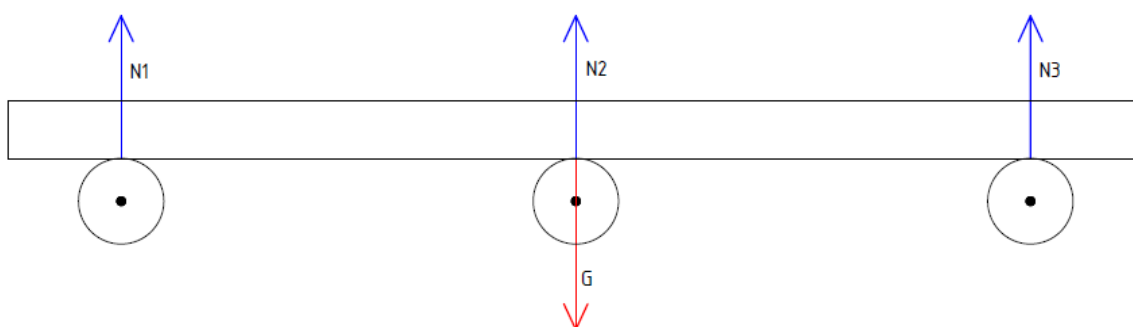
Obrázek 27 – Diagram váženého hodnocení vhodnosti predikovaných vlastností (zlepšený)

6 Výpočet vybrané konstrukční varianty

6.1 Kinematické a statické řešení

Pro návrh částí podavače se nejdříve musí určit statické rozložení do jednotlivých podpor. Při výpočtu se uvažuje rovnoměrné zatížení na všechny podpory. Následně se stanoví kinematické řešení pro potřebný moment motoru, pomocí kterého se brama dokáže rozpohybovat.

A: statické řešení do podpor



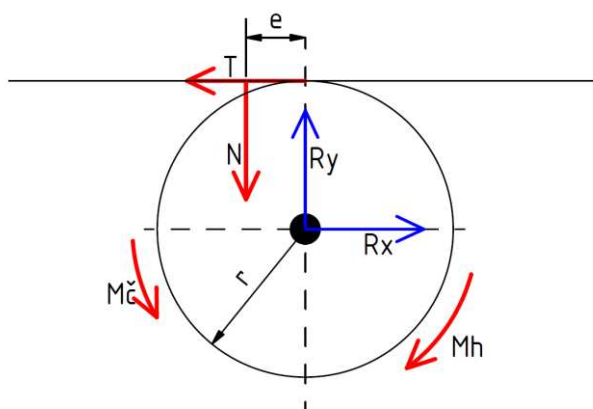
Obrázek 28 – Schéma statického zatížení

$$G = m \cdot g = 2800 \cdot 9,8 = 27468 \text{ N}$$

$$N = N_1 = N_2 = N_3 = \frac{G}{3} = \frac{27468}{3} = 9156 \text{ N}$$

$$T = T_1 = T_2 = T_3 = \frac{N \cdot e}{r} = \frac{9156 \cdot 0,0077}{0,15} \doteq 470 \text{ N}$$

B: kinematické řešení pro určení motoru



Obrázek 29 – Schéma kinetického zatížení

Podmínky rovnováhy:

$$x: R_x = -T = 0 \Rightarrow R_x = T = 470 \text{ N}$$

$$y: R_y = -N = 0 \Rightarrow R_y = N = 9156 \text{ N}$$

$$M_s: M_h - M_{\zeta} - T * r - N * e = 0$$

Moment čepového tření:

$$M_{\zeta} = r_{\zeta} * f_{\zeta} * \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 0,03 * 0,1 * \sqrt{470^2 + 9156^2} = 27,5 \text{ Nm}$$

Pro určení potřebného momentu se všechny jednotlivé momenty sečtou ve výsledný moment, který je potřebný pro posouvání bramy po válečkách.

$$M_h = M_{\zeta} + T * r + N * e = 27,5 + 470 * 0,15 + 9156 * 0,0077 \doteq 168,5 \text{ Nm}$$

S předpokladem, že se jedná o tři sady válečků za sebou, tak pro určení celkového momentu pro pohyb bramy se výsledný hnací moment vynásobí třemi.

$$M_{hc} = M_h * 3 = 168,5 * 3 = 505,5 \text{ Nm}$$

6.2 Volba pohonu

Pro uvedení bramy do pohybu se podle zvolené konstrukční varianty uvažuje použití elektromotoru. Zvolený elektromotor musí mít dostatečný krouticí moment, aby dokázal s bramou pohnout. Musí mít také možnost řízení jeho otáček, což umožní rozdělit pohyb bramy po 90–115 mm krocích. Při zvolení požadovaného kroku musí být elektromotor schopný udržovat přesnou velikost kroku s odchylkou v desetinách milimetru.

Při volbě motoru se musel uvažovat také převod, protože požadovaný moment byl příliš velký na elektromotor s řízením otáček. Při výběru zvítězila firma Moog se servomotory s typem JSC6, tyto motory mají v sobě zabudovanou brzdu a dodávají se s řídicím ovladačem, se kterým je možné nastavit požadovaný počet otáček, podrobnější popis viz kapitola 7 **Řešení konkrétní varianty**. Pro zvolený motor se použil převodový poměr 3,15. Průměr pastorku se předpokládal 95 mm a průměr kola 300 mm. [4]

$$505,5 \div 3,15 \doteq 160,5 < 164 \text{ Nm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Natural Cooling, Standard Dynamic, Type JSC6

Characteristics and Nominal Values with Sinusoidal Drive

Characteristics		JSC6-201	Units
Continuous stall torque	M_0	164 (1,452)	Nm (lbf in)
Rated torque	M_N	130 (1,151)	Nm (lbf in)
Maximum torque	M_{max}	1,227 (10,860)	Nm (lbf in)
Rated speed	n_N	1,000	r/min
Maximum speed	n_{max}	1,150	r/min
Continuous stall current	I_0	30.2	A_{rms}
Maximum current	I_{max}	260	A_{rms}
Rated power	P_N	13.6 (18.2)	kW (hp)
Torque constant	k_t	5.43 (48.1)	Nm/A_{rms} (lbf in/ A_{rms})
Voltage constant	k_e	347	$V_{rms}/k_r/min$
Thermal time constant	t_{th}	6,000	s
Winding resistance at 25 °C (77 °F) (phase to phase)	R_{tt}	0.378	Ohm
Winding inductance (phase to phase)	L_{tt}	4.5	mH
Rotor inertia with resolver	J	484 (4,283)	$kg \text{ cm}^2$ ($10^{-4} \text{ lbf in s}^2$)
Rotor inertia with encoder	J	484 (4,283)	$kg \text{ cm}^2$ ($10^{-4} \text{ lbf in s}^2$)
Weight (without brake)	m	105.2 (232)	kg (lb)

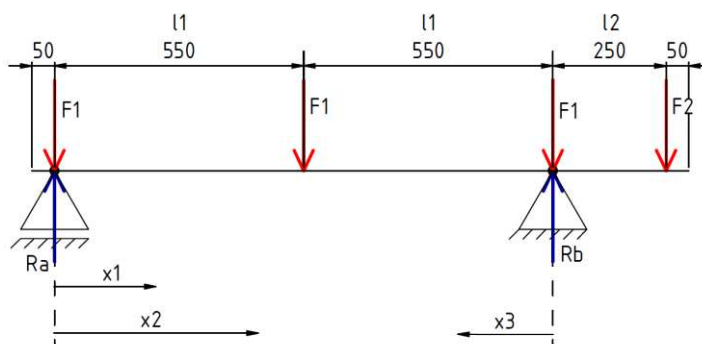
Obrázek 30 – Charakteristiky motoru [4]

Protože osová vzdálenost jednotlivých kol nedovolovala přímý styk ozubených kol, byl použit řemen. Řemenovým převodem byly spojeny i zbylé dvě řady válců. Z toho plyne, že brama bude hnána všemi válci i v případě, že bude brama v poloze, kde bude ležet pouze na jedné sadě válců (tedy projde kovadly a bude najíždět na druhý podavač z protější strany kovadel). Stále bude poháněna minimálně dvěma sadami válců.

6.3 Návrh hřídele

K horní části rámu podavače jsou připevněny hřídele s koly, které valí bramu. Všechny tři hřídele jsou stejné, jen hřídel uprostřed má na rozdíl od krajních hřídelí 3 ozubená kola, zatímco krajní hřídele jsou osazené pouze jedním. Odlišnost je způsobena záměrně proto, protože prostřední hřídel spojuje všechny tři součásti (krajní hřídele a motor) dohromady. Při výpočtu průměru hřídele se uvažuje nejhorší možný zatěžující účinek, proto pro výpočet použijeme prostřední hřídel osazenou třemi koly. Při předpokládaném pohybu bramy nastane případ, kdy brama bude ležet pouze na dvou hřídelích. U bramy ležících na třech podporách se předpokládá, že se zatížení rozkládá rovnoměrně, ale pokud bude brama pouze na dvou podporách, bude zatížení rozloženo v poměru 2/3.

Pro výpočet hřídele byla použita klasická ruční metoda.



Obrázek 31 – Schéma zatížení hřídele

$$m_b = 2800 \text{ kg}$$

$$m_z = \frac{2}{3} * m_b = \frac{2}{3} * 2800 = 1866,6 \doteq 1867 \text{ kg}$$

$$m_v = 20 \text{ kg}$$

$$m_o = 15 \text{ kg}$$

$$F_1 = \left(\frac{m_z}{3} + m_v \right) * 9,81 = \left(\frac{1867}{3} + 20 \right) * 9,81 = 6301,29 \text{ N}$$

$$F_2 = (m_o * 3) * 9,81 = (15 * 3) * 9,81 = 441,45 \text{ N}$$

$$\sum M_{iA} = 0: - F_1 * l_1 - F_1 * 2l_1 - F_2 * (2l_1 + l_2) + R_B * 2l_1 = 0$$

$$\Rightarrow R_B = \frac{F_1 * l_1 + F_1 * 2l_1 + F_2 * (2l_1 + l_2)}{2l_1} =$$

$$= \frac{6301,29 * 0,55 + 6301,29 * 1,1 + 441,45 * (1,35)}{2 * 0,55} = 9993,715 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\sum M_{iB} = 0: F_1 * 2l_1 - R_A * 2l_1 + F_1 * l_1 - F_2 * l_2 &= 0 \\ \Rightarrow R_A &= \frac{F_1 * 2l_1 + F_1 * l_1 - F_2 * l_2}{2l_1} = \\ &= \frac{6301,29 * 1,1 + 6301,29 * 0,55 - 441,45 * 0,25}{2 * 0,55} = 9351,605 \text{ N}\end{aligned}$$

$$I: x_1 \in \langle 0, l_1 \rangle$$

$$T_1(x_1) = -F_1 + R_A = -6301,29 + 9351,605 = 3050,315 \text{ N}$$

$$M_1(x_1) = T_1 * x_1 = 3050,315 * 0,55 = 1677,673 \text{ Nm}$$

$$I: x_2 \in \langle 0, 2l_1 \rangle$$

$$T_2(x_2) = -F_1 + R_A - F_1 = -6301,29 + 9351,605 - 6301,29 = -3250,975 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}M_2(x_2) &= -F_1 * 2l_1 + R_A * 2l_1 - F_1 * l_1 = \\ &= -6301,29 * 1,1 + 9351,605 * 1,1 - 6301,29 * 0,55 = -110,363 \text{ Nm}\end{aligned}$$

$$I: x_3 \in \langle l_2, 0 \rangle$$

$$T_3(x_3) = F_2 = 441,45 \text{ N}$$

$$M_3(x_3) = -F_2 * x_3 = -441,45 * 0,25 = 110,363 \text{ Nm}$$

Z vypočtených hodnot vychází, že maximální ohybový moment je uprostřed mezi podporami $M_{Omax} = M_2 = 1677,673 \text{ Nm}$. Maximální moment krutu se použije stejný, který byl vypočten při návrhu motoru $M_h = 505,5 \text{ Nm}$.

$$\sigma_D = \frac{\sigma_k}{s} = \frac{380}{2} = 190 \text{ MPa}$$

$$\tau_D = \frac{\tau_k}{s} = \frac{200}{2} = 100 \text{ MPa}$$

Volba hřídele na ohyb:

$$\sigma_{Do} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_o}{\frac{\pi * d^3}{32}} \Rightarrow d_o \geq \sqrt[3]{\frac{32 * M_o}{\pi * \sigma_D}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 1678}{\pi * 190 * 10^6}} = 0,0448 \text{ m} = 44,8 \text{ mm}$$

Volba hřídele na krut:

$$\tau_{Dk} = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi * d^3}{16}} \Rightarrow d_k \geq \sqrt[3]{\frac{16 * M_o}{\pi * \tau_{Dk}}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 505,5}{\pi * 100 * 10^6}} = 0,0295 \text{ m} = 29,5 \text{ mm}$$

Volím hřídel $\varnothing 60$.

Kontrola Von Mises:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{HMH}} &= \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_D \\ \sigma_{\text{HMH}} &= \sqrt{\left(\frac{M_o}{W_o}\right)^2 + 3 * \left(\frac{M_k}{2 * W_o}\right)^2} \leq \sigma_D \\ \sigma_{\text{HMH}} &= \sqrt{\left(\frac{32 * M_o}{\pi * d_o^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{32 * M_k}{2\pi * d_o^3}\right)^2} \leq \sigma_D \\ \sigma_{\text{HMH}} &= \sqrt{\left(\frac{32 * 1678}{\pi * 0,06^3}\right)^2 + 3 * \left(\frac{32 * 505,5}{2\pi * 0,06^3}\right)^2} \leq \sigma_D \\ \sigma_{\text{HMH}} &= 81,8 \text{ Mpa} \leq 190 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Všechny hřídele byly navrženy na stejný průměr. Cílem bylo usnadnění výroby a zredukování počtu jednotlivých náhradních dílů. I přes to, že vypočtené hodnoty umožňovaly použít hřídel průměru 45, byla zvolena hřídel s průměrem 60. Hlavním důvodem bylo zvýšení bezpečnosti, protože se předpokládá náročný provoz a nešetrné chování obsluhy.

6.4 Volba pera

Pero bylo zvoleno z tabulek rozměrů per, viz strojnické tabulky. Při výpočtu bylo nutné pouze zjistit potřebnou délku pera.

Pero pro $\phi 60$: $b = 18 \text{ mm}$; $h = 11 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}F_o &= \frac{M_k}{r} = \frac{505,5}{0,15} = 3370 \text{ N} \\ p = \frac{F}{S} &= \frac{F_o}{\frac{1}{2}h * (L - b)} = \frac{F_o}{\frac{1}{2}h * L - \frac{1}{2}h * b} \Rightarrow \frac{1}{2} * h * L = \frac{F_o}{p_d} + \frac{1}{2} * h * b \Rightarrow \\ \Rightarrow L &= \frac{F_o}{\frac{1}{2} * h * p_d} + b = \frac{3370}{\frac{1}{2} * 0,011 * 100 * 10^6} + 0,018 = 0,024 \text{ m} = 24 \text{ mm}\end{aligned}$$

Volím pero délky 28 mm, viz strojnické tabulky.

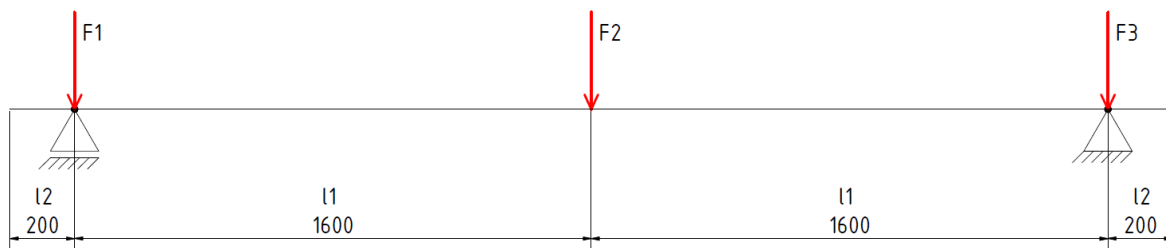
Následná kontrola pro zvolenou délku 28 mm:

$$\begin{aligned}p = \frac{F}{S} &= \frac{F_o}{\frac{1}{2}h * (L - b)} \leq p_d \\ p &= \frac{3370}{\frac{1}{2} * 0,011 * (0,028 - 0,018)} = 61,2 \text{ MPa} \leq 100 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

6.5 Návrh nosníku

Návrh rámu byl proveden pouze pro horní nosnou traverzu podavače. Předpokládá se, že je horní část více zatěžována než spodní část. Ostatní traverzy budou zvoleny ve stejném rozměru, aby se docílilo jejich snadné smontovatelnosti a svařitelnosti. Při návrhu se uvažuje nejhorší případ pro zatížení rámu. Tato situace nastává, pokud je brama pouze na dvou podporách, tedy na střední a krajní hřídeli, ze které brama kontinuálně pokračuje do kovadel lisu.

Při výpočtu se uvažuje hmotnost osazené hřídele. Ta byla stanovena za pomoci programu Inventor přibližně na 200 kg.



Obrázek 32 – Schéma zatížení nosníku

$$F_1 = m_h * 9,81 = 200 * 9,81 = 1962 \text{ N}$$

$$F_2 = \left(m_h + \frac{1}{3} m_b \right) * 9,81 = \left(200 + \frac{2800}{3} \right) * 9,81 = 11124,54 \text{ N}$$

$$F_3 = \left(m_h + \frac{2}{3} m_b \right) * 9,81 = \left(200 + \frac{2 * 2800}{3} \right) * 9,81 = 20277,27 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment byl stanoven na 8899,63 Nm \doteq 8900 Nm

Jako materiál nosníku bude použita ocel S235JR:

$$\sigma_D = \frac{\sigma_k}{s} = \frac{240}{2} = 120 \text{ MPa}$$

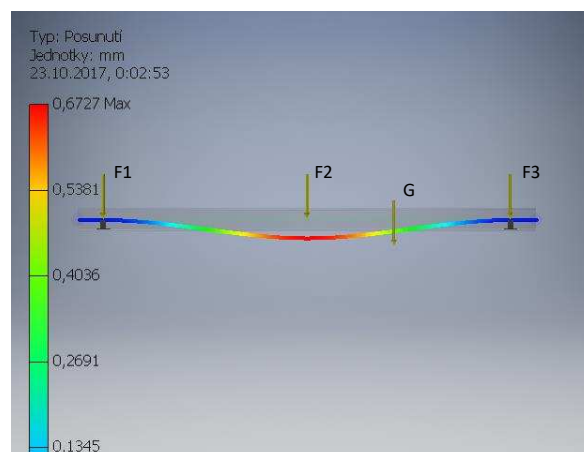
Stanovení maximálního napětí:

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} = \frac{8900}{0,000146} \leq \sigma_D$$

$$\sigma = 60,95 \leq 120 \text{ MPa}$$

Modul průřezu v ohybu byl stanoven podle parametrů nosníku IPE 180 od firmy Feron na 146 cm³.

Při kontrole průhybu nosníku byl průhyb stanoven na 0,67 mm.



Obrázek 33 – Průhyb nosníku

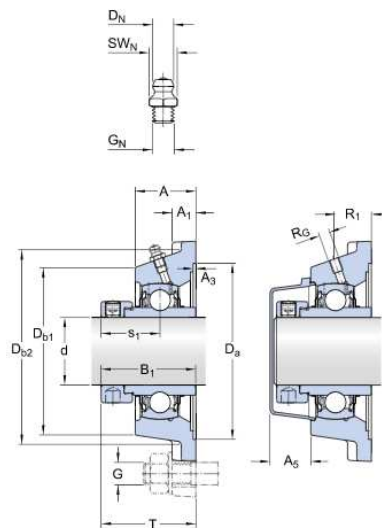
6.6 Volba ložiska

Pro upevnění hřídele k rámu bylo zvoleno čtvercové přírubové ložisko FY 60 WF od firmy SKF. Tento typ ložiska byl zvolen z několika důvodů. Ložiskový domek vyhovuje rozměru pro přišroubování k desce, která je upevněna k horní části rámu. Konstrukce ložiska umožňuje mírné naklápění, proto v případě, že by se hřídel mírně prohnila, nebude mít prohnutí vliv na funkčnost ložiska. A v neposlední řadě ložisko má dostatečnou únosnost. [5]

FY 60 WF

Rozměry

d	60	mm
A	52	mm
A ₁	17	mm
A ₃	H14 3.2	mm
A ₅	35.5	mm
B ₁	77.8	mm
D _a	H11 161.9	mm
D _{b1}	130	mm
D _{b2}	143	mm
J	143	mm
L	175	mm
N	18	mm
s ₁	46.8	mm
T	80.8	mm



Data výpočtu

Základní dynamická únosnost	C	52.7	kN
Základní statická únosnost	C ₀	36	kN
Mezní únavové zatížení	P _u	1.53	kN
Mezní otáčky		3400	r/min

(s tolerancí hřídele h6)

Hmotnost

Hmotnost ložiskové jednotky		4.1	kg
-----------------------------	--	-----	----

Obrázek 34 – Charakteristiky ložiska [5]

Kontrola na radiální zatížení:

$$P_o = F_o \leq \frac{C_o}{S_o}$$

$$6301 \leq \frac{36000}{3} \Rightarrow 6301 \leq 12000 \text{ N} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola dynamické únosnosti:

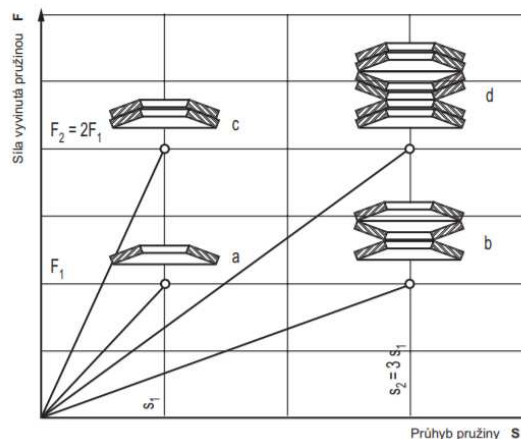
$$L = \frac{16667}{n} * \left(\frac{C}{P}\right)^P = \frac{16667}{10} * \left(\frac{52,7}{6,3}\right)^3 \approx 7,5^5$$

Na každou hřídel byla uvažována 4 ložiska, hlavním důvodem byl předpoklad velkých zatěžujících sil od pružin při stlačení podavače během kování.

6.7 Volba pružin

Volba vhodné pružiny se zohledňovala v několika faktorech. Prvním byla volba typu pružiny, bylo možné použít obyčejné tlačné pružiny, nástrojové pružiny nebo talířové. Přičemž priorita se dávala na tlačné a nástrojové pružiny, protože mají lepší mechanické vlastnosti, ale na úkor možnosti výběru, neboť se musí najít v katalogu, a není tedy možné získat pružinu přesně podle vlastních požadavků. Naopak talířové pružiny umožňují ovlivnit jejich tuhost podle způsobu poskládání za sebe. Talířové pružiny je možné skládat paralelně, aby na sebe strany přiléhaly, čímž se zvyšuje jejich tuhost, nebo sériově, kde se protilehlé strany skládají dohromady, a tím při stejně velké působící síle roste jejich průhyb. [6]

MOŽNOSTI VRSTVENÍ TALÍŘOVÝCH PRUŽIN



Obrázek 35 – Složení talířových pružin [6]

Nejvhodnější typ pružiny se určil z katalogu od firmy Hennlich. Bylo nutné stanovit nejhorší zatěžující účinek. Ačkoliv při návrhu rámu se uvažovalo zatížení, kdy je brama na dvou podporách. V případě návrhu pružin jsou v konstrukci podavače použity torzní tyče, které veškeré silové působení rovnoměrně rozloží do všech 4 pružin, aby nedocházelo k nežádoucímu naklápění podavače.

Při hledání vhodné tlačné pružiny se v katalogu nenašla pružina, která by vydržela požadované síly, a přitom si zachovala požadované vlastnosti, tedy při zatížení bramou by byla stále schopna se stlačit o 30 mm od kovadel a poté mít pořád vůli před dosednutím.

Talířové pružiny při správném sestavení jednotlivých talířů do sebe požadované síly vydrží, ale jejich stlačení by nedosáhlo požadovaných hodnot, pokud bychom chtěli soustavu pružin v rozumné velikosti.

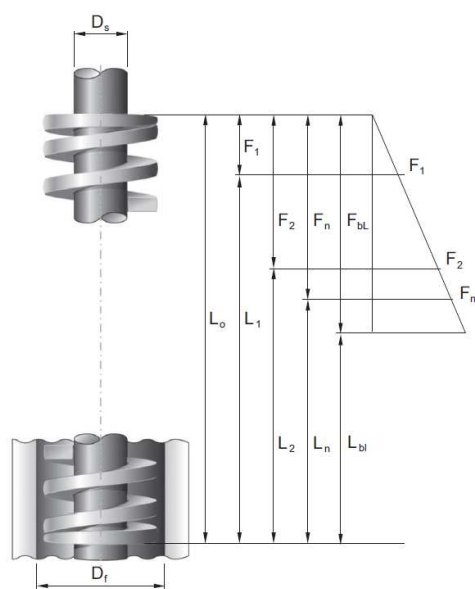
Volba nakonec skončila u nástrojových pružin, které jsou navrženy na vysoké síly, a přitom zvládají velká stlačení. Jejich hlavním rozdílem od tlačných pružin je použití obdélníkového průřezu drátu. Použitý materiál na výrobu je chrom-vanadiová ocel. Pružina je po stočení ještě kuličkována, čímž se povrch pružiny ještě více zpevní.

Celková hmotnost horní části podavače i s bramou je 4000 kg, přičemž hmotnost bramy je 2800 kg a hmotnost horní části je 1200 kg.



Obrázek 36 – Nástrojová pružina [6]

TECHNICKÉ PARAMETRY



Legenda

D_f [mm]	průměr vodícího pouzdra
D_s [mm]	průměr vodícího trnu
f [mm]	stlačení pružiny
f_{bl} [mm]	stlačení pružiny na dosed
F [N]	síla vyvinutá pružinou při stlačení f
F_{bl} [N]	síla vyvinutá pružinou při f_{bl}
L_0 [mm]	délka pružiny ve stavu volném
L [mm]	délka pružiny při stlačení f
L_{bl} [mm]	délka pružiny při stlačení f_{bl}
R_g [N/mm]	tuhost pružiny

D_f [mm]	D_s [mm]	L_0 [mm]	R_g [N/mm]	L_{bl} [mm]	f_{bl} [mm]	13% f_{bl}		30% f_{bl}		45% f_{bl}		62% f_{bl}		80% f_{bl}		Číslo zboží
						[mm]	[N]	[mm]	[N]	[mm]	[N]	[mm]	[N]			
63	38	254	263,0	174	80	10,4	2735	24,0	6312	36,0	9468	49,6	13045	64,0	16832	CXF 63 x 254

Obrázek 37 – Parametry zvolené nástrojové pružiny [6]

$$F_1 = 4000 \cdot 10 = 39240 \div 4 = 9810 \text{ N}$$

$$s_m(80\% \text{ zatížení}) = 64 \text{ mm}$$

$$F_m(80\% \text{ zatížení}) = 16832 \text{ N}$$

Při výpočtu stlačení pružiny se uvažovala lineární závislost stlačení pružiny.

$$\frac{F_m}{F_1} = \frac{s_m}{s} \Rightarrow s = \frac{F_1 \cdot s_m}{F_m} = \frac{9810 \cdot 64}{16832} \approx 37 \text{ mm}$$

6.8 Návrh sloupků

Při návrhu byly použity dva typy sloupků. Pro horní část byl použit čtvercový profil trubky, jelikož se ke sloupkům budou připojovat vzpěry pro zamezení zkrucování podavače. Naopak spodní část podavače budou držet sloupky kruhového profilu, které umožní dodatečné nastavení výšky jednotlivých nohou v případě, že by obsluha potřebovala snížit maximální výšku podavače, nebo z důvodu nerovnosti povrchu, na kterém bude podavač stát.

Jako materiál sloupků je použita ocel S235JR:

$$\sigma_D = \frac{\sigma_k}{s} = \frac{240}{2} = 120 \text{ MPa}$$

Jako maximální síla se uvažuje síla, kdy je pružina stlačena při kování

$$\frac{F_m}{F_1} = \frac{s_m}{s} \Rightarrow F_1 = \frac{F_m \cdot s}{s_m} = \frac{16832 \cdot 67}{64} = 17621 \text{ N}$$

horní trubka: čtvercový průřez 70x6 mm

plocha průřezu viz Ferrona = $14,43 \text{ cm}^2 = 0,01443 \text{ m}^2$

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{16832}{0,01443} \approx 11,6 \text{ MPa} \leq \sigma_D$$

spodní trubka: kruhový průřez 50x5 mm

$$\sigma_t = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4}} = \frac{16832}{\frac{\pi * (0,05^2 - 0,04^2)}{4}} \approx 23,8 \text{ MPa} \leq \sigma_D$$

Zvolené trubky byly záměrně naddimenzovány za účelem minimalizace jejich průhybu a snadného přivaření vzpěr pro horní sloupky.

6.9 Kontrola šroubu

Většina šroubů použitá v podavači slouží pouze pro zajištění polohy, pouze šrouby držící ložiska jsou namáhány na stříh. Ložiska jsou připevněna k desce 4 šrouby. Při konstrukci budou použity lícované šrouby, aby se vyplnila celá díra a nedošlo k nežádoucímu pohybu ložiska dolů. Velikost děr v ložiskách je $\varnothing 18$.

Největší zatěžující síla se uvažuje, když je brama na dvou podporách neboli na dvou hřídelích. Největší působící síla je $20277,27 \text{ N} \approx 20500 \text{ N}$.

Dovolené napětí pro šroub:

$$\tau_d = 50 \text{ MPa}$$

Kontrola šroubu:

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F_{max}}{\frac{(\pi * d^2) * i}{4}} = \frac{20500}{\frac{(\pi * 0,018^2) * 4}{4}} \doteq 20,1 \text{ MPa} \leq 50 \text{ MPa}$$

6.10 Kontrola torzních tyčí na krut

Během stlačení podavače od lisu působí na obě torzní tyče síla pružin z protější strany. Torzní tyče bylo nutné zkontrolovat na krut a zkrut, protože kdyby se torzní tyč nadměrně zkroutila, znamenalo by to, že se podavač nebude rovnoměrně stlačovat, a tím by mohl nastat případ, že brama narazí do podavače z druhé strany lisu.

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F * r}{\frac{\pi}{16} * D^3 * \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right)} = \frac{16832 * 0,106}{\frac{\pi}{16} * 0,06^3 * \left(1 - \left(\frac{0,04}{0,06}\right)^4\right)} = 52,4 \text{ MPa}$$

$$J_p = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32} = \frac{\pi * (0,06^4 - 0,04^4)}{32} = 1,02 * 10^{-6}$$

$$G = \frac{E}{2 * (1 + \mu)} = \frac{2,08 * 10^5}{2 * (1 + 0,3)} = 0,8 * 10^5 \text{ MPa}$$

$$\varphi = \frac{M_k * l}{G * J_p} = \frac{16832 * 0,106 * 3,4}{0,8 * 10^5 * 1,02 * 10^{-6}} = 0,074 \text{ rad} = 4,24^\circ$$

6.11 Kontrola svaru

Při kontrole svaru se uvažovalo zatížení od bramy. Předpokládá se, že na svary působí ohybová a smyková síla.

Smyk:

Plocha svaru spojující dvě traverzy je $0,004918 \text{ m}^2$

$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{(2800 * 9,81)}{3 * 0,004918} = 1,9 \text{ MPa}$$

Ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{2800 * 9,81}{4} * 0,28}{2 * \frac{1}{6} * 0,00636 * 0,164^2} = 33,7 \text{ MPa}$$

Kombinované namáhání:

$$\sigma_{\text{HMH}} = \sqrt{33,7^2 + 3 * 1,9^2} = 33,86 \text{ MPa}$$

Výsledné napětí svaru vychází na 33,86 MPa. Z vypočtených hodnot je zřejmé, že svary jsou převážně určeny k pevnému spojení jednotlivých traverz, aby se maximálně zabránilo zkrucování horní části podavače.

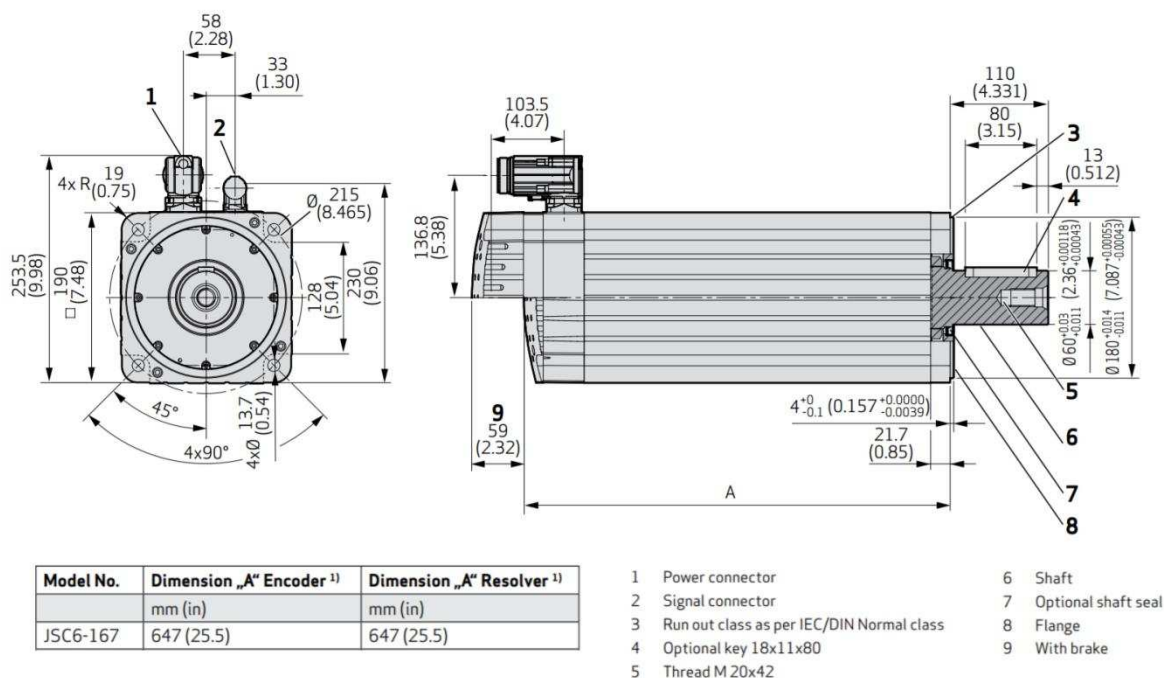
7 Řešení konkrétní varianty

Při návrhu podavače bylo nutné zajistit potřebné součásti, které není možné vyrobit, ale je nutné koupit. U kupovaných součástí bylo nutné zajistit, aby byly splněny požadované vlastnosti a zajistila se integrita systému.

7.1 Motor

Pro požadovaný moment k rozpohybování bramy byl zvolen servomotor od firmy Moog. Jedná se o střídavý servomotor s kontinuálním krouticím momentem 164 Nm. Motor je chlazen pouze z okolí, ale v nabídce jsou i servomotory s tekutým chlazením, které dosahují výrazně vyšších momentových charakteristik. Od motoru s tekutým chlazením bylo ale opuštěno, protože by bylo složité na podavač, nebo do jeho okolí, zabudovávat chladicí jednotku, která by cirkulovala kapalinu, a tím by docházelo k chlazení motoru. Konkrétní typ motoru se dodává s brzdou a se snímačem natočení. [4]

JSC6 with Encoder



Obrázek 38 – Schéma motoru [4]

7.2 Ovladače motoru

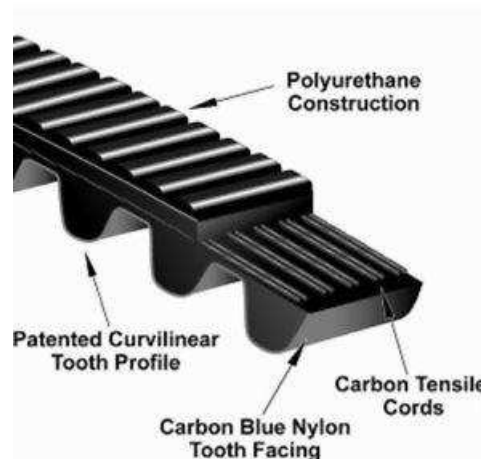
K servomotoru se také počítá koupě řídicí jednotky od stejné firmy, aby se zaručila kompatibilita mezi jednotlivými ovladači. Řídicí jednotka slouží k nastavení přesných kroků motoru. Konkrétní typ řídicí jednotky je jednoosý ovladač. K řídicí jednotce je samozřejmě software pro nastavení požadovaných pohybů motoru, který je možné stáhnout z webových stránek firmy.



Obrázek 39 – Ovladač motoru [4]

7.3 Řemen

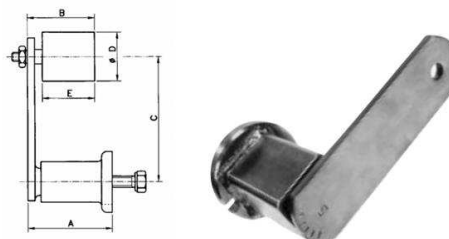
Přenesení krouticího momentu do válců podavače v konkrétním případě bylo možné řešit použitím řemenu nebo řetězu. Při porovnání kladů a záporů mezi řetězem a řemenem byl zvolen řemen, protože má velmi tichý chod a hlavně se postupem času nevytahá, čím by došlo při použití řetězu k odchylce při odměřování kroku a následnému znehodnocení bramy. Nevýhoda v katalogizovaných délkách řemenu se musí ošetřit použitím napínacích kladek. Byl zvolen řemen od firmy Haberkorn, typ Poly Chain GT Carbon. Tento typ řemenu je navržený speciálně na vysoké krouticí momenty a nízké rychlosti, čímž přesně vyhovuje potřebám podavače. Těchto vlastností dosahuje, protože do polyuretanového těla je zabudovaný patentovaný karbonový tažný kord. Maximální provozní teploty konkrétního typu řemenu dosahují teploty 140 °C, proto není nutné prostor řemenů na podavači tepelně odstiňovat, protože teploty tvářené bramy se pohybují okolo 100 °C. [7]



Obrázek 40 – Řemen [7]

7.4 Napínací kladka

Aby nedošlo k prokluzu řemenu, bylo nutné do návrhu připojit napínací kladky, které zajistí, že řemen bude stále napnutý. Jako nejvhodnější se ukázal napínací mechanismus od firmy TYMA, který kromě excentrické napínací kladky obsahuje i rameno pro přesnější nastavení polohy. [8]



Obrázek 41 – Napínací kladka [8]

7.5 Snímač stlačení bramy

Jako součást návrhu podavače bylo nutné navrhnout zařízení vhodné k změření velikosti stlačení bramy. Snímač stlačení je i na samotném lisu, ale protože při tváření není lis maximálně tuhý, dochází k prodloužení lisu až o několik milimetrů. V takovém případě bylo nutné navrhnout způsob odměřování velikosti stlačení tak, aby odchylka nepřesahovala jednu desetinu. Pro výsledné řešení byl navržen kapacitní snímač od firmy MICRO-EPSILON, typ CapaNCDDT 6200, který se připevňuje přímo na kovadlo, čímž se zamezí chybě způsobené deformací. Předpokládá se, že snímač bude připojený na barevnou žárovku, která se rozsvítí, když snímač sepne v předepsané poloze. Princip se žárovkou byl zvolen hlavně z důvodu, aby byla zvýšena snadnost manipulace s lisem a bramou.

7.6 Snímač polohy

Při pohybu bramy je nutné mít zajištěné přesné kroky, po kterých bude brama najíždět do lisu. Hlavní funkci odměřování bude mít samotný motor s řídicí jednotkou, snímač polohy zde bude jen pro kontrolu. Pro kontrolu bylo možné použít různé typy snímačů, nejvíce vyhovovaly laserové a rotační snímače. Nakonec byl vybrán návrh s rotačním snímačem, protože při úvaze, že by se laserový snímač připevnil na lis, aby zaznamenával pohyb bramy při výstupu z kovadel, mohlo by při tváření docházet k rozkmitání laserového paprsku a tedy k nesprávnému vyhodnocování velikosti kroku. Zatímco při použití rotačního snímače připevněného na hřídel nesoucí válečky bude i při rozkmitání podavače snímač stále měřit přesnou velikost kroku podle natočení hřídele. Byl zvolen rotační snímač od firmy IFM, která nabízí inkrementální rotační snímače s displejem, tudíž bude pro obsluhu lisu snadné zkontrolovat, zda se brama pohybuje v požadovaných krocích. Také je možné spojit snímač se světelnou signalizací, v takovém případě bude pro obsluhu ještě snazší kontrolovat krok. [9]



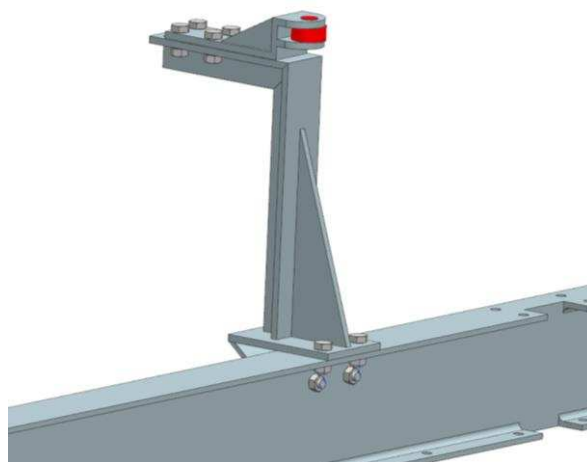
Obrázek 43 – Snímač polohy
(přední část) [9]



Obrázek 42 – Snímač polohy
(zadní část) [9]

7.7 Vedení bramy

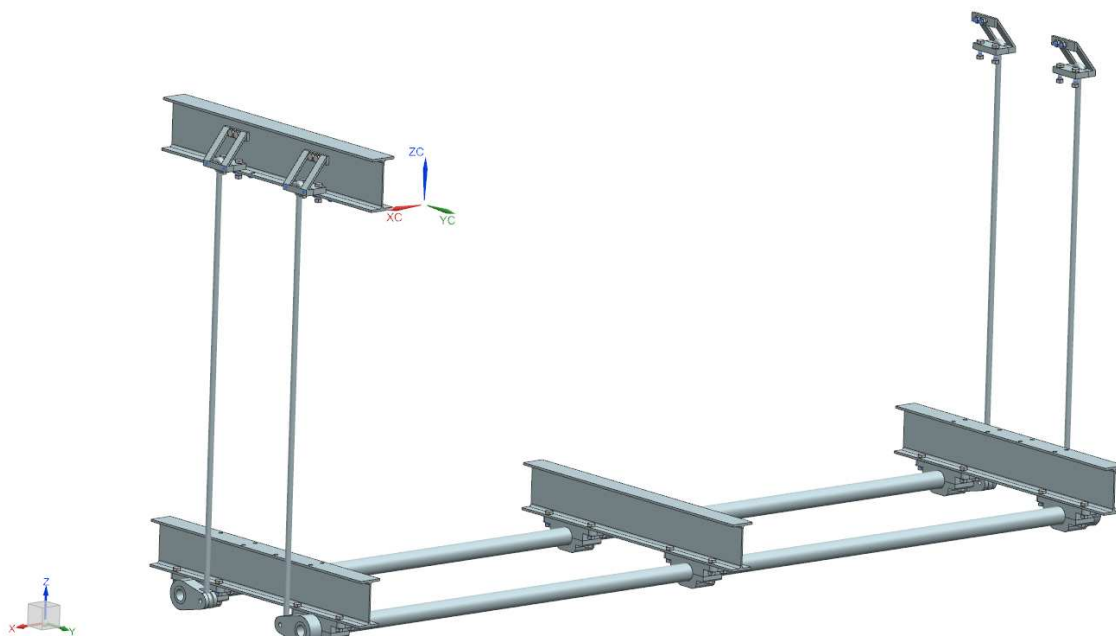
Při pohybu bramy po podavači je nutné, aby se brama nevychylovala ze směru pohybu, protože by pak došlo k nepřesnému tváření bramy, a tím by se brama poškodila. Proto bylo nutné navrhnout boční vedení, které zajistí plynulý pohyb bramy v požadovaném směru. Do místa čepu se použila opěrná kladka od firmy SKF. Konstrukce kladky vychází z válečkových ložisek, proto údržba kladky je stejná jako u běžného ložiska, tedy pouze v případě náročného prostředí (vlhkost, vysoké otáčky) je nutné kladku občas domazat.



Obrázek 44 – Vodící soustava

7.8 Torzní tyče

V konkrétní zvolené variantě návrhu, kde byly použity nástrojové pružiny, se musela k podavači navrhnout soustava torzních tyčí, které by zajistily, aby v případě nerovnoměrného rozložení zatížení od bramy nedošlo k naklopení pouze jedné strany podavače. V návrhu bylo nutné zajistit, aby se torzní tyče promazávaly a nedošlo k zadření, proto byly vytvořeny kanály pro domazání olejem.



Obrázek 45 – Torzní soustava

8 Metoda konečných prvků

8.1 Návrh výpočtového modelu

8.1.1 Cíle práce

Cílem metody konečných prvků je zkontrolovat, zda navržený podavač vydrží požadovaná zatížení. Dále také kontrolovat deformace horní části podavače, aby se zajistilo, že se brama nebude při pohybu po podavači nadměrně deformována a nedojte tak jejímu poškození. Následně je nutné určit deformaci při zatížení pouze bramou, aby se dále mohlo určit celkové potřebné stlačení pružin podavače. Úloha se bude řešit za pomoci simulace MKP v programu NX nastran.

8.1.2 Materiál

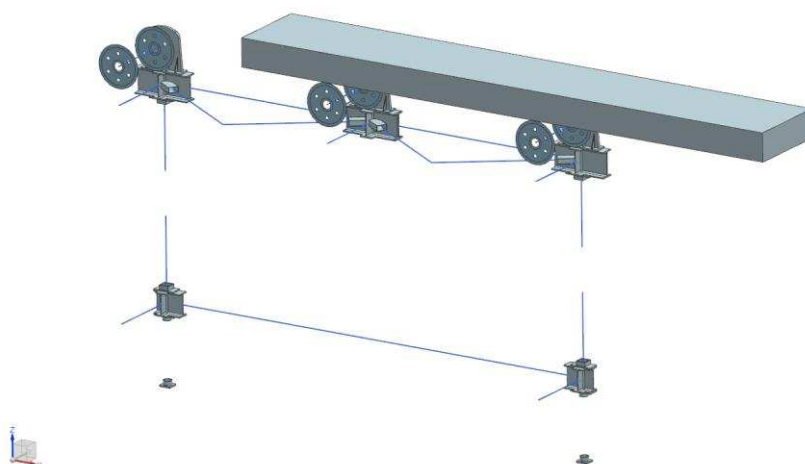
Materiál podavače je běžná konstrukční ocel S235JR. Jednotlivé součásti jsou k sobě připojeny svary a šroubovými spoji. Šroubové spoje se v idealizované sestavě zanedbaly, protože se jedná o předepjaté spoje, které slouží převážně k zajištění polohy.

8.1.3 Geometrie

Cílem idealizování sestavy je zjednodušení geometrie pro snížení počtu elementů. Idealizováním se usnadní výpočet, zpřesní síťování a zkrátí celková doba, kdy bude procesor počítat rovnice. Konkrétní idealizovaná sestava byla vytvořena kombinací všech typů prvků (1D, 2D a 3D), aby se minimalizovalo množství elementů. S ohledem na to, že podavač má jednu rovinu symetrie, byla sestava rozdělena napůl.

Místa, kde se předpokládalo největší napětí v záhybech, byla vytvořena z 3D prvků. Zatímco 1D prvky se použily pro dlouhé, jednoduché části a 2D prvky pro symetrické, ploché části, viz Obrázek 46 – Idealizovaná součást.

Pružina byla při idealizování sestavy nahrazena 1D prvkem celas. V sestavě byl zanedbán motor s ozubenými koly a torzní tyče. Ložiskové domky se zjednodušily pouze na kvádry s dírou uprostřed.



Obrázek 46 – Idealizovaná součást

8.2 MKP model

8.2.1 Síťování (meshing)

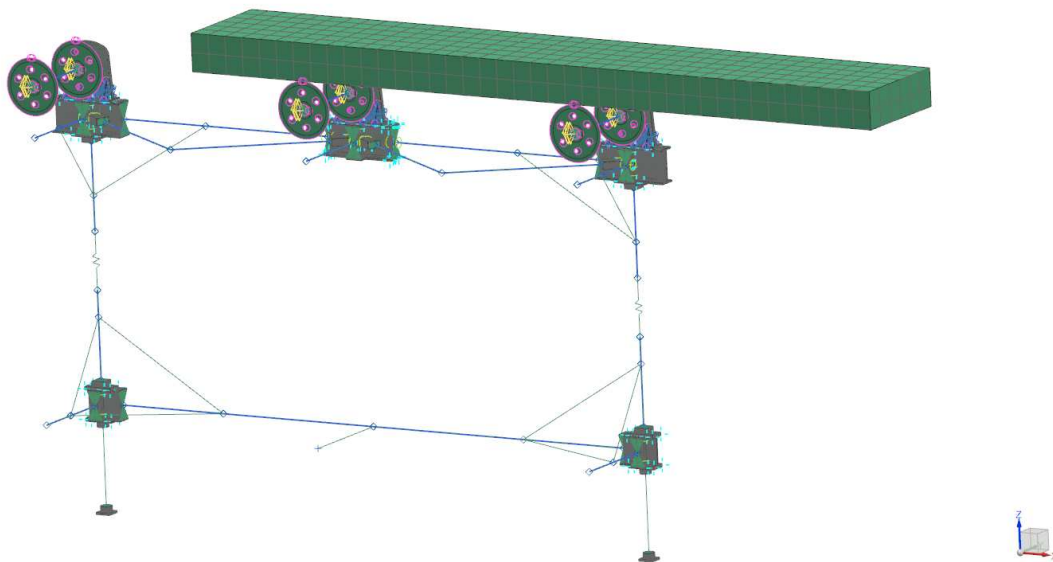
Většina 3D součástí měla složitý tvar, proto byla na zasilování použita 3D tetrahedral mesh. Pouze na bramu byla použita 3D tažená síť, která udává lepší informace o napětí. Velikost jednotlivých elementů se pohybovala od 100 do 5 mm v závislosti na potřebné kvalitě sítě a možnostem velikosti součástí. Zbylé 2D a 1D sítě se volily s velkými elementy, protože se maximální napětí předpokládalo v 3D součástech.

8.2.2 Fyzikální vlastnosti

Jak už bylo v obecné části definováno, celá sestava byla navržena z oceli, pouze brama je z hliníku. Proto nebylo nutné vyhledávat materiálové vlastnosti daných kovů a stačilo je pouze vybrat z předdefinovaných materiálových tabulek v systému NX.

8.2.3 Spojení

Jednotlivé součásti, které byly 3D, se spojily funkcí mesh mating, zatímco 2D prvky s 3D se spojily funkcí edge gluing a součásti 1D s 3D (respektive 2D) se spojily přes rigidovou síť.



Obrázek 47 – Zasilovaná sestava podavače

8.2.4 Zatížení

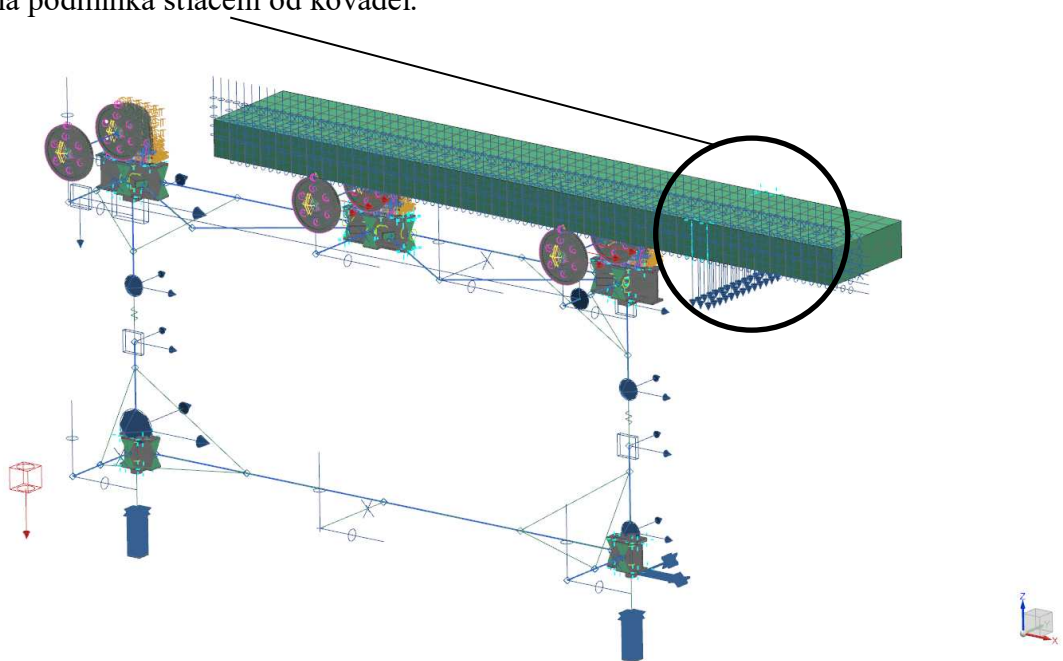
Pro největší zatěžující podmínky se předpokládá brama v poloze, kdy projde kovádky lisu a bude najíždět na podavač z druhé strany. Brama má rozměry 4000 x 1200 x 200 mm a její materiál je hliník s celkovou hmotností 2,8 tuny. Také se uvažuje síla kol pro uvedení bramy do pohybu o velikosti 3370 N. Síla působící na rozpohybování bramy je určena z momentových charakteristik motoru. Při výpočtu se k původnímu zatížení od bramy uvažuje i síla kovádel, která kromě stlačení od samotné bramy stlačí podavač o dalších 30 mm, než narazí do spodního kovádla. Pružiny podavače se tedy celkově stlačí o 67 mm.

8.2.5 Uchycení

Podavač bude stát na železobetonové desce, u které se předpokládá dokonalá tuhost. Bude k ní přitlačován vlastní vahou a vahou bramy. Podavač bude také přišroubován k lisu, aby nedošlo k nežádoucímu pohybu od lisu, a tím odsunutí od kovadel a následnému znehodnocení bramy při kování.

8.2.6 Okrajové podmínky

Pro správné fungování výpočtu se ke všem místům, kde byla součást předělena kvůli symetrii, musela přidat podmínka symetričnosti. V podavači byly také zanedbány torzní tyče, které se nahradily funkcí manual coupling. Funkce manual coupling byla použita i pro 1D prvek pružiny, kde se muselo nadefinovat, že pružina má vedení ve směru osy Z. Do sestavy byla také přidána podmínka stlačení od kovadel.

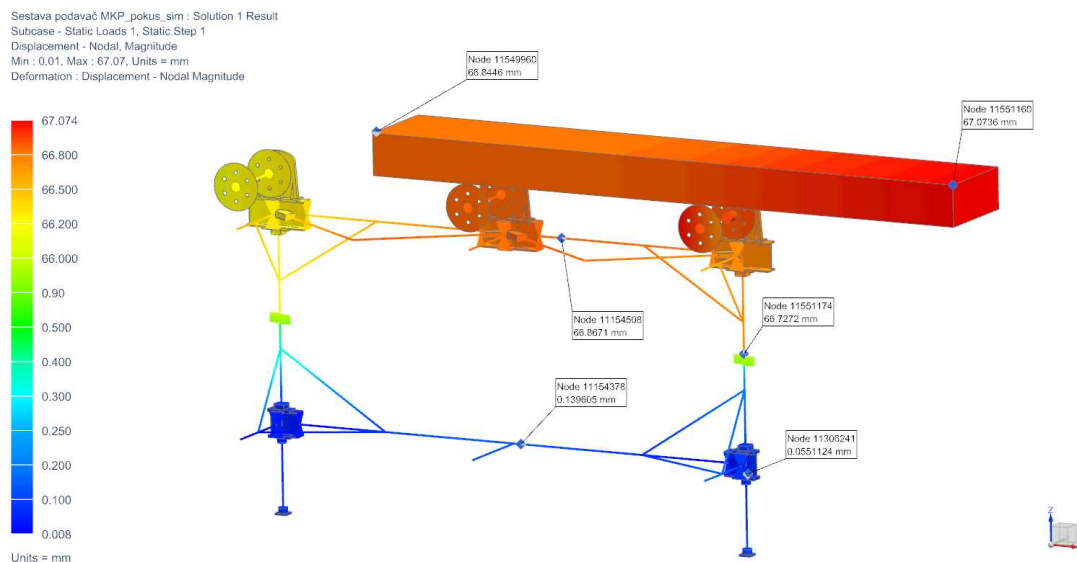


Obrázek 48 – Okrajové podmínky při uvažování zatížení od lisu

8.3 Výsledné hodnoty

8.3.1 Hodnoty – posunutí

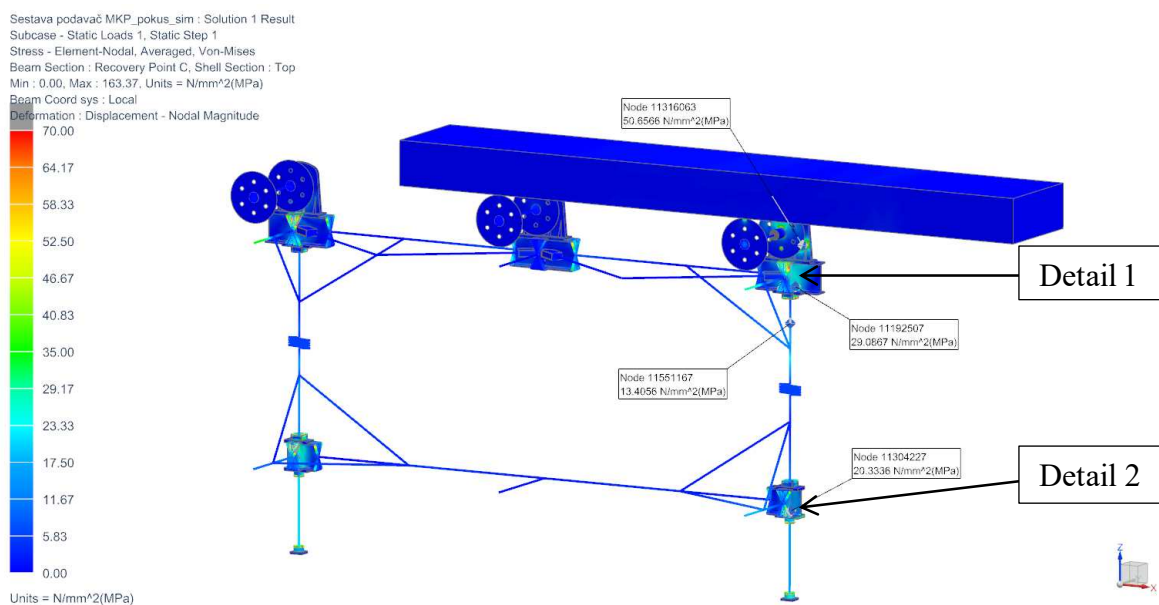
Výsledná maximální deformace nad pružinou byla 67.074 mm, což plyne z podmínky o stlačení v předchozím odstavci a z výpočtu stlačení pružiny, viz podkapitola 6.7 Volba pružin.



Obrázek 49 – Hodnoty posunutí při uvažování zatížení od lisu

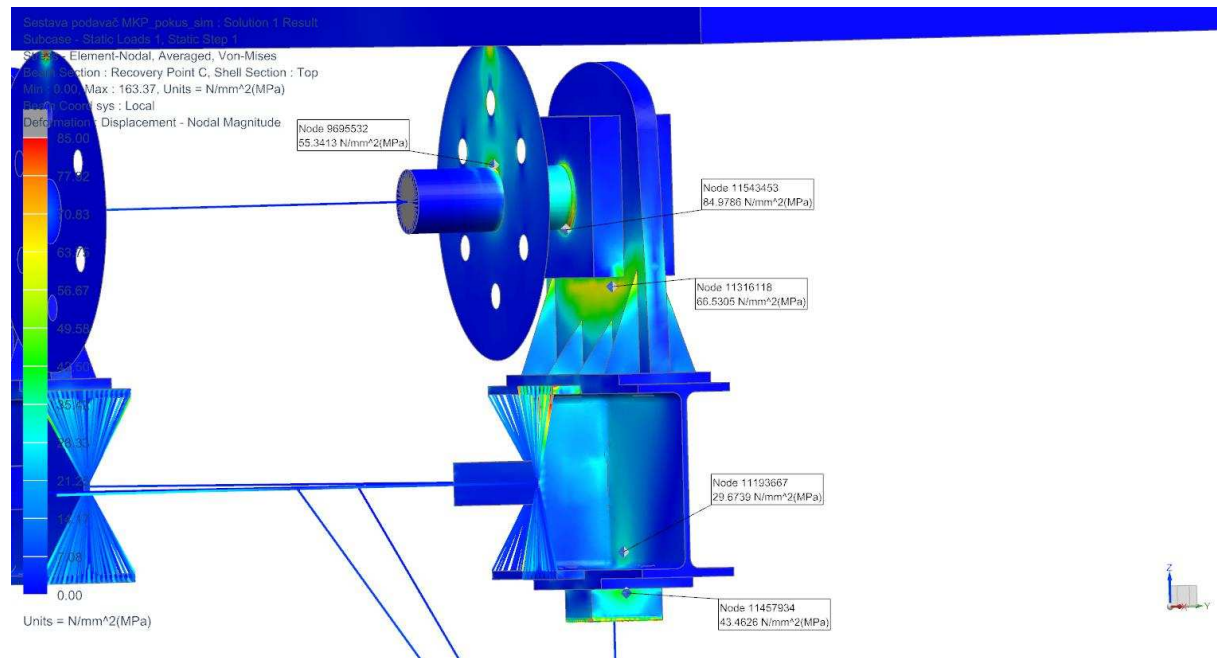
8.3.2 Hodnoty – napětí

Napětí v oblastech okolo rigidové sítě bylo zanedbáno, ale i kdyby se uvažovalo, bylo maximální napětí 163 MPa. Z toho plyne, že i při takových napěťových špičkách by materiál bez problému vyhověl, protože uvažovaná mez kluzu oceli S235 je okolo 240 MPa.

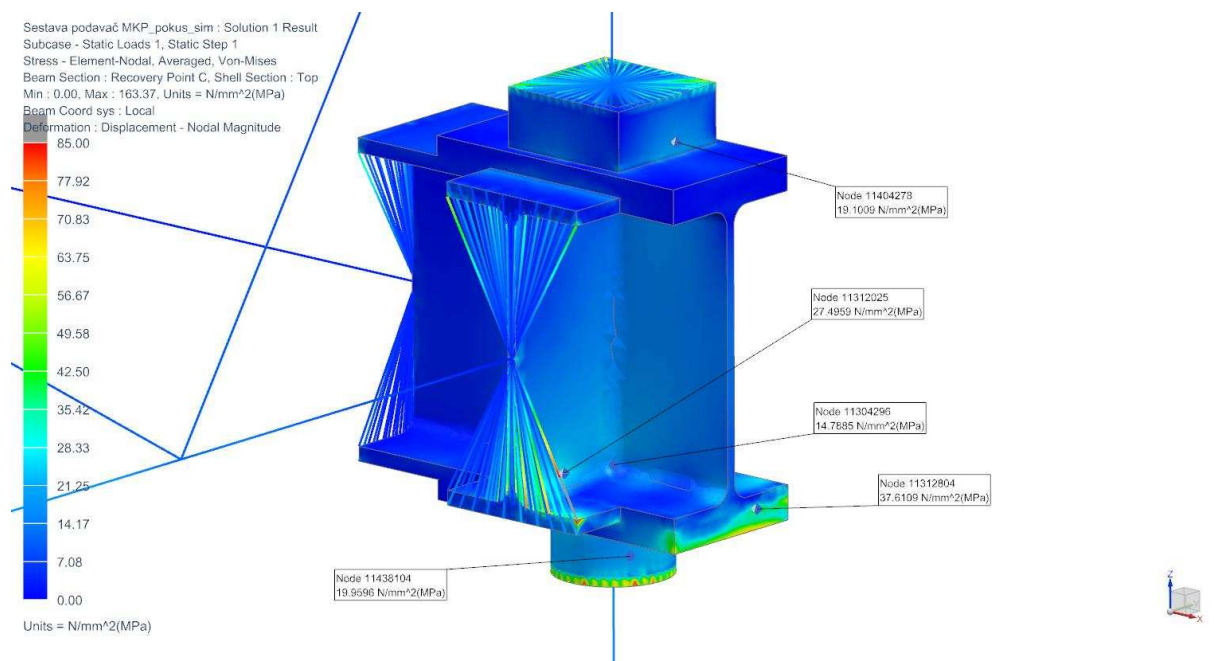


Obrázek 50 – Hodnoty napětí při uvažování zatížení od lisu

Na detailu je vidět maximální napětí 85 MPa. Jedná se o největší napětí modelu, pokud nebudeme uvažovat nereálná napětí v oblasti rigidových sítí.

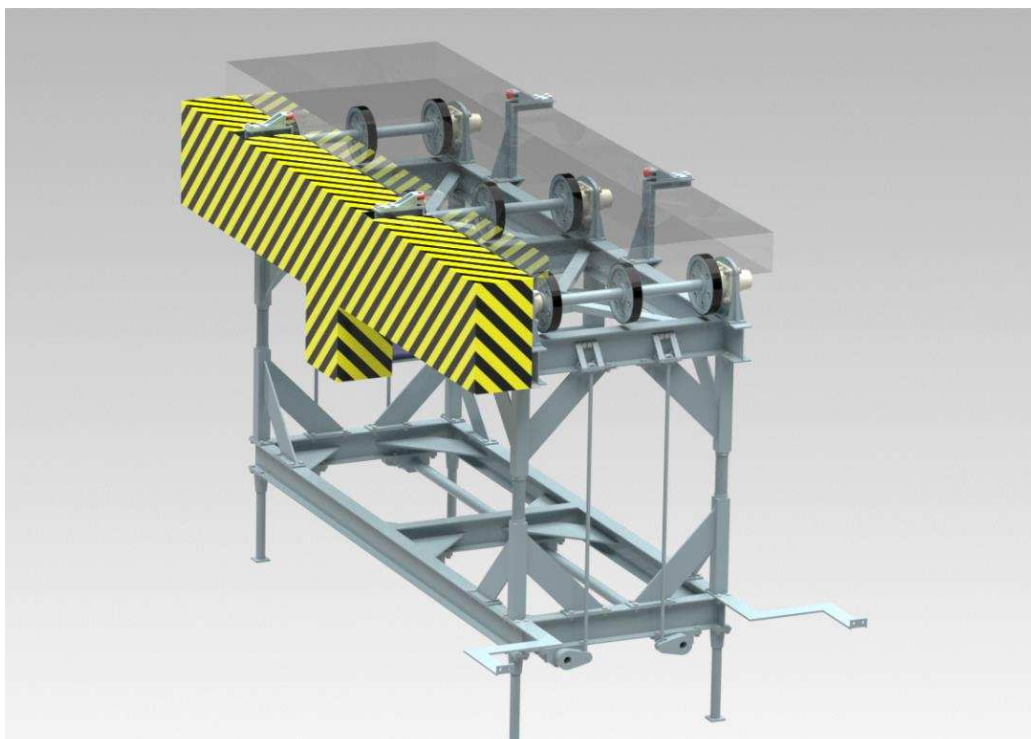


Obrázek 51 – Detail 1 _napětí při uvažování zatížení od lisu

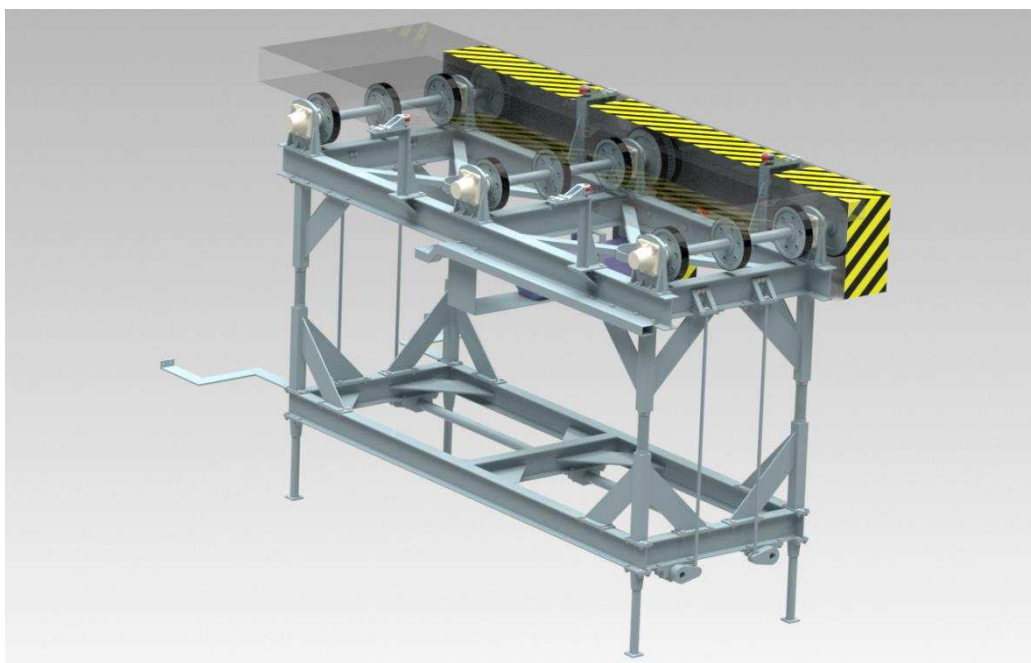


Obrázek 52 – Detail 2 _napětí při uvažování zatížení od lisu

9 Celkové konstrukční řešení



Obrázek 53 – Celkové konstrukční řešení_pohled A



Obrázek 54 – Celkové konstrukční řešení_pohled B

10 Ekonomické zhodnocení

Je nutné, aby podavač byl ohodnocen i z ekonomického hlediska, a tím se zajistila ziskovost daného produktu. V některých případech je možné, že po ekonomickém zhodnocení se dojde k závěru, že daný produkt se pro firmu nevyplatí a od návrhu je opuštěno.

10.1 Náklady na nákup komponent

Nejdříve jsou propočteny náklady na jednotlivé nakupované díly. Všechny díly byly určovány podle aktuálních katalogů od jednotlivých výrobců.

Tabulka 3 – Náklady na nákup komponent

Název	Označení	Výrobce	Cena [Kč]	Počet kusů
Nástrojová pružina	CXF 63 x 254	Hennlich	2500	4
Ložisko	FY 60 WF	SKF	3000	12
Opěrná kladka	NUTR 50-A	SKF	800	4
Napínací kladky	TERE 5	TYMA	800	4
Hřídelové pero	pero 18x11x28	Davaz	20	30
Šrouby	Lícované M16	Prumex	50	266
Matky	M16	Prumex	2	266
Podložky	podložky 17 DIN 125	Prumex	1	266
Celkové náklady za nakupované součásti				
			133 898 Kč	
Elektromotor	JSC6-201	MOOG	60000	1
Kapacitní snímač	CapaNCDDT 6200	MICRO-EPSILON	5000	1
Rotační snímač	ROP522	Ifm electronic	600	1
Řemen	Poly Chain GT Carbon	Haberkorn	400	3

10.2 Náklady na materiál vyráběných komponent

První část tabulky je určena podle aktuálních cen od výrobce. Cena byla stanovena v korunách na metr. V druhé části tabulky byly ceny odhadnuty z aktuálních cen polotovaru od výrobce, protože se jednotlivé součásti skládají z několika polotovarů svařených do sebe.

Tabulka 4 – Náklady na materiál vyráběných komponent

Název	Polotovar	Materiál	Cena [Kč/m]	Délka [m]
Horní rám	IPE 180	11 373	800	13
Spodní rám	IPE 160	11 373	650	13
Hřídel	ocel kruhová 60 mm	11 700	1000	7
Vzpěry	plech černý 5/1,5x3m	11 373	1300	4,5
Kryt kabelů	plech černý 2/1,5x3m	11 373	600	4,5
Kryt řemene	plech černý 2/1,5x3m	11 373	600	4,5
Sloupky	KR TR/jekl	11 373	400	6

Název	–	Materiál	Cena [Kč]	Počet kusů
Torzní soustava	–	11 373	8000	1
Ozubené kolo	–	12 060	3000	6
Upínací desky	–	11 373	2500	6
Kolo	–	12 060	2000	9
Celkové náklady na polotovary			39 500 Kč	
Celkové náklady na materiál součástí			59 000 Kč	
Celkové náklady			98 500 Kč	

10.3 Náklady na výrobu

Do nákladů je potřebné započítat i náklady na výrobu a kompletaci celého produktu. Předběžně předpokládaná doba výroby se odhaduje na 5 dnů. To znamená $5 * 8 = 40$ hodin. Sazba na jednu hodinu výroby je odhadována na 800 Kč.

$$N_v = 40 * 800 = 32000 \text{ Kč}$$

10.4 Celkové náklady

Součtem všech dílčích nákladů dojdeme k přibližnému pohledu na celkové náklady. V aktuálním případě jsou celkové náklady:

$$N_c = N_n + N_m + N_v = 133\,698 + 98\,500 + 32\,000 = 264\,398 \text{ Kč}$$

Výše celkových nákladů byla stanovena podle očekávání. Největší podíl na nákladech tvoří samozřejmě motor a následně kompletně sestavený rám. Předpokládaná ziskovost navrženého výrobku je přibližně 20 %.

11 Závěr

Cílem práce bylo vytvořit kompletní návrh podavače umožňujícího podávání bramy po stomilimetrových krocích do lisu. Bylo nutné zjistit různé principy přepravy bramy, a následně se rozhodnout pro nejobtímnější variantu. V počáteční fázi návrhu bylo nutné specifikovat možné problémy, které by mohly nastat během procesu podávání, a následně je zajistit vhodným konstrukčním řešením. Při analytickém řešení byly navrženy tři různé varianty, ze kterých byla zvolena (sub)optimální varianta pomocí tabulky hodnocení. Vybraná varianta byla následně ohodnocena pomocí SWOT analýzy, a poté se připojily do návrhu zlepšující prvky, které umožnily zvýšit hodnocení dané varianty, aby v potřebném případě obstála nad konkurencí.

Po finálním rozhodnutí konečného návrhu zvolené varianty se přešlo k výpočtové části, kde byly stanoveny nejvíce zatěžující okrajové podmínky. Jednotlivé prvky konstrukce byly následně propočteny a navrženy, aby dosahovaly dostatečné bezpečnosti. Součástí výpočtové části je i kontrola některých součástí jako jsou například šrouby nebo životnost ložisek.

Součástí práce byla volba nakupovaných součástí, například snímače a senzoru, které mají za úkol dodatečně kontrolovat a splnit požadované vedlejší funkce, jako je například snímání stlačení bramy.

V předposlední části byl model podroben pevnostní kontrole s využitím metody konečných prvků. Výsledkem bylo stanovení průběhu napětí v celém modelu. Při zhodnocení maximálního napětí v modelu, které vyšlo 85 MPa, a meze kluzu oceli S235 o velikosti 240 MPa, vychází bezpečnost přibližně na hodnotu 2,8. Podavač byl naddimenzován záměrně, hlavně z důvodu možné změny ve výrobě a následného přechodu na větší bramy, případně i obměny na jiný materiál tvářené desky. Také z důvodu, že se jedná o prototyp, byly záměrně navrhovány součásti s větší pevností. Stlačení pružiny při zatížení silou lisu bude přibližně 67 mm, tudíž nedojde k úplnému dosednutí pružin a možnému poškození podavače. Vůle před dosednutím se bude pohybovat okolo 13 mm. Převážná část podavače vykazovala napětí v rozsahu od 10 do 30 MPa, z čehož plyne, že sestava bude minimálně namáhána, a tím se zaručí její dlouhodobá životnost.

Při kontrole metodou konečných prvků bylo zjištěno, že výsledky MKP se shodují s vypočtenými výsledky, odchylky od výpočtu se pohybují v rozsahu do 5 %.

Nakonec bylo pro celý návrh zpracované ekonomické zhodnocení, aby se orientačně určila potřebná investice na výrobu návrhu. Předpokládá se, že ekonomická výnosnost navržené varianty bude přibližně 20 %.

12 Seznam použité literatury

- [1] TS Plzeň a.s. *Technické parametry lisu* [Online]. [cit. 2018. listopad 21.]
<http://www.tsplzen.cz/kovaci-lisy/>
- [2] RUMÍŠEK, P. *Mechanizace ve strojírenství*. [Online]. [cit. 2018. Prosinec 27.]
http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/emm_mechanizace_a_automatizace_rumisek.pdf
- [3] ELTECH s.r.o. *Automatizácia lisovania* [Online]. [cit. 2018. Únor 15.]
<http://www.eltech.sk/produkty>
- [4] MOOG s.r.o. *Maximum dynamic servo motors*. [Online]. [cit. 2018. Březen 8.]
<http://www.moog.com/content/dam/moog/literature/ICD/Moog-ServoMotors-MDSeries-Catalog-en.pdf>
- [5] SKF s.r.o. *Čtvercové ložiskové přírubové jednotky*. [Online]. [cit. 2018. Květen 6.]
<http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/bearing-units/ball-bearing-units/y-bearing-flanged-units/y-brg-square-flanged-units/index.html?designation=FY%2060%20WF&unit=metricUnit>
- [6] HENNLICH s.r.o. *Technické parametry*. [Online]. [cit. 2018. Březen 6.]
https://www.hennlich.cz/fileadmin/_migrated/cz_N%C3%A1strojov%C3%A9_pru%C5%BEiny_-_technick%C3%A9_parametry.pdf
- [7] HABERKORN s.r.o. *Katalog řemenů* [Online]. [cit. 2018. Duben 15.]
<http://www.haberkorn.cz/dyndoc/download/se-pohony-katalog.pdf>
- [8] TYMA s.r.o. *Katalog napínacích kladek* [Online]. [cit. 2018. Květen 6.]
<https://www.tyma.cz/produkty/retezy/napinaky-kladky/>
- [9] IFM s.r.o. *Katalog rotačních snímačů polohy* [Online]. [cit. 2018. Květen 6.]
https://www.ifm.com/cz/cs/category/015/015_010
- [10] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [11] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části*. Praha: Computer Press, 1999. Edice strojaře. ISBN 80-7226-055-3.

13 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Lis CKV 10 500 [1]	13
Obrázek 2 – Savkové zařízení [2]	14
Obrázek 3 - Odvíjecí zařízení [3]	15
Obrázek 4 – Prověšení plechu [2]	15
Obrázek 5 – Schéma globoidní vačky [2]	16
Obrázek 6 – Podavač s elektromotorem [3].....	16
Obrázek 7 – Rozložení stříhu [2]	17
Obrázek 8 – Pneumatické podavače [3]	17
Obrázek 9 – Podavač na principu oscilačního pohybu [2]	18
Obrázek 10 – Háčkový podavač [2]	18
Obrázek 11 – Háčkový podavač [2]	19
Obrázek 12 – Podavač pruhů [2]	19
Obrázek 13 – Schéma naklápění podavače	21
Obrázek 14 – Schéma vybočování bramy.....	21
Obrázek 15 – Návrh černé skříňky	22
Obrázek 16 – Návrh technologie provozního transformačního procesu	22
Obrázek 17 – Varianta A.....	24
Obrázek 18 – Varianta B.....	24
Obrázek 19 – Varianta C.....	24
Obrázek 20 – Varianta A – hrubá stavební struktura.....	25
Obrázek 21 – Varianta B – hrubá stavební struktura.....	25
Obrázek 22 – Varianta C – hrubá stavební struktura	26
Obrázek 23 – Graf hodnocení koncepčních variant	27
Obrázek 24 – Konstrukční návrh zvolené varianty.....	28

Obrázek 25 – Diagram váženého hodnocení vhodnosti predikovaných vlastností (výchozí) ..28	28
Obrázek 26 – Konstrukční návrh zlepšené varianty29	29
Obrázek 27 – Diagram váženého hodnocení vhodnosti predikovaných vlastností (zlepšený) 29	29
Obrázek 28 – Schéma statického zatížení30	30
Obrázek 29 – Schéma kinetického zatížení30	30
Obrázek 30 – Charakteristiky motoru [4]..... 31	31
Obrázek 31 – Schéma zatížení hřídele32	32
Obrázek 32 – Schéma zatížení nosníku35	35
Obrázek 33 – Průhyb nosníku35	35
Obrázek 34 – Charakteristiky ložiska [5]36	36
Obrázek 35 – Složení talířových pružin [6]37	37
Obrázek 36 – Nástrojová pružina [6]37	37
Obrázek 37 – Parametry zvolené nástrojové pružiny [6]38	38
Obrázek 38 – Schéma motoru [4] 41	41
Obrázek 39 – Ovladač motoru [4]..... 41	41
Obrázek 40 – Řemen [7].....42	42
Obrázek 41 – Napínací kladka [8]42	42
Obrázek 42 – Snímač polohy (zadní část) [9].....43	43
Obrázek 43 – Snímač polohy (přední část) [9]43	43
Obrázek 44 – Vodící soustava43	43
Obrázek 45 – Torzní soustava.....44	44
Obrázek 46 – Idealizovaná součást45	45
Obrázek 47 – Zasiťovaná sestava podavače46	46
Obrázek 48 – Okrajové podmínky při uvažování zatížení od lisu47	47
Obrázek 49 – Hodnoty posunutí při uvažování zatížení od lisu48	48

Obrázek 50 – Hodnoty napětí při uvažování zatížení od lisu	48
Obrázek 51 – Detail 1_napětí při uvažování zatížení od lisu	49
Obrázek 52 – Detail 2_napětí při uvažování zatížení od lisu	49
Obrázek 53 – Celkové konstrukční řešení_pohled A	50
Obrázek 54 – Celkové konstrukční řešení_pohled B	50

14 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Morfologická matice + varianty	23
Tabulka 2 – Hodnocení koncepčních variant	27
Tabulka 3 – Náklady na nákup komponent	51
Tabulka 4 – Náklady na materiál vyráběných komponent	51

15 Výkresová dokumentace

Výkres – sestava	BP18 - 01
Výkres – obrobek	BP18 - 02
Výkres – svařenec	BP18 - 03
Kusovník – sestava	BP18 - 04

Příloha č. 1

Specifikace požadavků na TS

Tabulka I – Specifikace požadavků na TS

Specifikace požadavků na REFLEKTOVANÉ vlastnosti TS - k PROVOZNÍ etapě životního cyklu TS			SWOT pro výchozí stav			SWOT pro zlepšený stav			
Třída/podtřída vlastností / • Vlastnost	Hodnota indikátoru	Váha	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	
/ - indikátor vlastnosti									
1. Pož. k (hlav. i podp.) transformačním funkcím a účinkům – k Operátoru TS, Operandu i Procesu:			(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
1.1 OPERÁTOR TS - podavač:	---	---	---	---	---	---	---	---	
• Vytvořit posuvovou plochu pro bramu:	---	4							
- max. nosnost	max 3000 kg								
- velikost plochy	3200 mm x 1200 mm								
- výška podavače	2380 mm								
- zajištění bramy proti pohybu v nesprávném směru	směr kolmý na posuv								
• Umožnit stlačení podavače:	---								
- stlačení podavače od zatížení bramy	37 mm								
- stlačení podavače od kovadel	67 mm								
- stlačení podavače rovnoměrně:	soustava torzních tyčí								
• Umožnit krok podání:	---								
- řízení velikosti kroku podání	90 - 110 mm								
- zrychlení frekvence podání	ovladač motoru								
- snímání velikosti kroku	snímač polohy								
• Umožnit změnu výšky jednotlivých nožiček:	0 - 50 mm								
• Možnost připojit spodní rám ke kovadlům lisu:	spojovací tyč								
• Umožnit napínání řemenu	napínací kladky								

1.2 OPERAND - brama:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Velikost bramy:	---	3						
- max. hmotnost	2800 kg							
- max. tloušťka	200 mm							
- rozměry bramy	4000x1200x200							
- teplota	20 - 80 °C							
- tvar	plochý							
- povrch	okuje							
1.3 PROCES - posouvání:	---	---	---	---	---	---	---	
• Umožnit posunutí bramy:	---	4						
- posouvání v jednom směru	motor							
- posouvat po 100 mm krocích	řízení motoru							
2. Požadavky k provozuschopnosti TS (jen v provozní etapě LC):		(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
2.1 Provoz v požadovaném MÍSTĚ (vč. příp. připevnění):	---	---	---	---	---	---	---	---
• Provozní prostředí	náročné	3						
• Povrch podlahy	beton							
• přístupnost jeřábu	zaručená							
2.2 Provoz v požadovaném ČASOVÉM rozmezí:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Životnost	10+ let	3						
• Frekvence použití	velmi vysoká							
2.3 Pomocné procesy SERVISU OPERÁTORŮ při provozu	---	---	---	---	---	---	---	---
• Údržba	minimální	4						
• Provozní náklady	minimální							
• Smontovatelnost/demontovatelnost	zaručená							

4.2 Technické prostředky a Tg vyvolané	---	---	---	---	---	---	---	---
• Potřebnost	maximální	4						
5. Požadavky k akt. & reakt. mater. & ekolog. okolnímu přírodnímu systému ve všech etapách LC:		(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
5.1 Vstupní materiály a energie	---	---	---	---	---	---	---	---
• Ekologičnost použitých materiálů a procesů	výhradně	3						
• Potřeba materiálů a energií	minimální							
• Klimatické pásmo	mírné až subtropické							
5.2 Výstupní materiály a energie	---	---	---	---	---	---	---	---
• Ekologičnost výstupních materiálů a energií	výhradně	2						
• Množství odpadových materiálů a energií	minimální							
6. Požadavky k (odborným) informačním systémům ve všech etapách LC:		(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
6.1 Informace a znalosti k dispozici	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vývoj a výroba	standardní	3						
• Distribuce, provoz & údržba, likvidace	standardní							
6.2 Informace a znalosti vyvolané	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vývoj a výroba	minimální, nejvýše dílčí školení	2						
• Distribuce, provoz & údržba, likvidace	minimální, nejvýše zaškolení obsluhy							

Příloha č. 2

SWOT analýza a hodnocení vhodnosti alternativy

Tabulka II – Specifikace požadavků na TS včetně SWOT analýzy

Specifikace požadavků na REFLEKTOVANÉ vlastnosti TS - k PROVOZNÍ etapě životního cyklu TS		SWOT pro výchozí stav				SWOT pro zlepšený stav		
Třída/podtřída vlastností / • Vlastnost	Hodnota indikátoru	Váha	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení
/ - indikátor vlastnosti								
1. Pož. k (hlav. i podp.) transformačním funkcím a účinkům – k Operátoru TS, Operandu i Procesu:		(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
1.1 OPERÁTOR TS - podavač:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vytvořit posuvovou plochu pro bramu:	---	4	***	3	0,75			
- max. nosnost	max 3000 kg							
- velikost plochy	3200 mm x 1200 mm							
- výška podavače	2380 mm							
- zajištění bramy proti pohybu v nesprávném směru	směr kolmý na posuv							
• Umožnit stlačení podavače:	---							
- stlačení podavače od zatížení bramy	37 mm							
- stlačení podavače od kovadel	67 mm							
- stlačení podavače rovnoměrně:	soustava torzních tyčí							
• Umožnit krok podání:	---							
- řízení velikosti kroku podání	90 - 110 mm							
- zrychlení frekvence podání	ovladač motoru							
- snímání velikosti kroku	snímač polohy							
• Umožnit změnu výšky jednotlivých nožiček:	0 - 50 mm							
• Možnost připojit spodní rám ke kovadlům lisu:	spojovací tyč							
• Umožnit napínání řemenu	napínací kladky							

1.2 OPERAND - brama:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Velikost bramy:	---	3	***	3	0,56			
- max. hmotnost	2800 kg							
- max. tloušťka	200 mm							
- rozměry bramy	4000x1200x200							
- teplota	20 - 80 °C							
- tvar	plochý							
- povrch	okuje							
1.3 PROCES - posouvání:	---	---	---	---	---	---	---	
• Umožnit posunutí bramy:	---	4	****	4	1			
- posouvání v jednom směru	motor							
- posouvat po 100 mm krocích	řízení motoru							
2. Požadavky k provozuschopnosti TS (jen v provozní etapě LC):		(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
2.1 Provoz v požadovaném MÍSTĚ (vč. příp. připevnění):	---	---	---	---	---	---	---	---
• Provozní prostředí	náročné	3	****	4	0,75			
• Povrch podlahy	beton							
• přístupnost jeřábu	zaručená							
2.2 Provoz v požadovaném ČASOVÉM rozmezí:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Životnost	10+ let	3	***	3	0,56			
• Frekvence použití	velmi vysoká							
2.3 Pomocné procesy SERVISU OPERÁTORŮ při provozu	---	---	---	---	---	---	---	---
• Údržba	minimální	4	****	4	1			
• Provozní náklady	minimální							
• Smontovatelnost/demontovatelnost	zaručená							

Specifikace požadavků na REFLEKTOVANÉ vlastnosti TS - ke VŠEM etapám životního cyklu TS			SWOT pro výchozí stav			SWOT pro zlepšený stav			
Třída/podtřída vlastností / • Vlastnost	Hodnota indikátoru	Váha	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	
/ - indikátor vlastností									
3. Pož. k člověku a ostatním živým bytostem - bezpečnosti, příjemnosti, zdraví:			(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
(3.0) <i>Hodnotové vlastnosti</i>	---	---	---	---	---	---	---	---	
- kulturnost pobytu bramy po podavači	<i>uspokojivá</i>	2	***	3	0,375				
3.1 Zdraví, ergonomie, hygieničnost	---	---	---	---	---	---	---	---	
- bezpečnost proti převrácení	<i>vysoká</i>	4	***	3	0,75				
- ochrana proti nežádoucímu pohybu bramy	<i>maximální</i>								
- nastavování velikosti kroku	<i>jednoduché</i>								
- krytí motoru	<i>zaručené</i>								
- přístupnost k bramě	<i>omezená</i>								
- umístění ovládacích prvků	<i>snadno přístupné</i>								
3.2 Příjemnost	---	---	---	---	---	---	---	---	
- tvarový design	<i>uspokojivý</i>	3	**	2	0,375				
- barevný design	<i>minimální</i>								
- hlučnost	<i>minimální</i>								
- vůně	<i>neutrální</i>								
4. Požadavky k ostatním technickým systémům/prostředkům ve všech etapách LC! s výj. provozní etapy (viz 2.1):			(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
4.1 Technické prostředky a Tg k dispozici	---	---	---	---	---	---	---	---	
• Vývoj a výroba	standardní	1	****	4	0,25				
• Distribuce (pozemní a námořní), likvidace	standardní								

4.2 Technické prostředky a Tg vyvolané	---	---	---	---	---	---	---	---
• Potřebnost	maximální	4	***	4	1			
5. Požadavky k akt. & reakt. mater. & ekolog. okolnímu přírodnímu systému ve všech etapách LC:		(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
5.1 Vstupní materiály a energie	---	---	---	---	---	---	---	---
• Ekologičnost použitých materiálů a procesů	výhradně	3	****	4	0,75			
• Potřeba materiálů a energií	minimální							
• Klimatické pásmo	mírné až subtropické							
5.2 Výstupní materiály a energie	---	---	---	---	---	---	---	---
• Ekologičnost výstupních materiálů a energií	výhradně	2	**	2	0,25			
• Množství odpadových materiálů a energií	minimální							
6. Požadavky k (odborným) informačním systémům ve všech etapách LC:		(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
6.1 Informace a znalosti k dispozici	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vývoj a výroba	standardní	3	****	3	0,56			
• Distribuce, provoz & údržba, likvidace	standardní							
6.2 Informace a znalosti vyvolané	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vývoj a výroba	minimální, nejvýše dílčí školení	2	**	3	0,375			
• Distribuce, provoz & údržba, likvidace	minimální, nejvýše zaškolení obsluhy							

Příloha č. 3

SWOT analýza a hodnocení vhodnosti zlepšené alternativy

Tabulka III – Specifikace požadavků na TS včetně SWOT analýzy pro zlepšený produkt

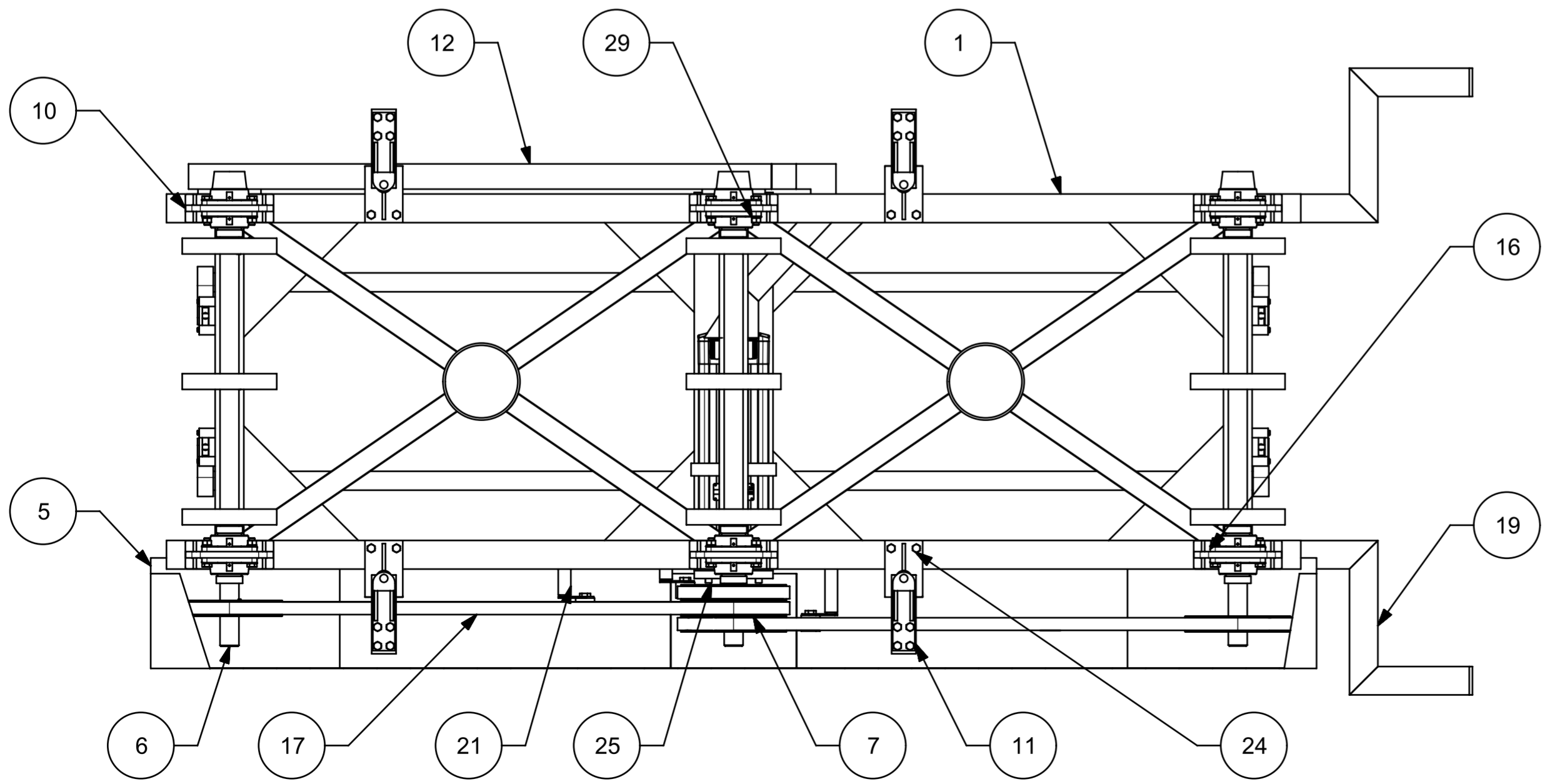
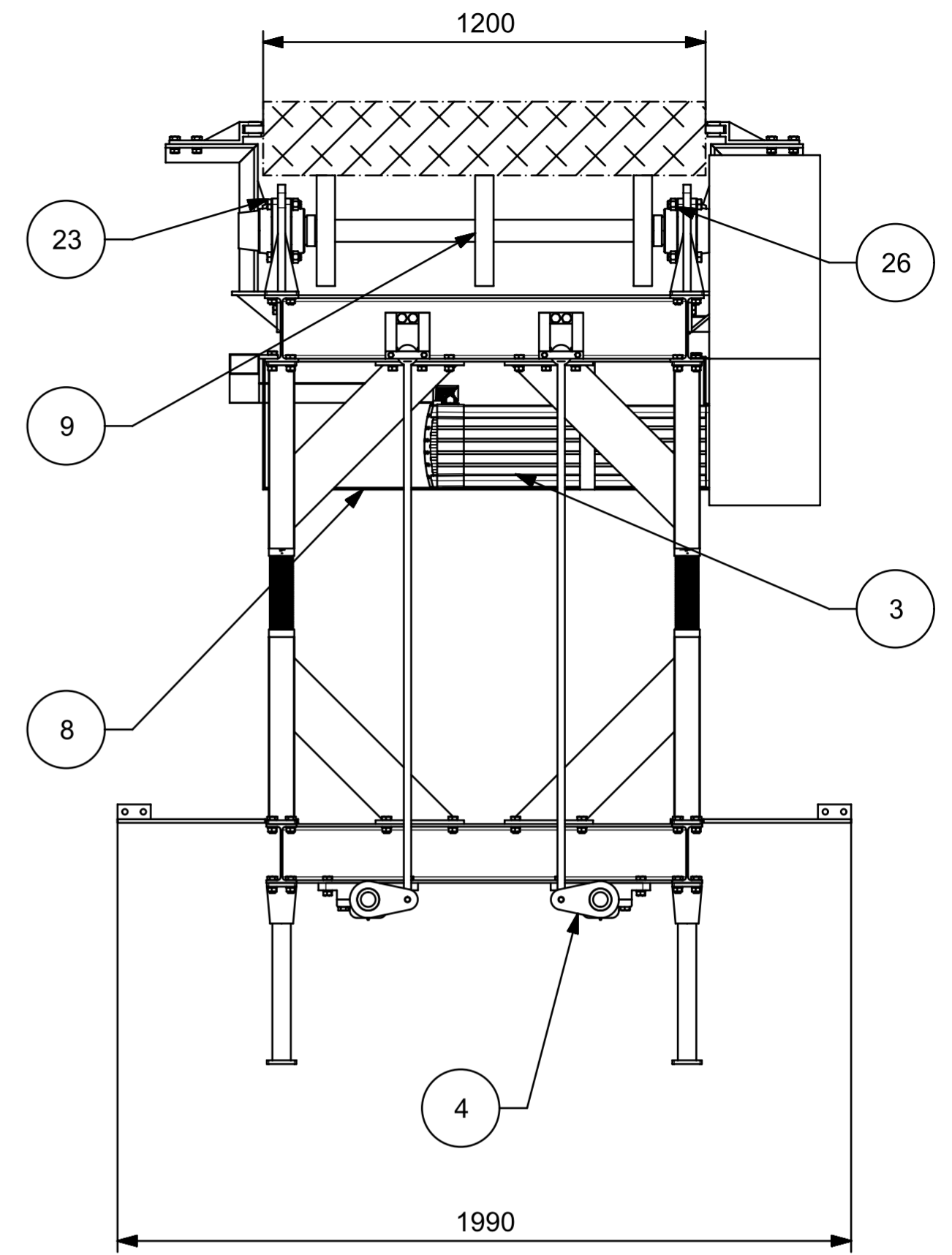
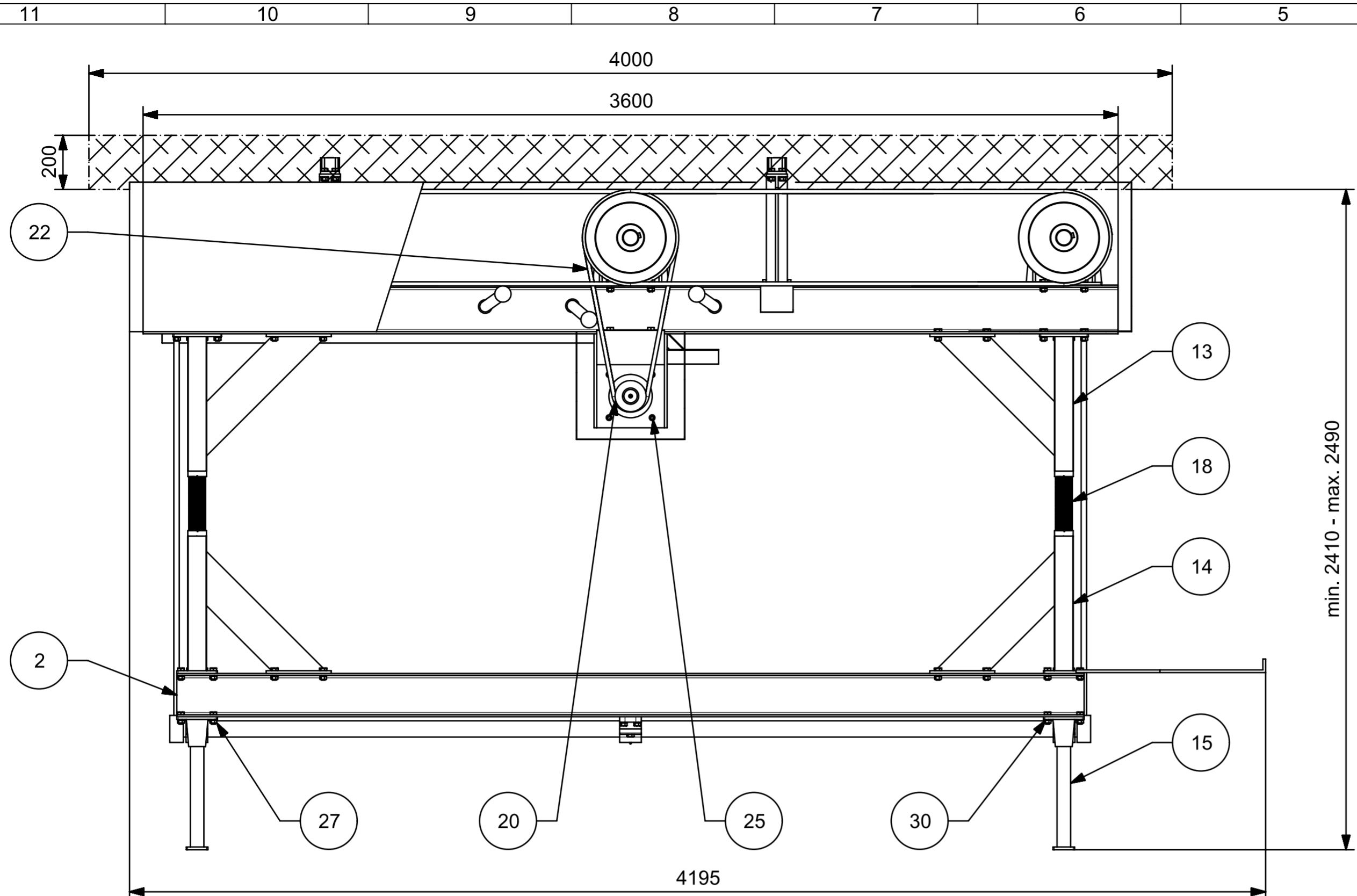
Specifikace požadavků na REFLEKTOVANÉ vlastnosti TS - k PROVOZNÍ etapě životního cyklu TS		SWOT pro výchozí stav				SWOT pro zlepšený stav		
Třída/podtřída vlastností / • Vlastnost	Hodnota indikátoru	Váha	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení
/ - indikátor vlastnosti								
1. Pož. k (hlav. i podp.) transformačním funkcím a účinkům – k Operátoru TS, Operandu i Procesu:		(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
1.1 OPERÁTOR TS - podavač:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vytvořit posuvovou plochu pro bramu:	---	4	***	3	0,75	****	4	1
- max. nosnost	max 3000 kg							
- velikost plochy	3200 mm x 1200 mm							
- výška podavače	2380 mm							
- zajištění bramy proti pohybu v nesprávném směru	směr kolmý na posuv							
• Umožnit stlačení podavače:	---							
- stlačení podavače od zatížení bramy	37 mm							
- stlačení podavače od kovadel	67 mm							
- stlačení podavače rovnoměrně:	soustava torzních tyčí							
• Umožnit krok podání:	---							
- řízení velikosti kroku podání	90 - 110 mm							
- zrychlení frekvence podání	ovladač motoru							
- snímání velikosti kroku	snímač polohy							
• Umožnit změnu výšky jednotlivých nožiček:	0 - 50 mm							
• Možnost připojit spodní rám ke kovadlům lisu:	spojovací tyč							
• Umožnit napínání řemenu	napínací kladky							



1.2 OPERAND - brama:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Velikost bramy:	---	3	***	3	0,56	***	3	0,56
- max. hmotnost	2800 kg							
- max. tloušťka	200 mm							
- rozměry bramy	4000x1200x200							
- teplota	20 - 80 °C							
- tvar	<i>plochý</i>							
- povrch	okuje							
1.3 PROCES - posouvání:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Umožnit posunutí bramy:	---	4	****	4	1	****	4	1
- posouvání v jednom směru	motor							
- posouvat po 100 mm krocích	řízení motoru							
2. Požadavky k provozuschopnosti TS (jen v provozní etapě LC):		(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
2.1 Provoz v požadovaném MÍSTĚ (vč. příp. připevnění):	---	---	---	---	---	---	---	---
• Provozní prostředí	náročné	3	****	4	0,75	****	4	0,75
• Povrch podlahy	beton							
• přístupnost jeřábu	zaručená							
2.2 Provoz v požadovaném ČASOVÉM rozmezí:	---	---	---	---	---	---	---	---
• Životnost	10+ let	3	***	3	0,56	****	4	0,75
• Frekvence použití	velmi vysoká							
2.3 Pomocné procesy SERVISU OPERÁTORŮ při provozu	---	---	---	---	---	---	---	---
• Údržba	minimální	4	****	4	1	****	4	1
• Provozní náklady	minimální							
• Smontovatelnost/demontovatelnost	zaručená							

Specifikace požadavků na REFLEKTOVANÉ vlastnosti TS - ke VŠEM etapám životního cyklu TS		SWOT pro výchozí stav				SWOT pro zlepšený stav		
Třída/podtřída vlastností / • Vlastnost	Hodnota indikátoru	Váha	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení
/ - indikátor vlastností								
3. Pož. k člověku a ostatním živým bytostem - bezpečnosti, příjemnosti, zdraví:		(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
(3.0) <i>Hodnotové vlastnosti</i>	---	---	---	---	---	---	---	---
- kulturnost pobytu bramy po podavači	<i>uspokojivá</i>	2	***	3	0,375	***	3	0,375
3.1 Zdraví, ergonomie, hygieničnost	---		---	---	---	---	---	---
- bezpečnost proti převrácení	<i>vysoká</i>	4	***	3	0,75	***	4	1
- ochrana proti nežádoucímu pohybu bramy	<i>maximální</i>							
- nastavování velikosti kroku	<i>jednoduché</i>							
- krytí motoru	<i>zaručené</i>							
- přístupnost k bramě	<i>omezená</i>							
- umístění ovládacích prvků	<i>snadno přístupné</i>							
3.2 Příjemnost	---	---	---	---	---	---	---	---
- tvarový design	<i>uspokojivý</i>	3	**	2	0,375	****	3	0,56
- barevný design	<i>minimální</i>							
- hlučnost	<i>minimální</i>							
- vůně	<i>neutrální</i>							
4. Požadavky k ostatním technickým systémům/prostředkům ve všech etapách LC! s výj. provozní etapy (viz 2.1):		(0 - 4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
4.1 Technické prostředky a Tg k dispozici	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vývoj a výroba	standardní	1	****	4	0,25	****	4	0,25
• Distribuce (pozemní a námořní), likvidace	standardní							

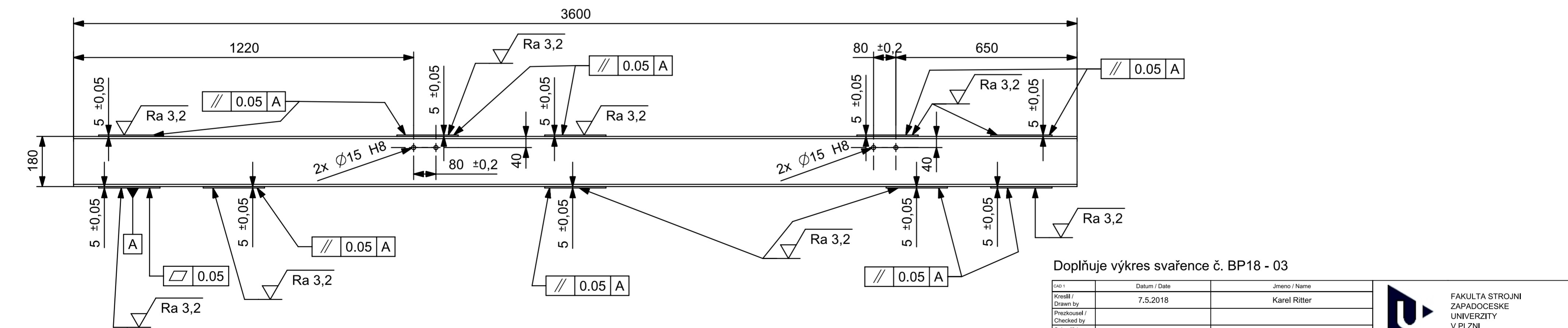
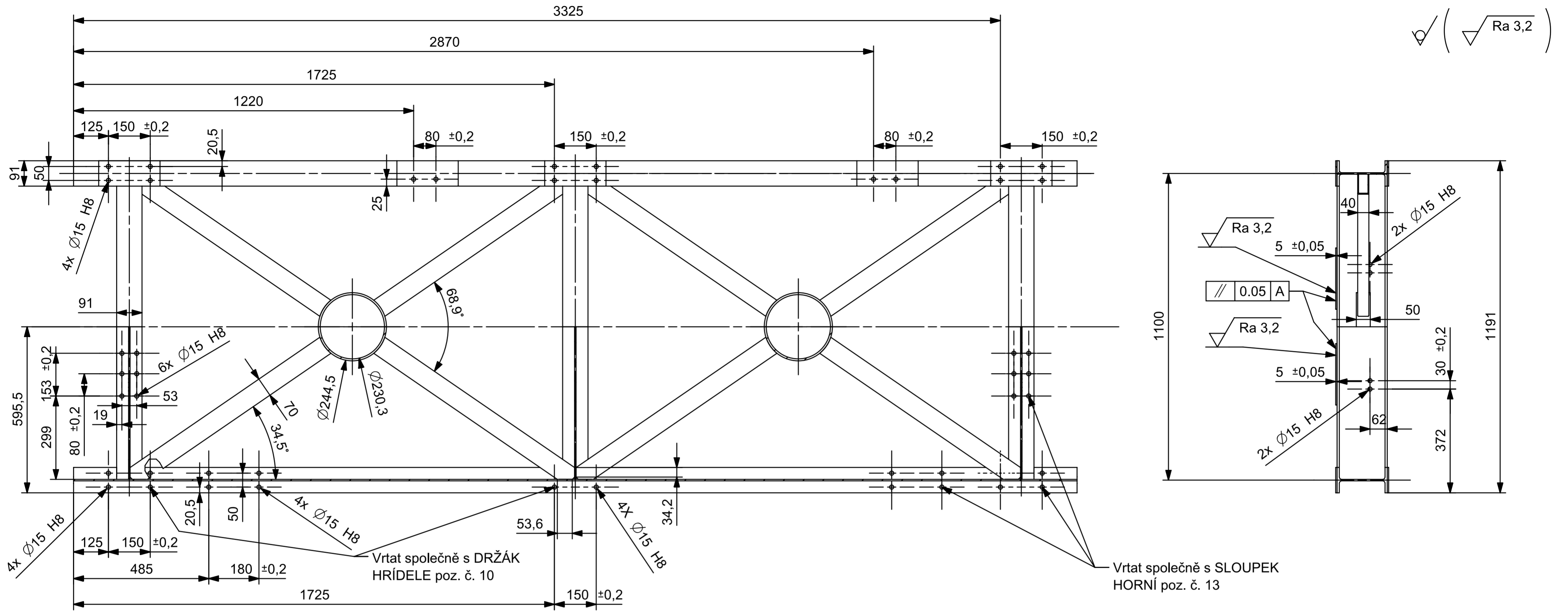
4.2 Technické prostředky a Tg vyvolané	---	---	---	---	---	---	---	---
• Potřebnost	maximální	4	***	4	1	***	4	1
5. Požadavky k akt. & reakt. mater. & ekolog. okolnímu přírodnímu systému ve všech etapách LC:		(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
5.1 Vstupní materiály a energie	---	---	---	---	---	---	---	---
• Ekologičnost použitých materiálů a procesů	výhradně	3	****	4	0,75	****	4	0,75
• Potřeba materiálů a energií	minimální							
• Klimatické pásmo	mírné až subtropické							
5.2 Výstupní materiály a energie	---	---	---	---	---	---	---	---
• Ekologičnost výstupních materiálů a energií	výhradně	2	**	2	0,25	***	3	0,375
• Množství odpadových materiálů a energií	minimální							
6. Požadavky k (odborným) informačním systémům ve všech etapách LC:		(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
6.1 Informace a znalosti k dispozici	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vývoj a výroba	standardní	3	****	3	0,56	****	4	0,75
• Distribuce, provoz & údržba, likvidace	standardní							
6.2 Informace a znalosti vyvolané	---	---	---	---	---	---	---	---
• Vývoj a výroba	minimální, nejvýše dílčí školení	2	**	3	0,375	***	4	0,5
• Distribuce, provoz & údržba, likvidace	minimální, nejvýše zaškolení obsluhy							

Specifikace požadavků na DESKRIPTIVNÍ vlastnosti TS - NEZÁVISLE na etapách životního cyklu TS			SWOT pro výchozí stav			SWOT pro zlepšený stav			
Třída/podtřída vlastností / • Vlastnost	Hodnota indikátoru	Váha	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	Hodnota splnění	Hodnocení	Váž. hodnocení	
/ - indikátor vlastnosti									
8. Pož. na behaviorální (obecné) konstrukční vlastnosti:			(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
• Odolnost povrchu proti opotřebení	vysoká	4	**	3	0,75	***	4	0,75	
9. Požadavky na definiční (elementární) konstrukční vlastnosti:			(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
• Ovládací prvky	nákup od externí firmy	2	****	4	0,5	****	4	0,5	
• Spojovací prvky	normalizované								
10. Požadavky na znakové konstrukční vlastnosti (charakteristiky):			(0-4)	(0-****)	(0-4)	(0-1)	(0-****)	(0-4)	(0-1)
• Funkční princip:	Manuálně mech. nebo elektrické ovlád.	3	***	3	0,56	***	4	0,75	
• Typ ovládání a pohonu	Automatické								





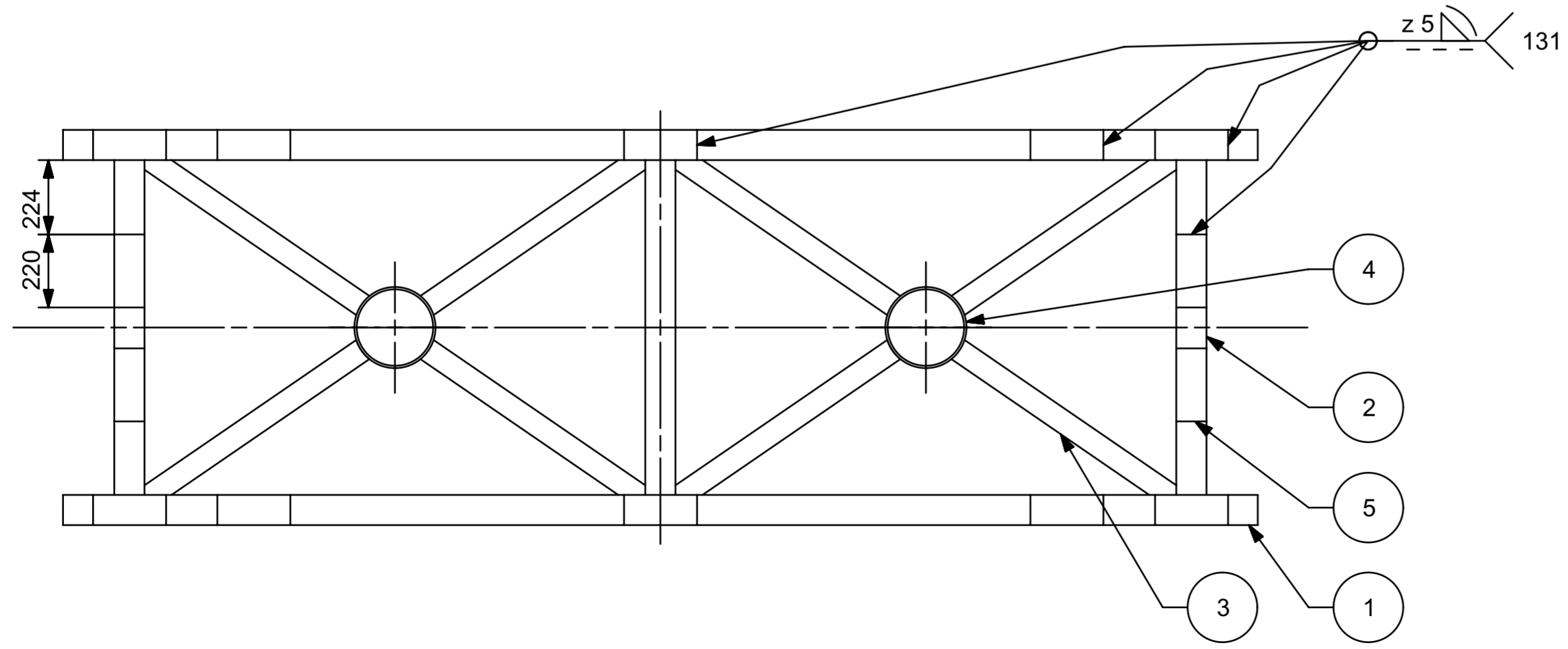
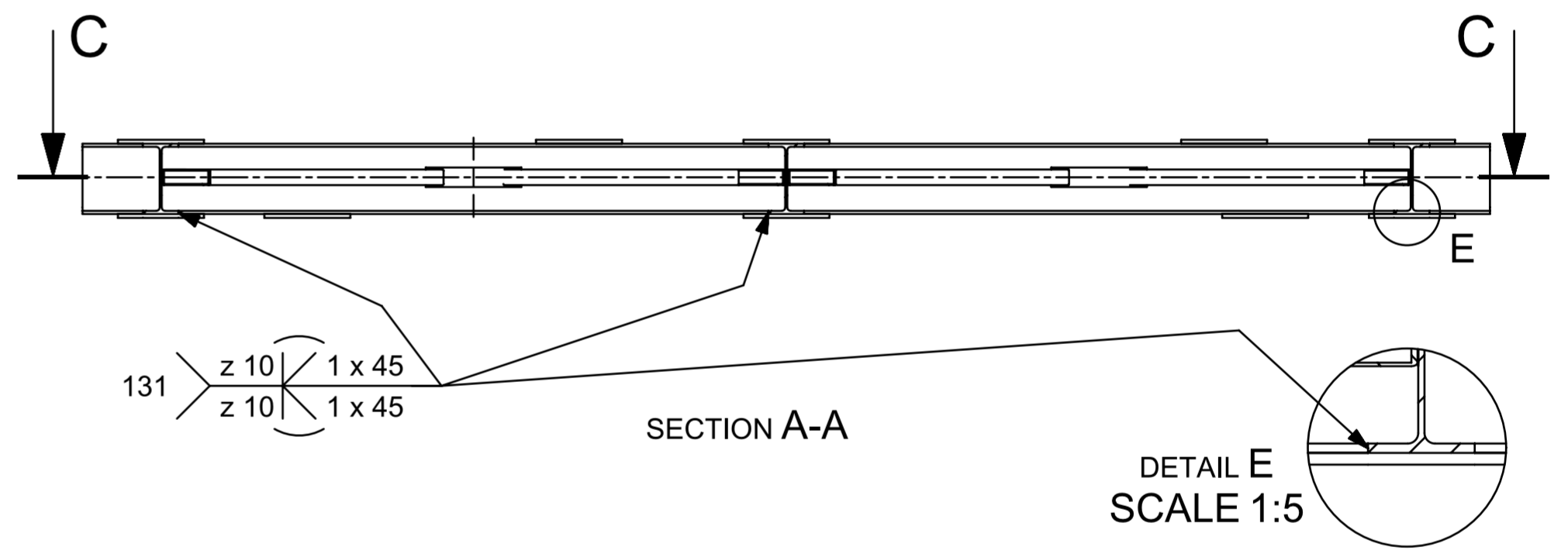
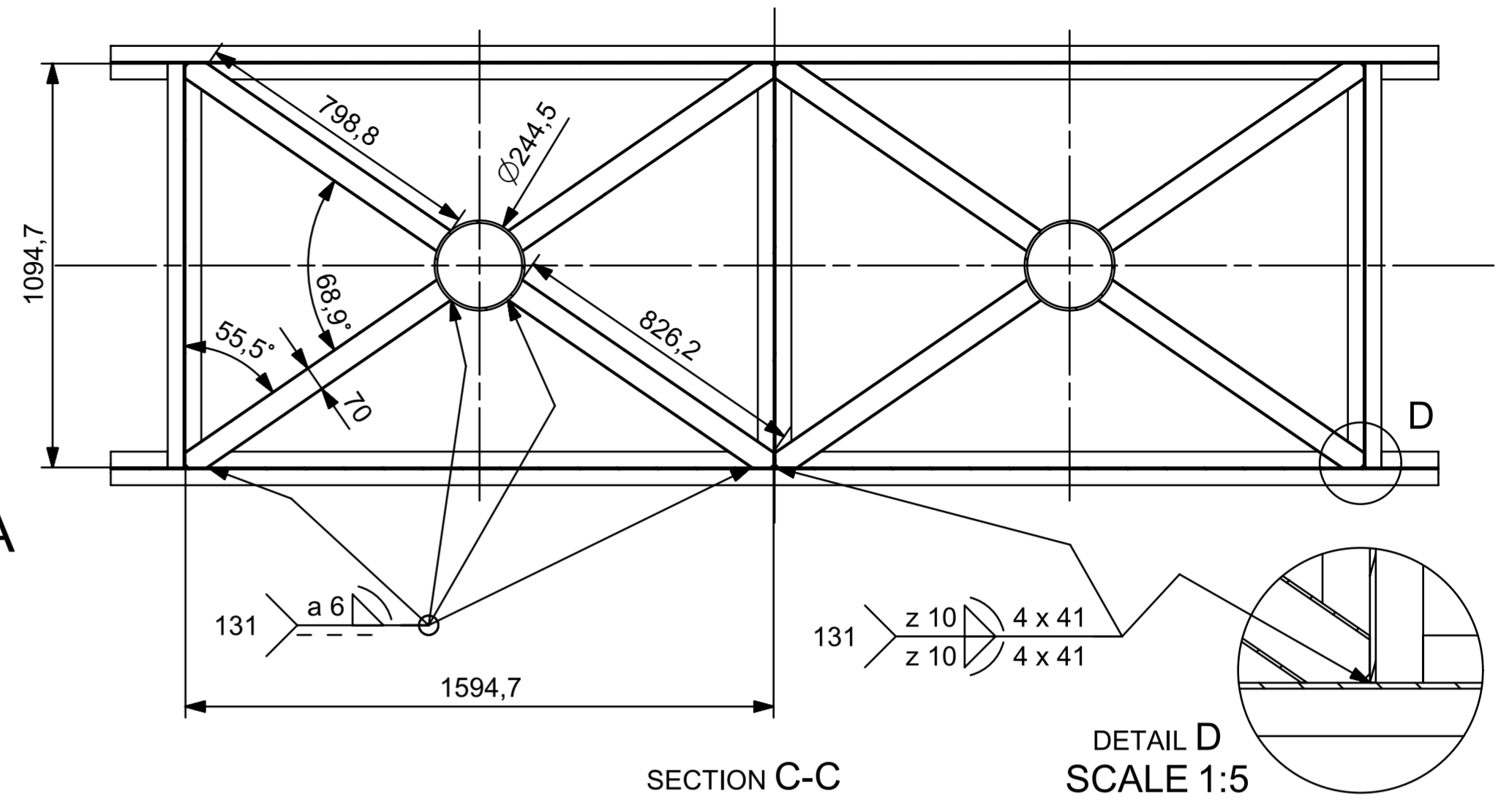
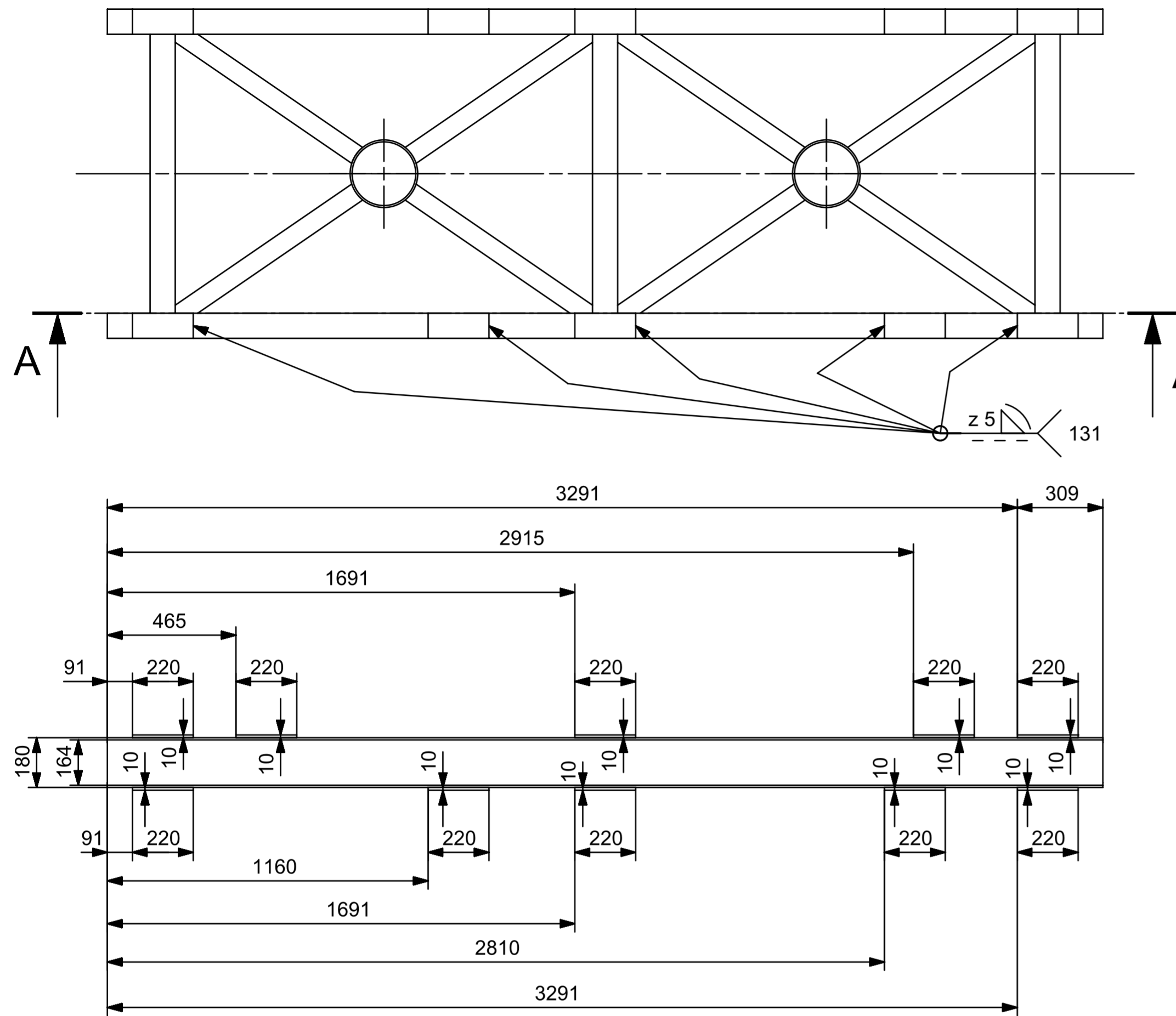
CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI <small>Všechna práva vyhrazena / All rights reserved</small>	
Kreslil / Drawn by		7.5.2018		Karel Ritter			
Prezkoušel / Checked by							
Schválil / Approved by							
Index změny	Popis změny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:		
 Tolerance / Tolerování ISO 8015 ISO 2768mK		Soubor-model / ASM-file		Sestava podavač 01		Projekt / Project:	
ISO 128		Soubor-rychres / DRW-file		Sestava podavač 01		C.sestavy / Assembly No.	
Název / Title				Sestava - podavač		C.hmot.sestavy 1514 kg	
						Meritko / Scale 1:15	
						Císlo vykresu / Drawing No. BP18 - 01	
						List / sheet no. 1 Póčet listu / sheets 2	
						Format A2	

4		3		2		1	
Č. POL.	Název součásti	Označení - polotovár		Norma/výkres	Material	HMOTNOST [kg]	KS
1	PODAVAC_RÁM1	Horní rám - svařenec		BP18 - 03	11 373	279,941	1
2	SPODNI_TRAVERZA	Spodní rám - svařenec		BP18 - 05	11 373	187,465	1
3	SERVOMOTOR	Servomotor		MOOG		147,652	1
4	TORZNI TYC	Torzní soustava - sestava		BP18 - 06	11 373	121,190	1
5	DEKL	Kryt řemene P 2 - 1500x3000		ČSN 42 5301	11 373	37,178	1
6	HRIDEL 01	Hřídel KR 60 - 2000		ČSN 42 5510	11 700	33,386	3
7	OZUBENE KOLO 300	Oz. kolo prům. 300 - svařenec		BP18 - 07	12 060	22,861	5
8	DRŽÁK MOTORU	Deska držící motor - P 5 - 1000x1500		ČSN 42 5301	11 373	22,589	1
9	VAL. KOLA	Valivá kola - svařenec		BP18 - 08	12 060	16,626	9
10	DRŽÁK HŘÍDELE	Deska hřídele - svařenec		BP18 - 09	11 373	13,424	6
11	VEDENI DESKY	Vodící soustava - sestava		BP18 - 10	11 373	12,554	4
12	VEDENI_KABELU	Kryt kabelu P 2 - 1500x3000		ČSN 42 5301	11 373	11,999	1
13	SLOUPEK_HORNI	Horní sloupek - svařenec		BP18 - 11	11 373	7,675	4
14	SLOUPEK_STŘEDNÍ	Prostřední sloupek - svařenec		BP18 - 12	11 373	7,487	4
15	SPODNÍ SLOUPEK	Spodní sloupek - svařenec		BP18 - 13	11 373	5,590	4
16	FY_60_WF	Ložisko		SKF		5,000	12
17	REMEN	Řemen		Haberkorn		3,592	2
18	PRUZINA	Pružina 63x305		ČSN 02 6030	14 260	3,013	4
19	UCHYT K LISU	Úchyt k lisu P 10 - 1000x1500		ČSN 42 5301	11 373	2,933	2
20	OZUBENE KOLO 100	Oz. kolo prům. 95		ČSN 42 5510	12 060	2,397	1
21	NAPINACI_KLADKA	Napínací kladka		TYMA		2,136	3
22	REMEN KRATKY	Řemen krátký		Haberkorn		1,600	1
23	SROUB_LIC18	Šroub líc. M18		ČSN 02 1111	11 500	0,215	24
24	SROUB_LIC15	Šroub líc. M14		ČSN 02 1111	11 500	0,084	219
25	SROUB_MOTORU	Šroub M12		ČSN 02 1111	11 500	0,059	7
26	MATKA_18	Matka M18		ČSN EN ISO 4032	11 500	0,052	24
27	MATKA	Matka M14		ČSN EN ISO 4032	11 500	0,026	212
28	MATKA_MOTORU	Matka M12		ČSN EN ISO 4032	11 500	0,014	2
29	POJ_PODLOZKA_18	Poj. podložka prům. 18		ČSN 02 1740	14 260	0,011	24
30	POJ_PODLOZKA	Poj. podložka prům. 14		ČSN 02 1740	14 260	0,007	214
CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI <small>Vsechna práva vyhrazena / All rights reserved</small>	
Kreslil / Drawn by		7.5.2018		Karel Ritter			
Prezkoušel / Checked by							
Schválil / Approved by							
Index změny	Popis změny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:		
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project:		Meritko / Scale		
	Sestava podavač 01		C.sestavy / Assembly No.				
	Soubor-vykres / DRW-file		C.hmot.sestavy 1514 kg				
Sestava podavač 01				Rev.	Císlo vykresu / Drawing No.		Format
Kusovník - podavač					BP18 - 04		A4
				List / sheet no. 2	Pocet listu / sheets 2		
4		3		2		1	



Doplňuje výkres svařence č. BP18 - 03

CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name		 FAKULTA STROJNI ZAPADOČESKE UNIVERZITY V PLZNI <small>Všechna práva vyhrazena / All rights reserved</small>
Kreslil / Drawn by	7.5.2018		Karel Ritter		
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:
 Tolerance / Tolerování ISO 8015 ISO 2768mk	Soubor-model / ASM-file		Výkres - Obrobek		Projekt / Project:
	Soubor-vykres / DRW-file		Výkres - Obrobek		C.sestavy / Assembly No.
Nazev / Title Obrobek - rám			Rev. Císlo vykresu / Drawing No. BP18 - 02		Meritko / Scale 1:10
List / sheet no. 1					Pocet listu / sheets 1



Doplňuje výkres obrobku č. BP18 - 02
Žihat na odstranění prutů

Č. POL.	Název součásti	Označení - polotovár	Norma/výkres	Material	Hmotnost [kg]	KS
5	SVARECI_DESTICKA	Destička P 10 - 1500x1000	ČSN 42 5310	11 373	0,783	24
4	SPOJ_STUBKA_VETROVANI	Spojení větrování TR Ø 244,5 x 7,1	ČSN 42 5715	11 373	2,072	2
3	HORNI_VETROVANI	Horní vzpěry TR 4HR 70 x 40 x 5	ČSN 42 5720	11 373	7,941	8
2	PODAVAČ_RÁM_SPOJE	Spojovací traverza IPE 180	ČSN 42 5553	11 373	20,523	3
1	PODAVAC_RÁM	Hlavní traverza IPE 180	ČSN 42 5553	11 373	65,954	2

CAD 1		Datum / Date		Jmeno / Name		<p>FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</p> <p><small>Všechna práva vyhrazena / All rights reserved</small></p>
Kreslil / Drawn by		7.5.2018		Karel Ritter		
Prezkoušel / Checked by						
Schválil / Approved by						
Index změny	Popis změny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:	
<p>ISO 128</p>	Tolerance / Tolerování	Soubor-model / ASM-file			Projekt / Project:	Meritko / Scale
	ISO 8015 ISO 2768mK	Vykres_svarenc			C.sestavy / Assembly No.	
		Soubor-vykres / DRW-file			C.hmot.sestavy	280 kg
Vykres_svarenc					Název / Title	Format
					Svařenec - rám	A2
					Rev.	Císlo vykresu / Drawing No.
					1	BP18 - 03
					List / sheet no.	Počet listů / sheets
					1	1