

**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh konstrukce konzolového vzorkovače
na obilí**

Design of a console grain sampler

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Jan ROMBALD

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Eliška Cézová, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Rombald** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **482591**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojínského inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh konstrukce konzolového vzorkovače na obilí

Název bakalářské práce anglicky:

Design of a console grain sampler

Pokyny pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši vzorkovačů obilí
2. Proveďte koncepční návrh varianty řešení
3. Proveďte návrhové a kontrolní výpočty vybraných uzlů
4. Vypracujte 2D koncepční výkres řešení s vybranými detaily včetně 3D modelu řešení

Seznam doporučené literatury:

Dražan, F., Kupka, L.: Transportní zařízení. SNTL Praha, 1966
Cvekl, Z., Dražan, F.: Teoretické základy transportních zařízení. SNTL Praha, 1976
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení I, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2001
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení II, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2005
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení III, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2005
Polák, J. a kol.: Dopravní a manipulační zařízení IV, VŠ skriptum, VŠB Ostrava 2004
Cvekl, Z.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, VŠ skriptum, ediční středisko ČVUT Praha 1984
MICHALEC, Jiří a kol. Pružnost a pevnost I. Praha: ČVUT, 2010
ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací. Vyd. 3. V Praze: ČVUT, 2008.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Eliška Cézová, Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **12.04.2021** Termín odevzdání bakalářské práce: **04.06.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh konstrukce konzolového vzorkovače na obilí “ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Elišky Cézové, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze

Jan Rombald

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval vedoucí mojí bakalářské práce Ing. Elišce Cézové, Ph.D. za odborný dohled, konzultace, vedení a čas, který mi věnovala a díky kterým mi bylo výrazně usnadněno vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu ve studiu.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Jan Rombald
Název BP:	Návrh konstrukce konzolového vzorkovače na obilí
Anglický název:	Design of a console grain sampler
Rok:	2021
Studijní program:	B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran 44
	Počet obrázků 43
	Počet tabulek 5
	Počet příloh 9
Klíčová slova:	strojní vzorkovač, obilí, konzola, sonda, koncepční návrh, konstrukce, výpočty, model
Keywords:	machine sampler, grain, console, probe, conceptual design, construction, calculations, model
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce konzolového vzorkovače na obilí. Dle řešerše je navržen koncepční návrh, který je poté rozpracován do konkrétního konstrukčního řešení. Toto konstrukční řešení se opírá o návrhové a kontrolní výpočty. Dále je zhotoven 3D model, který slouží pro zpracování výkresové dokumentace a vizualizace.
Annotation:	The bachelor's thesis deals with the design of a console grain sampler. According to the theoretical part, a conceptual design is worked out. This design is then developed into a specific solution, which is based on calculations. Furthermore, a 3D model is attached and is used for processing drawing documentation and visualisation.

OBSAH

1. ÚVOD	1
1.1. Cíl práce.....	1
2. TEORETICKÁ ČÁST.....	2
2.1. Ruční vzorkovače	2
2.2. Strojní vzorkovače.....	3
2.2.1. Odběrové sondy pro strojní vzorkovače	3
2.2.1.1. Jednoduché sání.....	3
2.2.1.2. Zdvojené sání.....	4
2.2.1.3. Spirálový odběr.....	4
2.2.2. Typy strojních vzorkovačů	5
2.2.2.1. Sloupový strojní vzorkovač	5
2.2.2.2. Mostový strojní vzorkovač.....	6
2.2.2.3. Portálový strojní vzorkovač	7
2.2.3. Specifické prvky vzorkovače	7
2.2.3.1. Pneumatický dopravník.....	8
2.2.3.2. Transportní hadice	8
2.2.3.3. Pohon pohyblivých částí.....	8
2.2.4. Schéma vzorkovací stanice	9
2.2.5. Rozměry návěšů.....	9
2.2.6. Postup vzorkování.....	10
3. PRAKTICKÁ ČÁST	11
3.1. Koncepční návrh.....	11
3.1.1. První koncepční řešení.....	11
3.1.1.1. Vozík.....	12
3.1.1.2. Rameno	12
3.1.1.3. Sloup	12
3.1.1.4. Konzoly.....	13
3.1.2. Druhé koncepční řešení	13
3.2. Návrh ramene vzorkovače	14
3.2.1. Návrhové výpočty jáklů a uchycujících lan.....	14
3.2.2. Uchycení lan k rameni a sloupu.....	19
3.2.2.1. Návrhový výpočet čepu	20
3.2.3. Návrhové výpočty a volba motoru, řemene a řemenic pro pohyb vozíku.....	21
3.2.4. Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací ramene	23
3.2.5. 3D model ramene.....	24
3.3. Návrh vozíku	25
3.3.1. Nosná konstrukce vozíku	25
3.3.2. Konstrukce rolen	26
3.3.3. Upínací desky a kryt	26
3.3.4. Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací vozíku	26
3.3.5. 3D model vozíku.....	27
3.4. Návrh sloupu.....	28

3.4.1.	Návrh svaru	28
3.4.2.	Volba otočného pohonu	29
3.4.3.	Volba elektromotoru pro otočný pohon.....	31
3.4.4.	Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací sloupu	32
3.4.5.	3D model sloupu	32
3.5.	Návrh konzoly	33
3.5.1.	Návrh koutového svaru	33
3.5.2.	Návrh způsobu kotvení konzoly do zdi	34
3.5.3.	Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací konzoly	35
3.5.4.	3D model konzoly.....	35
3.6.	Oplechování a 3D model vzorkovače.....	36
4.	Závěr	37
	Seznam zkratk a symbolů	38
	Seznam použité literatury	40
	Seznam obrázků	43
	Seznam tabulek	44
	Seznam příloh.....	44

1. ÚVOD

Vzorkování obilovin je proces předcházející laboratorním, nebo mechanickým rozborům. Tyto rozborby by nemohly být směrodatné, pokud by byl odběr vzorku proveden nevhodně. Vzhledem k zrnité povaze obilovin je potřeba zajistit odběr tak, aby odebraná část materiálu odpovídala průměrnému složení dodávky. Musí se tedy odebírat větší objem zrn z více různých míst přepravovaného objemu zrna. Navíc musí být zajištěna neovlivnitelnost procesu odebíracím zařízením. To znamená, že dopravovaná zrna nesmí být nijak poškozena, či znečištěna např. olejem ze zařízení.

Jako příklad stanovovaných kvalitativních parametrů obilovin jsou uváděny některé z přejímání při intervenčním nákupu obilovin¹, které jsou určovány směrnicemi Evropského parlamentu. Jsou jimi např. zrnové příměsi (jiná zrna, zrna poškozená škůdci), nečistoty, cizí látky, plevele, obsah bílkovin, obsah mykotoxinů a těžkých kovů (olovo, kadmium), objemová hmotnost, vlhkost. [1]

K samotnému vzorkování se využívají zařízení ruční a strojní. Ruční se používají u menších objemů (např. u pytlů), nebo v případě méně častého využívání. Strojní zařízení se využijí s výhodou tam, kde je potřeba otestovat větší objemy. Vzorkovače strojní se najdou celkově u aplikací, kde se materiál převáží (například do výkupů obilí, mlýnů atd.) a je tzv. volně ložený. Testuje se tedy z koreb vozidel, přívěsů, nebo železničních vagonů.

1.1. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je návrh konstrukce konzolového strojního vzorkovacího zařízení pro odběr obilovin z nákladních vozidel. Nejprve bude zvolen koncepční návrh, podle kterého se vypracuje konkrétní konstrukční řešení. Konstrukční práce bude zahrnovat pevnostní výpočty a kontroly vybraných uzlů. Součástí bude 3D model zařízení a vybrané výkresy.

¹ Intervenční nákup obilovin je zajišťován státem. Jedná se o odkup v případě, kdy vzniknou na volném trhu přebytky. Všichni obchodníci tak mohou uplatnit své zboží.

2. TEORETICKÁ ČÁST

Vzorkovače obilí plní obecně úlohu odběru vzorku obilovin. Můžou se dělit do více skupin, a to dle způsobu odběru na ruční a strojní. Dále se mohou strojní vzorkovače dělit dle konstrukce a dle principu fungování odebírací sondy. Jednotlivá řešení mají své výhody a nevýhody, liší se výrazně cenou, ale i efektivitou práce. Je proto velice důležité zvolit optimální řešení pro dané využití. Základními zadávacími parametry mohou být cena, četnost odběrů, velikost vzorkovaných objemů, konstrukční řešení, dopravovaný materiál a místo využití. Na základě těchto informací se může zvolit vyhovující vzorkovací zařízení.

2.1. Ruční vzorkovače

Nejjednodušším řešením je odebírání vzorků ručně, pomocí vzorkovacích tyčí. Tato varianta je nejlevnější a je vhodná pro odebírání z menších objemů (např. pytlů). Výhodou je mobilita zařízení, materiál se tedy nemusí dopravovat ke vzorkovači. V případě zmíněných pytlů se tato skutečnost jeví jako velká výhoda. Další výhodné využití může být např. ve skladech obilí, kde se manipuluje se strojním zařízením velice obtížně. Ruční odběr může být uskutečňován i na korbách vozidel. Zde je ale s velkou výhodou využíváno právě strojní řešení.

Vzorkovací tyče (viz obr. 1) se vyrábí zpravidla z nerezových ocelí a slitin hliníku. V případě nerezové oceli vykazuje tyč vysokou pevnost, ale také velkou hmotnost. Při použití delší tyče tak může být manipulace náročná. V tomto případě se mohou využít slitiny hliníku. [2]



Obr. 1.: Vzorkovací tyč na obilí a zrniny firmy Siagra [3]

Odebírání je zde uskutečňováno díky dvouplášťovému mechanismu, kdy se po zasunutí do obilí otevřou otvory, skrze které se realizuje odběr. Poté se tyto otvory uzavřou a vzorkovač je i se zrnem uvnitř vyjmut. Postup je patrný z obr. 2. Konstrukce může být realizována i bez uzavírání otvorů. V tom případě ale dochází k neoptimálnímu odběru, protože by ve vzorku dominoval počet zrn z vyšších vrstev uskladněného materiálu. [3]



Obr. 2.: Princip ručního odebrání vzorku [3]

2.2. Strojní vzorkovače

Jak již bylo zmíněno dříve, strojní zařízení se hojně využívají především při převozu materiálu. Díky nim je možné provést odběr rychleji, snadněji, ale také bezpečněji pro obsluhu. Cena stroje je ovšem mnohonásobně vyšší než u vzorkovačů ručních.

2.2.1. Odběrové sondy pro strojní vzorkovače

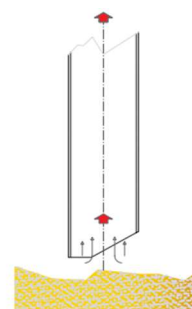
Sondy pro strojní vzorkovače se principiálně liší od těch ručních. V tomto případě je potřeba odebrat vzorek a poté ho i automaticky dopravit do laboratoře. To by se u předchozího provedení dělalo obtížně a řešení by nebylo příliš praktické. V zásadě se využívá principu postupného zasouvání sondy do materiálu a při tom kontinuálního odběru vzorku. Samotný odběr je realizován nejčastěji následujícími principy.

2.2.1.1. Jednoduché sání

Sonda je tvořena tenkostěnnou trubkou vyrobenou nejčastěji z nerezové oceli, která je opatřena kuželovým koncem pro lepší vniknutí do materiálu. Konec sondy může mít také tvar přechodové plochy ze čtverce na kruh. Otvory pro vstup materiálu jsou realizovány po bocích sondy na válcové ploše. Konstrukce je patrná z obr. 3 a 4. O podtlak, který je potřebný pro dopravu zrn, se stará sací turbína. [4]



Obr. 3.: Konstrukce sondy s jednoduchým sáním [5]



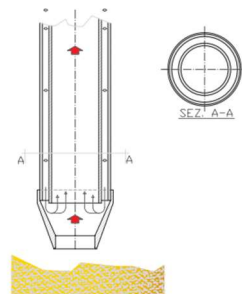
Obr. 4.: Princip jednoduchého sání [4]

2.2.1.2. Zdvojené sání

Princip zdvojeného sání vychází z principu sání jednoduchého. Sonda se skládá ze soustředné vnější a vnitřní trubky. Konec sondy je opět tvarově upraven pro lepší vniknutí do materiálu. Vnější trubkou je vháněn vzduch, zatímco trubkou vnitřní jsou odsávány obiloviny. [5] Jako analogii pro pochopení tohoto principu je možno uvést způsob odvodu třísek v případě ejektorového vrtání. Místo řezných kapalin, kterými jsou odváděny třísky zde ovšem poslouží vzduch a místo třísek zrna. Konstrukce je patrná z obr. 5 a 6.



Obr. 5.: Konstrukce sondy se zdvojeným sáním [5]



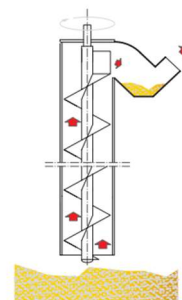
Obr. 6.: Princip zdvojeného sání [4]

2.2.1.3. Spirálový odběr

Spirálový odběr je realizován šnekovým dopravníkem. Vzorek je dopravován vertikálně do prostoru, odkud se dále dopravuje potrubím pomocí sacího zařízení. Toto řešení vyžaduje nutnost použití elektropohonu, který pohání šnek. Konstrukce je patrná z obr. 7 a 8.



Obr. 7.: Konstrukce sondy se spirálovým odběrem [5]



Obr. 8.: Princip spirálového odběru [4]

2.2.2. Typy strojních vzorkovačů

Konstrukčních řešení strojních vzorkovačů je veliké množství. Každá společnost nabízí jiné a snaží se tak odlišovat od konkurence. V zásadě se ale mohou rozdělit vzorkovače na konstrukce sloupové, mostové a portálové.

2.2.2.1. Sloupový strojní vzorkovač

Konstrukčně nejjednodušším řešením je sloupový strojní vzorkovač. Celé zařízení nese jedna stojina kotvená k betonovému podkladu. K této stojině je pak přiděláno rameno nesoucí samotnou vzorkovací sondu. Ramena umožňují otočný a naklápěcí pohyb. Otočný pohyb může být realizován také otáčením samotné stojiny. Některé konstrukce pak mají rameno teleskopické, tedy délka ramene se může měnit dle potřeby. Sonda se nachází na samotném konci vzorkovacího zařízení, nebo může být umístěna na pojezděm vozíku, který se pohybuje po rameni.

Tato konstrukční varianta disponuje malým požadavkem na místo, rychlou instalací, menším množstvím komponent a cenovou dostupností.

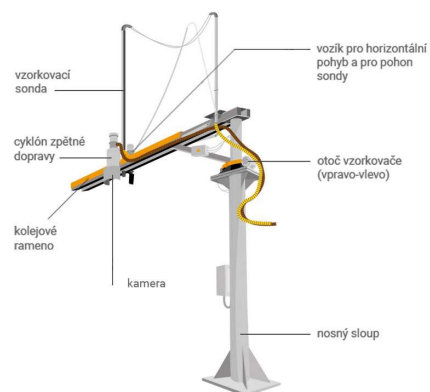
Nevýhodou je velmi omezený pracovní rozsah daný rozměry ramene. Tento pracovní rozsah má navíc tvar kružnice, což u nákladních automobilů není optimální. Při vzorkování z vozidla s více přívěsy je většinou vyžadován pojezd vozidla. Jedná se tak o řešení určené pro menší objemy vzorkování v porovnání s dalšími konstrukcemi.

[6]

Na obr. 9 a 10 jsou patrné příklady provedení sloupového strojního vzorkovače.



Obr. 9.: Sloupový vzorkovač firmy Stork [6]



Obr. 10.: Sloupový vzorkovač firmy Biopro [7]

2.2.2.2. Mostový strojný vzorkovač

Zařízení je nesenou většinou dvěma (ale může i více) stojinami kotvenými k betonovému podkladu. Mezi těmito stojinami je uložen nosník, po kterém se pohybuje vozík s ramenem. Sonda je umístěna na konci ramene v případě teleskopického naklápěcího ramene. V případě pevného ramene může být umístěn na rameni další vozík nesoucí sondu, jako tomu bylo u sloupového vzorkovače.

Tato konstrukční varianta disponuje především větší obslužnou plochou. Není tak problém obsloužit vozidla s více přívěsy. Obslužná plocha má přívětivější tvar vzhledem k tvaru koreb vozidel. Při vzorkování z bulk kontejnerů (viz obr. 11) se sonda snadno zavádí do násypných otvorů v horní části. [8]



Obr. 11.: Vzorkování z bulk kontejneru [8]

Nevýhodou zařízení je větší množství komponent a znatelně větší hmotnost. Jsou také větší požadavky na zastavěnou plochu. Složitější konstrukce se nepochybně projeví i v ceně zařízení. Na obr. 12 je patrný mostový vzorkovač s hydraulickým ramenem. [8]



Obr. 12.: Mostový vzorkovač firmy Stork [9]

2.2.2.3. Portálový strojní vzorkovač

Nejsložitějším provedením ve strojních vzorkovačích je portálové. Zařízení je neseno několika sloupy. Na nich jsou uloženy nosníky s kolejnicemi pro další nosník, na kterém se pohybuje vozík se sondou. Konstrukcí tak může připomínat např. portálovou frézku, kde je místo frézy umístěna sonda. Provedení je patrné z obr. 13.

Toto řešení se volí u velice vysoké vytiženosti. S výhodou se využije například u již zmíněných bulk kontejnerů. Velikou předností tohoto řešení je eliminace klopného momentu přenášeného ramenem do stojin. Tím pádem se může dosáhnout větších rozpětí a velikosti vzorkovací plochy.

Nevýhodou je masivní konstrukce a vysoká pořizovací cena. Navíc se nedá využít tzv. dvoutraťové vzorkování. [10]



Obr. 13.: Portálový vzorkovač firmy Stork [10]

2.2.3. Specifické prvky vzorkovače

Vzorkovač je komplexní stroj skládající se z mnoha dílů a zařízení. V předešlých kapitolách jsou rozebrány možnosti konstrukčních řešení a typy odběrových sond. Před samotným návrhem je potřeba si ujasnit, jak budou prováděny některé základní úkony vzorkovače. Těmito úkony jsou pohyby částí mechanismu a doprava zrní do laboratoře. Díky těmto poznatkům je možné přizpůsobit návrh jednotlivých součástí. Dalšími prvky vzorkovače jsou standardní strojní součásti, které jsou dobře známy a budou rozebrány v části praktické.

2.2.3.1. Pneumatický dopravník

Pro pohon sacího zařízení se využívá pneumatického dopravníku určeného pro sypké materiály. Zařízení je poháněno sací turbínou s třífázovým elektromotorem. Při dopravě nedochází ke kontaminaci a ztrátám materiálu. Při správném návrhu nedochází k poškození dopravovaných produktů. Zařízení je umístěno v odběrové laboratoři. [11] Konstrukce zařízení je patrná z obr. 14.



Obr. 14.: Pneumatický systém dopravy firmy Delfin [11]

2.2.3.2. Transportní hadice

Pro transport obilovin je potřeba propojit sondu s pneumatickým dopravníkem. To je realizováno hadicemi určenými pro dopravu sypkých materiálů. Hadice musí vydržet podtlak způsobený sací turbínou. Tomuto účelu vyhovuje např. hadice ULVAC® firmy TUBES International®. Tato tlako-sací hadice se dodává v různých rozměrech a její provedení je patrné z obr. 15. [12]



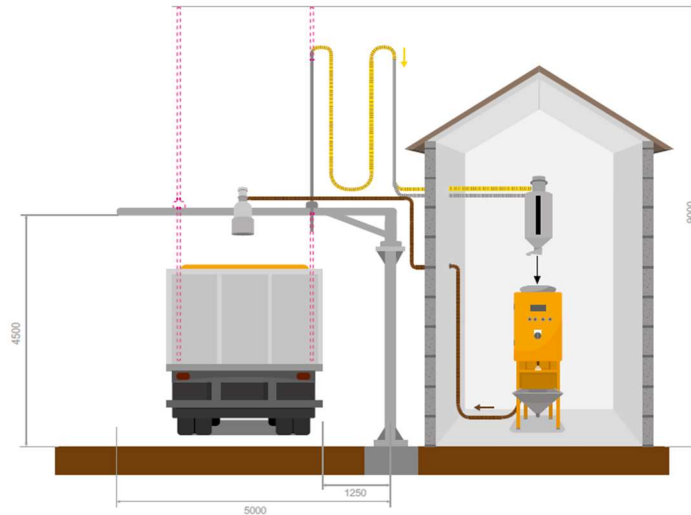
Obr. 15.: Tlako-sací hadice ULVAC® [12]

2.2.3.3. Pohon pohyblivých částí

Vzhledem ke statické povaze zařízení se využívají k pohonu pohyblivých částí elektropohony. Elektropohony poskytují dlouhou životnost, jsou bezúdržbové a neprodukují zplodiny, popř. jiné znečištění. S výhodou zde využijeme jednoduchou reverzaci pohybu, která je pro zařízení nezbytná. Elektropohony jsou navíc uzpůsobeny pro dálkové ovládání, které bude uskutečňováno z místnosti velína zařízení (laboratoře).

2.2.4. Schéma vzorkovací stanice

Na obr. 16 je patrný příklad schématu celé vzorkovací stanice se vzorkovačem a odběrovou laboratoří.



Obr. 16.: Schéma vzorkovací stanice [7]

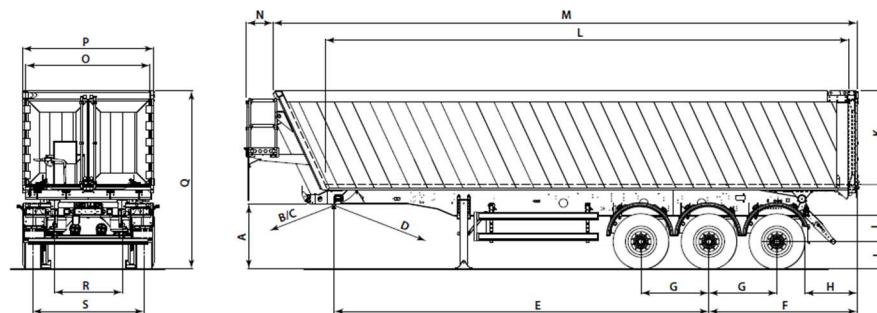
2.2.5. Rozměry návěsů

Rozměry vzorkovače jsou přímo závislé na rozměrech návěsů, ze kterých budou odebírány vzorky. Jako příklad návěsu je uveden třínápravový sklápěcí sedlový návěs MHKA 12/27 VOSG12 V firmy Meiller Kipper. [13] Zvolený návěs má největší rozměry, které společnost nabízí, a které budou pro vzorkovač limitující. Zásadní je hlavně šířka a délka návěsu. Vzhledem k tomu, že bude konstrukce navrhovaného vzorkovače konzolová, není výška tak limitující. Závisí ale na výšce budovy, ke které bude zařízení kotveno. Dle ustanovení § 7 vyhlášky č.209/2018 Sb., o hmotnostech, rozměrech a spojitosti vozidel je maximální přípustná šířka návěsu 2,55 m. [14] Šířka návěsu je tedy menší, ale jako podklad pro návrh vzorkovače dostačující. Důležité rozměry návěsu jsou patrné z tab. 1 a obr. 17.

Tab. 1.: Technické parametry návěsu

Rozměry	Rozměry [mm]	Popis
L	10 050	Délka ložné plochy
P	2 510	Celková šířka
Q	3 422	Celková výška
A	1 215	Minimální výška sedla

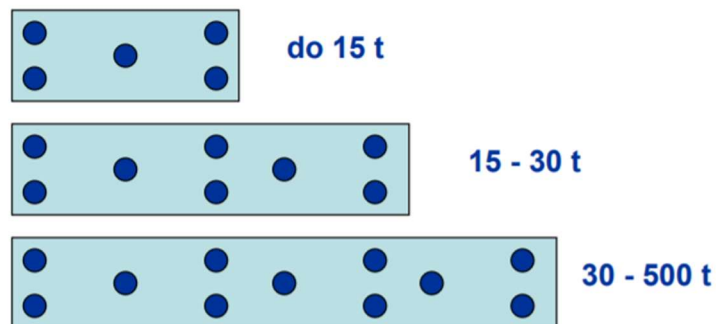
[13]



Obr. 17.: Hlavní rozměry návěsu [13]

2.2.6. Postup vzorkování

Postup vzorkování je normalizovaný proces, který nemůže být prováděn nahodile. Rozmístění vzorkovacích bodů na návěsu je dáno normou ČSN EN 24 333. Toto rozmístění je patrné z obr. 18.



Obr. 18.: Schéma vzorkování [36]

3. PRAKTICKÁ ČÁST

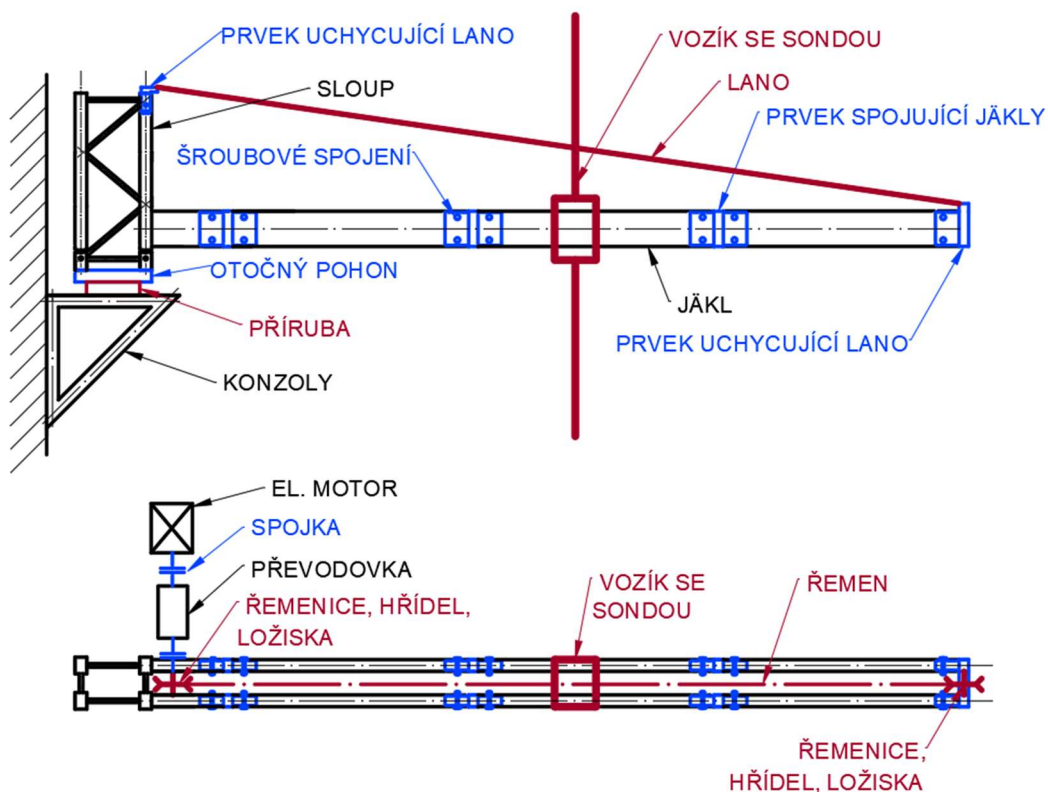
Na základě teoretické části je možné přistoupit k vlastnímu návrhu zařízení. Po rozebrání a pochopení problematiky vzorkovačů jsou k dispozici výchozí parametry a jsou známa využívaná řešení. Je tedy známo, jak je zrno odebíráno z vozidla a jakým způsobem je přepravováno. Jsou známy i rozměry pracovní plochy vzorkovače, které vyplývají z velikosti nákladových prostorů aut.

3.1. Koncepční návrh

V této kapitole je proveden koncepční návrh vzorkovače. Obsahem jsou základní schémata a náčrty². Dále jsou okomentovány jednotlivé části konstrukce. S ohledem na koncepční návrh je proveden dále konstrukční návrh jednotlivých komponent vzorkovače včetně potřebných výpočtů a vytvoření technické dokumentace.

3.1.1. První koncepční řešení

Na obr. 19 je vyobrazeno 1. koncepční schéma vzorkovače.

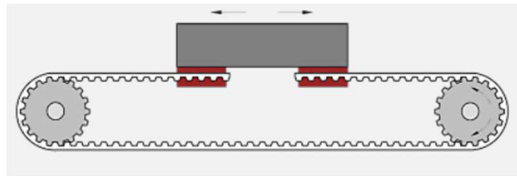


Obr. 19.: 1. Koncepční schéma vzorkovače [Vlastní zdroj]

² V uvedených schématech a náčrtech nejsou dodržena exaktně pravidla technického zobrazování.

3.1.1.1. Vozík

Hlavní úlohou vozíku je nést sondu s příslušnými elektropohony a dalšími komponenty nezbytnými pro chod sondy. Proto musí být vytvořena platforma, kde jsou usazeny tyto prvky. Vozík se dále musí pohybovat po jáklech ramene za pomoci elektropohonu. Tento pohyb je realizován ozubeným řemenem přidělaným pomocí upínacích desek k vozíku. Řemen je poháněn řemenicemi uchycenými do ramene vzorkovače. [15] Princip zajištění pohybu je patrný z obr. 20. Celý vozík je usazen na rolnách, které jsou uzpůsobeny pohybu po jáklech. Sonda a její příslušenství nejsou v této bakalářské práci rozpracovány. Nicméně vozík svojí konstrukcí respektuje připojovací rozměry těchto zařízení.



Obr. 20.: Princip pohonu vozíku [15]

3.1.1.2. Rameno

Rameno sestává ze dvou větví tvořených moduly. Jako moduly jsou použity normalizované profily obdélníkového průřezu, které jsou spojeny spojovacími prvky. Spojovací prvky jsou následně sešroubovány s profily. Díky této konstrukci se dosáhne rozličných délek ramene a variability zařízení. Je také usnadněna montáž díky kratším a lehčím stavebním prvkům. K profilům jsou dále přimontovány řemenice s ložisky pro pohon vozíku. Rameno musí dále nést elektromotor pohánějící jednu z řemenic, převodovku a další potřebné prvky. Pro snížení ohybového momentu a průhybu je konec ramene uchycen lany zavěšenými v horní části sloupu.

3.1.1.3. Sloup

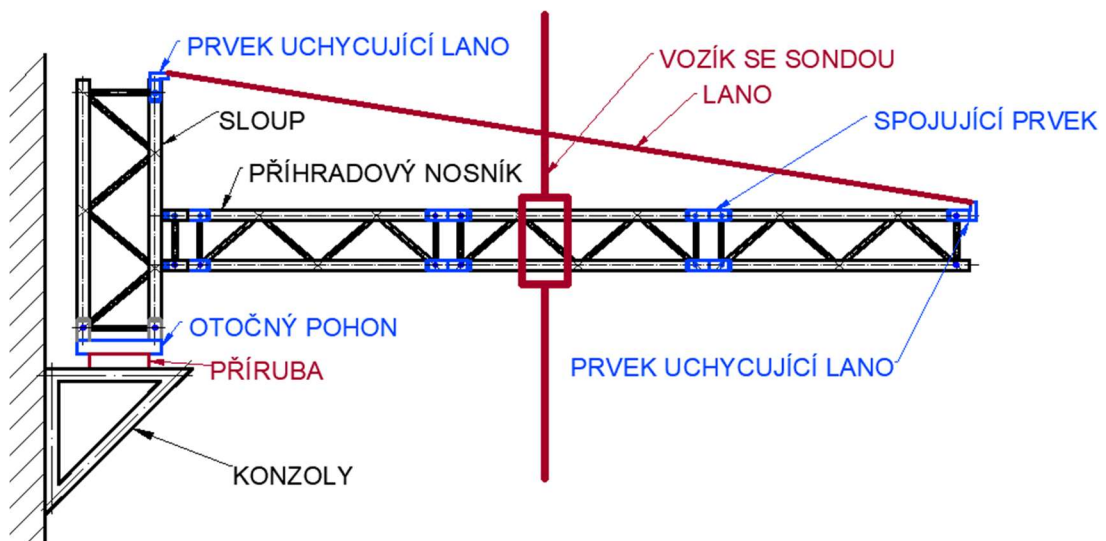
Ke sloupu je pomocí spojovacího prvku připevněno rameno. Sloup je dále vyvýšen z důvodu uchycení lan a je tvořen svařenými normalizovanými profily. Ve spodní části se nachází příruba sloužící k upevnění k otočnému pohonu, který zajišťuje otáčení sloupu.

3.1.1.4. Konzoly

Celé zařízení je nesené dvěma konzolami kotvenými do zdi budovy laboratoře. Ke konzolám musí být přidělena příruba pro spojení s otočným pohonem. Konzoly jsou tvořeny normalizovanými profily svařenými do tvaru trojúhelníku.

3.1.2. Druhé koncepční řešení

Na obr. 21 je vyobrazeno 2. koncepční schéma vzorkovače.



Obr. 21.: 2. Koncepční schéma vzorkovače [Vlastní zdroj]

Druhý koncepční návrh se od prvního principiálně neliší. Největším rozdílem je využití příhradových nosníků pro konstrukci ramene. Nosné prvky konstrukce nejsou uvažovány z oceli, ale z hliníkové slitiny (vyjma konzol). Tím je dosaženo podstatného odlehčení celé konstrukce.

Vzhledem ke složitosti výpočtů bude dále analyzována 1. varianta koncepčního návrhu. Výsledná podoba a princip zařízení můžou být však odlišné od první varianty návrhu, nicméně tato varianta bude uvažována jako výchozí.

3.2. Návrh ramene vzorkovače

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.1.1.2., rameno je sestaveno ze dvou ocelových jablek na koncích uchycených lany. Pro výpočet jablek jsou známy vstupní parametry, které se nemění. Délka ramene je variabilní dle zvolených modulů, nicméně pro výpočet (a všechny další výpočty) je uvažována délka ramene $L_j = 4\,000\text{ mm}$. Ve výpočtu je uvažován stálý průřez (bez zohlednění spojujících prvků atd.). Předběžně odhadovaná hmotnost vozíku je $m_v = 100\text{ kg}$ (předpoklad působení síly $F_v = 500\text{ N}$ na jednu větev ramene). Dalším zadaným parametrem je výška uchycení lana na sloupu $y = 1\,000\text{ mm}$. Zatížení q_0 je dáno vlastní tíhou jablek. Parametry jáklu ovšem zatím nejsou známy, proto bude zatížení q_0 měněno dle voleného profilu.

Konstrukce je navržena s bezpečnostním koeficientem $k = 5$. Tato hodnota je poměrně vysoká, nicméně je potřeba uvažovat s těmito fakty. Jákly jsou vyráběny s velkými mezními úchytkami rozměrů (u tloušťky až 10%). [16] Dále může být konstrukce zatěžována vnějšími vlivy, jako je např. vítr. Vzhledem k tomu, že je lano namáhané na tah, může docházet k jeho relaxaci, a tím pádem ke zvýšení ohybového momentu v jáklech. Pod konstrukcí se mohou navíc pohybovat osoby (řidiči, obsluha), a tudíž je nutná vyšší bezpečnost zařízení.

3.2.1. Návrhové výpočty jablek a uchycujících lan

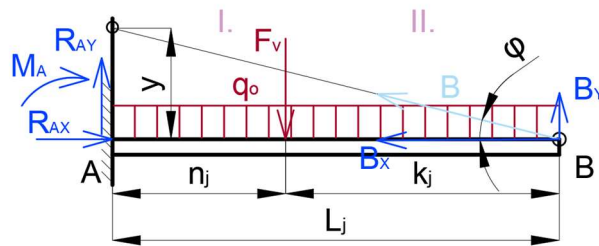
Znamé veličiny výpočtu:

$$D: L_j = 4\,000\text{ mm}; F_v = 500\text{ N}; y = 1\,000\text{ mm}; k = 5$$

Uvolnění nosníku

Nosník je vlevo na schématu (viz obr. 22) přivařen ke sloupu, a proto se může tato vazba považovat za vetknutí. Napravo je nosník uchycen lanem, které brání posunutí nosníku ve vertikálním směru, a tudíž je zavedena reakce od lana B_y .³

³ Celková síla v laně bude $B = \frac{B_y}{\sin(\varphi)}$. Tento fakt je patrný z obr. 22.



Obr. 22.: Uvolněný nosník [Vlastní zdroj]

Rovnice rovnováhy

$$x: R_{AX} - B \cdot \cos(\varphi) = 0 \quad (1)$$

$$y: R_{AY} - F_v + B \cdot \sin(\varphi) - q_0 \cdot L_j = 0 \quad (2)$$

$$M_A: -M_A - F_v \cdot n_j - \frac{q_0 \cdot L_j^2}{2} + B \cdot \sin(\varphi) \cdot L_j = 0 \quad (3)$$

4 Neznámé: R_{AY}, B, M_A, R_{AX} ; Počet nezávislých rovnic: 3 \Rightarrow 1x SNÚ \Rightarrow def. podmínka

Deformační podmínka

Průhyb nosníku v bodě B je roven prodloužení lana ve vertikálním směru. Deformační podmínka má tedy tvar:

$$v_B = \Delta l_{yL} = \frac{B \cdot \sin(\varphi) \cdot l_L}{S_L \cdot E_L} \quad (4)$$

Určení momentů v polích

Pole II. Zprava $x \in \langle 0; k_j \rangle$

$$T_I(x) = q_0 \cdot x - B \cdot \sin(\varphi) \quad (5)$$

$$M_{oI}(x) = -q_0 \cdot \frac{x^2}{2} + B \cdot \sin(\varphi) \cdot x \quad (6)$$

$$m_{oI}(x) = „1” \cdot x \quad (7)$$

Pole I. Zprava $\bar{x} \in \langle k_j; L_j \rangle$

$$T_{II}(\bar{x}) = -B \cdot \sin(\varphi) + q_0 \cdot (\bar{x} + k_j) + F_v \quad (8)$$

$$M_{oII}(\bar{x}) = -q_0 \cdot \left(\frac{\bar{x}^2 + k_j^2}{2} + k_j \cdot \bar{x} \right) - F_v \cdot \bar{x} + B \cdot \sin(\varphi) \cdot (\bar{x} + k_j) \quad (9)$$

$$m_{oII}(\bar{x}) = „1” \cdot \bar{x} \quad (10)$$

Mohrův integrál

$$v_B = \frac{1}{E_j \cdot J_{zj}} \cdot \left\{ \int_{k_j}^{L_j} M_{oII}(\bar{x}) \cdot m_{oII}(\bar{x}) \cdot d\bar{x} + \int_0^{k_j} M_{oI}(x) \cdot m_{oI}(x) \cdot dx \right\} \quad (11)$$

Dosazení do mohrova integrálu:

$$v_B = \frac{1}{E_j \cdot J_{zj}} \left\{ \int_{k_j}^{L_j} \left(-q_0 \cdot \left(\frac{\bar{x}^2 + k_j^2}{2} + k_j \cdot \bar{x} \right) - F_V \cdot \bar{x} + B \cdot \sin(\varphi) \cdot (\bar{x} + k_j) \right) \cdot \bar{x} \cdot d\bar{x} \right. \\ \left. + \int_0^{k_j} \left(-q_0 \cdot \frac{x^2}{2} + B \cdot \sin(\varphi) \cdot x \right) \cdot x \cdot dx \right\} = \frac{B \cdot \sin(\varphi) \cdot l_L}{S_L \cdot E_L}$$

Po integraci a úpravách se získá vztah pro jedinou neznámou B . Tento krok zde není rozveden vzhledem k jeho obsáhlosti.

$$B = \frac{\frac{(3 \cdot L_j^4 + 8 \cdot k_j \cdot L_j^3 + 6 \cdot k_j^2 \cdot L_j^2 - 17 \cdot k_j^4) \cdot q_0 + 8 \cdot F_V \cdot L_j^3 - 8 \cdot F_V \cdot k_j^3}{24 \cdot E_j \cdot J_{zj}} + \frac{q_0 \cdot k_j^4}{8 \cdot E_j \cdot J_{zj}}}{\left(\frac{(8 \cdot L_j^3 + 12 \cdot k_j \cdot L_j^2 - 20 \cdot k_j^3) \cdot \sin(\varphi)}{24 \cdot E_j \cdot J_{zj}} + \frac{\sin(\varphi) \cdot k_j^3}{3 \cdot E_j \cdot J_{zj}} - \frac{\sin(\varphi) \cdot l_L}{S_L \cdot E_L} \right)} \quad (12)$$

[35]

Určení modulu průřezu v ohybu

Nyní může být z rovnice 12 určena neznámá síla B v laně a dosazena do rovnice rovnováhy. Dále mohou být určeny průběhy ohybových momentů na nosníku. Z hlediska technického řešení je zajímavý takový případ, kdy je na nosníku dosaženo největšího ohybového momentu.

$$M_{o(max)} = \max(M_{oI}(x); M_{oII}(\bar{x})); \text{ kde } x \in \langle 0; k_j \rangle \text{ a } \bar{x} \in \langle k_j; L_j \rangle \quad (13)$$

Dále je určen vztah pro určení potřebného modulu průřezu v ohybu z dimenzovací podmínky.

$$\sigma_{o(max)} = \frac{M_{o(max)}}{W_{oj}} \leq \sigma_D; \text{ kde } \sigma_D = \frac{\sigma_{kj}}{k} \quad (14)$$

Po dosazení a vyjádření je získán konečný vztah pro modul průřezu v ohybu.

$$W_{oj} \geq \frac{M_{o(max)} \cdot k}{\sigma_{kj}}$$

Modul průřezu v ohybu se využije k volbě potřebného nosníku tak, že se zvolí nejbližší vyšší dostupná hodnota modulu zvoleného profilu u prodejce hutního materiálu, např. Feron, a.s.

Konkrétní číselné řešení

Všechny vztahy jsou vyjádřeny pouze obecně. Vzhledem k množství proměnných a velikosti rovnic je konkrétní číselné řešení uvedeno v *příloze 1* (program MS Excel).

Proměnné v *příloze 1* jsou rozděleny do tří skupin:

- Pevně zadané proměnné viz tab. 2 (jsou dány a nelze je měnit).
- Volitelně zadané proměnné viz tab. 3 (mohou se volit a pomocí nich se hledá nejvhodnější řešení).
- Vypočtené proměnné viz tab. 4.

Tab. 2.: Pevně zadané proměnné v příloze 1.

L _j [mm]	F _v [N]	y [mm]	k [-]
4 000	500	1 000	5

[Vlastní zdroj]

Tab. 3.: Volitelně zadané proměnné v příloze 1.

σ_{kj} [N/mm ²]	J _j [mm ⁴]	E _j [N/mm ²]	m _j [kg/m]	d _{LANA} [mm]	E _L [N/mm ²]	k _j [mm]
235	818 500	210 000	5,95	4	210 000	2 450

[Vlastní zdroj +[16]

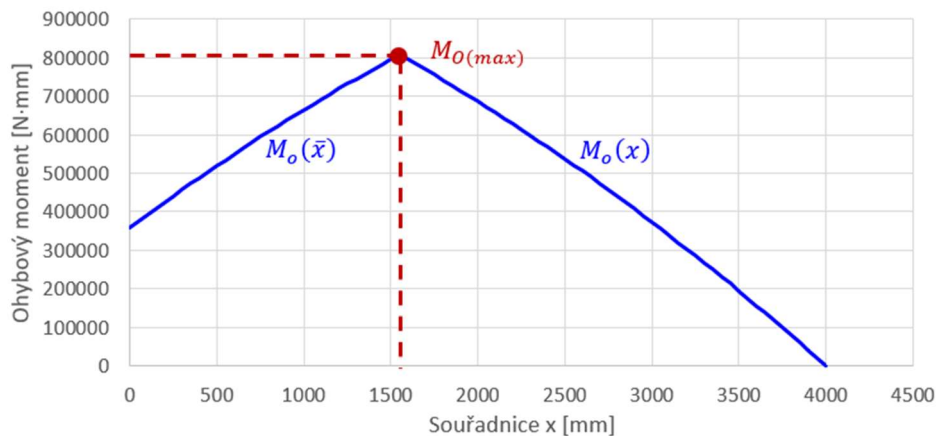
Tab. 4.: Vypočtené proměnné v příloze 1.

n _j [mm]	q ₀ [N/mm]	Φ [rad]	L _L [mm]	S _L [mm ²]	M _{o max} [N·mm]
1 550	0,0595	0,253	4 123,11	12,57	807 521
$\sigma_{o max}$ [N/mm ²]	W _{oj} [mm ³]	B [N]			
46,99	17 181,3	2 364,2			

[Vlastní zdroj]

Závěry výpočtů

Maximální ohybový moment $M_{o(max)} = 807\,521 \text{ N}\cdot\text{mm}$ byl určen pomocí výpočtů uvedených v příloze 1 (program MS Excel) pro souřadnici vozíku $n_j = 1\,550 \text{ mm}$. Tato souřadnice byla zjištěna postupným dosazováním do rovnic v příloze 1. Na obr. 23 je patrný průběh ohybového momentu pro tento případ.



Obr. 23.: Průběh momentu na nosníku [Vlastní zdroj]

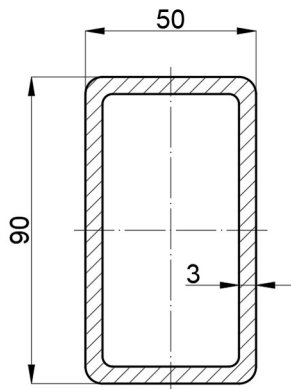
Požadovaný modul průřezu nosníku v ohybu vyšel $W_{oj} = 17\,181,3 \text{ mm}^3$. Dle katalogu společnosti Feron, a.s. je zvolen normalizovaný pozinkovaný dutý profil s obdélníkovým průřezem EN 10219 // rozměr $90 \times 50 \times 3$, jehož $W_{oj} = 18\,190 \text{ mm}^3$. [16]

Maximální síla $B = 2364,2 \text{ N}$ působící v laně byla zjištěna pomocí přílohy 1 pro souřadnici polohy vozíku $n_j = 3850 \text{ mm}$.⁴

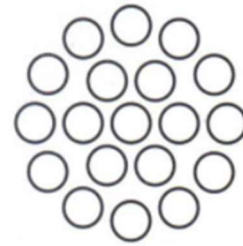
Dle katalogu firmy Feron, a.s. je zvoleno ocelové lano 1 - pramenné, DIN 3053, pozinkované, 19 drátů (1+6+12) // průměr 4,0. Minimální únosnost lana je $14,9 \text{ kN}$. [17]

Na obr. 24 je patrný průřez obdélníkového profilu a na obr. 25 je průřez lana a uspořádání jeho pramenů.

⁴ Maximální síla by byla dosažena při souřadnici $n_j = 4000 \text{ mm}$, nicméně se předpokládá, že vozík nemůže dojet do samotného kraje ramene. Tudíž je zvolena nejmenší vzdálenost vozíku od okraje 150 mm .



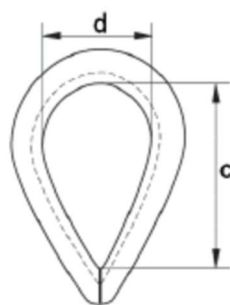
Obr. 24.: Zvolený profil ramene [Vlastní zdroj]



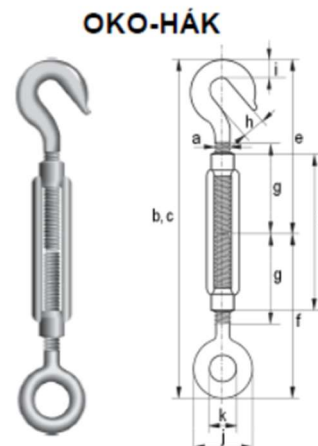
Obr. 25.: Zvolený profil lana [17]

3.2.2. Uchytení lan k rameni a sloupu

Lana jsou na obou koncích zakončena lanovými očnicemi DIN 6899 // průměr 4 mm a třemi lanovými svorkami DIN 741 pro maximální průměr 5 mm. [18] Lanovými očnicemi jsou provlečeny čepy, které jsou uloženy v konstrukci ramene, resp. sloupu. Na obr. 26 je patrné schéma lanové očnice, kde $d = 14 \text{ mm}$ a $c = 23 \text{ mm}$. [18] Dále je potřeba lano opatřit lanovým napínákem „oko – hák“. Je zvolen napínák DIN 1480 - M10, který je patrný z obr. 27. [18]



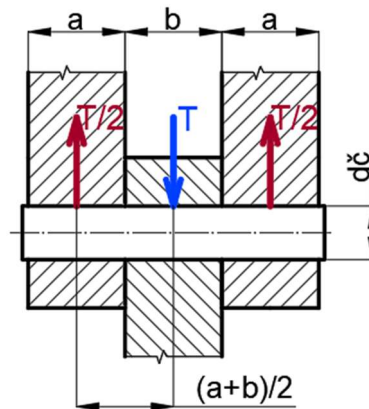
Obr. 26.: Lanová očnice [18]



Obr. 27.: Lanový napínák [18]

3.2.2.1. Návrhový výpočet čepu

Čep uchycuje lano a je namáhán především ohybem. Proto se provede jeho návrh dle dovoleného napětí v ohybu. Následně se provede kontrola na otláčení a stříh. Výpočtové schéma je patrné z obr. 28.



Obr. 28.: Výpočtové schéma čepu [Vlastní zdroj]

Výpočet průměru čepu

Volený materiál čepu je ocel 11 500 s mezí kluzu $R_{eč} = 270 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$. [33] Volená bezpečnost $k_č = 2$. Rozměry: $a = 10 \text{ mm}$; $b = 12 \text{ mm}$.

Dovolené napětí v ohybu čepu je:

$$\sigma_{Doč} = \frac{R_{eč}}{k_č} = \frac{270}{2} = 135 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2} \quad (15)$$

Maximální ohybový moment je:

$$M_{Oč(\max)} = \frac{T}{2} \cdot \frac{a+b}{2} = \frac{2\,364,2}{2} \cdot \frac{10+12}{2} = 13\,003,1 \text{ N}\cdot\text{mm} \quad (16)$$

Průměr čepu je:

$$\sigma_{Oč} = \frac{M_{Oč(\max)}}{W_{Oč}} = \frac{M_{Oč(\max)}}{\frac{\pi \cdot d_č^3}{32}} \leq \sigma_{Doč} \quad (17)$$

$$d_č' \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{Oč(\max)}}{\pi \cdot \sigma_{Doč}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 13\,003,1}{\pi \cdot 135}} = 9,94 \text{ mm} \quad (18)$$

Volím normalizovaný průměr $d_č = 12 \text{ mm}$. [50]

Kontrolní výpočet namáhání na střiž

Dovolené napětí ve střižhu čepu je:

$$\tau_{DS\check{c}} = 85 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \text{ [33]}$$

$$\tau_{S\check{c}} = \frac{T}{S_{\check{c}}} = \frac{T}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{2\,364,2}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 12^2}{4}} = 10,45 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} < 85 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \dots OK \quad (19)$$

Kontrolní výpočet kontaktního tlaku

Dovolený kontaktní tlak je:

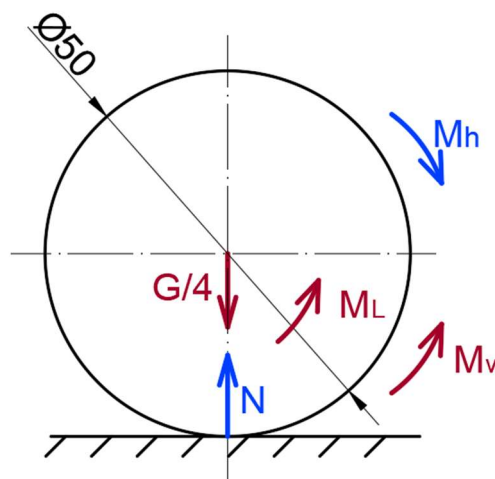
$$p_{D\check{c}} = 90 \text{ MPa [33]}$$

$$p_{\check{c}} = \frac{T}{S} = \frac{T}{d_{\check{c}} \cdot b} = \frac{2\,364,2}{12 \cdot 12} = 16,42 \text{ MPa} < 90 \text{ MPa} \dots OK \quad (20)$$

[34]

3.2.3. Návrhové výpočty a volba motoru, řemene a řemenic pro pohyb vozíku

Pro určení potřebného výkonu na hnací řemenici je potřeba zavést některé předpoklady. Vozík má hmotnost $m_v = 100 \text{ kg}$, jak už bylo zmíněno dříve. Pohybuje se po 4 ocelových rolnách o průměru $d_r = 50 \text{ mm}$. Pro určení potřebného hnacího momentu se provede uvolnění jedné rolny. Uvolnění je patrné z obr. 29.



Obr. 29.: Uvolnění rolny [Vlastní zdroj]

Rovnice rovnováhy

$$x: N = \frac{G}{4} = 250 \text{ N} \quad (21)$$

$$M: M_v + M_L - M'_h = 0 \Rightarrow M'_h = M_v + M_L \quad (22)$$

Pasivní účinky

- $M_v = \xi \cdot |N|$; kde $\xi = 0,0005 \text{ m}$ (valivý odpor)
- $M_L = 0,5 \cdot \mu \cdot d_L \cdot (X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a)$; kde $\mu = 0,0015$; $X_0 = 0,6$; $Y_0 = 0$;
 $F_a = 0$; $F_r = 250$ (odhad tření v ložisku)

[33]

Dosazení do momentové rovnice:

$$M'_h = 0,0005 \cdot 250 + 0,5 \cdot 0,0015 \cdot 0,02 \cdot (0,6 \cdot 250) = 0,127 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Vzhledem k tomu, že se vozík pohybuje po 4 rolnách, bude celkový hnací moment na řemenici:

$$M_h = 4 \cdot 0,127 = 0,508 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výkon elektromotoru

Pro výběr motoru a výpočet jeho výkonu se zavedou další předpoklady. Přibližná požadovaná rychlost pohybu vozíku bude $v_v = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Dále se volí z programu Autodesk Inventor Professional 2020 průměr řemenice $D_r = 51 \text{ mm}$ s počtem zubů $z_r = 32$. Zvolený typ řemene je 25T5. [33]

Počet potřebných otáček řemenice za minutu se vypočítá jako:

$$n = \frac{v_v}{\pi \cdot D_r} \cdot 60 = \frac{0,2}{\pi \cdot 0,051} \cdot 60 = 74,9 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1} \quad (23)$$

Výkon na výstupu z převodovky se vypočítá jako:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot M_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot 74,9}{60} \cdot 0,508 = 4 \text{ W} \quad (24)$$

Hnací moment i výkon je brán pro hrubou orientaci, tyto veličiny musí být zvýšeny z důvodu neuvažování dalších provozních vlivů. Jsou jimi například vlivy okolí, tření v ložiskách řemenic, tíha řemenů atd.

Zanedbán je i vliv síly nutné k akceleraci, která bude značná. Hnací moment i výkon budou voleny vyšší pro dostatečnou rezervu k pokrytí těchto vlivů.

V konfigurátoru je volen elektromotor s převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3500-9BC22-4AS1-Z. [19] Seznam základních parametrů elektromotoru a převodovky:

- Napájecí napětí: $U_{el} = 230 \text{ V}$
- Výkon elektromotoru: $P_{el} = 120 \text{ W}$
- Otáčky motoru: $n_{el} = 1\,390 \text{ ot/min}$
- Výstupní otáčky: $n_{př} = 78,177 \text{ ot/min}$
- Jmenovitý moment: $M_{př} = 50 \text{ N}\cdot\text{m}$
- Převodový poměr převodovky: $i_{př} = 17,78$
- Výstupní hřídel z převodovky: V20 x 40 mm (Plný hřídel s lícovaným perem)
- Způsob upevnění převodovky: provedení s patkami

[19]

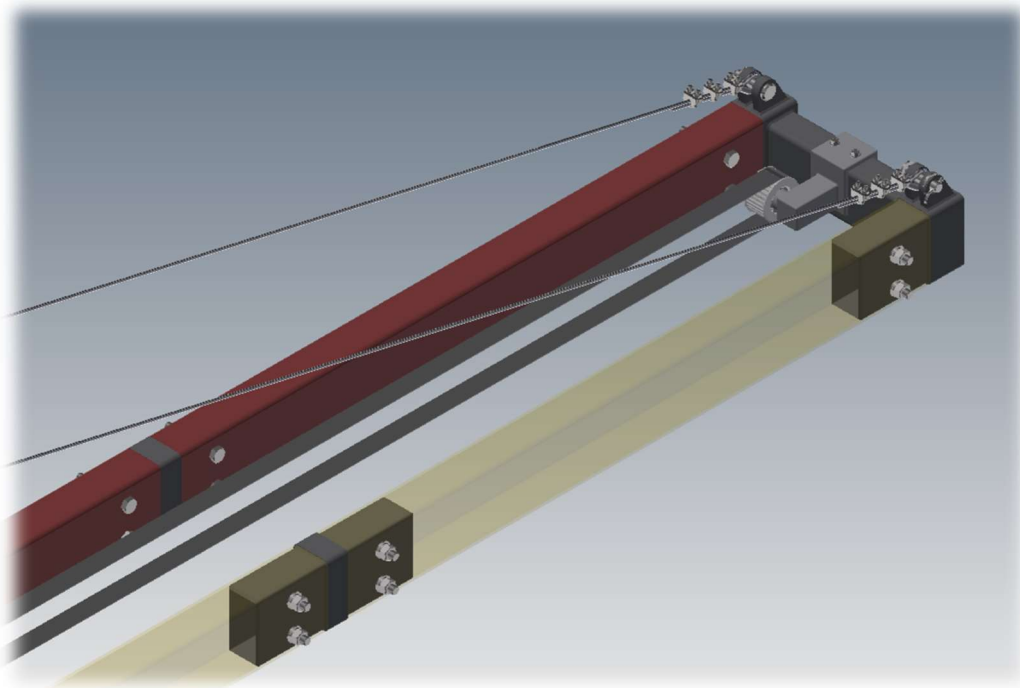
3.2.4. Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací ramene

- Rameno je tvořeno z modulů normalizovaného pozinkovaného dutého profilu s obdélníkovým průřezem EN 10219 // rozměr 90 x 50 x 3. [16]
- Moduly jsou spojeny propojujícími prvky, které jsou sešroubovány s profily dvěma šrouby ČSN EN ISO 4016 - M10 x 70 – 8.8. Tyto šrouby jsou pojištěny PRUŽNÝMI PODLOŽKAMI ČSN 02 1741 – 10, PODLOŽKAMI ČSN EN ISO 7089 – 10 a MATICEMI ČSN EN ISO 4032 – M10 – 8. [33]
- Na konci ramene se nachází koncový prvek spojený s profily stejně, jako propojující prvky. Ke koncovému prvku jsou přivařeny části pro uložení ČEPŮ S HLAVOU ČSN EN 22341 – 12 x 45 uchycujících lana. Čepy jsou pojištěny PODLOŽKAMI 02 1741 – 12 a ZÁVLAČKAMI ČSN EN ISO 1234 – 3,2 x 22. [33]
- Konec ramene je uchycen dvěma ocelovými lany 1 - pramennými, DIN 3053, pozinkovanými, 19 drátů (1+6+12) // průměr 4,0. [17] Lana jsou na koncích zakončena lanovými očnicemi DIN 6899 // průměr 4 mm a třemi lanovými svorkami DIN 741 pro maximální průměr 5 mm. Napnutí lan je zajištěno napínáky DIN 1480 - M10. [18]
- Pohon vozíku je zajišťován elektromotorem s převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3500 - 9BC22 - 4AS1 - Z. [19] Elektromotor je přimontován ke sloupu zařízení. Toto spojení bude řešeno až v následujících kapitolách.

- Na výstupním hřídeli V20 x 40 mm převodovky je umístěna řemenice o průměru $D_f = 51 \text{ mm}$ s počtem zubů $z_f = 32$. Zvolený typ řemene je 25T5. Moment je přenášen těsným perem. Axiální pojištění je realizováno šroubem, pružnou podložkou a podložkou. Tato podsestava je patrná z *přílohy 8* (výkresu).
- Druhá řemenice na opačné straně ramene má stejné parametry. Jelikož se nejedná o řemenici hnací, je zde použit jiný způsob uložení. V řemenici jsou uložena LOŽISKA ČSN 02 4630 – 6004, která jsou axiálně pojištěna POJISTNÝMI KROUŽKY PRO DÍRY ČSN 02 2931 – 20 a celá řemenice se tak otáčí kolem osy. [33]

3.2.5. 3D model ramene

V této části je z obr. 30 patrné finální konstrukční řešení ramene vzorkovače.



Obr. 30.: Konstrukce ramene [Vlastní zdroj]

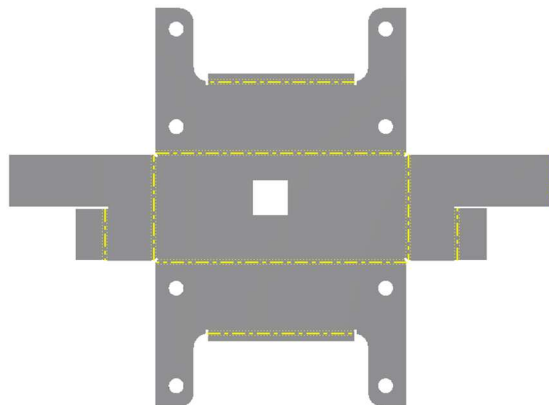
3.3. Návrh vozíku

Funkcemi vozíku jsou přímočarý pohyb po rameni a nesení sondy s daným příslušenstvím. Konstrukce tedy musí být uzpůsobena těmto účelům.

3.3.1. Nosná konstrukce vozíku

Hlavní nosná konstrukce vozíku je zkonstruována z plechu tloušťky 3 mm. Nejprve se vytvoří a nastříhá rozvin plechu. Poté se pomocí ohýbání rozvinu získá požadovaný tvar kostry vozíku. Takto zohýbaná součást se v rozích svaří obloukovým svařováním. Pro použití této technologie musí mít rohy přizpůsobený tvar. Do kostry se vyvrtají díry pro uložení os s rolnami. Dále se uvažuje s čtvercovou dírou na horní straně vozíku pro průchod sondy. V místě uchycení řemene k vozíku je vytvořena platforma pro uchycení upínacích desek řemene. Rozvin plechu, ze kterého se vyrobí vozík je patrný z obr. 31. Konstrukce je uzpůsobena pro uchycení všech potřebných prvků jako jsou elektromotor s převodovkou na horní straně, sonda, rolny a kotvící desky řemene. Všechny komponenty vzorkovacího zařízení v této bakalářské práci nejsou dopodrobna specifikovány.

Finální podoba vozíku by tedy s velkou pravděpodobností byla rozdílná, nicméně je zde počítáno se základními předpoklady potřeb konstrukce.



Obr. 31.: Rozvin plechu vozíku [Vlastní zdroj]

3.3.2. Konstrukce rolen

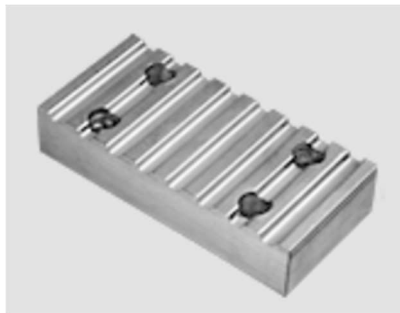
Účelem rolen je zabezpečení pojezdu po obdélníkových profilech. Rolny jsou uloženy na statické ose s využitím valivých ložisek. Osa bude následně upevněna ke kostře vozíku maticí a podložkami. V kapitole 3.2.3. byl vybrán průměr rolen $d_r = 50 \text{ mm}$.

Rolen bude celkem osm. Čtyři rolny pojíždějící po profilech shora budou opatřeny čely pro zajištění správného vedení vozíku. Rolny pojíždějící po profilech zdola čely opatřeny nebudou z důvodu jejich nepotřebnosti a z důvodu smontovatelnosti celé konstrukce. Spodní rolny mají především stabilizační účel. Dále zabraňují nadzvednutí vozíku při zapíchnutí sondy do vzorku materiálu. Řez vozíkem v rovině procházející osami rolen je patrný z obr. 34 v kapitole 3.3.5.

3.3.3. Upínací desky a kryt

Na vozíku se nachází demontovatelný plechový kryt. Tento kryt slouží k ochraně potřebných zařízení před povětrnostními vlivy.

Upínací desky jsou vybrány pro řemen 25T5 z katalogu výrobce. Zvolená deska (patrná z obr. 32) je CP – 25T5. [15]



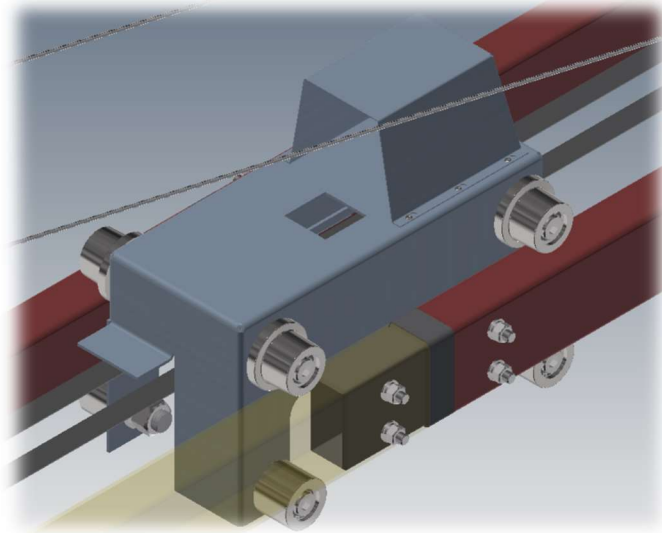
Obr. 32.: Upínací deska [15]

3.3.4. Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací vozíku

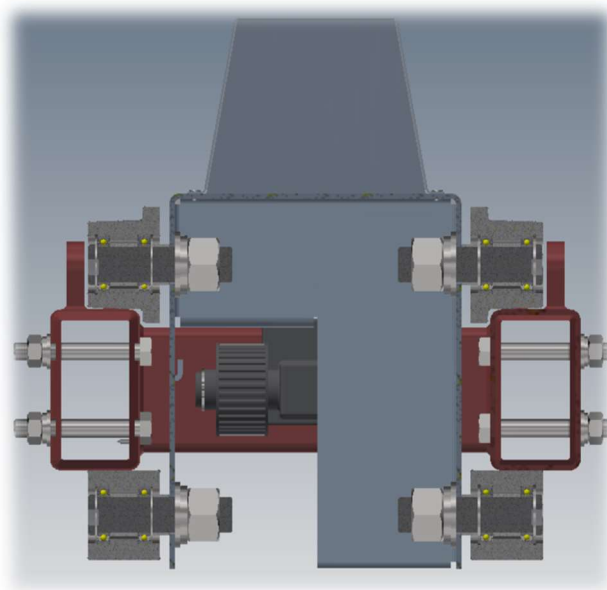
- Kostra vozíku a kryt jsou vyrobeny z plechu válcovaného za studena k tváření za studena, EN 10131//rozměr 3. [20] MATERIÁL
- Rolny jsou součástí vyráběné. Jsou uloženy na LOŽISKÁCH ČSN 02 4630 – 6004, která jsou axiálně pojištěna POJISTNÝMI KROUŽKY PRO DÍRY ČSN 02 2931 – 20. Ložiska jsou uložena na ose průměru 20 mm. Tato osa je přichycena ke kostře vozíku pomocí MATIC ČSN EN ISO 4032 – M20 – 8, PRUŽNÝMI PODLOŽKAMI ČSN 02 1741 – 20 a PODLOŽKAMI ČSN EN ISO 7089 – 20. [33]
- Spojení vozíku s řemenem je provedeno upínacími deskami CP – 25T5. [15]

3.3.5. 3D model vozíku

Z obr. 33 je patrný vozík pojíždějící po rameni a z obr. 34 řez vozíkem rovinou procházející osami rolen.



Obr. 33.: Vozík pojíždějící po rameni [Vlastní zdroj]



Obr. 34.: Řez vozíkem [Vlastní zdroj]

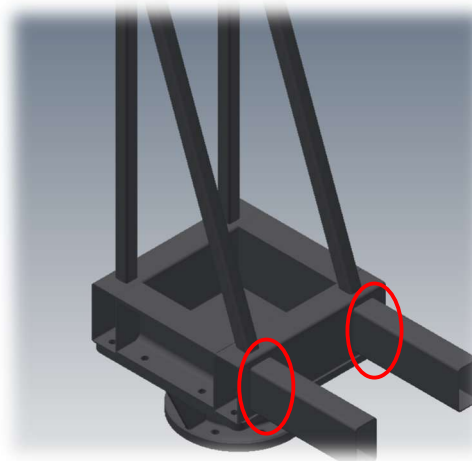
3.4. Návrh sloupu

Konstrukce sloupu je zhotovena jako svařenec z normalizovaných profilů. Tento svařenec musí nést rameno a dále se na něm musí nacházet kotevní místa pro lana. K sloupu musí být možné přimontovat elektropohon pohánějící vozík. Na spodní stranu sloupu bude přišroubována příruba, sloužící k připojení k otočnému pohonu.

Vzhledem ke složitosti konstrukce a množství svarových spojů je sloup nejprve vymodelován tak, aby splňoval všechny požadované funkce. Poté je navržen jeden svar. Tento svar se bude nacházet v důležitém místě nesoucím rameno. Pro toto místo se může využít dat z výpočtů ramene (*příloha 1*). U tohoto místa je předpokládáno, že je na konstrukci nejvíce namáhané a ostatní svary budou provedeny stejně.

3.4.1. Návrh svaru

Místo pro které bude proveden návrh svaru je patrné z obr. 35.



Obr. 35.: Řešený svar na sloupu [Vlastní zdroj]

Pro výpočet svaru je potřeba znát tvar svařované plochy, tedy jáklu. Svar je proveden po celém obvodu profilu. Tento profil se zjednoduší na tvar obdélníku o stranách 90 x 50 mm. Je uvažováno, že je po celém obvodu proveden koutový svar. V místě svaru bude působit maximální ohybový moment $M_{Amax} = 358\,952,02\text{ N}\cdot\text{mm}$ a síla $R_{AY} = 335,5\text{ N}$ dle *přílohy 1*. Dále je volena svařovací elektroda E-B 121 s mezí kluzu materiálu $R_{eL} = 420\text{ MPa}$ s univerzálním použitím pro svařování konstrukcí z oceli. [33]

K výpočtu je využit program MITCalc. Do programu se zadají všechny vstupní údaje a vypočítá se nejmenší tloušťka svaru, která vyšla $a' = 1,39 \text{ mm}$. Výstup z programu MITCalc je patrný z přílohy 2.

Dle ČSN 731401 je pro tloušťku svařovaného materiálu méně než 10 mm minimální rozměr $a = 3 \text{ mm}$. Je tedy volen rozměr $a = 3 \text{ mm}$. [21]

3.4.2. Volba otočného pohonu

Pro otáčení sloupu je využit v bakalářské práci otočný pohon. Konstrukčně jsou otočné pohony řešeny jako velkoformátové axiální ložisko, které může mít svůj vnější, nebo vnitřní kroužek osazený přírubou pro snadnou montáž celé otoče. Vnější kroužek tohoto ložiska většinou obsahuje šnekové ozubení. Pomocí šneku, poháněného externím motorem, je pak vyvolána rotace otočného ložiska. Motor, šnek a otočné ložisko vytváří kompletní otočný pohon. [22]

Pro volbu otočného pohonu je použit katalog firmy Matis s.r.o. Vzhledem k rozměrům sloupu je zvolen otočný pohon pro venkovní aplikace TE236-Z0-RM se stupněm krytí IP65. [23] Dále je potřeba provést kontrolu, zda pohon vydrží zatížení. Jako limitující zatížení se řeší radiální síla, axiální síla a klopný moment. V praxi jsou dále počítány dynamické účinky, které ale v rámci bakalářské práce nejsou uvažovány.

Určení klopného momentu s pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2020:

$$M_k = 2 \cdot F_v \cdot L_j + 2 \cdot q_0 \cdot L_j \cdot \frac{L_j}{2} = 2 \cdot 500 \cdot 4\,000 + 2 \cdot 0,0595 \cdot 4\,000 \cdot \frac{4\,000}{2} \quad (25)$$

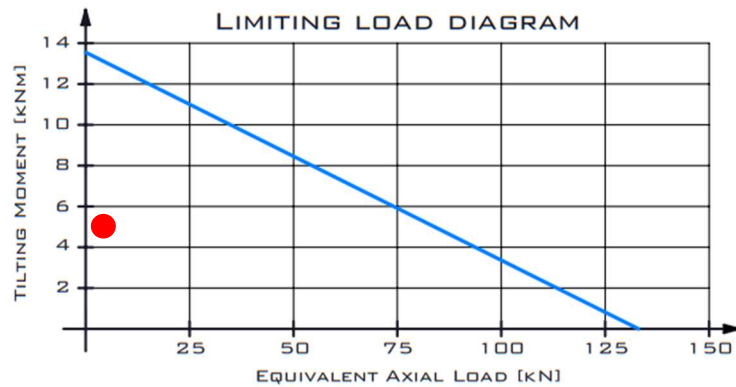
$$= 4\,952\,000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cong 5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Určení axiální síly (započítání všech hmotností součástí z modelu v programu Autodesk Inventor Professional 2020):

$$F_A = 1\,000 + 476 + 82 + 18,92 \cdot 2 + 23,4 \cdot 2 + 28,37 \cdot 2 + 28 \cdot 2 + 322,34 \quad (26)$$

$$= 2\,077,72 \text{ N} \cong 2,1 \text{ kN}$$

Zjištěné hodnoty jsou vyneseny do grafu výrobce pro orientační výběr pohonu (viz obr. 36).



Obr. 36.: Diagram limitního zatížení otočného pohonu [23]

V obr. 36 je červeně vyznačený provozní bod. Tento bod se nachází pod limitní čarou, a tím pádem nedochází k nedovolenému zatěžování pohonu. Z tab. 5 jsou patrné některé parametry pohonu a na obr. 37 je otočný pohon zobrazen.

Tab. 5.: Parametry otočného pohonu

Převodový poměr	71:1	Klopný moment	13,6 kN·m
Jmenovitý točivý moment	1 042 N·m	Radiální statické zatížení	53 kN
Maximální výstupní rychlost	1 ot/min	Axiální statické zatížení	133 kN

[23]



Obr. 37.: Otočný pohon [23]

3.4.3. Volba elektromotoru pro otočný pohon

Pohon je omezen maximálními otáčkami 1 ot/min. Tato podmínka musí být splněna. Docílí se toho tak, že se zvolí elektromotor s převodovkou. Motor bude mít výstupní otáčky 1390 ot/min. Požadovaný převodový poměr převodovky a maximální výstupní otáčky jsou tedy:

$$i = \frac{1\,390}{71} = 19,58 \Rightarrow n_{max} = \frac{1\,390}{19,58} = 71 \text{ ot/min} \quad (27)$$

Požadovaný kroutící moment je:

$$M_{P(\min)} = \frac{1\,042}{71} = 14,68 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (28)$$

Požadovaný výkon motoru je:

$$P_p = M_{P(\min)} \cdot \omega = 14,68 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 71}{60} = 109 \text{ W} \quad (29)$$

V konfigurátoru je volen elektropohon s převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3500-1BC22-4HS1-Z. [19] Seznam základních parametrů elektropohonu:

- Napájecí napětí: $U_{el} = 230 \text{ V}$
- Výkon elektromotoru: $P_{el} = 120 \text{ W}$
- Otáčky motoru: $n_{el} = 1\,390 \text{ ot/min}$
- Výstupní otáčky: $n_{př} = 69,989 \text{ ot/min}$
- Jmenovitý moment: $M_{př} = 50 \text{ N} \cdot \text{m}$
- Převodový poměr převodovky: $i_{př} = 19,86$
- Výstupní hřídel z převodovky: V20 x 40 mm (Plný hřídel s lícovaným perem)
- Způsob upevnění převodovky: provedení s přírubou

[19]

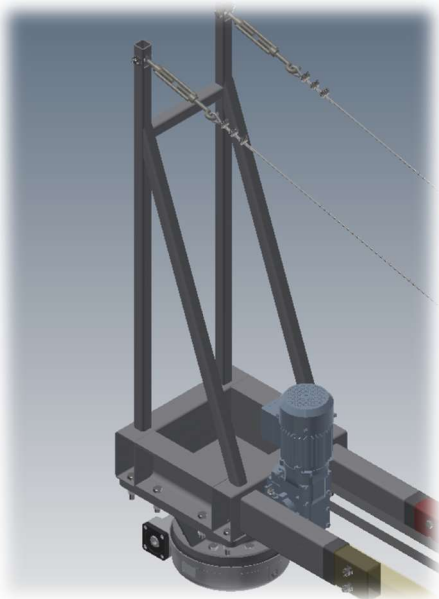
Tento elektropohon splňuje všechny požadavky, ovšem není kompatibilní s přírubou otočného pohonu. Elektromotor s příslušnou přírubou se nepodařilo najít, nicméně spol. Matis s.r.o. nabízí celkové řešení i s dodáním motoru. Proto by se v praxi řešil problém přímo s dodavatelem zařízení.

3.4.4. Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací sloupu

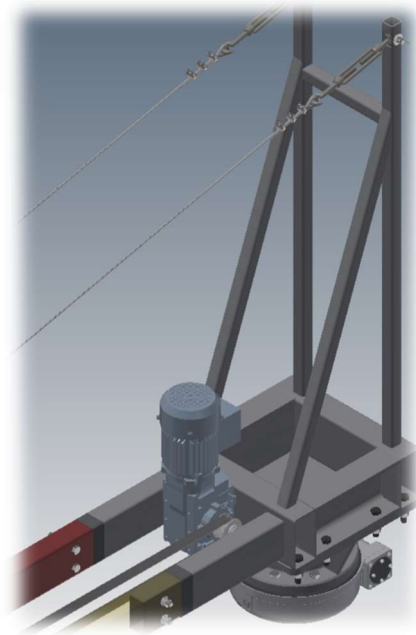
- Sloup je svařen z profilů: Profil dutý svařovaný se čtvercovým průřezem EN10219//rozměr 40x3 a 30x3 [24], profil dutý svařovaný s obdélníkovým průřezem EN 10219//rozměr 120x60x3 [25] a rozměr 90x50x3 [16], profil IPE válcovaný za tepla DIN 1025-5//IPE 120. [26]
- Příruba je ke svařenci přichycena osmi šrouby ČSN EN ISO 4016 – M12 x 55 – 8.8. Tyto šrouby jsou pojištěny PRUŽNÝMI PODLOŽKAMI ČSN 02 1741 – 12, PODLOŽKAMI ČSN EN ISO 7089 – 12 a MATICEMI ČSN EN ISO 4032 – M12 – 8. Z druhé strany je příruba přichycena k otočnému pohonu osmi šrouby ČSN EN ISO 4016 – M12 x 55 – 8.8. [33]
- Otáčení sloupu je realizováno otočným pohonem TE236-Z0-RM nabízeným firmou Matis s.r.o. [23]
- Otočný pohon je poháněn elektromotorem s převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3500 – 1BC22 – 4HS1 – Z. [19]
- Ke sloupu je dále uchycen elektromotor SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3500 – 9BC22 – 4AS1 – Z [19] pohánějící vozík. Uchycení je provedeno čtyřmi ŠROUBY ČSN EN ISO 4016 – M8 x 80 – 8.8. Tyto šrouby jsou pojištěny PRUŽNÝMI PODLOŽKAMI ČSN 02 1741 – 8, PODLOŽKAMI ČSN EN ISO 7089 – 8 a MATICEMI ČSN EN ISO 4032 – M8 – 8. [33]

3.4.5. 3D model sloupu

V této části je z obr. 38 a 39 patrné finální konstrukční řešení sloupu vzorkovače.



Obr. 38.: Konstrukce ramene [Vlastní zdroj]

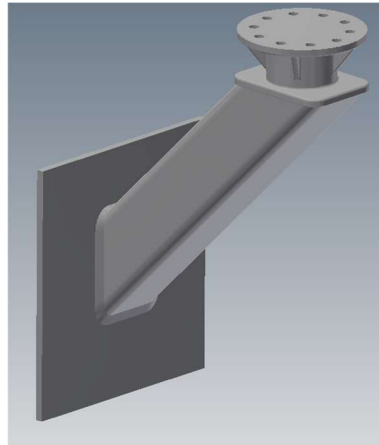


Obr. 39.: Konstrukce ramene 2 [Vlastní zdroj]

3.5. Návrh konzoly

Konzola má hlavní funkci uchycení celého zařízení do zdi. Na jedné straně je spojena s otočným pohonem přes přírubu šrouby a na straně druhé je přikotvena kotvami do zdi. Konstrukce je provedena jako svařenec. Svařeny jsou celkem tři hlavní části, kterými jsou: příruba, ocelový profil a kotevní deska. Nejprve je vymodelována celá konzola a jsou zvoleny prvky tak, aby co nejlépe navazovaly na otočný pohon. Dále je navržen svar mezi konzolou a kotevní deskou, a nakonec je navržen způsob kotvení do zdi. Tyto výpočty jsou, co se týče konzoly, těmi nejdůležitějšími. Zjistí se, zda je takové konstrukční provedení konzoly možné.

Z obr. 40 je patrný model konzoly, který je posuzován.



Obr. 40.: Posuzovaný model konzoly [Vlastní zdroj]

3.5.1. Návrh koutového svaru

Výpočet svaru je proveden stejně, jako v kapitole 3.4.1 pomocí programu MITCalc. Svařen je čtvercový profil o stranách 100 mm. V místě svaru působí reakční ohybový moment $M_s = 5\,715\,162,5\text{ N}\cdot\text{mm}$ a síla $R_c = 2392,7\text{ N}$. Hodnoty jsou vypočítány za pomoci programu Autodesk Inventor Professional 2020. (Pozn.: Pokud by bylo rameno umístěno v jedné z úvratí, působil by na konzolu významný kroutící moment. Výpočet je proveden pro polohu ramene mezi těmito úvratěmi, tedy v pozici, při které nepůsobí žádný kroutící moment.)

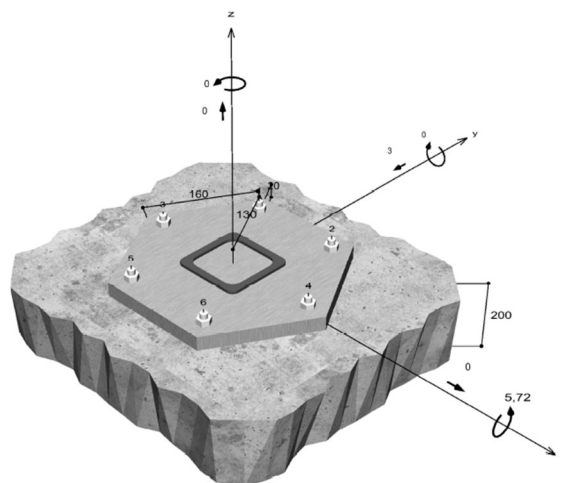
Do programu MITCalc jsou zadány všechny vstupní údaje a vypočítána nejmenší tloušťka svaru, která vyšla $a' = 7,52 \text{ mm}$. Tato hodnota je zaokrouhlena na celé číslo $a' = 8 \text{ mm}$. Výstup z programu MITCalc je patrný z přílohy 3.

Dle ČSN 731401 je pro tloušťku svařovaného materiálu více než 10 mm minimální rozměr $a = 4 \text{ mm}$. Rozměr $a' = 8 \text{ mm}$ tedy vyhovuje. [21]

3.5.2. Návrh způsobu kotvení konzoly do zdi

Zařízení je ukotveno do zdi pomocí kotev. Provedení kotevní desky, volbu podkladu a vybrání vhodného kotvení je provedeno v programu FIXPERICENCE firmy fischer Holding GmbH & Co.KG. Zatížení kotev je uvažováno stejné, jako u svaru konzoly. Do programu zadáme všechny vstupní údaje a vybíráme možná řešení.

Na obr. 41 je patrné schéma se zvolenou deskou a kotvami uspořádanými do tvaru šestiúhelníku. Kotevní deska je uvažována jako šestihran. Jako kotevní podklad je zvolen beton C20/25, EN 206.



Obr. 41.: Schéma kotvení [29]

Ke kotvení je volen Fischer vysokozátěžový kotevní systém lepený FHB II. Je zde použita chemická patrona FHB II – PF 10x95 a kuželová tyč FHB II-A L M10 x 95/20 A4. [30] Z obr. 42 je patrný řez osou kotvy. Technická zpráva a výpočet jsou patrné z přílohy 4.



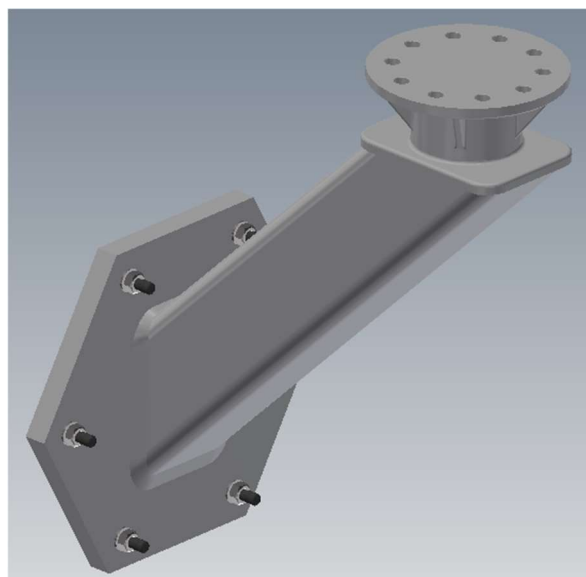
Obr. 42.: Řez osou kotvy [Zdroj:[29]]

3.5.3. Rekapitulace, souhrn a doplnění technických informací konzoly

- Konzola je sestavena ze tří svařených částí. Těmi jsou čtvercový profil EN 10219// rozměr 100x10 [27] , příruba a kotevní deska.
- Konzola je spojena s otočným pohonem deseti ŠROUBY ČSN EN ISO 4016 – M12 x 55 – 8.8. [33]
- Kotevní deska je ukotvena do betonu C20/25, EN 206 šesti kotvami vysokozátěžového kotevního lepeného systému FHB II. [30]

3.5.4. 3D model konzoly

Z obr. 43 je patrné finální konstrukční řešení konzoly.



Obr. 43.: Finální konstrukční řešení konzoly [Vlastní zdroj]

3.6. Oplechování a 3D model vzorkovače

Konstrukce vzorkovače musí být na některých místech oplechována z důvodu krytí citlivých částí. Plechy jsou instalovány na ramenech za účelem krytí pojezdových ploch. Dále jsou použity kryty řemenice a části sloupu. Elektropohony není třeba ve venkovním prostředí chránit, protože splňují stupeň ochrany IP65. [19]

Jako materiál je volen plech válcovaný za tepla, EN 10051 // rozměr 2. [31] Ke konstrukci jsou plechy přichyceny ŠROUBY TEX DIN 7504KP 4,8 – 16. [32]

3D model je nyní kompletní a je možné přistoupit k finální vizualizaci a tvorbě technické dokumentace. Vizualizace 3D modelu je patrná z *přílohy 9*. Výkres sestavy je patrný z *přílohy 5 a 6*. V *příloze 7* je dále patrný kusovník k této sestavě.

4. Závěr

V úvodu práce je vypracována rešerše vzorkovačů obilí, a tím byl získán přehled o teoretických poznacích k této problematice. Díky těmto poznatkům mohlo být započato s návrhem vlastního strojního konzolového vzorkovacího zařízení. Nejprve byly vypracovány dva koncepční návrhy, z nichž byl jeden vybrán k dalšímu vypracování.

V dalším kroku konstruktérské práce byly navrženy jednotlivé prvky vzorkovače. Tyto návrhy jsou podloženy návrhovými a kontrolními výpočty. V některých případech je volba prvků pouze komentována s ohledem na rozsah práce. Průběžně byl vypracováván 3D model, který dále posloužil jako podklad pro tvorbu 2D technické dokumentace.

Řešenými prvky praktické části byly rameno, vozík, sloup a konzola. Na reálném vzorkovači by se zařízení a prvků našlo mnohem více. Jmenovitě sonda, senzory, kamery a v neposlední řadě zařízení k dopravě zrna. Tak detailní vypracování by překračovalo stanovený rozsah bakalářské práce a vyžadovalo by zapojení více specialistů z dalších oborů.

Všechny stanovené cíle v zadání této bakalářské práce byly splněny. V této práci se podařilo vytvořit realizovatelný návrh konstrukčních uzlů a nosných prvků s jistými zjednodušeními a neúplnostmi, které vyplývají z rozsahu bakalářské práce .

Seznam zkratk a symbolů

Značka	Název	Jednotka
L	Délka ložné plochy návěsu	$[mm]$
P	Celková šířka návěsu	$[mm]$
Q	Celková výška návěsu	$[mm]$
A	Minimální výška sedla návěsu	$[mm]$
L_j	Délka ramene	$[mm]$
m_v	Hmotnost vozíku	$[kg]$
F_v	Síla působící na jákl	$[N]$
y	Výška uchycení lana na sloupu	$[mm]$
k	Bezpečnost ramene	$[1]$
q_o	Spojité zatížení od tíhy jáklu	$[N \cdot mm^{-1}]$
B	Osová síla působící na lano	$[N]$
B_y	Rozklad síly T do směru y	$[N]$
φ	Úhel mezi lanem a jáklem	$[rad]$
R_{AX}	Reakce ve směru x	$[N]$
R_{AY}	Reakce ve směru y	$[N]$
M_A	Reakční moment	$[N \cdot mm]$
Δl_{yL}	Prodloužení lana ve směru y	$[mm]$
v_B	Posun bodu B ve směru y	$[mm]$
l_L	Délka lana	$[mm]$
d_{LANA}	Průměr lana	$[mm]$
S_L	Plocha průřezu lana	$[mm^2]$
E_L	Modul pružnosti materiálu lana v tahu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$T_I(x)$	Průběh vnitřních posouvajících sil v poli I	$[N]$
$M_{oI}(x)$	Průběh vnitřního ohybového momentu v poli I	$[N \cdot mm]$
$m_{oI}(x)$	Průběh malého vnitřního ohybového momentu v poli I	$[N \cdot mm]$
$T_{II}(x)$	Průběh vnitřních posouvajících sil v poli II	$[N]$
$M_{oII}(x)$	Průběh vnitřního ohybového momentu v poli II	$[N \cdot mm]$
$m_{oII}(x)$	Průběh malého vnitřního ohybového momentu v poli II	$[N \cdot mm]$
n_j	Vzdálenost vozíku od vetknutí ramene	$[mm]$
k_j	Vzdálenost vozíku od konce ramene	$[mm]$
E_j	Modul pružnosti materiálu jáklu v tahu	$[N \cdot mm^{-2}]$
J_{zj}	Kvadratický moment průřezu jáklu	$[mm^4]$
$M_{O(max)}$	Maximální ohybový moment působící na jákl	$[N \cdot mm]$
W_{Oj}	Modul průřezu v ohybu jáklu	$[mm^3]$
σ_{Kj}	Mez kluzu materiálu jáklu	$[N \cdot mm^{-2}]$

m_j	Délková hmotnost jáklu	$[kg \cdot m^{-1}]$
$\sigma_{O(max)}$	Maximální ohybový moment	$[N \cdot mm^{-2}]$
k_L	Bezpečnost lana	[1]
$R_{e\check{c}}$	Mez kluzu materiálu čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$k_{\check{c}}$	Bezpečnost čepu	[1]
a	Rozměr úchyty čepu	$[mm]$
b	Rozměr mezi úchyty čepu	$[mm]$
$\sigma_{DO\check{c}}$	Dovolené ohybové napětí čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$M_{O\check{c}(max)}$	Maximální ohybové napětí čepu	$[N \cdot mm]$
$\sigma_{O\check{c}}$	Ohybové napětí čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$W_{O\check{c}}$	Modul průřezu v ohybu čepu	$[mm^3]$
$d_{\check{c}}$	Průměr čepu	$[mm]$
$\tau_{DS\check{c}}$	Dovolené napětí ve stříhu čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$\tau_{S\check{c}}$	Střížné napětí čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$S_{\check{c}}$	Plocha průřezu čepu	$[mm^2]$
$p_{D\check{c}}$	Dovolený kontaktní tlak čepu	$[MPa]$
$p_{\check{c}}$	Kontaktní tlak čepu	$[MPa]$
G	Tíha vozíku	$[N]$
N	Normálová reakce podložky	$[N]$
M_v	Moment valení rolny	$[N \cdot mm]$
M_L	Třecí moment ložiska	$[N \cdot mm]$
T_0	Třecí síla	$[N]$
r	Poloměr rolny	$[mm]$
M_h	Hnací moment	$[N \cdot mm]$
ξ	Rameno valivého odporu	$[m]$
μ_T	Součinitel smykového tření	[1]
μ	Součinitel tření ložiska	[1]
X_0	Koeficient radiálního zatížení	[1]
Y_0	Koeficient axiálního zatížení	[1]
F_a	Axiální síla	$[N]$
F_r	Radiální síla	$[N]$
d_L	Průměr ložiska	$[mm]$
d_r	Průměr rolny	$[mm]$
v_v	Rychlost vozíku	$[m \cdot s^{-1}]$
$D_{\check{r}}$	Průměr řemenice	$[mm]$
$z_{\check{r}}$	Počet zubů řemenice	[1]
n	Otáčky řemenice	$[ot \cdot min^{-1}]$

P	Výkon na výstupu z převodovky	[W]
U_{el}	Napájecí napětí elektromotoru	[V]
P_{el}	Výkon elektromotoru	[W]
n_{el}	Otáčky motoru	[ot · min ⁻¹]
$n_{př}$	Výstupní otáčky	[ot · min ⁻¹]
$M_{př}$	Jmenovitý moment převodovky	[N · mm]
$i_{př}$	Převodový poměr převodovky	[1]
$M_{A(max)}$	Maximální ohybový moment působící na svar	[N · mm]
R_{eL}	Mez kluzu svarového materiálu	[N · mm ⁻²]
M_K	Klopný moment	[N · mm]
F_A	Axiální síla	[N]
i	Převodový poměr převodovky otoč. pohonu	[1]
n_{max}	Maximální otáčky převodovky otoč. pohonu	[ot · min ⁻¹]
$M_{p(min)}$	Krotící moment převodovky otoč. pohonu	[N · mm]
P_p	Požadovaný výkon motoru otoč. pohonu	[W]
M_{OS}	Ohybový moment ve vetknutí konzoly	[N · mm]
R_c	Síla působící na svar	[N]
a	Rozměr svaru	[mm]
SNÚ	Statically neurčitá úloha	

Seznam použité literatury

Internetové zdroje

- [1] EUR-Lex – Access to European Union law [online]. [cit. 2020-10-08]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1238&from=CS>
- [2] 2theta [online]. [cit. 2020-10-08]. Dostupné z: http://www.2theta.cz/uploads/Prospekty/Katalog_sondy_CZ2015.pdf
- [3] Vzorkovače na obilí a zrniny • Technologie úpravy zrnin • Siagra [online]. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: <https://www.siagra.cz/vzorkovace-na-obili-a-zrniny>
- [4] Vlhkoměr, Laboratorní přístroje, Vzorkování, Analýza potravin [online]. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: <http://www.mezos.cz/documents/Stork.pdf> - 8.11.2020
- [5] Grain Samplers » PROBES. Grain Samplers [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <https://grainsamplers.com/probes/>
- [6] Grain Samplers » STORK COMPACT. Grain Samplers [online]. [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <http://grainsamplers.com/stork-compact/>
- [7] Vzorkovač zrnin AUTO | vzorkovac.cz. [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: <https://www.vzorkovac.cz/cs/produkty/vzorkovac-zrnin-auto>

- [8] DV Srl | Enomeccanice e depurazione [online]. [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: https://www.dvsrl.com/wp-content/uploads/2019/05/STORK_grainsamplers.pdf
- [9] Grain Samplers » STORK RAIL. Grain Samplers [online]. [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <http://grainsamplers.com/stork-rail/>
- [10] Grain Samplers » STORK PRO. Grain Samplers [online]. [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <http://grainsamplers.com/stork-pro/>
- [11] Pneumatická doprava sypkých materiálů – DELFIN. Profesionální průmyslové vysavače DELFIN od firmy HABRA [online]. [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://delfin-vysavace.cz/pneumaticka-doprava-sypkych-materialu/>
- [12] PRŮMYSLOVÉ HADICE – Transportní [online]. [cit. 2020-11-25]. Dostupné z: <https://www.tubes-international.cz/wp-content/uploads/katalog-pdf-cz/prumyslove-hadice/hadice-pro-transport-pevnych-latek.pdf>
- [13] Sklápěcí návěsy MEILLER: Návěs pro tvrdé nasazení. [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <https://www.meiller.com/cz/vyrobky/sklapeci-naves/>
- [14] Maximální povolené rozměry a hmotnosti vozidel [online]. [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: https://www.dlprofi.cz/33/maximalni-povolene-rozmary-a-hmotnosti-vozidel-od-1-rijna-2018-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqG_M3vIh7acBZgAeeJnkcQ/?uri view type=5
- [15] Produkty – Řemeny – Ozubené – Ozubené metráže M – Upínací desky. PIKRON.cz – váš dodavatel řemenových pohonů a těsnění [online]. [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: <https://www.pikron.cz/produkty/remeny/ozubene/ozubene-metraze-m/upinaci-desky>
- [16] Feron online – Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem, EN 10219, |rozměr|90x50x3. Feron online [online]. [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25549/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-90x50x3>
- [17] Feron online – Ocelové lano 1-pramenné, DIN 3053, pozinkované, 19 drátů (1+6+12), |průměr|4,0. Feron online [online]. [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/30065/ocelove-lano-1-prammenne-din-3053-pozinkovane-19-dratu-1-6-12-prumer-4-0>
- [18] Příslušenství ocelových lan. Tedox s.r.o. – Dodavatel technického sortimentu [online]. [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.tedox.cz/prislusenstvi-ocelovych-lan>
- [19] Industry Mall – Siemens WW [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/>
- [20] Feron online – Plech válcovaný za studena k tváření za studena, EN 10131, |rozměr|3x1250x2500. Feron online [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25964/plech-valcovany-za-studena-k-tvareni-za-studena-en-10131-rozmer-3x1250x2500>
- [21] Svarové spoje. Spoje ocelových konstrukcí [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: <http://ocel.wz.cz/svarove-spoje/koutovy-svar.php>

- [22] Otočné pohony – Matis s.r.o.. Lineární vedení – Matis s.r.o. [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.matis.cz/cs/kategorie/otocne-pohony>
- [23] Série TE, IP65 ocelové, venkovní aplikace – Matis s.r.o.. Lineární vedení – Matis s.r.o. [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.matis.cz/cs/produkt/otocne-pro-venkovni-aplikace-ip-65-rada-te-ocelove>
- [24] Feron online - Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219, |rozměr|30x3. Feron online [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25471/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-30x3>
- [25] Feron online – Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem, EN 10219, |rozměr|120x60x3. Feron online [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/28632/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-120x60x3>
- [26] Feron online – Profil IPE válcovaný za tepla, DIN 1025-5, |IPE|120. Feron online [online]. [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/31267/profil-ipe-valcovany-za-tepla-din-1025-5-ipe-120>
- [27] Feron online - Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219, |rozměr|100x10. Feron online [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/44041/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-100x10>
- [28] Podklady pro vyuku predmetu Pruznost a pevnost I a II, EAN/EMCS a PLM [online]. [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: http://pruznost.unas.cz/PP_II_priklady.pdf
- [29] C-FIX – fischer international PLM [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.fischer-international.com/en/service/design-software-fixperience/c-fix>
- [30] FHB II-A L M10 x 95/10 A4 – fischer [online]. [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.fischer-cz.cz/cs-cz/vyroby/chemicke-kotvy/kotevni-sroub-pouzdro-s-vnitrim-zavitem/kotva-highbond-fhb-ii-a-l/97616-fhb-ii-a-l-m10-x-95-10-a4>
- [31] Feron online – Plech válcovaný za tepla, EN 10051, |rozměr|2x1000x2000. Feron online [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/27371/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-2x1000x2000>
- [32] ObchodProDilnu.cz. Pro firmy, řemeslníky i kutily, B2B i B2C / ObchodProDilnu.cz [online]. [cit. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.obchodprodilnu.cz/sroub-tex-din-7504kp-pozinkovany-samovrtny-do-kovu-se-sestihrannou-hlavou-a-epdm-podlozkou-2037.html>
- [36] ODBĚR VZORKŮ [online]. [cit. 2021-05-22]. Dostupné z: https://web.vscht.cz/~koplikr/1_Odb%c4%9br_vzork%c5%af.pdf

Knižní zdroje

- [33] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [34] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací*. Vyd. 3. V Praze: ČVUT, 2008.
- [35] MICHALEC, Jiří a kol. *Pružnost a pevnost I*. Praha: ČVUT, 2010

Seznam obrázků

Obr. 1.: Vzorkovací tyč na obilí a zrniny firmy Siagra [3]	2
Obr. 2.: Princip ručního odebrání vzorku [3]	3
Obr. 3.: Konstrukce sondy s jednoduchým sáním [5]	3
Obr. 4.: Princip jednoduchého sání [4]	3
Obr. 5.: Konstrukce sondy se zdvojeným sáním [5]	4
Obr. 6.: Princip zdvojeného sání [Zdroj:[4]]	4
Obr. 7.: Konstrukce sondy se spirálovým odběrem [5]	4
Obr. 8.: Princip spirálového odběru [4]	4
Obr. 9.: Sloupový vzorkovač firmy Stork [6]	5
Obr. 10.: Sloupový vzorkovač firmy Biopro [7]	5
Obr. 11.: Vzorkování z bulk kontejneru [8]	6
Obr. 12.: Mostový vzorkovač firmy Stork [9]	6
Obr. 13.: Portálový vzorkovač firmy Stork [10]	7
Obr. 14.: Pneumatický systém dopravy firmy Delfin [11]	8
Obr. 15.: Tlako-sací hadice ULVAC® [12]	8
Obr. 16.: Schéma vzorkovací stanice [7]	9
Obr. 17.: Hlavní rozměry návěsu [13]	10
Obr. 18.: Schéma vzorkování [36]	10
Obr. 19.: 1. Koncepční schéma vzorkovače [Vlastní zdroj]	11
Obr. 20.: Princip pohonu vozíku [15]	12
Obr. 21.: 2. Koncepční schéma vzorkovače [Vlastní zdroj]	13
Obr. 22.: Uvolněný nosník [Vlastní zdroj]	15
Obr. 23.: Průběh momentu na nosníku [Vlastní zdroj]	18
Obr. 24.: Zvolený profil ramene [Vlastní zdroj]	19
Obr. 25.: Zvolený profil lana [17]	19
Obr. 26.: Lanová očnice [18]	19
Obr. 27.: Lanový napínák [18]	19
Obr. 28.: Výpočtové schéma čepu [Vlastní zdroj]	20
Obr. 29.: Uvolnění rolny [Vlastní zdroj]	21
Obr. 30.: Konstrukce ramene [Vlastní zdroj]	24
Obr. 31.: Rozvin plechu vozíku [Vlastní zdroj]	26
Obr. 32.: Upínací deska [15]	26
Obr. 33.: Vozík pojíždějící po rameni [Vlastní zdroj]	27
Obr. 34.: Řez vozíkem [Vlastní zdroj]	27
Obr. 35.: Řešený svar na sloupu [Vlastní zdroj]	28
Obr. 36.: Diagram limitního zatížení otočného pohonu [23]	30
Obr. 37.: Otočný pohon [23]	30
Obr. 38.: Konstrukce ramene [Vlastní zdroj]	32
Obr. 39.: Konstrukce ramene 2 [Vlastní zdroj]	32

Obr. 40.: Posuzovaný model konzoly [Vlastní zdroj]	33
Obr. 41.: Schéma kotvení [29]	34
Obr. 42.: Řez osou kotvy [29]	35
Obr. 43.: Finální konstrukční řešení konzoly [Vlastní zdroj]	35

Seznam tabulek

Tab. 1.: Technické parametry návěsu	10
Tab. 2.: Pevně zadané proměnné v příloze 1	17
Tab. 3.: Volitelně zadané proměnné v příloze 1.	17
Tab. 4.: Vypočtené proměnné v příloze 1	17
Tab. 5.: Parametry otočného pohonu	30

Seznam příloh

Příloha 1...	MS Excel s výpočty
Příloha 2...	Výpočet koutového svaru na rameni v programu MITCalc
Příloha 3...	Výpočet koutového svaru konzoly v programu MITCalc
Příloha 4...	Výpočet kotvení
Příloha 5...	Sestavný výkres vzorkovače 1/2
Příloha 6...	Sestavný výkres vzorkovače 2/2
Příloha 7...	Kusovník k sestavnému výkresu
Příloha 8...	Výkres podsestavy axiálního pojištění řemenice
Příloha 9...	Vizualizace 3D modelu