



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
USTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE A INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ PRO AUTOMATICKÉ PLNĚNÍ KOTLE DŘEVEM S NAVRŽENÍM AUTOMATIZACE A REGULACE PŘÍKLÁDÁNÍ

DESIGN OF EQUIPMENT FOR AUTOMATIC FILLING THE BOILER WITH WOOD
DESIGNINGAUTOMATION AND CONTROL STOKING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ALEŠ POLÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR.

Ing. JIŘÍ DVOŘÁČEK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Aleš Polák

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Konstrukční inženýrství (2301T037)**

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

Konstrukce zařízení pro automatické plnění kotle dřevem s návrhem automatizace a regulace přikládání

v anglickém jazyce:

Design of equipment for automatic filling the boiler with wood designing automation and control stoking

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je vytvoření reálného prototypu zařízení pro automatické plnění kotle dřevem s návrhem automatizace přikládání se zásobníkem s těmito parametry: doba hoření 12 hodin, výkon kotle 25-30 kW.

Cíle diplomové práce:

Diplomová práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Konceptní řešení
5. Konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkres sestavení, funkční výrobek

Typ práce: konstrukční; Účel práce: výzkum a vývoj

Výstup práce: funkční vzorek; Projekt: Zakázka doplňkové činnosti (HS)

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 - 50 stran textu bez obrázků)

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2015.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

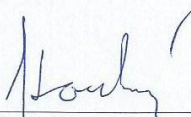
SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. Konstruování strojních součástí 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTUM, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D.

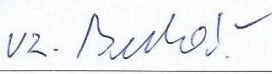
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21. 11. 2014



V.ř. 

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

V2. 

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem automatického příkládacího dopravníku na polena do spalovacího kotle za chodu. Práce popisuje v první části současné způsoby spalování kusového dřeva, proces hoření a možnosti detekování kouře. Druhá část je zaměřena na konstrukční návrh zařízení a popis realizace funkčního vzorku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Příkládací dopravník, dřevo, palivo, PLC, příkládání, kotel

ABSTRACT

This thesis describes the structural design of automatic stoking conveyor to log into the boiler during operation. The work described in the first part of the current methods of burning logs of wood, the combustion process and the possibility of smoke detecting. The second part focuses on the structural design of the device and a description of the implementation of functional sample.

KEY WORDS

Filling conveyor, wood, fuel, PLC, filling, boiler

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

POLÁK, A. *Konstrukce zařízení pro automatické plnění kotle dřevem s návrhem automatizace a regulace příkládání*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 71 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Konstrukce zařízení pro automatické plnění kotle dřevem s návržením automatizace a regulace přikládání* psal samostatně pod vedením ing. Jiřího Dvořáčka, Ph.D. s využitím uvedených zdrojů.

V Brně 22. Května 2015

.....
Bc. Aleš Polák

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat především vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Dvořáčkovi, Ph.D. za zodpovědné vedení, za čas, který mi věnoval, užitečné rady při tvorbě diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat vedení firmy APM engineering s.r.o. a zejména panu Ing. Vladimírovi Bařinovi za zadání projektu diplomové práce a pomoc při realizaci práce.

OBSAH

ÚVOD	12
2. SHRNU TÍ SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ ODBORNÉ PROBLEMATIKY	14
2.1 Přehled způsobů pro spalování dřeva	14
2.1.1 Krbové vložky	14
2.1.2 Kotle na dřevo	15
2.2 Automatické zásobníky pro spalování tuhých paliv	16
2.2.1 Automatické zásobníky pro přikládání kusového dřeva	17
2.4 Automatizace kotlů pro spalování tuhých paliv	18
2.4.1 Řízení spalování pomocí lambda sondy	18
2.4.2 Řízení spalování pomocí čidel teploty	18
2.5 Bezpečnostní prvky	19
2.5.1 Princip detekování vznikajícího požáru	19
2.5.2 Hlásiče požáru dle ČSN EN 54-7- kouřové hlásiče	20
2.5.4 Hlásiče požáru dle ČSN EN 54-10- hlásiče plamene	21
3. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	23
3.1 Cíle práce	23
3.1.1. Parametry zadání	24
3.1.2 Specifikace umístění zařízení v místnosti	25
3.1.3 Specifikace paliva	26
3.1.4 Specifikace maximálního zatížení od jednoho polena	26
3.1.5. Specifikace maximálního objemu zásobníku	27
3.1.6 Specifikace maximálního zatížení zásobníku palivem	28
3.1.7 Souhrn dílčích parametrů diplomové práce	28
4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	29
4.1. Koncepce zásobníku	29
4.1.1 Varianty uložení polen v zásobníku	29
4.1.2 Varianty pohonu pro posun polen v zásobníku	31
4.2 Koncepce separace polen ze zásobníku	33
4.2.1 Varianty separace polen	33
4.3 Koncepce transportu polen do kotle	34
4.3.1 Varianty pohonu polohování jezdce před zásobníkem	35
4.3.2 Varianty konstrukce pro transport polena do spalovací komory	37
4.4 Koncept zasunutí polena do spalovací komory	39
4.5 Otevírání dvířek kotle spalovací komory	42
4.6 Koncept řízení dopravníku a spalování	43
4.6.1 Varianty řídicí jednotky dopravníku	44
5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	46
5.1 Konstrukční řešení zásobníku	46
5.1.1 Dimenzování zásobníku	46
5.1.2 Návrh trapézového šroubu	46
5.1.3 Pevnostní analýza jezdce zásobníku	48
5.1.4 Volba pohonu zásobníku	50
5.2 Konstrukční řešení separace polen	53
5.2.1 Pevnostní analýza konstrukce příčného vedení	55

5. 3. Konstrukční řešení transportu do kotle	57
5.3.1 Návrh teleskopických výsuvů	57
5.3.2 Konstrukční řešení zasouvání polena do kotle	58
5.5.3 Zasouvací vidlice	60
5.4. Řídící automatizační část	60
6 DISKUZE	62
6.1 Cenové zhodnocení	62
6.2 Plán dalších prací	63
7. ZÁVĚR	64
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	68
Seznam použitých zkratk	68
Seznam použitých symbolů a veličin	68
10 SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK	69
Seznam obrázků	69
Seznam tabulek	70
12 SEZNAM PŘÍLOH	71

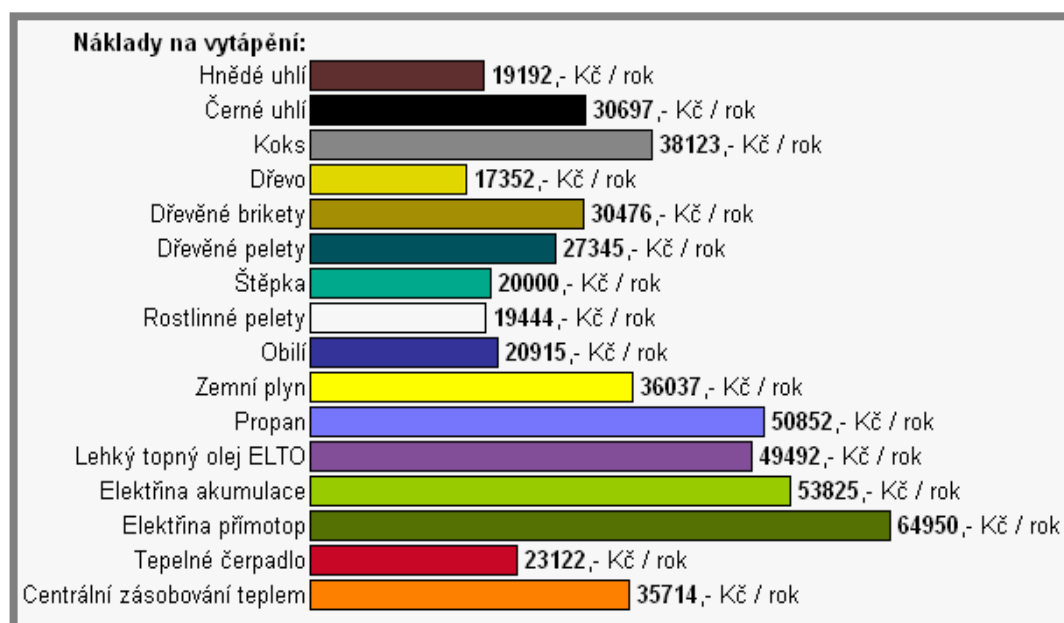
ÚVOD

Problematickou energetiky v nejrůznějších směrech se zabývá spousta vládních i soukromých organizací po celém světě. Existuje řada různých druhů energií, ale tou nejzákladnější je energie tepelná, která doprovází lidstvo už od prvopočátku. Po mnoha tisíciletích byli spalování tuhých paliv jediným možným zdrojem tepelné energie [8].

Využití spalování kusového dřeva, jako zdroje tepelné energie nejen k ohřevu užitkové vody, má řadu výhod i nevýhod. Se zaváděním plynovodu, elektrických kotlů a možností plně automatizovaného provozu konvertovala spousta lidí od vytápění dřevem nebo uhlím k fyzicky nenáročnému a „komfortnímu“ způsobu vytápění, u kterého uživatelé nemuseli neustále chodit přikládat a přitom mohli regulovat dobu ohřevu. Stačilo jednoduše zmáčkнуть tlačítko termostatu na stěně obývacího pokoje a platit faktury za plyn nebo elektřinu. Vytápění plynem a elektřinou se ovšem postupem času stalo bezkonkurenčně nejdražším způsobem vytápění. Současným trendem v oblasti vytápění je maximálně automatizovat nejlevnější způsoby vytápění. Jednotlivé možnosti vytápění a jejich ceny jsou závislé zejména na lokalitě a množství přírodních zdrojů, ze kterých se dá čerpat.

Následující srovnání cen vychází z odborných článků určených pro obyvatele české republiky. Pro ukázkou možnosti využití dřeva jako zdroje pro vytápění jsou srovnání uváděna na rodinném domě o spotřebě cca 100 GJ tepla za rok. Právě vytápění rodinných domů má největší potenciál pro využívání dřeva k otopu, zejména z důvodu možnosti uskladnění topiva během roku. Naopak pro vytápění jednotlivých bytů není dřevo ideálním zdrojem energie, zejména při možnostech hromadného rozvodu tepla.

Podle článku [1], zveřejněného v roce 2008, vychází dřevo na topení jako nejlevnější komodita na trhu, viz obr. 1-1. Vzhledem k neustále rostoucím cenám komfortních zdrojů (elektřina, plyn) nebude dnešní situace moc rozdílná. Jednotlivé ceny se mohou samozřejmě lišit individuálně podle lokace vytápěného domu. Například cena obilí bude nižší v nížinách s rozsáhlými lány obilovin oproti zalesněným horám, kde je zase levnější dřevo.



Obr. 1-1 Porovnání nákladů na vytápění RD o spotřebě 100GJ/rok v r 2008

Dřevo tedy patří mezi nejlevnější komodity na vytápění, které lze v České republice využít. Dalším důležitým faktorem, který ovlivňuje jednotlivé metody je komfortnost ovládání, možnosti automatizace a pořizovací náklady.

Cílem této diplomové práce je návrh konstrukce zařízení, které odstraní nevýhody z používání kusového dřeva pro vytápění, jakými jsou časté přikládání polen a regulace ohřevu. Předpokládaný výsledek diplomové práce tedy zařadí vytápění kusovým dřevem mezi automatizované provozy a skloubí tak levný zdroj energie s minimální fyzickou námahou na provoz. Výstupem práce bude konstrukční návrh jednoúčelového stroje obsahujícího zásobník na dřevěná polena a transportní mechanismus pro přepravu polen ze zásobníku do kotle. Dalším dílčím výstupem bude návrh automatiky ovládání stroje a regulace přikládání. Součástí výstupu diplomové práce bude také zhotovení funkčního vzorku zařízení.

2 SHRnutí SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ ODBORNÉ PROBLEMATIKY

Při návrhu konstrukce zásobníku nebo podávacího dopravníku je důležitá rozvaha, kde bude zařízení pracovat a jaké médium bude přepravovat nebo skladovat. Fyzikální a mechanické vlastnosti přepravovaného média se využívají při jeho transportu, nebo třeba selekci. V následujících kapitolách jsou uvedeny přehledy aktuálních metod spalování kusového dřeva, nástiny metod transportu různých paliv do spalovacích komor a ukázky přehled konstrukčních prvků, které byly použity při konstruování zařízení. Další část rešerše je věnována problematice řízení hoření.

2.1 Přehled způsobů pro spalování dřeva

Spalování kusového dřeva se dá využít jako zdroj tepla z ekonomického pohledu, ale hojně se využívá i dekorační prvek.

2.1.1 Krbové vložky

Krbové vložky slouží nejen jako zdroj tepla pro vytápění domů, ale plní také dekorační funkci. Jsou účelně umístěné v obytných prostorách, kde se mohou zazdít do stěny viz obr. 2-1, nebo mohou být volně stojící, poté mluvíme o tzv. krbových kamnech. Kamna se dělají v provedení volně stojícího litinového (ocelového) bloku viz obr. 2-2 nebo formou kachlových pecí. Výhodou oproti kotelnám je minimální tepelná ztráta na transportu ohřívaného média z neobývaných prostor. Krbové vložky využívají k ohřevu tepelného záření sálající (radiací) z ohně, ale dělají se i v provedení kdy se krbová vložka připojí na teplovodní okruh v domě, nebo je teplo rozváděno proděním vzduchu.



Obr. 2-1 Krbová vložka GLASGOW [11]



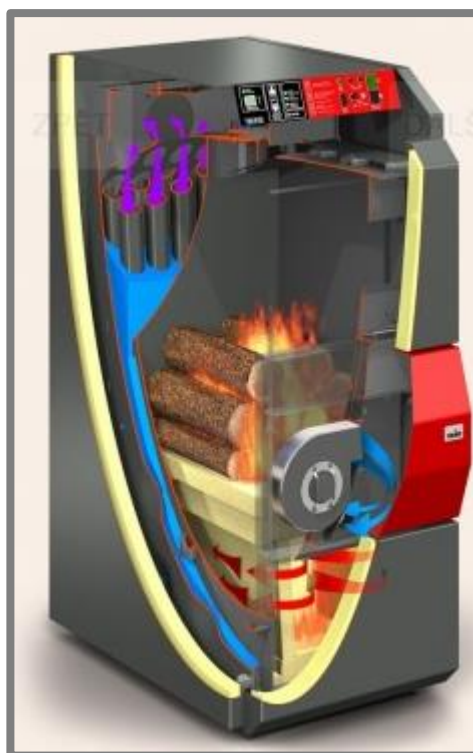
Obr. 2-2 Litinová kamna MUSGRAVES PRINCESS [12]

2.1.2 Kotle na dřevo

Kotle jsou určeny především k ohřevu média, které je dále rozváděno po vytápěných prostorách. Jedná se tedy o zařízení, které pracuje mimo obývané prostory a jsou na něj kladeny vyšší požadavky zejména ze strany výkonu a účelnosti, než je tomu tak u krbových vložek a kamen. Větší rodinné domy a energeticky náročnější prostory jsou z výkonnostního důvodu vytápěny především teplovodními kotli. Teplovodní kotel je tedy mnohem více rozšířená metoda pro vytápění, přestože neslouží jako krbová vložka i k dekoraci. Podle principu činnosti můžeme rozdělit kotle na kusové dřevo, na zplyňovací kotle a prohřívací kotle.

Zplyňovací kotel

U těchto kotlů ke zplynění paliva a k následnému ohřevu vodního výměníku dochází právě hořením těchto plynů. Není potřeba tak často přikládat jako u prohřívacího kotle. Touto metodou je možné získat vysokých účinností a zároveň produkovat méně škodlivých látek. Nevýhodou jsou vysoké požadavky na nízký obsah vody v palivu [13].



Obr. 2-3 Řez zplyňovacím kotlem [13]

Prohřívací kotel

U těchto kotlů dochází ke klasickému odhořívání dřeva na roštu. Kotle mají nižší účinnost než kotle zplyňovací, ale dá se v nich spalovat takřka jakýkoliv typ tuhého paliva, který nepropadne roštem a nejsou tak náchylné na obsah vody v palivu.

Pro návrh zásobníku a příkladacího dopravníku ke kotli na kusové dřevo je důležitá poloha otvoru na přikládání a rozměr spalovací komory. Velikosti otvoru jsou rozdílné dle výrobce a výkonu kotle (přibližně 200 x 300 mm), ovšem maximální délka polen (délka spalovací komory) je standardně dělena na délky 300, 500 a 700 mm.

Rozdělení kotlů podle polohy plnicího otvoru

Poloha plnicího otvoru u kotlů na tuhá paliva s ručním přikládáním se dělají v provedení čelního plnění, šikmého plnění a horního plnění [14].

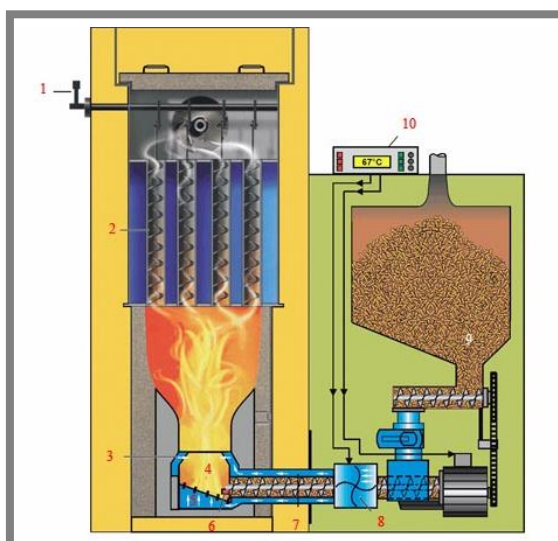


Obr. 2-4 Kotle s vrchním, šikmým a čelním plněním [14]

2.2 Automatické zásobníky pro spalování tuhých paliv

Současný trh nabízí celou řadu automatických spalovacích systémů. Nejčastějšími jsou automatizované kotle na uhlí, dřevní štěpku, pelety a obilí. Kotle na sypká paliva jsou dobře automatizovatelné, bývají často vybaveny samozápalem a mohou mít celosezónní zásobník, dokonce i automatické vysypávání popela.

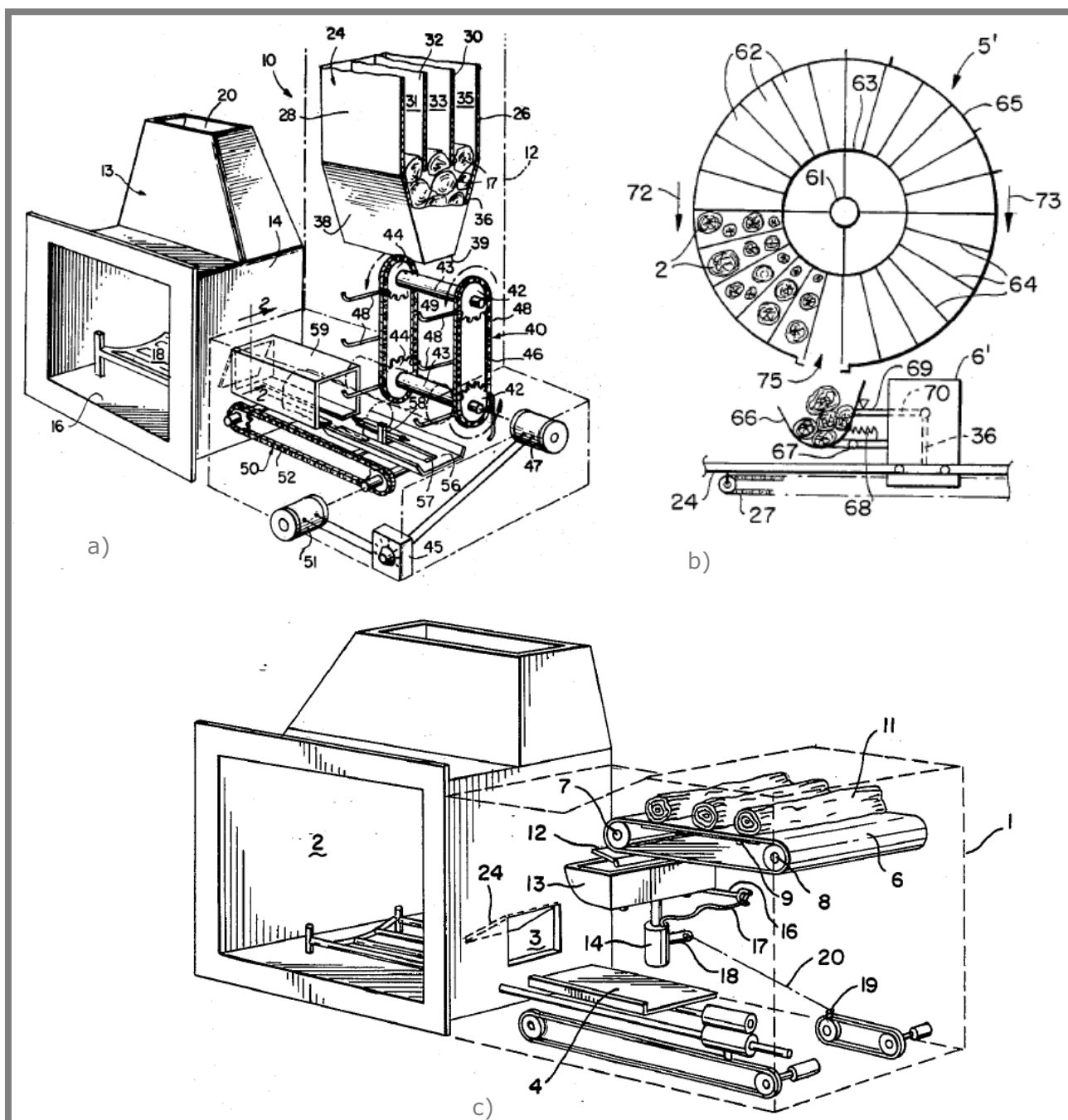
Nejčastějším konstrukčním řešením dopravy sypkého paliva do spalovacího prostoru je pomocí šnekového dopravníku viz obr. 2-5 [5]. Zásobník je připevněný buď na boku kotle anebo v jeho bezprostřední blízkosti. Šnekový dopravník přepravuje palivo ze zásobníku do hořáku, ve kterém palivo prohořívá a popel propadá do odpadu. Velikost šnekového podavače se liší podle dopravovaného paliva.



Obr. 2-5 Schéma kotle, hořáku a zásobníku na sypká paliva [5]

2.2.1 Automatické zásobníky pro přikládání kusového dřeva

V současnosti žádná firma nenabízí řešení automatického přikládání kusového dřeva do kotlů na tuhá paliva. Přesto již byly v 80-tých letech 20. století v Americe zaznamenány patenty zabývající se touto problematikou. Na následujících obrázcích jsou zobrazeny různá konstrukční řešení příkladacích dopravníků na kusové dřevo.

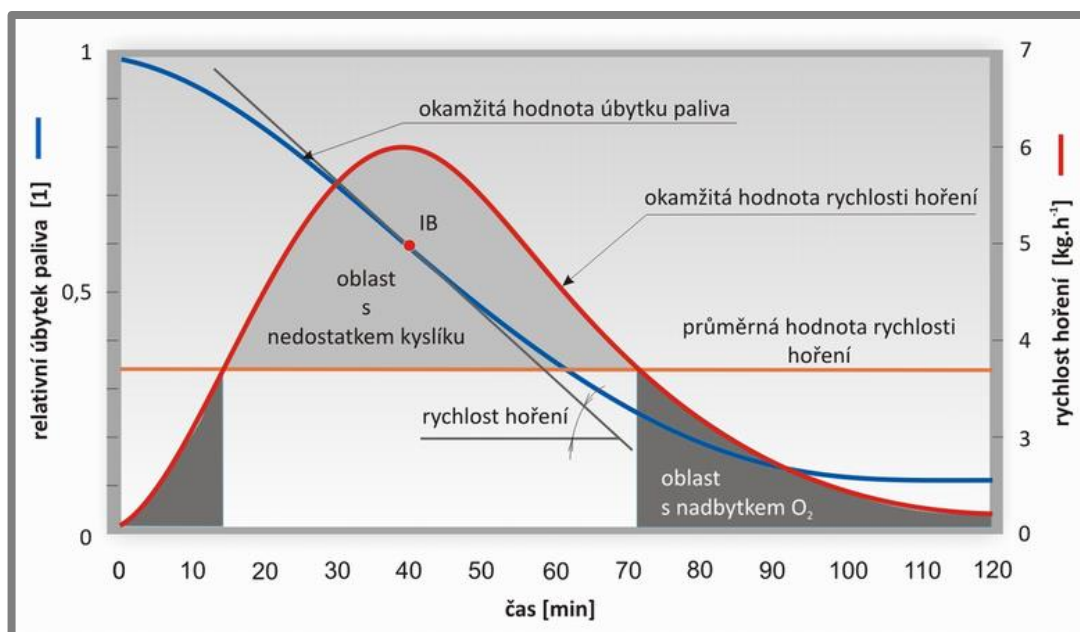


Obr. 2-6 Patentované příkladací dopravníky z 80. let 20. století

a) Jerry Manley[15], b) Francis Bouron [16], c) Joseph L. Landry [17]

2.4 Automatizace kotlů pro spalování tuhých paliv

Automatizace spalování kotlů slouží k nahrazení člověka v detekci poklesu intenzity hoření a vyvození požadavku na přiložení. Existují dva způsoby jak vyhodnotit dohořívající palivo a zajistit tak přísun nového paliva. Následující graf na obr. 2-7 zobrazuje závislosti rychlosti hoření na čase a zároveň úbytek paliva na čase. Právě intenzita hoření je závislá na množství paliva a obsahu kyslíku ve spalovací komoře. Na základě obsahu kyslíku se dá detekovat nedostatek paliva



Obr. 2-7 Proces hoření dřeva[22]

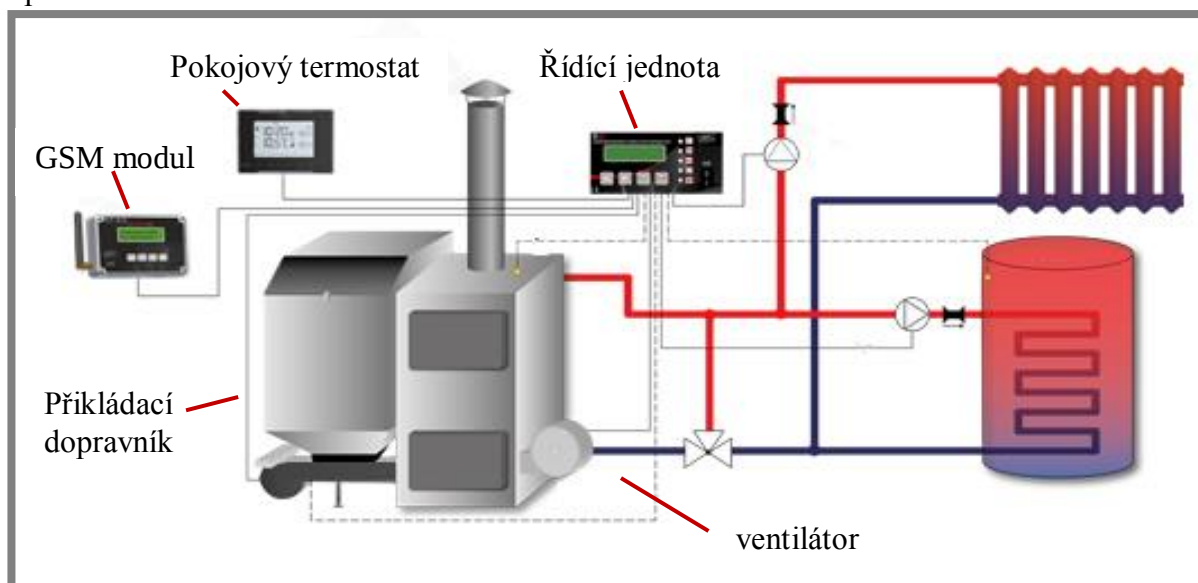
2.4.1 Řízení spalování pomocí lambda sondy

Lambda sonda je umístěna v komínovém vedení a pracuje na principu porovnávání hodnoty kyslíku vstupujícího do hoření a množství nespáleného kyslíku vystupujícího z komína. V případě, že lambda sonda detekuje zvýšení množství kyslíku ve spalínách, přidá více kyslíku na vstupu pro dokonalejší spalování. Pokud ovšem dále kyslík ve spalínách stoupá, vyhodnocuje řídicí jednotka tento scénář jako nedostatek paliva a dává pokyn podavači na přiložení. [20]

2.4.2 Řízení spalování pomocí čidel teploty

Další varianta řízení spalování je pomocí tepelných čidel umístěných na teplovodním okruhu před a za kotlem a teplotním čidlem spalín. Řídicí jednotka může využívat pro udržování teploty exteriérový termostat. Pokud teplotní čidlo zaznamená pokles teploty na ohřívané vodě vystupující z kotle, řádicí jednotka dá pokyn na zvýšení kyslíku do hoření. Pokud se teplota na výstupu nezvedá, řídicí jednotka dává pokyn přiřkladači paliva. V kombinaci s teplotním čidlem na vracejícím se okruhu vody do kotle řídicí jednotka nepotřebuje pokojový termostat a ze snížené teploty vracející se vody detekuje snížení teploty vzduchu v pokoji a automaticky zvyšuje teplotu vody na výstupu z kotle. Varianta bez pokojového termostatu se ovšem moc nepoužívá.[20].

Na obr. 2-8 je znázorněné schéma regulace spalování a oběhových čerpadel řízených jednotkou ST-37i, která má na starost spalování pomocí teplotních čidel [7]. Tato jednotka je primárně určená pro dávkování sypkého paliva pomocí šnekového podavače



Obr. 2-8 Schéma zapojení řídicí jednotky ST37i ke kotli s příkládacím dopravníkem [7]

Řízení spalování pomocí lambda sondy sebou nese nevýhodu v případě ukončení topení, kdy buď chceme nechat kotel dohořet, nebo dojde palivo v zásobníku. Řídicí jednotka neustále zvyšuje přísun vzduchu v domnění nárůstu teploty, ale bez paliva se pouze rozfoukává popel a ve výsledku se zanáší lambda sonda v komíně. Z tohoto důvodu je výhodnější použití variantu řízení spalování teplotními čidly.

2.5 Bezpečnostní prvky

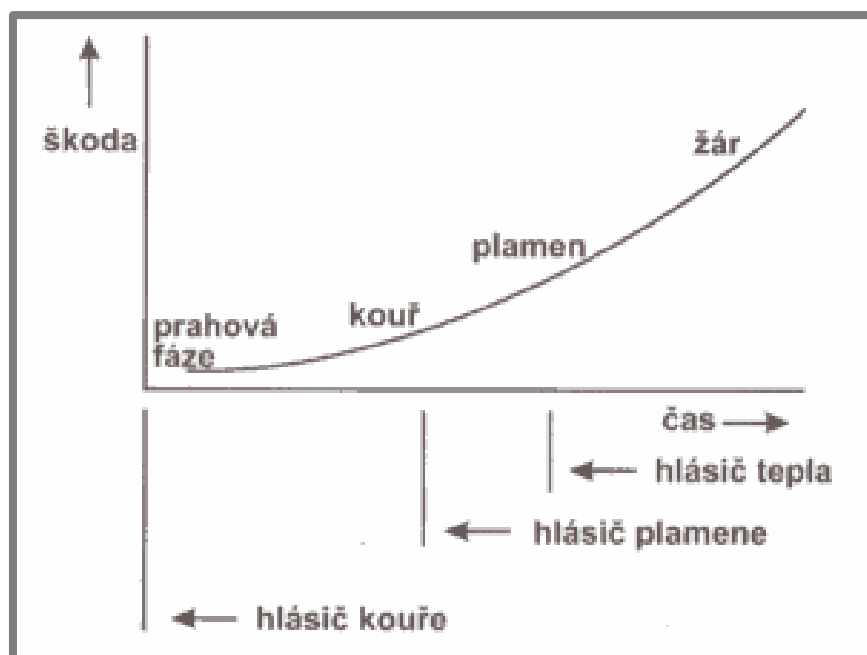
2.5

Vzhledem k charakteru konstrukce, která bude pracovat s otevřeným ohněm, je nutné předcházet nebezpečí vzniku nechtěného požáru. Externí zásobník s příkládacím zařízením bude dávkovat dřevo do spalovací komory a bude umístěn mimo kotel. Během příkládání tedy budou automaticky otevřena dvířka kotle. Může tedy nastat kolize, kdy se příkládané poleno vzpříčí v plnicím otvoru. Následně se nemohou zavřít dvířka kotle a vzniká tak nebezpečí zpětného prohoření a únik spalin do kotelny. Dovírání dvířek může být detekováno koncovými spínači, ovšem jako sekundární jištění proti vzniku požáru bude konstrukce vybavena autonomním hlásičem požáru.

2.5.1 Princip detekování vznikajícího požáru

2.5.1

Autonomní hlásiče detekující vznik požáru jsou zařízení, která po detekování jevu, ke kterému jsou určeny (kouř, plamen, teplota), spustí varovný zvukový signál popř. vysílají odpovídající signál do ohlašoven požáru. Detektory musí být podle normy ČSN EN 14604 autonomní. To znamená, že musejí být schopny provozu nezávisle na centrálním rozvodu elektrické energie minimálně 1 rok.[19].



Obr. 2-9 Vhodná detekce vznikajícího požáru v jednotlivých vývojových fázích [19]

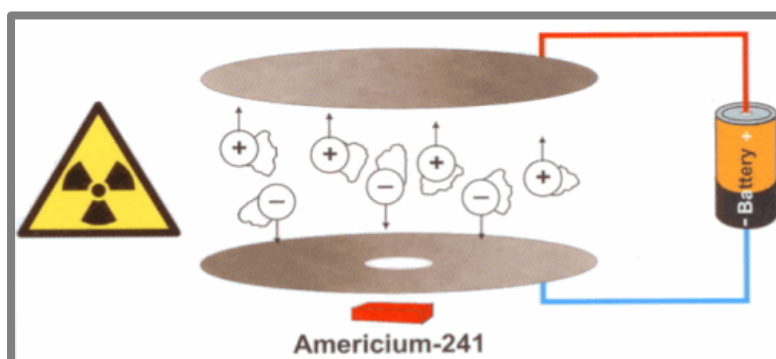
Typy detekcí v závislosti na vznikajícím požáru jsou zobrazeny na obr. 2-9. Na základě tohoto rozdělení budu dále rozebírat vlastnosti detektorů kouře a plamene, které budou zastoupeny v konstrukci zařízení pro automatické plnění kotle, které popisují v diplomové práci.

2.5.2 Hlásiče požáru dle ČSN EN 54-7- kouřové hlásiče

Kouřové hlásiče využívají pro detekci kouře rozptýleného světla, vysílaného světla nebo ionizaci.

Ionizační metoda detekce kouře

„Ionizační kouřové hlásiče využívají ionizační komoru a zdroj ionizační radiace k detekci kouře. Tento typ senzoru je obvykle nejvyužívanější z důvodu nízké ceny a lepší detekce menších částic kouře vznikajících při hoření. spolehlivým zdrojem pro ionizaci vzduchu nezbytných alfa částic. Konstrukce se skládá ze dvou elektrod, na něž je připojeno kladné a záporné napětí zdroje viz obr. 2-10.” [19].



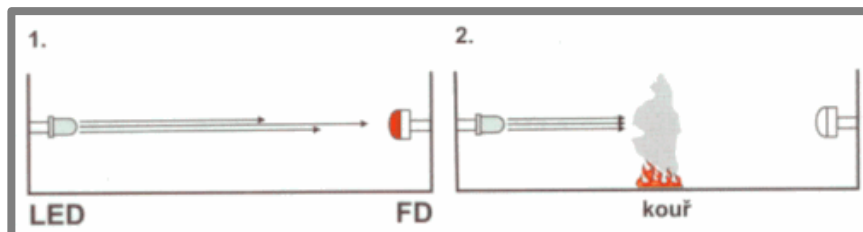
Obr. 2-10 Ionizační metoda detekce kouře[19]

Optické metody detekce kouře

Druhý nejpoužívanější způsob detekce kouře využívající světlo pracuje na jednom z následujících dvou principů.

- Blokování průchodu světla

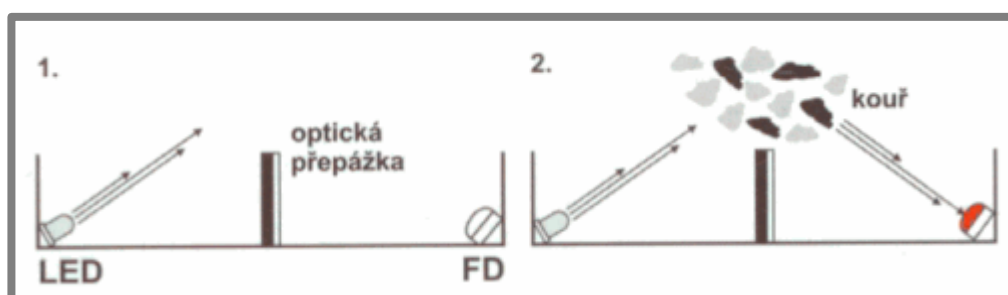
Princip spočívá v útlumu světelného paprsku mezi LED vysílačem a přijímačem – fotodiodou



Obr. 2-11 Schéma blokování průchodu světla kouřem [19]

- Odklon paprsku světla

Odklon paprsku, který je za klidového stavu nasměrován mimo - přijímač fotodiodu, odráží kouř do přijímače [19]. Tím je spínán signál viz. obr. 2-12



Obr. 2-12 Schéma odklonu paprsku světla kouřem [19]

Ionizační i optický princip detekce kouře jsou velmi efektivní a oba jsou využívány nejen v autonomních hlásičích kouře. Obecně však mají ionizační hlásiče kouře rychlejší odezvu na produkty hoření obsahující menší částice spalin, zatímco optický senzor reaguje rychleji na spaliny neboli kouř z doutnajících ohňů. U obou typů hlásičů kouře však může pára nebo vysoká vlhkost způsobit kondenzaci vody na deskách plošných spojů a snímačích, což může vyvolat falešné hlášení [19].

2.5.4 Hlásiče požáru dle ČSN EN 54-10- hlásiče plamene

2.5.4

Jedná se o hlásiče požáru reagující na záření vycházející z plamene. Podle spektrálního průběhu citlivosti se bodové hlásiče plamene ve smyslu ČSN EN 54-10 třídí na:

- **infračervené**, které reagují na vlnové délky větší než 850 nm
- **ultrafialové**, které reagují na vlnové délky menší než 300 nm
- **vícépásmové**, které reagují na matematickou nebo logickou kombinaci jednotlivých vlnových délek.

Citlivost hlásiče plamene se klasifikuje podle vzdálenosti od zkušební ohně [19].

- **Třída 1** - všechny vzorky reagují na 25 m a více
- **Třída 2** - všechny vzorky reagují na 17 m a více
- **Třída 3** - všechny vzorky reagují na 12 m a více

Hlásiče plamene, které reagují na infračervené nebo ultrafialové složky viditelného spektra plamene, jsou vhodné především do prostor, kde lze předpokládat intenzivní plamenné hoření reprezentované dostatečným světelným zářením

3. ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3

V předchozích kapitolách byly stručně shrnuty nejčastěji používané způsoby vytápění kusovým dřevem, možnosti automatizování kotlů na tuhá paliva a možnosti detekce kouře. Tento přehled slouží k optimálnímu výběru varianty pro konstrukci zařízení pro automatické plnění kotle kusovým dřevem, která bude zároveň vybavena protipožární ochranou.

Hlavní myšlenkou této diplomové práce je zmapovat možnosti využití kusového dřeva pro vytápění rodinných a bytových jednotek a navrhnou zařízení, které zvýhodní tento levný zdroj paliva vůči komfortním a bezobslužným, avšak finančně náročnějším metodám. Použití dřeva při vytápění je levnější, ale má řadu nevýhod, které ho limitují jako např. nedostatečná doba hoření během nepřítomnosti uživatelů (práce, spánek), vyšší pracnost při zpracování paliva atd. Cílem diplomové práce není odstranění všech nedostatků vytápění dřevem, ale zaměřit se zejména na snížení frekvence návštěv kotelny za účelem přiložení paliva do spalovací komory. Jedním z přímých cílů diplomové práce je zásobník o kapacitě paliva pro hoření na 12 hodin, který vychází právě z předpokládané nepřítomnosti uživatele.

Konstrukce zásobníku a podavače bude zaměřena na spalování kusového dřeva v kotlích s čelním plněním. Primárně bude určena pro kotle využívající odhořívající metodu, z důvodu nutnosti četnějšího přikládání paliva oproti kotli zplyňovacímu. Ovšem plnění obou variant kotlů jsou identická, takže může být konstrukce využita i zde za předpokladu použití jiné řídicí jednotky spalování. Čelní plnění kotlů je zvoleno z důvodů širší nabídky kotlů, a zároveň je tato metoda nakloněna k jednoduššímu konstrukčnímu řešení. Metoda uložení polen v zásobníku a transport do kotle by měly být navrženy s ohledem na případné budoucí použití v různých místnostech a pro různé prostorové dispozice. Předmětem diplomové práce je i zhotovení funkčního vzorku, tudíž bude návrh směřován pro konkrétní využití. Zařízení na přikládání do kotle dřevem je vyvíjeno pro konstrukční firmu APM engineering s.r.o., která podpořila projekt bezobslužné kotelny na dřevo a následně i zadání diplomové práce. Při návrhu byly řešeny jednotlivé požadavky na díly a komponenty se zástupci firmy a zároveň firma kladla řadu omezení, která se následně reflektovala v návrhu.

Konstrukce podobného zařízení není nikde prezentována komerčními firmami, takže se jedná spíše o koncepci s fyzickým výstupem, který bude následně podléhat testování v provozu pro ověření nebo vyvrácení konstrukčních předpokladů. Výsledky této práce mohou posloužit i jako podklad pro další vývoj v oblasti automaticky plněných kotlů.

3.1 Cíle práce

3.1

Cílem práce je konstrukční návrh a realizace příkladacího dopravníku ke konkrétnímu kotli na kusové dřevo obr. 3-1. Příkladací dopravník bude řízen vlastní řídicí jednotkou, která přiloží medium na základě impulsu z hlavní řídicí jednotky spalování. Řídicí jednotka spalování ovládá spalování a přikládání v závislosti na požadavcích z pokojového termostatu a teploty vody v soustavě. S ohledem na nebezpečí vzniku požáru budou v návrhu konstrukce zohledněny bezpečnostní prvky požáru a materiály konstrukce odolávající zvýšené teplotě v okolí kotle. Konkrétní parametry jsou uvedeny níže v následující kapitole.



Obr. 3-1 Kotel na kusové s přímým plněním

3.1.1. Parametry zadání

Předmětem zadání jsou následující hlavní parametry, ze kterých jsou následně odvozeny další parametry jako objem zásobníku nebo zatěžovací síly.

- Prohřívací kotel s čelním plněním o výkonu 25 kW, rozměry plnicího otvoru a spalovací komory jsou uvedeny na řezu modelem viz obr 3-2
- Velikost zásobníku pro dobu hoření 12 hodin
- Minimální zásah do konstrukce kotle
- Manipulační prostor před kotlem 700 mm

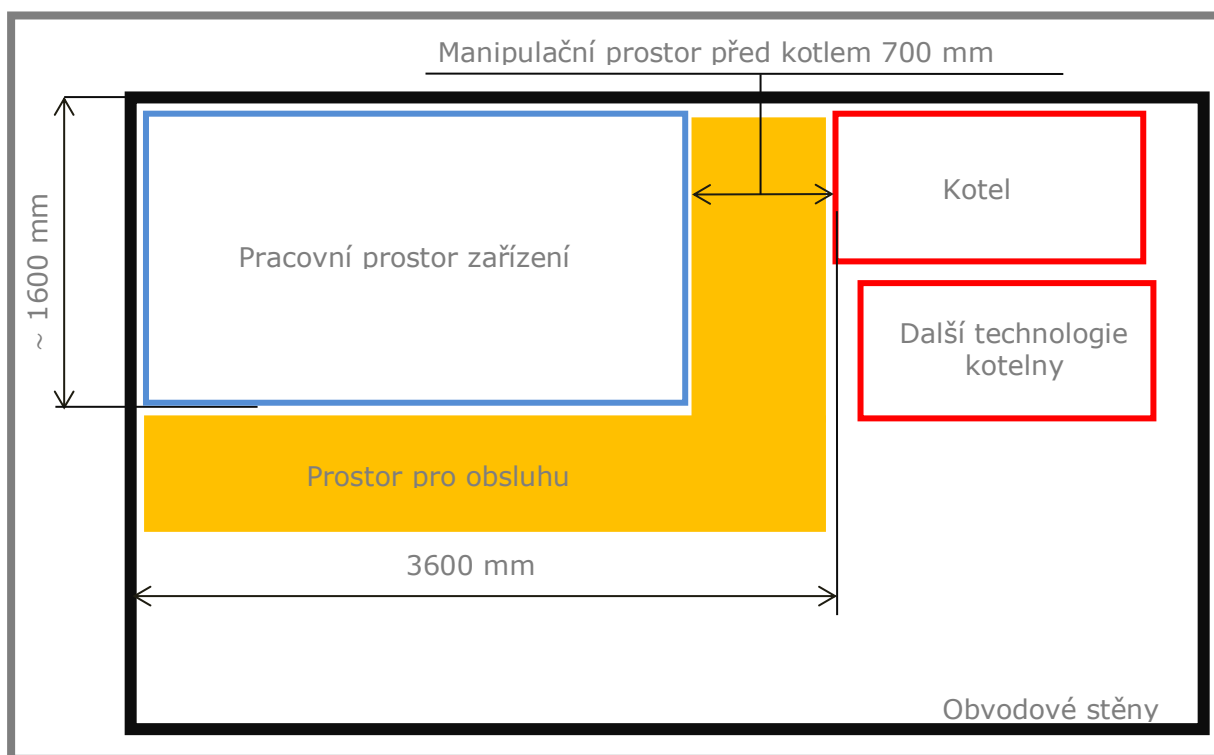


Obr. 3-2 Řez 3D modelu kotle a)čtvrtinový; b)poloviční

3.1.2 Specifikace umístění zařízení v místnosti

3.1.2

Diplomová práce je tvořena ve spolupráci s externí firmou a výstupem je mimo jiné funkční vzorek, který svými parametry musí odpovídat k výše specifikovanému zadání a konkrétnímu kotli. Zároveň bude ovšem nutné zohlednit v konstrukci zařízení prostorové dispozice realizace, ve kterých bude funkční vzorek umístěn a testován. Následující schéma na obr. 3-3 zobrazuje prostor pro realizaci příkladacího dopravníku a specifikuje maximální rozměry zařízení.



Obr. 3-3 Schéma prostorových dispozic v kotelně

3.1.3 Specifikace paliva

Základním parametrem pro vývoj každého dopravníku je medium, které bude přepravovat. V tomto případě se jedná o tvarově částečně nehomogenní špalky dřeva. Základním předpokladem pro návrh metody uskladnění dřeva v zásobníku a jeho následný transport jsou rovná čela vzniklá po dělení. Pro následný návrh celého zařízení je tedy určeno poleno o maximálních rozměrech a maximální hmotnosti při použití tvrdého dřeva (pro výpočet je použita hustota dubu). Maximální rozměry vychází z rozměrů příkladacího otvoru a délky spalovací komory, od kterých byly odečteny přídavky z důvodu vzpříčení v plnicím otvoru. Maximální rozměry jsou uvedeny v tabulce 3-1. Minimální rozměry nejsou ničím limitovány a nemají vliv na konstrukci, přesto však mohou mít velice zásadní vliv jak na funkčnost zařízení, tak i případné zaseknutí, propadnutí atd. Minimální popř. limitní rozměr polena se nedá s určitostí predikovat, stejně tak jako chování. Proto minimální rozměry budou určeny až na základě empirického testování a případně specifikovány v manuálu.

Tab. 3-1 Maximální rozměry polena

Výška - v_p [mm]	Šířka- $š_p$ [mm]	Délka- d_p [mm]
170	200	400

3.1.4 Specifikace maximálního zatížení od jednoho polena

Následným výpočtem je specifikována maximální síla, která je dále použita ve výpočtech zatěžování, v pevnostních analýzách a návrhu zásobníku.

$$V_p = v_p \cdot \check{s}_p \cdot d_p$$

$$V_p = 170 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm}$$

$$V_p = 0,0136 \text{ m}^3$$

kde:

V_p	[m ³]	objem maximálního polena
v_p	[mm]	výška maximálního polena
$\check{s}_p$	[mm]	šířka maximálního polena
d_p	[mm]	délka maximálního polena

Z vypočteného objemu jednoho polena je vypočtena maximální síla vznikající od jednoho polena:

$$F_p = m_p \cdot g$$

$$F_p = V_p \cdot \rho_{dub} \cdot g$$

$$F_p = 0,0136 \text{ m}^3 \cdot 720 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \text{ ms}^{-2}$$

$$F_p = 95 \text{ N} \cong 100 \text{ N}$$

kde:

F_p	[N]	zatížení od jednoho polena
V_p	[m ³]	objem maximálního polena
m_p	[kg]	hmotnost od maximálního polena
ρ_{dub}	[kg/m ³]	hustota dubového dřeva [21]
g	[ms ⁻²]	tíhové zrychlení

3.1.5. Specifikace maximálního objemu zásobníku

3.1.5

Maximální objem zásobníku určuje objem paliva, které zajistí hoření kotle při výkonu 25kW na 12 hodin. Spotřeba kotle závisí mimo jiné na výkonu kotle a je určena v hmotnosti paliva. To znamená, že pro výpočet objemu je důležité počítat se dřevem měkkým, kterého bude zapotřebí více na rozdíl od dřeva tvrdému. V případě kotle uvedeného v diplomové práci se jedná o spotřebu přibližně 5kg/hodinu. Tuto hodnotu jsem určil podle podobných kotlů [29]. Jako zástupce měkkého dřeva je vybrán smrk přírodně vysušený na vzduchu. Potřebná hmotnost paliva je tedy:

$$m_{pal} = t_k \cdot q_k$$

$$m_{pal} = 12 \text{ hod} \cdot 5 \text{ kg/hod}$$

$$m_{pal} = 60 \text{ kg}$$

kde:

m_{pal}	[kg]	jmenovitá hmotnost paliva v zásobníku
t_k	[hod]	doba hoření
q_k	[kg/hod]	spotřeba paliva kotle

Maximální objem je dále vypočítán s použitím hustoty pro měkké dřevo:

$$V_z = \frac{m_{pal}}{\rho_{smrk}}$$

$$V_z = \frac{60 \text{ kg}}{460 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_z = 0,13 \text{ m}^3$$

kde:

m_{pal}	[kg]	jmenovitá hmotnost paliva v zásobníku
V_z	[m ³]	objem zásobníku
ρ_{smrk}	[kg/m ³]	objem smrkového dřeva

3.1.6 Specifikace maximálního zatížení zásobníku palivem

Pro výpočet zatížení zásobníku a dalších komponent jako např. pohony, se musí předpokládat maximální možný případ. Tedy předpoklad, že bude celý objem zásobníku zaplněn tvrdým dřevem. Výpočet maximálního zatížení plného zásobníku je:

$$F_{pal} = V_z \cdot \rho_{dub} \cdot g$$

$$F_{pal} = 0,13 \cdot 720 \cdot 9,8$$

$$F_{pal} = 917,28\text{N} \cong 1000\text{N}$$

kde:

V_z	[m ³]	objem zásobníku
ρ_{dub}	[kg/m ³]	hustota dubového dřeva [21]
G	[ms ⁻²]	tíhové zrychlení
F_{pal}	[n]	zatěžující síla od paliva v zásobníku

3.1.7 Souhrn dílčích parametrů diplomové práce

Tab. 3-2 Souhrn dílčích parametrů diplomové práce

Výkon kotle	25kW
Max. rozměry polena	170 x 200 x 400 mm
Max. hmotnost polena	10,2 Kg
Max. silové zatížení od jednoho polena	100 N
Max. silové zatížení zásobníku	1000N
Objem zásobníku	0,13 m ³
Požadovaná doba hoření kotle	12 hod
Manipulační prostor před kotlem	700 mm

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

4

Při řešení diplomové práce jsou použity logické metody. Konkrétně je aplikována metoda analýzy a syntézy. Při konstrukčním návrhu bude práce rozdělena na jednotlivé elementární prvky celku, které budou řešeny individuálně. V prvním kroku bude řešena konstrukce zásobníku, dále konstrukce separace polen a následně transport jednotlivých polen do kotle. Dále se budu zabývat automatizací dopravníku, ovládáním pohonů dopravníku a návrhem řídicí jednotky pro spalování, která bude mimo jiné zajišťovat přiložení do kotle. V praktické části použiji metody syntézy, jelikož využiji analytické poznatky ke tvorbě reálného zařízení.

4.1. Koncepce zásobníku

4.1

Při navrhování zásobníku je důležité vzít v úvahu nehomogenitu tvaru jednotlivých polen a předpokládat jejich chování při pohybu v zásobníku a při následném transportu do kotle. Od zadavatele je nastaven i požadavek na minimální zásah do konstrukce kotle, čímž se rozumí odřezání spodní části kotle a posazení na základnu dopravníku. Tyto velké zásahy jsou běžné například u dopravníků pro sypká paliva, ovšem při spalování dřeva může být konstrukce kotle složitější anebo by umístění nemuselo být konstrukčně reálné. Touto cestou by se i výrazně snížila variabilita navrhovaného dopravníku. Výsledná varianta konstrukce zásobníku by tedy měla být externí. Následně by se mělo poleno pro přiložení individuálně přesunout do spalovací komory, nejlépe původním plnicím otvorem.

Na základě rešeršní části byly zvoleny možné varianty uložení polen v zásobníku a další varianty pro následnou manipulaci při separování polen. Varianty jsou popsány v následujících kapitolách.

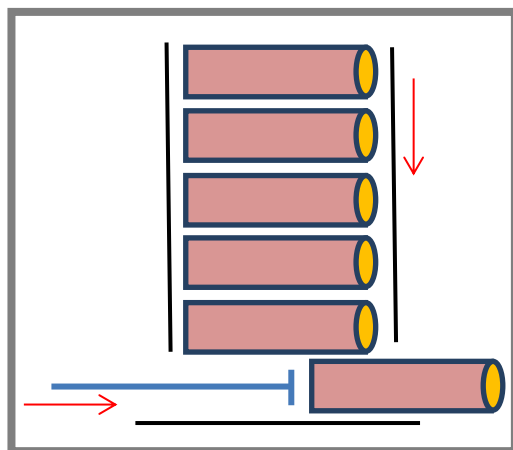
4.1.1 Varianty uložení polen v zásobníku

4.1.1

Na základě rešerše zásobníků byly zvoleny dvě možné varianty uložení polen v zásobníku. Varianta vertikálního uložení s gravitačním vyprazdňováním zásobníku a horizontální umístěním s gravitačním separováním polen.

Varianta A-vertikální uložení polen.

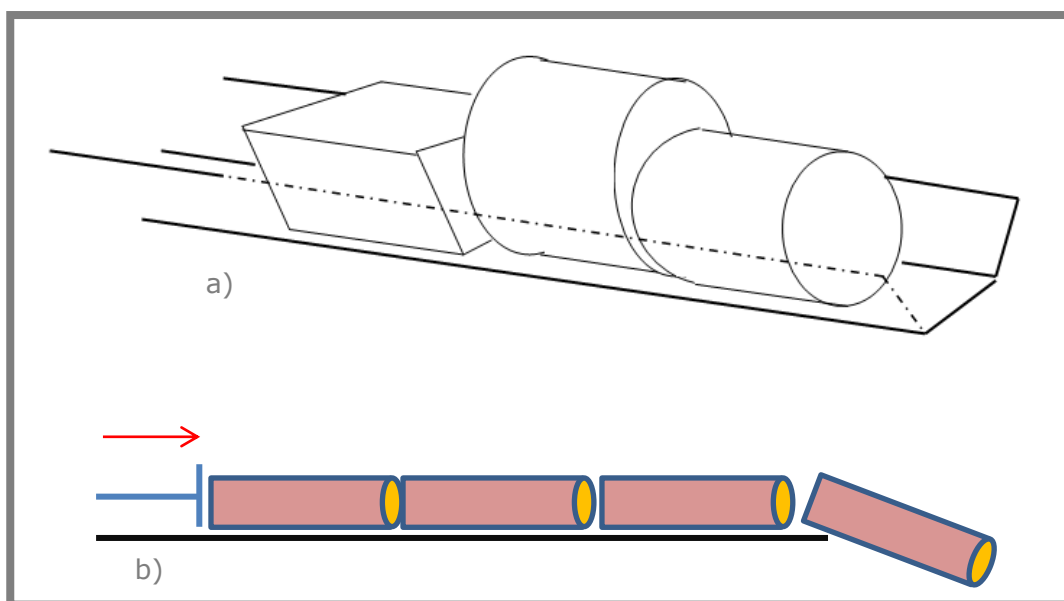
První varianta znázorněná na obr. 4-1 vychází z uložení polen vertikálně na sobě. Tato varianta má velkou výhodu ve velikosti zásobníku a prostoru, který zabírá. Takových zásobníků může být umístěno i více vedle sebe. Nevýhodou tohoto řešení se jeví problém se zasekáváním polen v zásobníku a jejich následné oddělování vzhledem k jejich tvaru. Tento způsob by mohl být použit například při použití briket pro přikládání. Toto palivo má normovaný tvar a dá se tedy velice dobře predikovat jeho chování. Pro použití kusového dřeva tento způsob vhodný není.



Obr. 4-1 Schéma vertikálně uložených polen

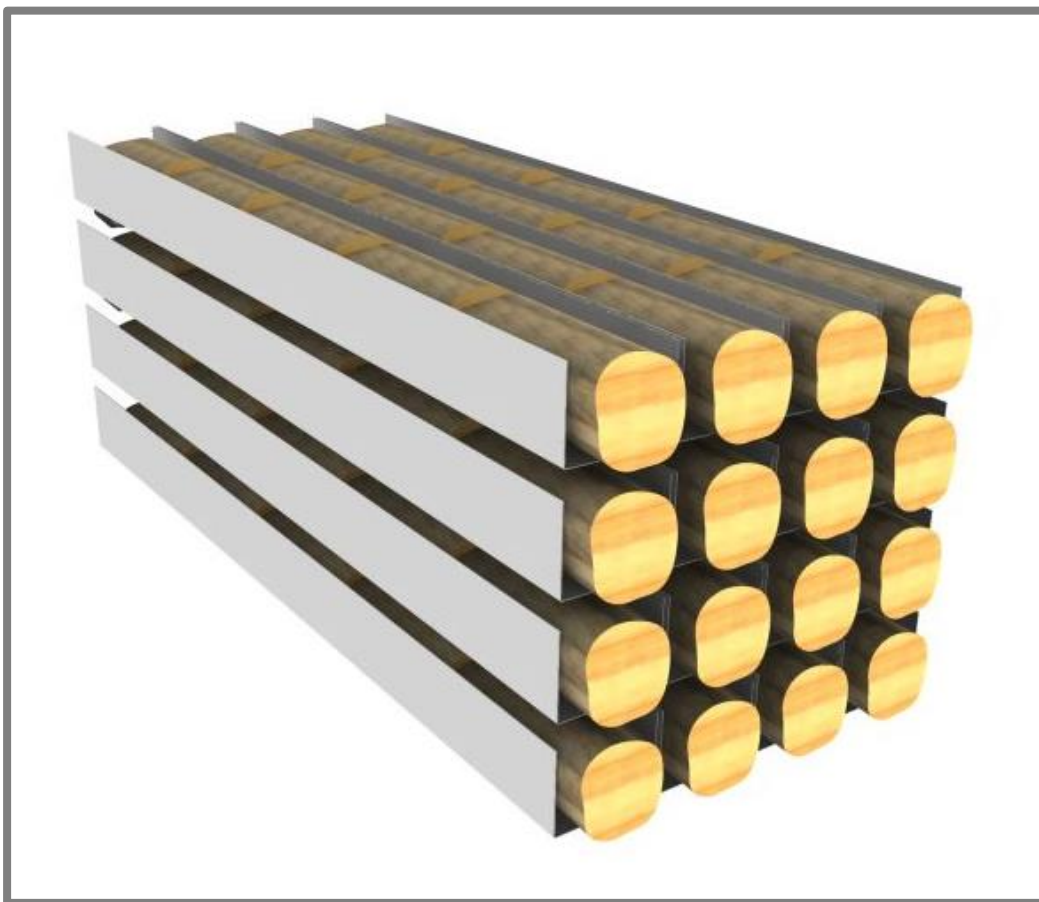
Varianta B- Horizontální uložení polen

Uložení polen v zásobníku a jejich následná manipulace je znázorněna na obr. 4.2 b). Jedná se o uložení polen za sebou. Kusové dřevo může být velice různorodé a každý kuse je originální. Jedinou částí, kterou mají polena stejnou, jsou rovná místa řezů. Tato vlastnost se dá využít pro uložení za sebou v dráze válcového, čtvercového nebo lichoběžníkového tvaru viz obr. 4-2 a).



Obr. 4-2 a) Schéma uložení polen různých tvarů v lichoběžníkové dráze; b) horizontální uložení polen

Nevýhodou vertikálně ložených polen je prostorová náročnost zařízení v místnosti. Tato varianta má ovšem výhodu v možnosti expandování zásobníku ve formě další dráhy umístěné vedle původní a případně i nad ní viz obr. 4-3. Další variabilita vzniká upravováním délky dráhy. Tyto vlastnosti společně s mnohem menším rizikem zaseknutí polen v zásobníku staví tuto variantu do popředí, a proto byla ve výsledku zvolena. Při použití této varianty bylo třeba dále specifikovat způsob pohonu pro manipulaci s poleny v zásobníku, viz následující kapitola.



Obr. 4-3 Koncept zásobníku na kusové dřevo

4.1.2 Varianty pohonu pro posun polen v zásobníku

4.1.2

Charakter pohybu polen v korýtkové dráze je lineárně přímočarý, takže se následující varianty liší v použití pohonu a v kombinaci s mechanismem vhodným pro daný pohyb. Specifickým kritériem pro volbu pohonu je pohon na elektrické bázi. Pro jednoduchost zařízení nejsou do variant řešení pohonu zahrnuty hydraulické nebo pneumatické prvky.

Varianta A- Elektrické lineární pohony

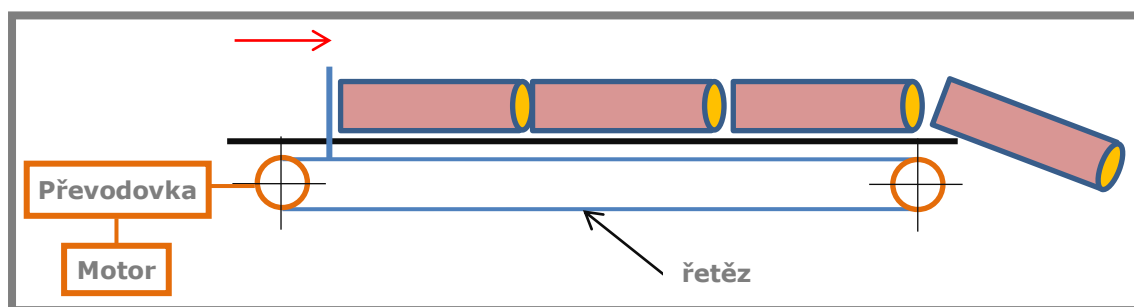
Vzhledem k charakteristickým pohybům se nabízí jako ideální pohonná jednotka tzv. elektrický lineární pohon. Jedná se o elektrický pohon, kde pohyb vzniká pohybem magnetické tyče na základě elektromagnetické síly [18]. Tyto pohony jsou poměrně hojně rozšířené a prodávají se v různých provedeních. První varianta viz obr. 4-4 zobrazuje sestavu jezdec a magnetické tyče. Použití této sestavy by se dalo aplikovat pře pevně uložené magnetické tyči, po které by se pohyboval jezdec. Tento způsob dokonce nabízí vlastního odměřování a získává zpětnou vazbou informaci o poloze jezdce. Varianta lineárních elektrických pohonů je ovšem velice drahá a tím téměř nepoužitelná pro tuto konstrukci.



Obr. 4-4 Elektrický lineární pohon s pohyblivou magnetickou tyčí [18]

Varianta B- Rotační motor s řetězovým pojezdem

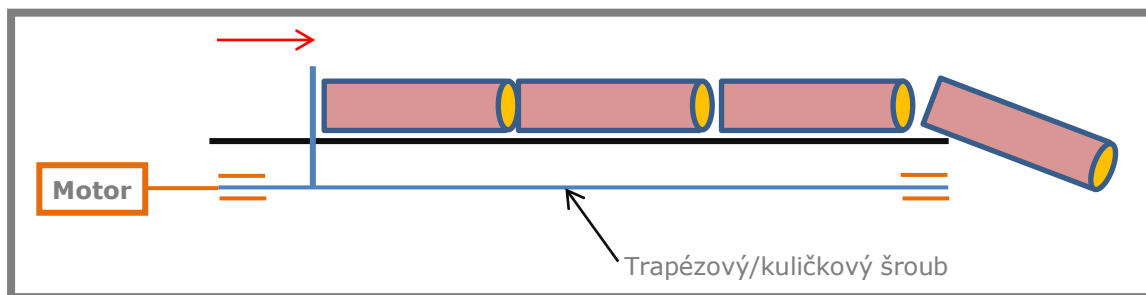
Další varianta popisuje možnost využití řetězové dráhy, ke které je připevněný jezdec. Tento jezdec před sebou tlačí polena do separační části. Řešení pohybu přes řetězový pojezd má řadu výhod, jako například vysokou únosnost řetězu při malých rozměrech, dále je to určitě nízká pořizovací cena řetězu. Nevýhodou tohoto pojezdu je však nutnost použít převodovku, nebo silný motor při zapojení bez převodovky.



Obr. 4-5 Schéma horizontálně uložených polen s řetězovým pojezdem

Varianta C- Rotační motor v kombinaci s trapézovým/kuličkovým šroubem

Poslední varianta, která přichází v úvahu, je kombinace rotačního pohonu spřaženého s trapézovým nebo kuličkovým pohybovým šroubem. U této varianty je šroub uložený v ložiskových domcích na krajích a jezdec se po něm pohybuje lineárně přes trapézovou matici. Při použití této metody není zapotřebí používat převodovku, jelikož trapézový nebo kuličkový šroub svým způsobem plní funkci převodovky. Není tedy zapotřebí vysokého krouticího momentu na otáčení šroubem pro získání lineárního posuvu s dostatečným výkonem. Při srovnání výhod a nevýhod mezi kuličkovým a trapézovým šroubem se jedná zejména o cenu a přesnost pohybu. Trapézové šrouby jsou levnější než kuličkové šrouby ovšem v porovnání s přesností jsou kuličkové šrouby výhodnější. V případě použití této technologie při posuvu polen v zásobníku není zapotřebí vysoké přesnosti, takže se trapézové šrouby jeví jako ideální varianta.



Obr. 4-6 Schéma horizontálně uložených polen s trapézový/kuličkovým pojezdem

Současný trh nabízí celou řadu řešení v oblasti lineární techniky a určitě by se daly aplikovat různé systémy. Často se jedná o dutý profil, ve kterém je umístěná pohonná část (řemen, řetěz, trapézový/kuličkový šroub) a na povrchu je situovaný jezdec. Profil zároveň plní funkci vedení pro jezdce. Tato lineární technika by byla velice vhodnou variantou, avšak se jedná o drahá zařízení. Takže na základě výše uvedených variant byla zvolena varianta C, konkrétně provedení s trapézovým šroubem. Trapézový šroub slouží pro pohon, tudíž bude nutné doplnit pojezd o vodící vedení.

4.2 Koncepce separace polen ze zásobníku

4.2

Druhá část konceptu zařízení je zaměřena na oddělování jednotlivých polen od sebe ze zásobníku. Při ručním přikládání zajišťuje tuto práci člověk, kdy ručně přenesl palivo z naskládané hromady dřeva. Při strojní separaci a transportu je třeba využít některé fyzikální vlastnosti a případně automatizační techniku. V následujících kapitolách jsou uvedeny možné varianty realizace separátoru a jeho konstrukce.

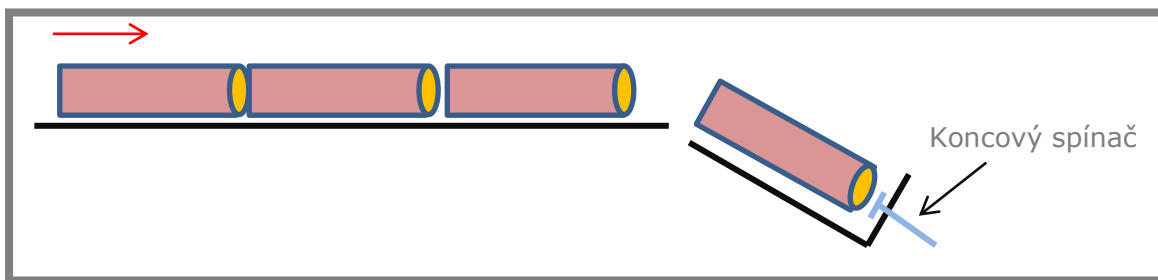
4.2.1 Varianty separace polen

4.2.1

Koncept separace polen vychází ze zvolené varianty zásobníku pro horizontální uložení polen. Cílem separátoru je zachytit poleno ze zásobníku a dostat je do horizontální polohy před kotel.

Varianta A- gravitační metoda

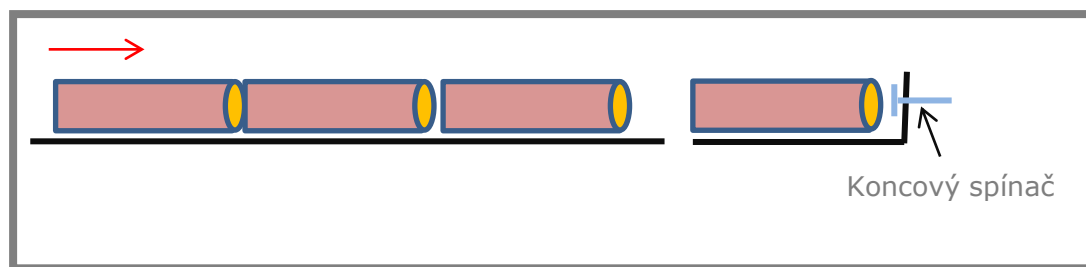
Tato metoda využívá kinetickou energii volně vypadávajícího polena ze zásobníku do separátoru. Po dopadu polena je zásobník zastaven koncovým snímačem. Touto metodou je zaručeno separování polen bez ohledu na délku polen. Nevýhodou je volný pád polena, což může způsobovat rázy. Schematicky je varianta A znázorněna na obr. 4-7.



Obr. 4-7 Schéma gravitační separace

Varianta B- horizontální separace polen

Horizontální řešení separace je prakticky stejné jako u gravitační metody. Poleno je vytlačeno do separátoru, ale nepadá samovolně do připravené kapsy, nýbrž je stále ve vodorovné poloze. Opět je na konci umístěn koncový spínač, který zastavuje pohon zásobníku. Schematický je tato varianta zobrazena na obr. 4-8. Velkou nevýhodou je nebezpečí zaseknutí polena při použití různých délek polen. Tato varianta separace by byla vhodná u použití briket se standardizovanou délkou.



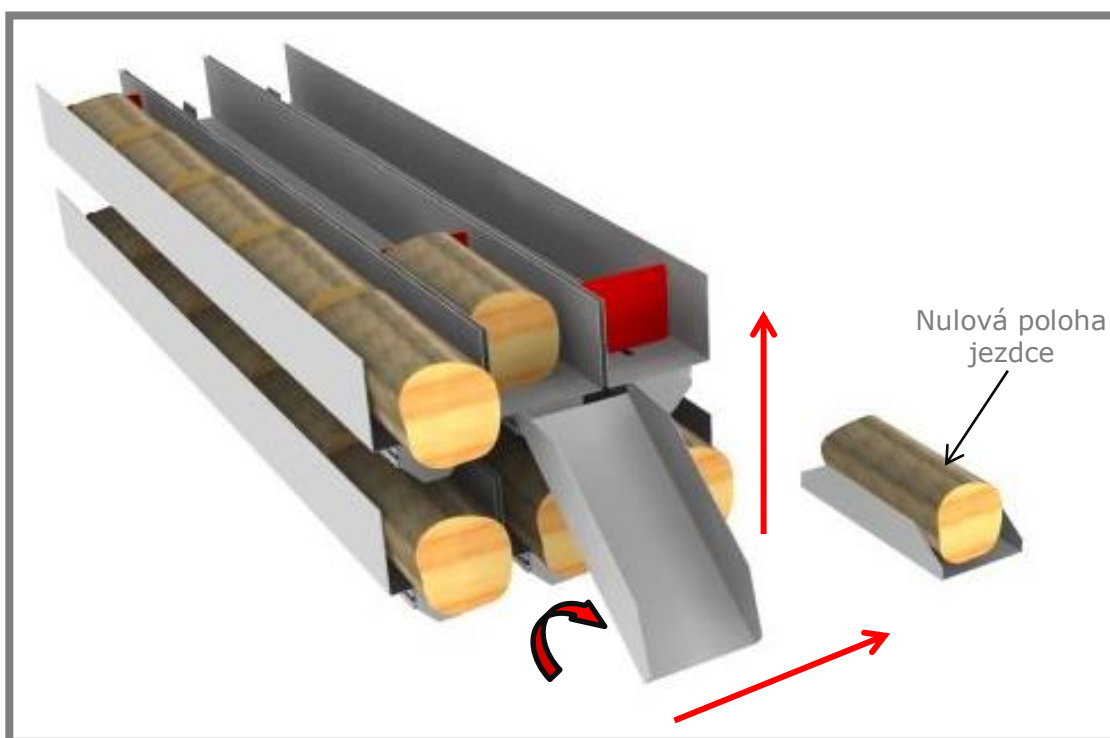
Obr. 4-8 Schéma horizontální separace polen

Jako optimální volba byla vybraná varianta A –gravitační metoda. Touto metodou je zaručeno správné selektování polen.

4.3 Koncepte transportu polen do kotle

Další dílčí částí koncepčního návrhu je samotný transport polena ze zásobníku do kotle. Jednou z možných variant je bezpochyby pevné spojení zásobníku nebo separační části s kotlem. Tím by ovšem nebyla splněna podmínka minimálních zásahů do konstrukce kotle a manipulačního prostoru před kotlem. Bylo tedy třeba zapotřebí stanovit metodu, jak zasunout poleno do plnicího otvoru bez vzpříčení tak, aby transportní mechanismus opustil spalovací komoru i prostor před kotlem. Další důležitou částí je včasné otevření nebo zavření dvířek spalovací komory.

V případě použití konceptu zásobníku z kapitoly 4.1.2 v kombinaci se separátorem, je zapotřebí polohovat před každou dráhu zásobníku jezdce, který zachytne vypadávající poleno z dané dráhy a následně jej přemístí do polohy, odkud bude dále posunováno do spalovací komory. Vzhledem k charakteru zásobníku se jedná o pohyb jezdce ve dvou směrech a jeho naklápění. Na následujícím obr. 4-9 je znázorněn koncept pohybu jezdce před zásobníkem a poloha jezdce v nulové pozici pro transport polena do kotle.



Obr. 4-9 Konceptní řešení polohování jezdce před zásobníkem

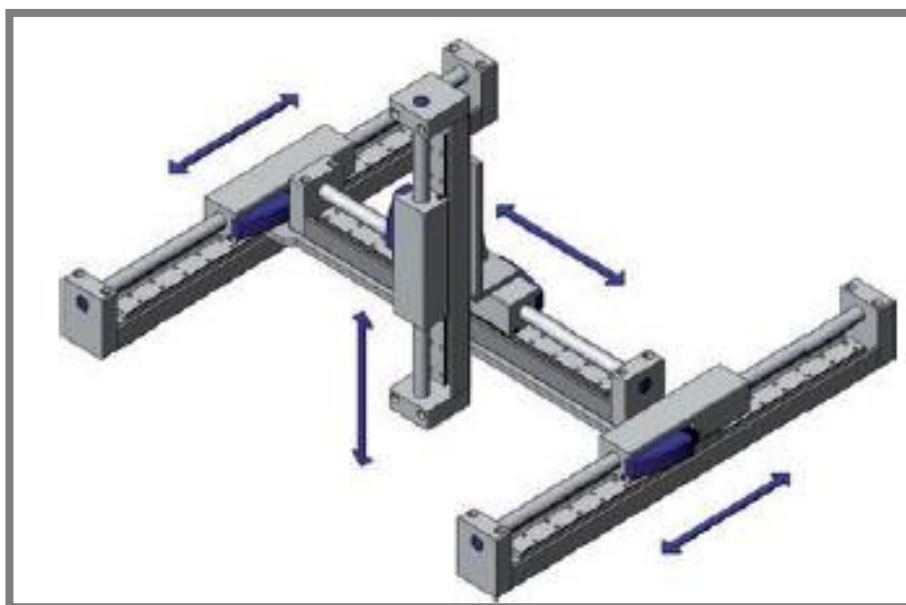
4.3.1 Varianty pohonu polohování jezdce před zásobníkem

4.3.1

Charakter pohybu jezdce je lineárně přímočarý v horizontálním i vertikálním směru. Další pohyb, který jezdec vykonává je rotační pohyb, při kterém se jezdec nakloní při separování. Na základě těchto parametrů byly vybrány možnosti polohování jezdce v následujících variantách.

Varianta A – Elektrické lineární pohony

Podobný příklad jako u pohonů pro posuv polen v zásobníku byly uvažovány různé typy lineárních pohonů. Mezi možného kandidáta patří také kombinace několika elektrických lineárních modulů, které jsou schopny zajistit polohování s vysokou rychlostí, precizností i s možností odměřování polohy. Samotné naklápění by také zajistil elektrický lineární pohon nebo zdvižný sloupek. Příklad aplikace polohování pomocí elektrických lineárních pohonů je na obr. 4-10. Tento způsob je svými vlastnostmi velice příznivý pro tuto aplikaci, avšak překážkou může být jeho velice vysoká cena. Navíc polohování jezdce nevyžaduje velice přesné odměřování.



Obr. 4-10 Příklad využití 3 modulů lineárních pohonů[18]

Varianta B- využití lineárních ložisek v kombinaci s rotačním pohonem

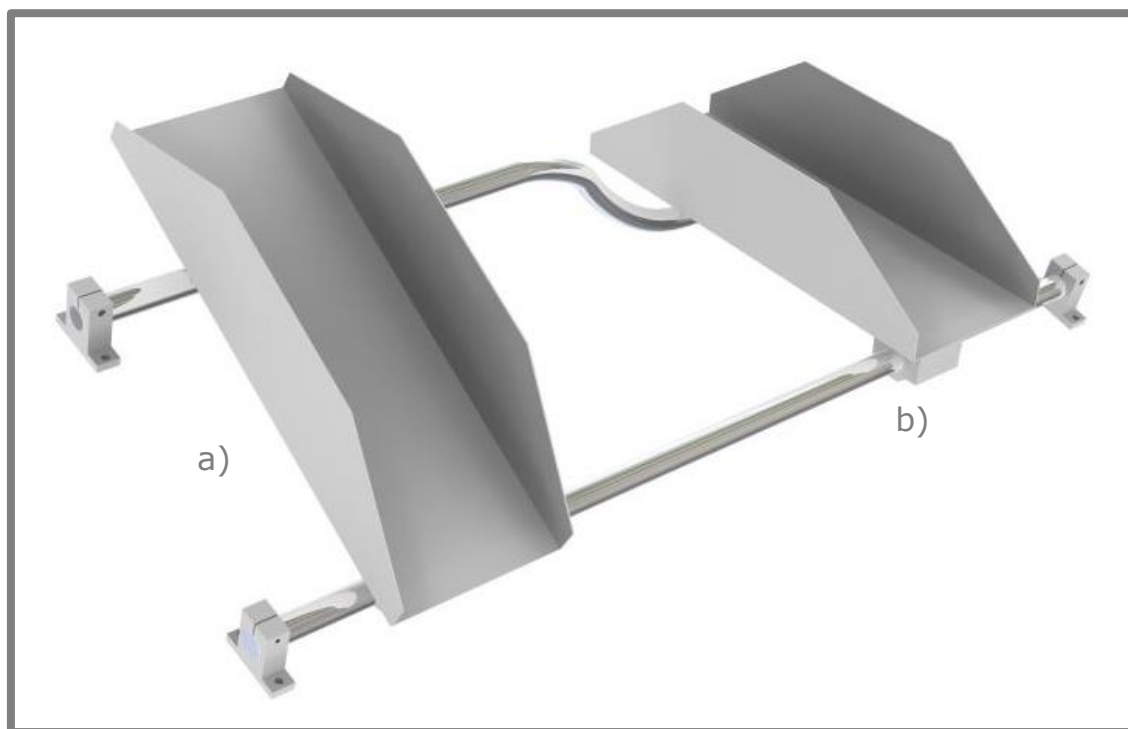
Další varianta využívá k přímočarému pohybu lineární vedení v podobě broušené tyče, po které se pohybuje lineární ložisko zabudované v hliníkovém pouzdře viz obr. 4-11. Lineární ložisko v pouzdře se nazývá *Linearset*. Tento způsob vedení má výhodu v poměrně nízké ceně, vysoké únosnosti a přesném pohybu. Navíc umožňuje i rotační pohyb kolem osy vodící tyče, čímž je tento způsob ideální variantou i pro naklápění jezdce pro separování polen ze zásobníku. Tato varianta ovšem nemá autonomní pohon jako u první zvažované varianty, takže je nutné použít přídavný pohon spojený s pojezdem jako například řetěz nebo řemen.

Vzhledem k naklápění jezdce, je jako optimální kombinace s lineárním vedením volen řemen, jelikož ten umožňuje i mírné naklápění řemenic vůči sobě.



Obr. 4-11 Lineární ložisko na vedení [23]

Výsledná optimální varianta pro polohování jezdce a naklápění před zásobníkem byla zvolena varianta B v kombinaci s řemenovým pohonem. Pro získání naklonění je koncept obohacen o kladkové vedení, které kopíruje ohýbaný profil. Jedna strana jezdce je tedy spojena s linearsetem a druhá strana je spojena s kladkovým vedením. Tímto mechanickým způsobem je možné elegantně naklopit jezdce před podávací dráhy zásobníku za použití jednoho motoru pro oba pohyby. Koncept vedení jezdce je zobrazen na obr. 4-12.



Obr. 4-12 Vedení jezdce a) v naklopené poloze; b) v nulové poloze

Na základě dimenzování zásobníku v kapitole konstrukčního řešení byla určena velikost zásobníku jako dvě horizontální dráhy. Proto se již dále nebudu zabývat koncepčními návrhy pro vertikální posuv jezdce, který by mohl být koncepčně založen na stejném principu jako horizontální polohování

4.3.2 Varianty konstrukce pro transport polena do spalovací komory

4.3.2

Poslední částí pohybu polena je transport z nulové pozice do spalovací komory kotle. To znamená překonat vzdálenost 700 mm mezi zásobníkem a kotlem pomocí konstrukce, která bude rozložena vždy při přikládání polena. Dalším problematickým konstrukčním uzlem je samotné vsunutí polena do spalovací komory. Při tomto pohybu vzniká největší riziko zaseknutí polena. Tato část kapitoly bude věnována koncepčnímu návrhu transportu polena z nulové pozice v zásobníku ke spalovací komoře. Následná kapitola je zaměřena na varianty zasunutí polena do spalovací komory.

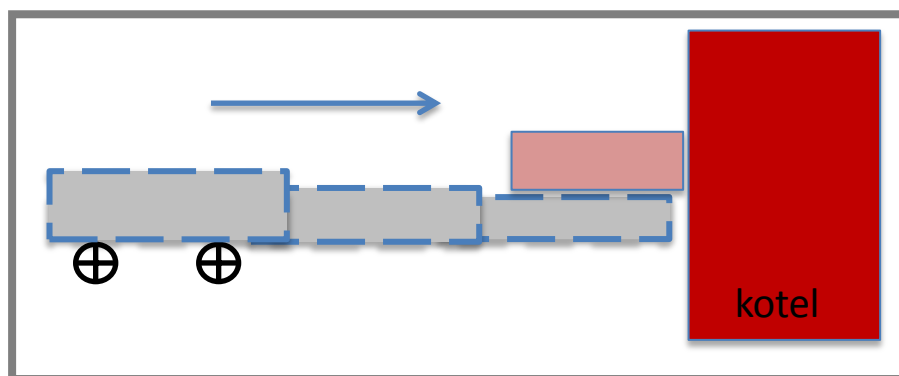
Varianty A -teleskopické výsuvy

První možností jak překlenout vzdálenost 700 mm před kotlem je možnost využití průmyslových teleskopických výsuvů. Na obr. 4-13 je příklad průmyslových teleskopických výsuvů od společnosti KIPP. Teleskopické výsuvy nabízí celá řada firem a jsou nabízeny v široké škále variant, různých únosností, délkách výsuvu a bývají doplněna dalšími příslušenstvími. Maximální výsuvy jsou i přes 100% upínané délky a únosnost nejvyšších řad se pohybuje i kolem 500 kg pro 100% výsuv. V podstatě se jedná o teleskopické profily, které mají v místě kontaktu valivé ložisko.



Obr. 4-13 Teleskopické výsuvy společnosti KIPP [24]

Konceptem je tedy aplikovat pár lineárních výsuvů, které jsou připevněné na příčné vedení separační části zařízení a pohyblivá část k jezdcí separátoru. Jezdec by se tedy mohl pohybovat v příčném směru pomocí linearsetu a kladkového vedení a pohyb mezi nulovou polohou jezdcí kotlem pomocí teleskopických výsuvů. Touto metodou by byl jezdec i s polenem přemístěn do spalovací komory. Schematicky je metoda zobrazena na obr. 4-14.

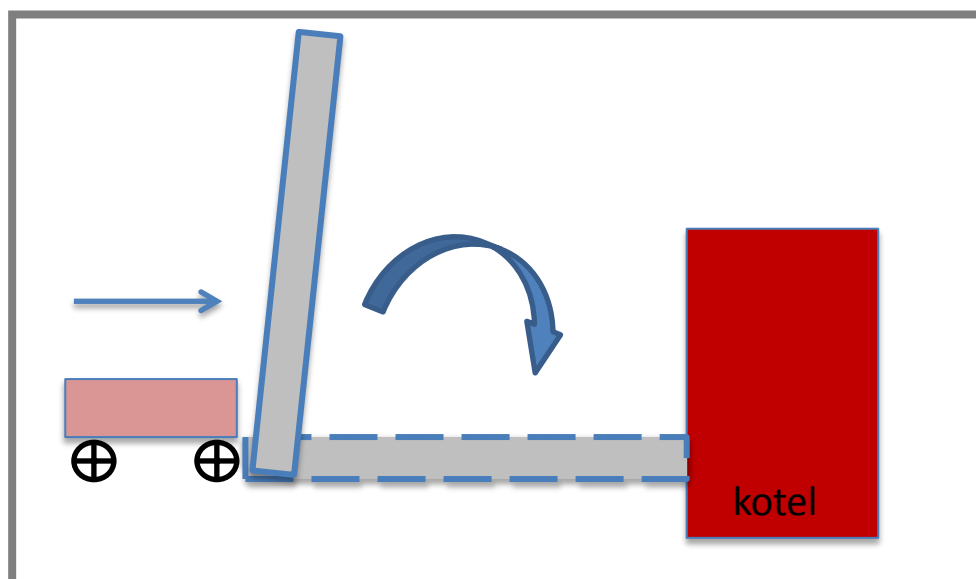


Obr. 4-14 Schéma použití teleskopických výsuvů

Velkou výhodou této metody je fixní spojení jezdce, do kterého vypadne poleno ze zásobníku s příčným vedením po celou dobu přikládání. Nevýhodou použití teleskopických výsuvů je nebezpečí průhybu výsuvů při různých hmotnostech polen. Z tohoto důvodu by musela být použity další konstrukční prvky pro vyrovnání konečné polohy v podobě nájezdů nebo válečku umístěného na těle kotle.

Varianta B- sklopná dráha

Další možnou variantou, jak transportovat palivo s jezdce z nulové polohy jezdce je využití sklopné dráhy. Sklopná dráha by splňovala podmínku volného manipulačního prostoru před kotlem a zároveň by dočasně spojila spalovací komoru kotle pro přísun paliva. Schématický je koncept použití sklopné dráhy vyobrazen na obr. 4-15. Výhodou této metody ve srovnání s teleskopickými výsuvy je odstranění nebezpečí průhybu vznikajícího u letmo uložených výsuvů. Mezi nevýhody se ovšem řadí dočasné oddělení pojezdového vozíku od příčného vedení nebo použití dalšího vozíku, který by se pohyboval pouze po sklopné dráze. Další nevýhodou je pravděpodobně použití pohonu pro zvedání a spouštění sklopné dráhy. Tím by se stala konstrukce dražší a zároveň složitější.



Obr. 4-15 Schéma použití sklopné dráhy

Jako optimální variantou konstrukce pro transport polena do spalovací komory byla zvolena varianta A- použití teleskopických výsuvů.

4.4 Koncept zasunutí polena do spalovací komory

4.4

Dalším koncepčním řešením, které je třeba vyřešit, je zasunutí samotného polena do spalovací komory. Je tedy zapotřebí určit metodu jakým pohonem poleno i s jezdce zatlačit z nulové pozice do kotle přes teleskopické výsuvy. Další důležitou částí je samotné sesunutí polena z vozíku uvnitř kotle. Právě tento bod může být kritický. Pokud by poleno bylo špatně vloženo do spalovací komory, může například zablokovat plnicí otvor a tím i zavírání dvířek, nebo blokovat prostor pro další přiložení. Při ručním přikládání si operátor kotle pohlídá správné vložení a případně

upraví palivo ve spalovací komoře, ale při automatickém plnění musí být poleno umístěno na správné místo bez další úprav. Dvě varianty, které se nabízejí, jsou popsány v následující podkapitole.

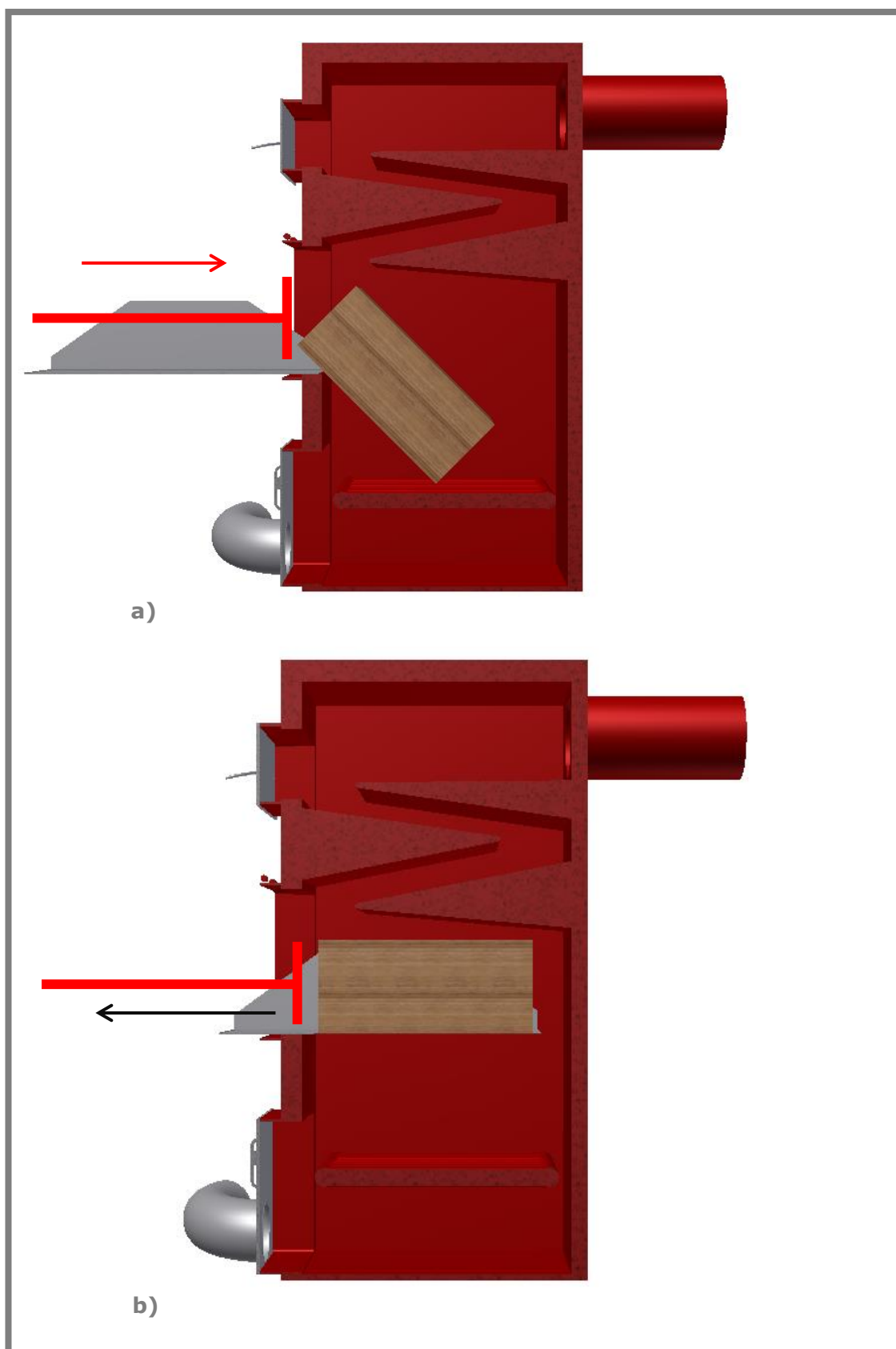
Varianta A – zatlačení polena pístem do spalovací komory

První možnou variantou jak uložit poleno do spalovací komory, je zasunutí vozíku s polenem do polohy před plnicí otvor spalovací komory. Následným pohybem pístu zatlačujícího mechanismu, zatlačit poleno do kotle. Tato varianta se jeví jako jednoduchá možnost přikládání, avšak její velkou nevýhodou je právě riziko vzpříčení polena ve spalovací komoře. Schematicky je tato varianta znázorněna na obr. 4-16, kde červenou je šipkou znázorněný pohyb zatáčecího pístu. Použití této metody by bylo možné při vyšší počáteční rychlosti přiložení. Potom by tato metoda poměrně věrohodně simulovala přiložení lidskou obsluhou. Ovšem stanovit vhodnou rychlost tak, aby i za předpokladu různé hmotnosti polen nebyla příliš nízká a poleno se nezaseklo nebo naopak aby nebyla příliš vysoká a nedocházelo k poškození kotle, je příliš komplikované. Z tohoto důvodu byla řešena další možná varianta, která by vhodněji umísťovala poleno do spalovací komory.

Varianta B- Zpětné vysunutí jezdce

Druhou variantou konceptu uložení polen do spalovací komory je zpětné vysunutí jezdce. Principem je zasunutí jezdce s polenem přímo do spalovací komory tak, aby poleno bylo celým svým objemem uvnitř kotle. Dalším krokem procesu je zpětný pohyb jezdce z kotle. Schematicky je tato varianta zobrazena na obr. 4-16 b) a pohyb jezdce je znázorněn černou šipkou. Zatáčecí píst v tomto případě nezasunuje poleno, ale tvoří pouze doraz. Tato varianta je mnohem výhodnější z důvodu přesného uložení polena na správné místo. Poleno se může opět opřít o doraz, jako v případě varianty A, ovšem doraz je umístěn uvnitř, za vnitřní hranou spalovací komory, takže při následném vysunutí spadne poleno podélně do požadované polohy v kotli.

Varianta B je komplikovanější na konstrukci, ovšem je mnohem spolehlivější a touto metodou je zaručené správné přiložení. Proto je uvažována jako finální a je realizována v kapitole konstrukční řešení.



Obr. 4-16 Schéma variant zasunutí polena do spalovací komory a) varianta A- zasunutí polena pomocí pístu; b) varianta B- zpětné vysunutí jezdce

4.5 Otevírání dvířek kotle spalovací komory

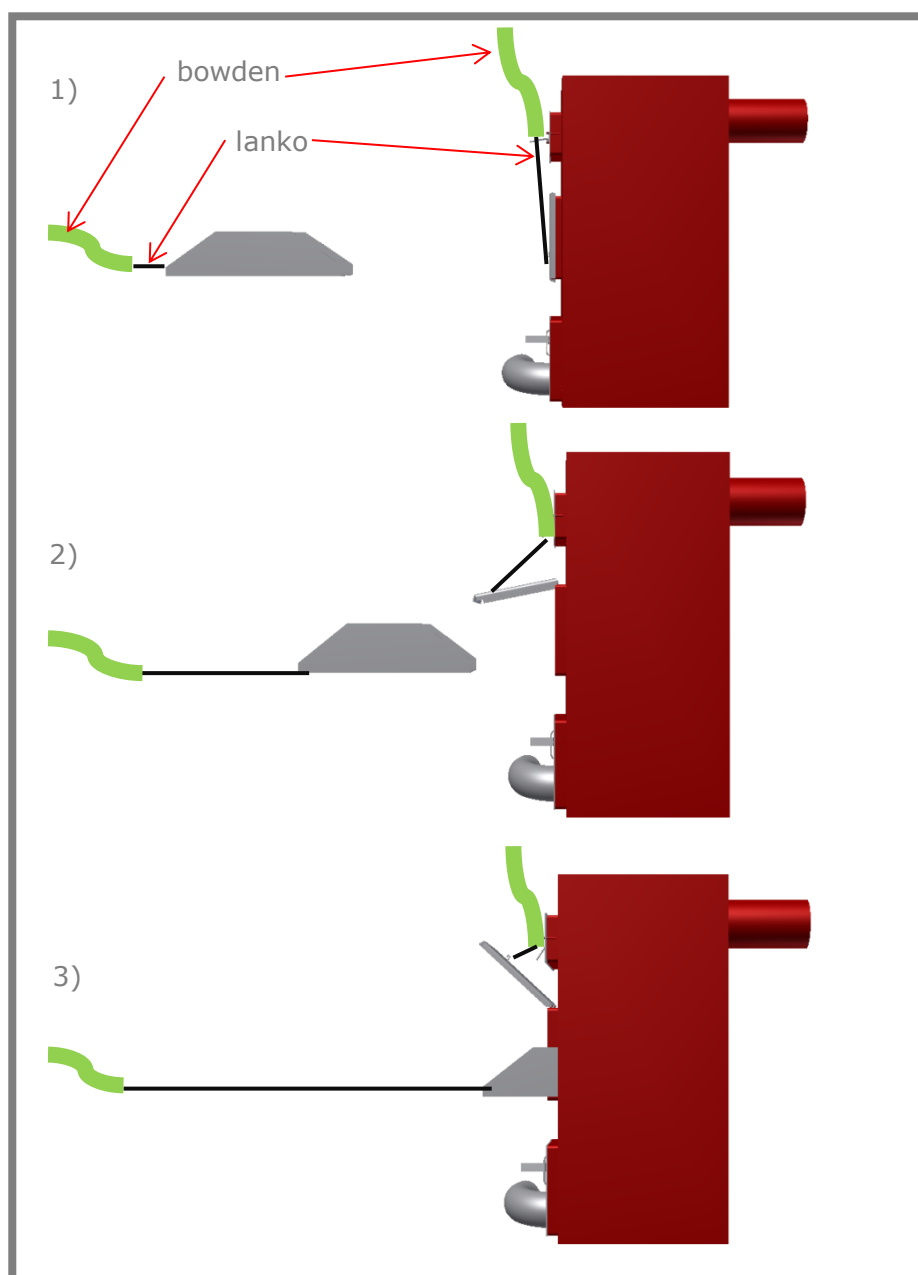
Dalším důležitou koncepční částí je určení metody otevírání kotle pro přiložení. Současný stav je reprezentován ručním otevíráním dvířek s pantem na pravé straně. Vzhledem k minimálnímu zásahu do konstrukce kotle byla zvažována i varianta pro využití současného řešení otevírání. Ovšem postupným navrhováním jsem tuto variantu zamítl a řešil jsem pouze varianty, kde jsou panty dvířek umístěny nad plnicím otvorem. Tento způsob otevírání je výhodný zejména z hlediska bezpečnosti. Při jakémkoliv problému ať s výpadkem proudu nebo při poruše, můžou být dvířka zavřena samovolně. Proto jsou v následujících podkapitolách řešeny varianty otevírání dvířek ve stejné poloze.

Varianta A – samostatné elektrické otevírání dvířek

První možností je otevírání dvířek pomocí samostatného pohonu. Jako pohon můžou být použity již zmiňované elektrické lineární pohony, případně rotační pohon. Výhodou metody je samostatné ovládání dvířek. Nevýhodou je samotné použití dalšího pohonu. Vzhledem ke snaze udržet cenu konstrukce co nejnižší, nebyla tato metoda dále rozvíjena. Další nevýhodou je umístění pohonu mimo tělo kotle z důvodu nebezpečí tepelného ovlivnění pohonu, což by mohlo způsobit nárůst komplikovanosti řešení.

Varianta B - mechanické otevírání dvířek

Druhá varianta je založena na využití pohybu jezdce, který se přemísťuje z nulové polohy do plnicího otvoru kotle. Jelikož se jedná o lineárně přímočarý pohyb, dá se využít pohybujícího se jezdce k otevření dvířek. V podstatě jsou dvířka spojena s jezdcelem přes lankový převod. V nulové poloze jezdce jsou dvířka zavřena a v případě pohybu jsou otevírána úměrně k poloze vysunutí jezdce. Schematicky je tento proces otevírání zobrazen na obr. 4-17 ve třech krocích. Metoda otevírání dvířek pohonem od jezdce splňuje všechny parametry zadání a bude dále použita v konstrukčním řešení.



Obr. 4-17 Schéma otevírání dvířek spojené s výsuvem jezdce
Vysunut jezdce 0-100% označené ve třech krocích

4.6 Koncept řízení dopravníku a spalování

4.6

Poslední částí konceptu je návrh metody řízení dopravníku a řízení spalování v kotli. Samotný dopravník je koncipován jako přídavná část spalovacího procesu. Takže základem je kotel, který má řízené spalování přívodem vzduchu nebo komínovou klapkou a příkládací dopravníky jsou podřízené právě řídicí jednotce spalování. Příkládací dopravník bude mít tedy svou vlastní řídicí jednotku pro řízení posuvů zásobníku, na základě impulsů z koncových spínačů a čidel.

4.6.1 Varianty řídicí jednotky dopravníku

Řídicí jednotka dopravníku by měla být schopna řídit pohony, vyhodnocovat signály koncových snímačů na základě signálu od hlavní řídicí jednotky spalování. Na základě volby pohonů v kapitole konstrukčního řešení vznikl také požadavek na schopnost řídicí jednotky pracovat s krokovými motory i s DC motory. Právě řízení krokových motorů byl jedním z parametrů pro volbu následujících variant.

Varianta A- Arduino

První možností, jak řídit celý dopravník, je ovládání pomocí Arduina. Jedná se o volně dostupnou počítačovou platformu, která se dá programovat pomocí softwaru Arduino. Zápis do softwaru se provádí pomocí kódu. Základem je tzv. board – deska, která se dá rozšířit o další moduly. Výhodou této metody je nízká cena a možnost řízení krokových motorů přímo z řídicí jednotky bez nutnosti použití kontrolérů. Příklad řídicí jednotky Arduino je zobrazen na obr. 4-18.



Obr. 4-18 Arduino board UNO Rev3 [25]

Varianta B- PLC řídicí jednotka

Další variantou řízení je tzv. PLC (*Programovatelný logický automat*) řídicí jednotka. PLC jednotky jsou určeny přímo pro průmyslové využití a pro práci v náročnějších podmínkách. Principem je vyhodnocování signálů, které jsou přivedeny na vstupní piny jednotky a následná reakce na výstupních pinech dle programu. Programování je realizováno pomocí logických bloků. Tento způsob programování je mnohem jednodušší a je tedy vhodnější spíše pro méně náročné aplikace. Některé PLC jednotky jsou schopny řídit krokové motory ovšem pouze přes kontroléry. Výstupem v tomto případě je pouze signál v podobě pulzů, kde jeden pulz reprezentuje jeden krok motoru. Druhým výstupem ke kontroléru je impuls, který určuje směr otáčení motoru. Pokud se zaměříme na finanční stránku,

jsou PLC jednotky dražší než Arduino. Příklad PLC jednotky je vyobrazena na obr. 4-19.



Obr. 4-19 Základní verze PLC FBs-MA, společnosti FATEK [26]

Jako řešení byla zvolena varianta B – PLC řídicí jednotka. Důvodem výběru byly zejména lepší vlastnosti pro použití v prostředí kotelny. Programování pomocí logických bloků sice nezvládne náročnější funkce a může být méně přehledné ale pro naprogramování příkladacího dopravníku je dostatečné. Konkrétně byla zvolena PLC jednotka od výrobce FATEK. Tento výrobce umožňuje softwarové řízení krokového motoru, nicméně přes kontrolér. Konkrétní model a program je popsán v kapitole konstrukčního řešení.

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Na základě jednotlivých variant koncepčního řešení byl sestaven 3D model celého zařízení v programu Autodesk Inventor 2010. Členění jednotlivých kapitol konstrukčního řešení je strukturováno obdobně jako u koncepčního řešení. První byl dimenzován zásobník, dále separační část, transport polen do kotle, automatizace zásobníku a celková konstrukce zařízení.

5.1 Konstrukční řešení zásobníku

Konstrukce zásobníku vychází ze zadaných a vypočtených parametrů v kapitole, ve které uvádím cíle práce. Dimenzování spočívalo ve stanovení počtu a délky drah zásobníku na základě podmínek kapacity zásobníku. Dále je nutné stanovit rozměry trapézového šroubu, a volbu pohonů.

5.1.1 Dimenzování zásobníku

Z kapitoly, ve které jsou zmíněny cíle práce, vyplývá, že zásobník musí být schopen pojmout objem dřeva $V_z = 0,13 \text{ m}^3$. Na základě rešerše prostorových dispozic kotelny byla zvolena délka jedné dráhy $L_z = 2,2$ metry. Následujícím výpočtem byly určeny počty drah zásobníku:

$$N_z = \frac{V_z}{v_p \cdot \check{s}_p \cdot L_z}$$
$$N_z = \frac{0,13 \text{ m}^3}{0,15 \text{ m} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m}}$$
$$N_z = 0,19$$
$$N_z \cong 2$$

Kde:

N_z	[-]	počet drah zásobníku
V_z	$[\text{m}^3]$	objem zásobníku
v_p	[m]	výška polena
$\check{s}_p$	[m]	šířka polena
L_z	[m]	délka jedné dráhy zásobníku

Zásobník tedy obsahuje dvě dráhy o rozměrech korespondující s rozměry maximálního polena a délce 2,2 metrů.

5.1.2 Návrh trapézového šroubu

Každá dráha zásobníku má svůj trapézový šroub, který pohání jezdce po vodícím vedení. Postup návrh trapézového šroubu vychází ze zatížení od naskládaných polen dřeva v zásobníku, které musí posouvat a následně z výpočtu krouticího momentu, který přenáší. Na základě vypočteného zatížení je zvolený trapézový šroub TR 16x4 kontrolován. Základním výpočtem je tedy posuvná síla. Jedná se vlastně o třecí sílu mezi naskládanými poleny na ocelovém plechu. Výpočet vychází maximálního zatížení zásobníku, který je modifikován na zatížení jedné dráhy. Součinitel tření mezi dřevem a ocelí byl určen z rozmezí 0,2 – 0,6 a zvolen 0,5. Následujícím výpočtem je určena síla, kterou musí trapézový šroub přenášet.

$$F_{tz1} = \frac{F_{pal}}{N_z} \cdot f$$

$$F_{tz1} = \frac{1000N}{2} \cdot 0,5$$

$$F_{tz1} = 250 N$$

Kde:

N_z	[-]	počet drah zásobníku
F_{tz1}	[N]	třecí síla mezi palivem a zásobníkem v jedné dráze
F_{pal}	[N]	zatěžující síla od paliva v zásobníku
f	[-]	součinitel tření ocel / dřevo

Zatěžující krouticí moment

Další výpočet je pro určení krouticího momentu potřebného pro vytvoření síly na posouvání polen v jedné dráze zásobníku. Výpočtový vzorec a hodnota účinnosti je odvozena z technických údajů uváděných společností Matis [27].

$$M_{k1} = \frac{F_{tz1} \cdot p}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}$$

$$M_{k1} = \frac{250N \cdot 4}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,25}$$

$$M_{k1} = 0,63 Nm$$

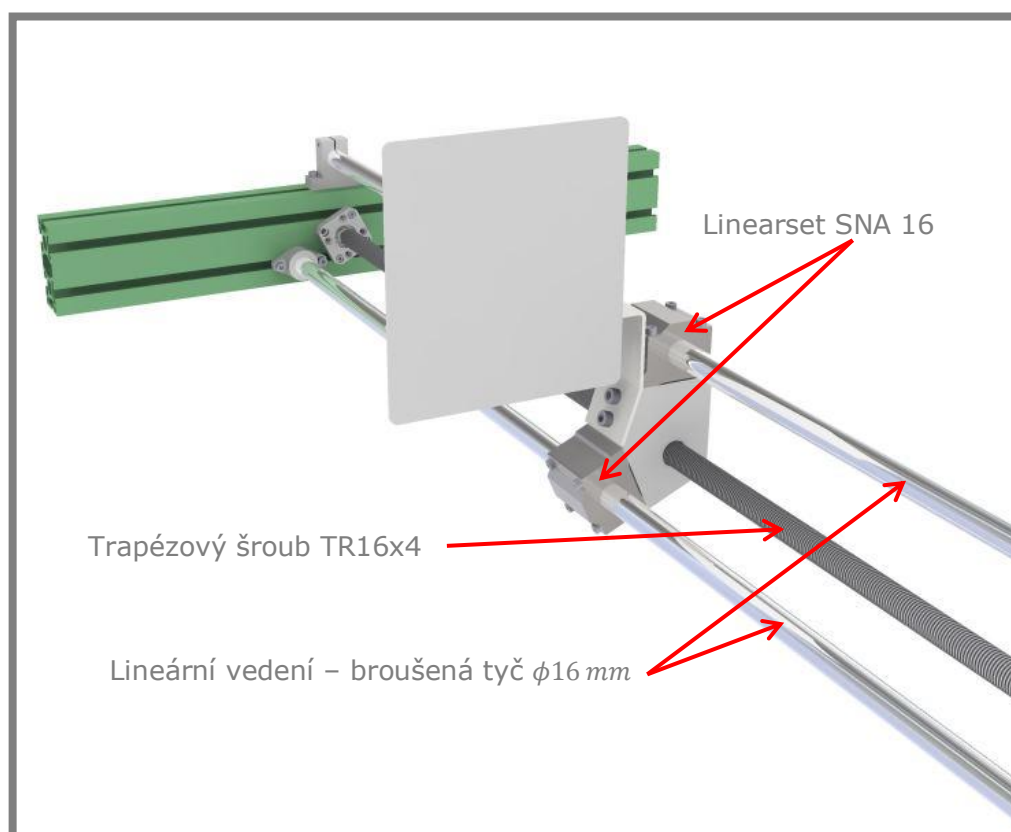
Kde:

M_{k1}	[Nm]	krouticí moment přenášený jedním trapézovým šroubem zásobníku
F_{tz1}	[N]	třecí síla mezi palivem a zásobníkem v jedné dráze
p	[-]	stoupání trapézového závitu
π	[-]	Ludolfovo číslo
η	[-]	účinnost trapézového šroubu

Hodnota krouticího momentu musí být navýšena z důvodu vlivů, které ovlivňují pohyb šroubu. Takovými vlivy mohou být tření v lineárních ložiscích nebo tření v uložení šroubu v ložiscích. O dalším navýšení uvažuji z důvodu nebezpečí vzpříčení menšího polena v zásobníku. Na základě těchto vlivů jsem navýšil potřebný krouticí moment o 80%. Výsledný krouticí moment, na základě kterého je zvolen motor $M_{k1} = 1,13 Nm$. V kapitole 5.1.4 je následně určen typ motoru na převodový poměr mezi motorem a trapézovým šroubem. Pro statickou pevnostní analýzu je ve výsledku uvažován krouticí moment o velikosti $M_{k1} = 2,67 Nm$

Popis trapézového pohonu zásobníku

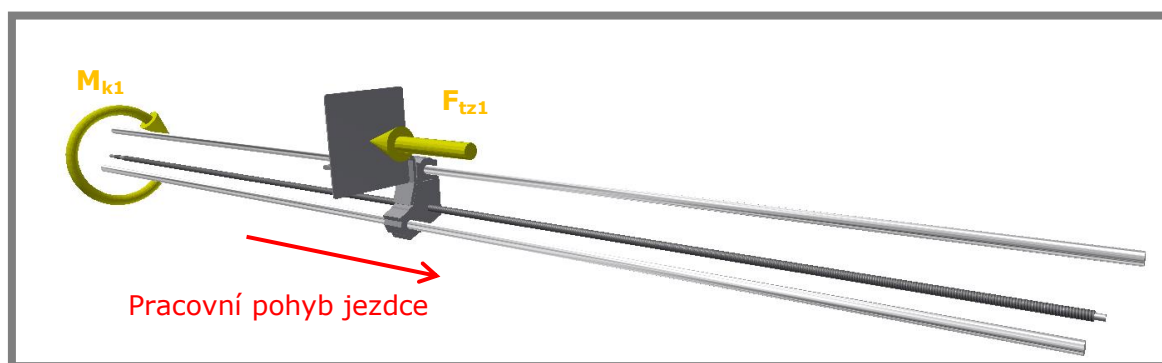
Jak již bylo zmíněno, pohyb jezdce v zásobníku zajišťuje trapézový šroub TR16x4, který je spojen s jezdcelem přes trapézovou matici. Samotný šroub však nemůže pracovat samostatně, ale potřebuje vedení, které eliminuje nechtěné ohybové momenty. Teoreticky ideální zatížení trapézového šroubu je pouze na krut. Na obr. 5-1 je zobrazen jezdec zásobníku jedné dráhy, který se skládá ze dvou vodících tyčí o $\phi 16 mm$, trapézového šroubu TR16x4 a lineárních ložiskových domků SNA16.



Obr. 5-1 Jezdec zásobníku

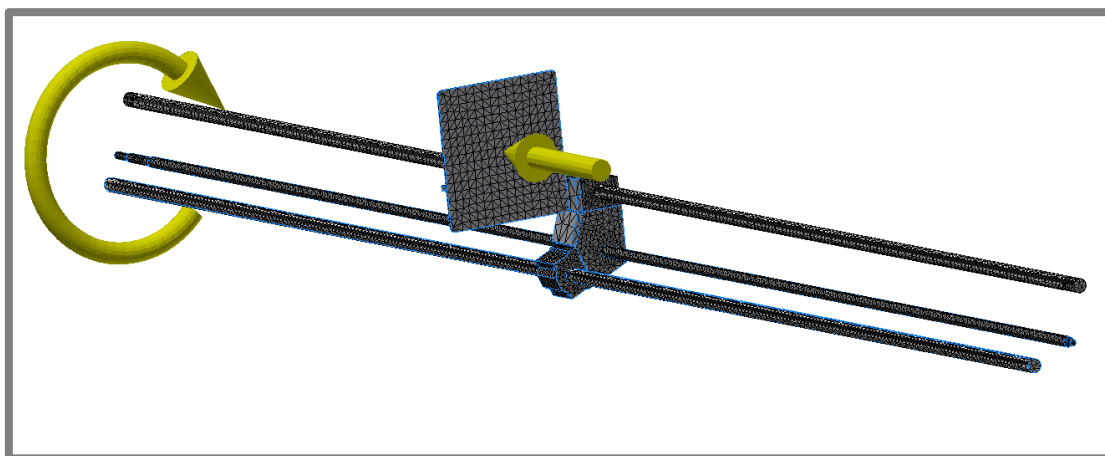
5.1.3 Pevnostní analýza jezdce zásobníku

Jedním z konstrukčních uzlů, které je třeba kontrolovat je jezdec zásobníku. Jelikož byl celý model tvořen ve výukové verzi programu Autodesk Inventor 2010, byla i pevnostní analýza provedena v tomto programu. Na obr. 5-2 je zobrazen zjednodušený model a schematicky je vyobrazeno zatížení statické simulace. Jak je z obrázku patrné, pohon je umístěn na tlačené větvi trapézového šroubu a jezdec se tedy při vyprazdňování zásobníku vzdaluje od pohonu. To znamená, že při plném zatížení zásobníku je namáhána část trapézového šroubu na krut minimální. S následným posuvem sice roste délka větve šroubu namáhané na krut, ale zároveň se vyprazdňuje zásobník a s tím klesá i zatěžující síla F_{tz1} a zároveň i krouticí moment M_{k1} . Pro zjednodušení výpočtu jsem nastavil počáteční podmínky na nejnepríznivější variantu a to tak, že je jezdec umístěn v polovině své pracovní dráhy a je zatížen maximální silou a krouticí moment je aplikován maximální vypočtené hodnotě na celou délku šroubu. Tím simuluji stav, který by teoreticky neměl nastat. Pro korektnost simulace by musel být model jezdce zatěžovaný proměnnou silou a krouticím momentem v závislosti na poloze jezdce. Další simplifikace je reflektovaná na trapézový šroub, který je nahrazen tyčí o průměru jádra šroubu. Z výpočtového modelu byly také odstraněny šrouby a držáky vodících tyčí. Díly šroubované k sobě jsou nahrazeny teoreticky dokonalou plošnou vazbou. Výpočtový model se tedy může odlišovat od reálného zatížení, proto jsou brány výsledky s rezervou.



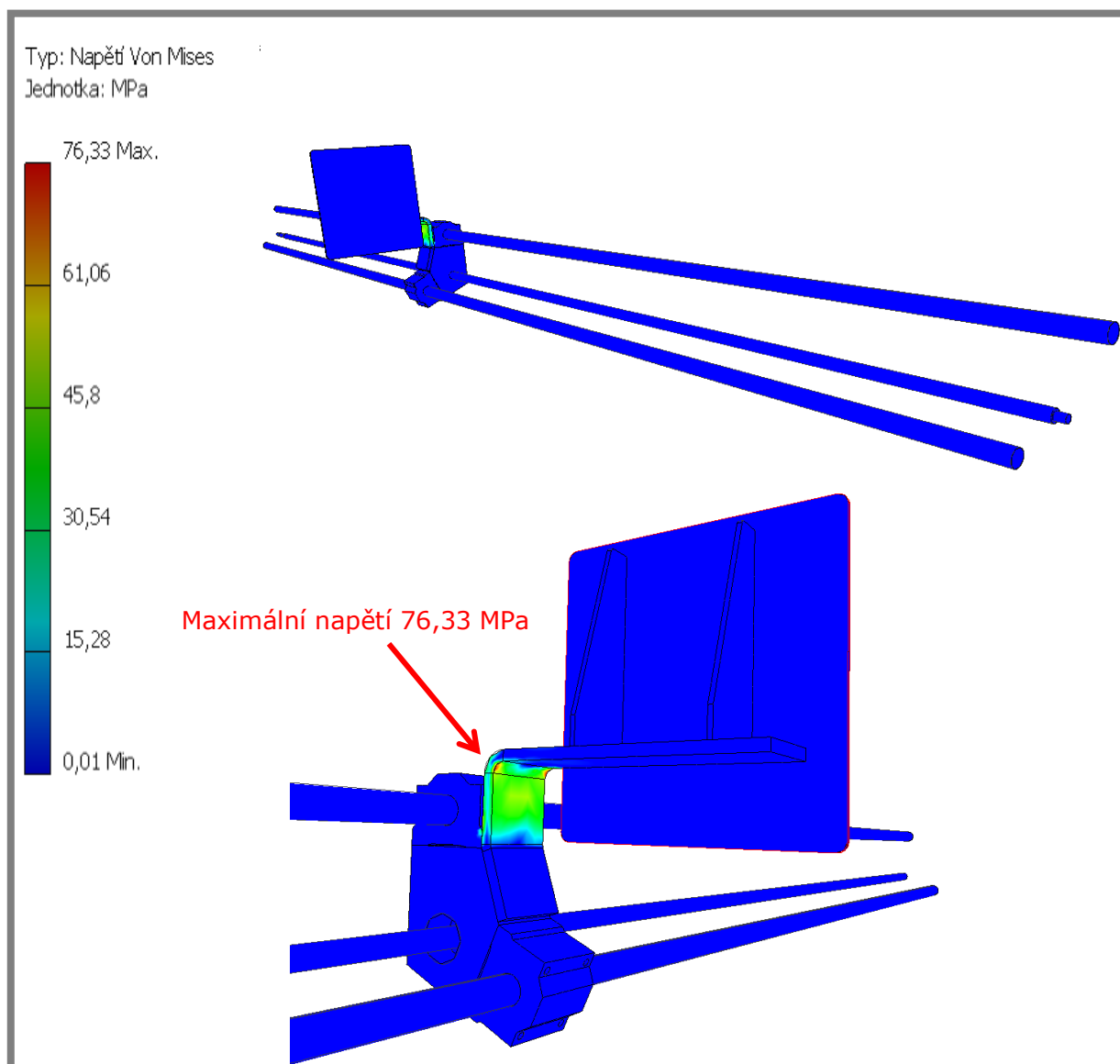
Obr. 5-2 Výpočtový model jezdce zásobníku

Vytvořená síť modelu je zobrazená na obr 5-3. obsahuje 77984 prvků a 134749 uzlů



Obr. 5-3 Pohled sítě modelu jezdce zásobníku

Získané výsledky statické analýzy potvrdily, že zvolené rozměry trapézového šroubu, vodících tyčí a rozměry jezdce jsou adekvátně naddimenzované s dostatečnou bezpečností. Nejkritičtější místo je v ohybu jezdce, kde je součinitel bezpečnosti 2,71, což je na obr. 37 znázorněno jako maximální napětí. Předpokládal jsem, že toto místo bude kritické, ale také mohou být hodnoty zkresleny nedostatečně jemnou sítí prvků. Přesto uvažuji získaná data z analýzy, dostatečnou kontrolou použitých prvků a navržená konstrukce by měla plnit svůj úkol. Použitý trapézový šroub namáhaný kroutícím momentem je také dostatečně dimenzovaný.



Obr. 5-4 Výsledky statické pevnostní analýzy jezdce

5.1.4 Volba pohonu zásobníku

Z koncepčního řešení zásobníku vyplývá, že pohon zajišťuje rotační motor spřažený s trapézovým šroubem. Výkon a typ motoru byl určen na základě požadovaného krouticího momentu M_{k1} . Otáčky motoru nejsou v tomto případě směrodatné. Vzhledem ke stoupání trapézového šroubu $p = 4$ mm by se měl motor otáčet rychlostí v rozmezí 250-350 otáček/minutu, aby byl zajištěn posuv polen v zásobníku rychlostí přibližně 30 mm/sekundu. Rychlost posuvu polen není tedy důležitá a nemá zásadní vliv na funkčnost zařízení.

Volba motoru vycházela hlavně z požadavku krouticího momentu a ceny motorů. Jako optimální varianta byl zvolen krokový motor SX 23 1020. Volba krokového motoru sice vyžaduje nutnost použití kontrolérů, ale i přesto vychází cenově mnohem příznivěji než jiné DC nebo AC motory. V následující tab. 5-1 jsou vypsány základní parametry krokového motoru použitého v konstrukci zásobníku.

Tab. 5-1 Technické parametry krokového motoru SX 23 1020

veličina	jednotky	hodnota
kroučící moment	Nm	2
jmenovitý proud - sériové zapojení	A	1,05
jmenovitý proud paralelní zapojení	A	2,1
indukčnost – sériové zapojení	mH	40
indukčnost – paralelní zapojení	mH	10
odpor sériové zapojení	Ω	8,4
odpor paralelní zapojení	Ω	2,1
moment setrvačnosti	$\text{Kgm}^3 \cdot 10^{-3}$	0,048
hmotnost	kg	1,15
cena	Kč	1200

Vybraný krokový motor má kroučící moment vyšší, proto tedy splňuje požadavky pro pohon jezdce v zásobníku při spojení s trapézovým šroubem v převodovém poměru 1:1. Vzhledem k faktu, že zařízení pro vertikální posuv polen může způsobovat další případné zatěžování, je převodový poměr zvolen 1:1,33 a tím zvýšen kroučící moment. Pro přenos kroučícího momentu byl použitý řemenový převod. Návrh řemenového převodu byl proveden pomocí programu Transmission Designer ver. 7.1. Přenášené výkony, rozměry řemenic a počty zubů jsou zobrazeny na obr. 5-5.

Řemen

Druh řemenu: Ozubený řemen
Typ řemenu: CONTI SYNCHROFORCE CXP
Profil řemenu: HTD
Druh řemenu: 5M

Geometrie

Malá řemenice
Účinný průměr: dwk 38,20 mm
Počet zubů: zk 24
Otáčky: nk 300,00 1/min
Převodový poměr: i 1,33
Osová vzdálenost: a 159,87 mm

Velká řemenice
Účinný průměr: dwg 50,93 mm
Počet zubů: zg 32
Otáčky: ng 225,00 1/min
Požadovaná délka řemenu: Lwgef
Délka řemenu: Lw 460,00 mm

Výkon

Malá řemenice
Kroučící moment: Mk 2 Nm
Přenášený výkon: P 0,063 kW
Požadovaný provozní součinitel: C0gef 1,3

Velká řemenice
Kroučící moment: Mg 2,67 Nm
Požadovaná šířka řemenu: bgef 15 mm
Provozní podmínky: střední zatížení

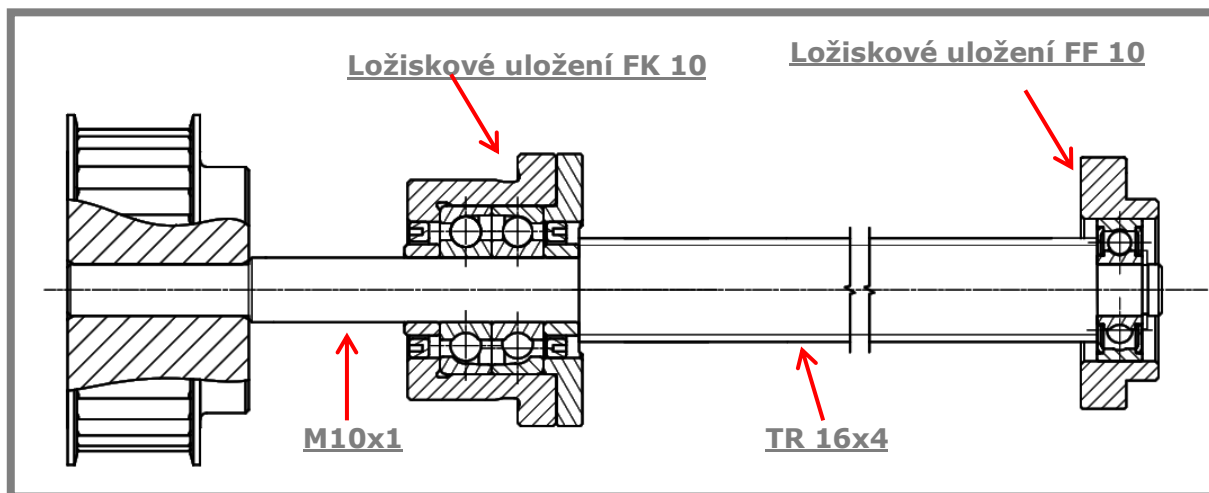
Výsledek

Vypočtená šířka řemenu: berr 3,57 mm
Zvolená šířka řemenu: baus 15,00 mm
Požadovaný provozní součinitel: C0er 10,19
Hodnota výkonu: Pr 0,64 kW

Obvodová síla: Fu 104,72 N
Celková předepínací síla: Fv 207,48 N
Statická síla ve větvi: Fstat 103,82 N
Vlastní frekvence řemenu: f 141,22 Hz

Obr. 5-5 Návrh řemenového převodu

Uložení trapézového šroubu je řešeno pomocí valivých ložisek umístěných v ložiskových domcích. Volba ložisek byla provedena na základě doporučeného uložení trapézového šroubu od výrobce. Následující obr. 5-6 zobrazuje uložení šroubu v ložiskových domcích.



Obr. 5-6 Ložiskové uložení trapézového šroubu

Celkový pohled na 3D model zásobníku i s pohonem je zobrazen na obr. 5-7. Koryto pro uložení polen je z ocelového plechu. Jedna stěna koryta je připevněna svěrným spojem s ručním utahováním pro případné zúžení koryta. Tento konstrukční prvek umožňuje zúžení koryta až o 20%. Tímto se dá nastavit šířka koryta pro konkrétní polena v zásobníku a vyliminovat tak mezeru mezi stěnami. Předpokládaným efektem je snížení nebezpečí vzpříčení polen při pohybu v zásobníku.



Obr. 5-7 3D model zásobníku

5.2 Konstrukční řešení separace polen

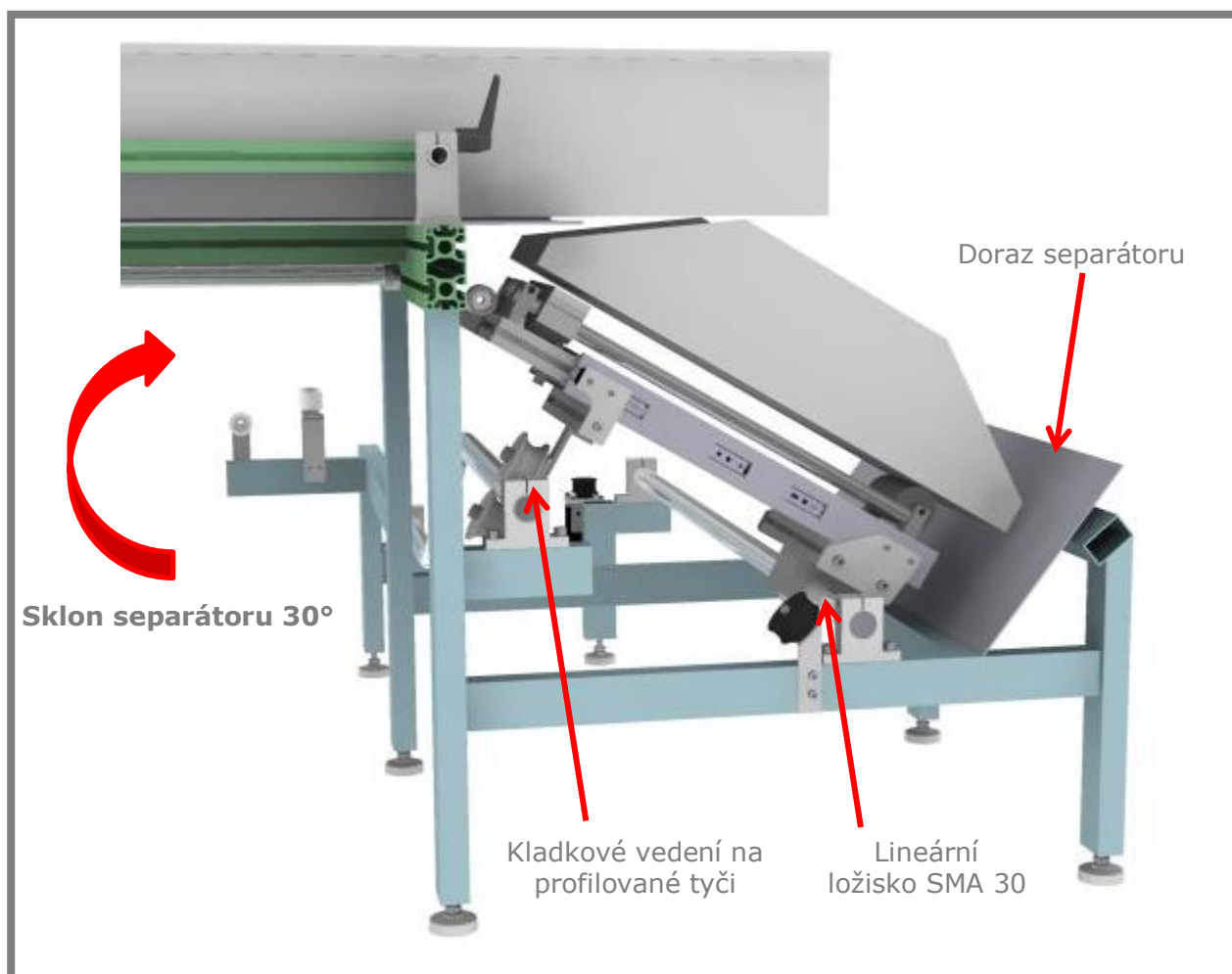
Další konstrukční částí řešené v diplomové práci je konstrukční návrh separování polen ze zásobníku. Na základě koncepčního návrhu, ve kterém byl zvolen způsob separování polen gravitační metodou s pojezdem vozíku po lineárním vedení, byl vytvořen 3D model tohoto řešení. 3D model separační části je zobrazen na obr. 5-8. Na obrázku je znázorněný vozík ve dvou polohách. V nakloněné poloze při najetí pod dráhou zásobníku a v nulté vodorovné poloze před kotlem.



Obr. 5-8 3D model separační části zařízení

Základem separační části je vedení, které zajišťuje přímočarý pohyb pod dráhami zásobníku. Pro rovné přímé vedení byla zvolena broušená tyč o průměru 30 mm, po které se lineárně posouvá linearset SMA 30 od společnosti CNCshop. Volba průměru vodící tyče je zdůvodněna v kapitole 5.2.1. Druhé vedení je zajištěno profilovanou

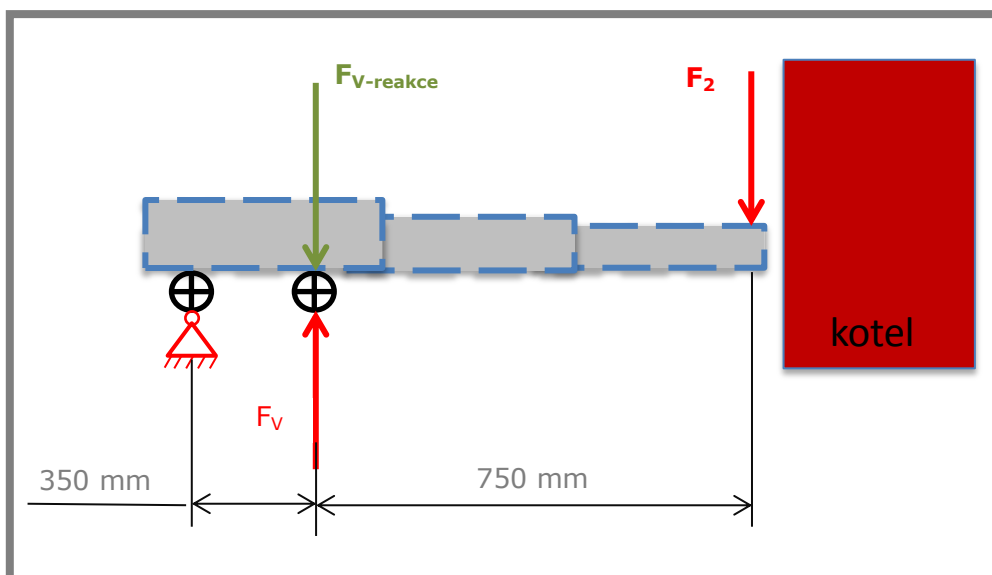
trubkou o stejném průměru 30 mm, kterou kopíruje kladkové vedení. Konstrukce separátoru je dimenzována na maximální zatížení $F_p=100$ N. Sklon separátoru byl navržen na 30°. Předpokladem je, že se poleno vysunutě ze zásobníku nezasekne na jezdcí a samovolně narazí až na doraz separátoru. Doraz separátoru je ocelový plech, uložený na pantech. V horní části dorazu jsou umístěny dva koncové spínače, které po sepnutí zastavují pohon dopravníku. Pro pohon jezdce po vedení byl zvolen stejný motor jako pro pohon zásobníku z důvodu standardizace zařízení. Jezdec se pohybuje po vedení tak, že při zvedání jezdce po trubkovém vedení je jezdec prázdný a při zpětném pohybu dolů je naložený. Pro pohon byl zvolen opět stejný řemen jako v části zásobníku, avšak s rozdílnou délkou. Pro separační část nebyl použit uzavřený řemen, ale jeho volné konce jsou spojeny na lineáru SMA 30. Tímto způsobem se zároveň řemen i napíná. Namáhání řemene v separační části je menší než v zásobníku, předpokládám tedy dostatečnou únosnost i v tomto použití. Na obr. 42 není řemen vykreslen z důvodu nakloněných řemenic a tedy velice obtížného modelování. Řemen je zobrazen na funkčním vzorku v příloze.



Obr. 5-9 Konstrukční řešení separační části zařízení

5.2.1 Pevnostní analýza konstrukce příčného vedení

Konstrukce separátoru byla navržena s ohledem na zatížení, které na ni působí. Kritickou částí přiložení je pohyb pomocí teleskopických výsuvů z nulové polohy jezdce do kotle. Schematický je zatížení zobrazeno na obr. 5-10. Cílem této simulace je stanovit průměr vodící tyče tak aby byl její průhyb minimální.



Obr. 5-10 Schéma zatížení příčného vedení

Výpočtové zatížení na konci výsuvů F_2 je stanoveno jako součet zatížení od maximálního polena a zatížení od hmotnosti jezdce, která byla určena z modelu jako $F_{jezdce} = 110\text{N}$.

$$\begin{aligned} F_2 &= F_p + F_{jezdce} \\ F_2 &= 100\text{N} + 110\text{N} \\ F_2 &= 220\text{N} \end{aligned}$$

Kde:

F_{jezdce}	[N]	výška polena
F_p	[N]	maximální zatížení od jednoho polena
F_2	[N]	maximální zatížení konce výsuvu

Následným výpočtem z momentové rovnováhy je vypočtena síla působící na vedení F_V , respektive její reakce působící vertikálně na vedení.

$$\begin{aligned} F_2 \cdot 1100 &= F_V \cdot 350 \\ F_V &= \frac{F_2 \cdot 1100}{350} \\ F_V &= \frac{220\text{N} \cdot 1100\text{mm}}{350\text{mm}} \end{aligned}$$

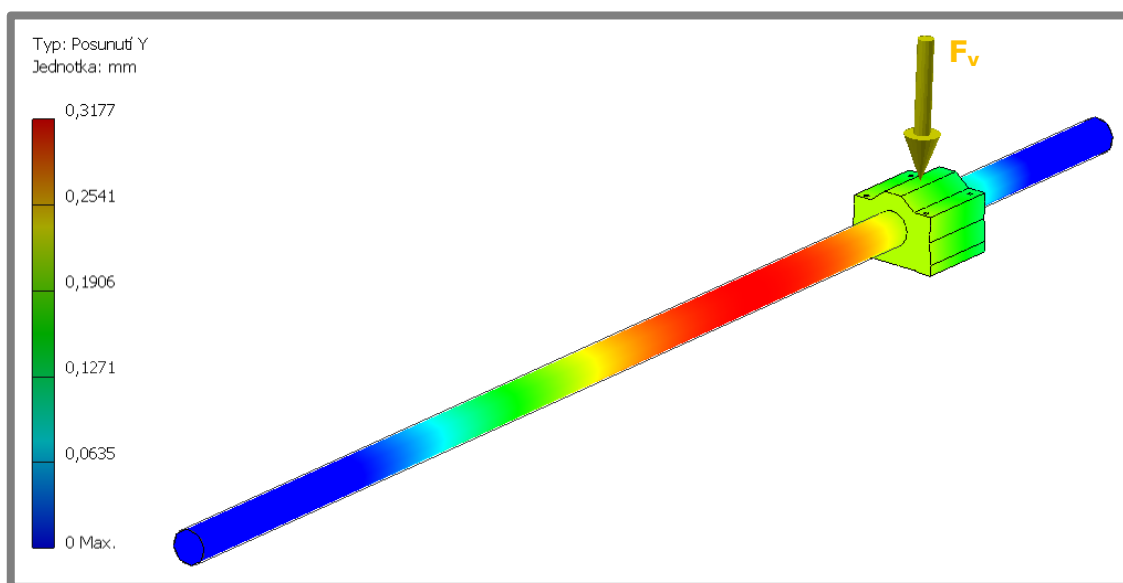
$$F_V = 692\text{N}$$

Kde:

F_2	[N]	maximální zatížení konce druhého výsuvu
F_V	[N]	zatížení příčného vedení jezdce

Pevnostní statická analýza byla tedy provedena se zatížením $F_V = 692\text{N}$ ve vertikálním směru pro různé průměry a varianty tyče. Pro výpočet byl stejně jako u zásobníku použit program Autodesk Inventor 2010.

Poloha jezdce je stanovena na výchozí nulovou polohu. Sít výpočtového modelu obsahuje 13712 prvků a 22636 uzlů. Pevné vazby jsou definovány na čela tyče. Cílem bylo stanovit průměr tyče s minimálním průhybem a jako optimální varianta průměru tyče, která není zbytečně naddimenzovaná ale zároveň má malý průhyb, který by se mohl negativně projevit na konci teleskopických výsuvů. Na obr. 44 je znázorněný výsledek simulace pro tyč o průměru 30 mm, který byl použit v konstrukčním řešení příčného vedení separátoru.



Obr. 5-11 Výsledek pevnostní statické simulace- posunutí ve směru zatěžování

Výsledek simulace udává průhyb v desetinách milimetru a podle barevného rozložení je také mimo osu jezdce. Tyto výsledky se dají považovat za akceptovatelné a při transportu polen do kotle ovlivní trajektorii teleskopických výsuvů pouze minimálně.

5. 3. Konstrukční řešení transportu do kotle

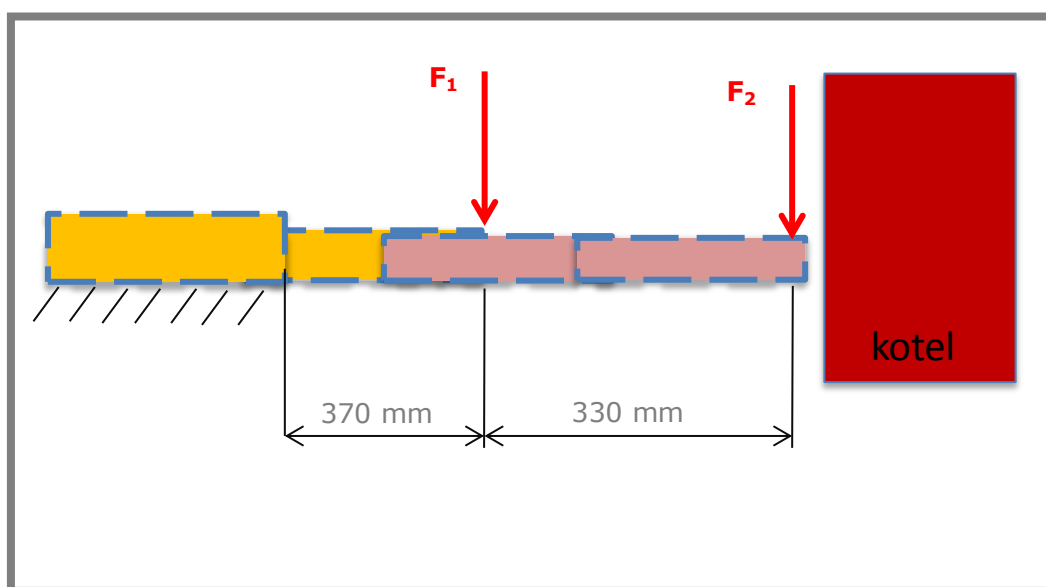
5.3

Další částí zabývající se konstrukčním řešením diplomové práce je transport polena, které je uloženo na jezdcí v nulové poloze do spalovací komory kotle. Na základě koncepčního řešení, byly jako finální varianta navrženy teleskopické výsuvy. Další část konstrukčního řešení transportu do kotle je zaměřena na zatáčecí mechanismus a použitý pohon.

5.3.1 Návrh teleskopických výsuvů

5.3.1

Dimenzování teleskopických je založeno na zatížení, které mají přenést, na délce vysunutí a na délce výsuvů ve složeném stavu. Na základě rešerše dodavatelů a možností teleskopických výsuvů nebylo možné najít jeden pár výsuvů, který by zároveň splnil všechny 3 podmínky. Bylo tedy nutné využít kombinaci dvou teleskopických výsuvů spojených sériově za sebe. Tento způsob umožnil překlenout vzdálenost 700 mm a zároveň délku ve složeném stavu 350 mm. Zatížení bylo určeno na základě momentové rovnováhy. Dodavatelé udávají maximální dovolené zatížení na konci výsuvu, takže při spojení dvou výsuvů bylo třeba přepočítat zatížení z konce druhého výsuvu na konec prvního výsuvu. Zatížení obou výsuvů je znázorněno na obr. 5-12.



Obr. 5-12 Schéma zatížení příčného vedení

Výpočet vychází z momentové rovnováhy:

$$F_2 \cdot 700 = F_1 \cdot 370$$

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot 700}{370}$$

$$F_1 = \frac{220\text{N} \cdot 700\text{mm}}{370\text{mm}}$$

$$F_1 = 416\text{ N}$$

Kde:

F_2 [N]

maximální zatížení konce druhého výsuvu

F_1 [N]

maximální zatížení konce prvního výsuvu

Na základě těchto výsledků byly zvoleny teleskopické výsuvy od výrobce Heyman. Parametry výsuvů jsou uvedeny v tab. 5-1.

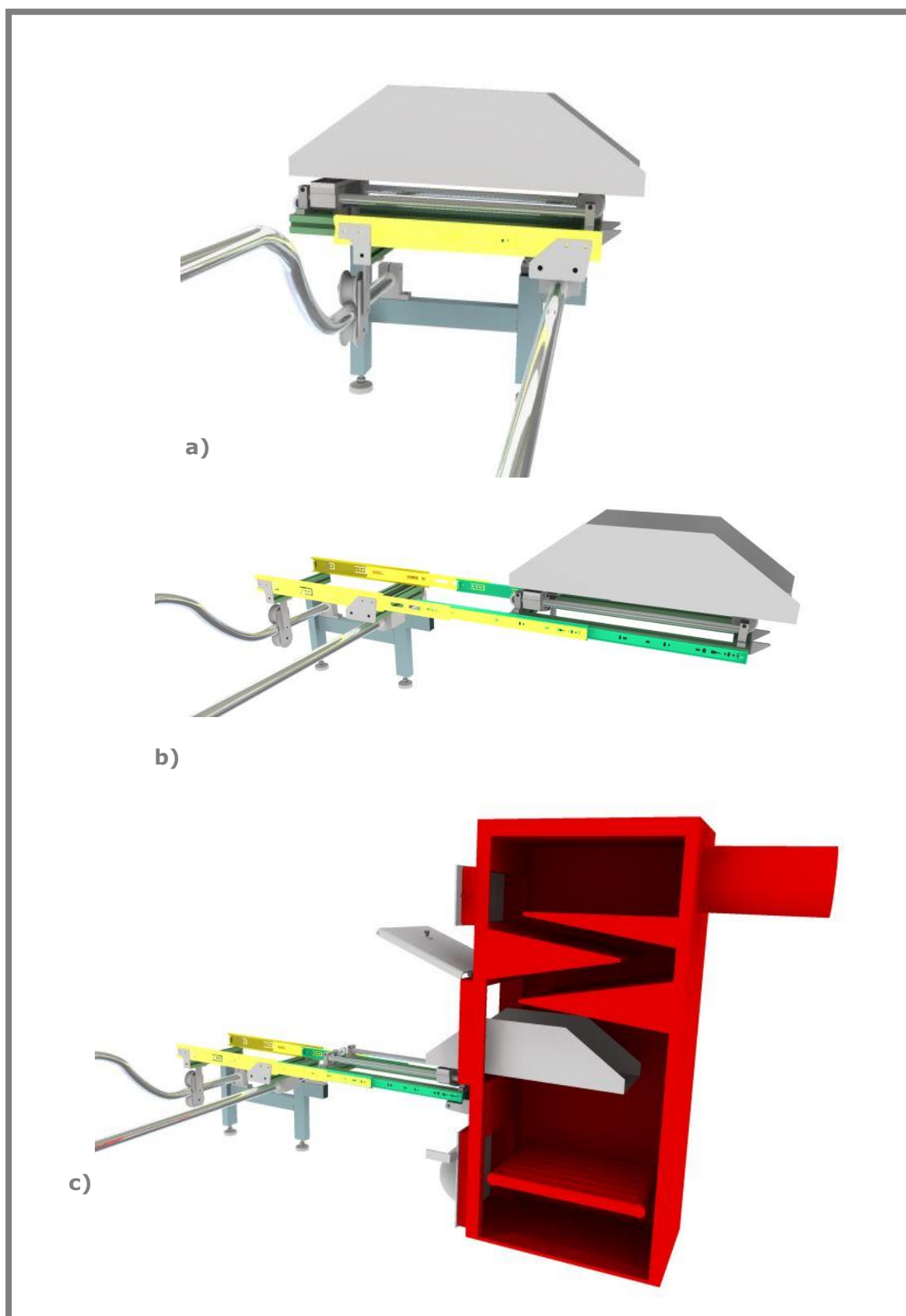
Tab. 5-1 Technické parametry teleskopických výsuvů

	První pár výsuvů	Druhý pár výsuvů
označení	3832/SL450-190452	2132/SL450- 190703
maximální výsuv	450 mm	450 mm
nosnost	50 kg	48kg
cena	430 Kč	353 Kč

5.3.2 Konstrukční řešení zasouvání polena do kotle

Tato kapitola je věnována popisu konstrukčního řešení zasouvání jezdce s polenem do spalovací komory. Samotná konstrukce jezdce je připevněna k teleskopickým výsuvům, které při maximálním vysunutí dostanou jezdce s polenem před plnicí otvor kotle. Proto bylo nutné zajistit další lineární vysunutí poslední části jezdce až do spalovací komory. Poslední část lineárního vysunutí je zajištěna párem vodících tyčí a lineárních ložisek. Následující obr. 5-13 zobrazuje postupné kroky vysouvání jezdce ke kotli. K poslednímu vysunutí byly použity vodící tyče o průměru 16 mm a linearsety SNA 16. Na obrázku jsou znázorněny dva možné stupně vysunutí výsuvů. Při prvním stupni jsou vysunuty teleskopické výsuvy až ke kotli. Z důvodu nebezpečí průhybu teleskopických výsuvu je na kotli umístěn váleček od společnosti Interroll série S1200, který dostane konec výsuvů do správné polohy před plnicím otvorem. Typ válečku byl použit s ohledem na pracovní teplotu, která ho ovlivňuje na těle kotle.

Poslední část jezdce, kterou je plechové koryto, zatáčecí mechanismus zasunuje až do spalovací komory. Tato poslední část je spojena s konci teleskopických výsuvů pomocí vodících tyčí o průměru 16 mm a linearsetem SMA 16. Poslední část jezdce je s konci teleskopických výsuvů spojena zároveň i párem dvou tažných pružin s označením 0,80x10,0x90x91 (050839) od dodavatele Pružiny Čermák. Tyto pružiny jsou navrženy tak, aby zajistili samovolný zpětný pohyb z poslední polohy jezdce ve spalovací komoře do polohy před spalovací komorou.



Obr. 5-13 Jednotlivé kroky vysouvání jezdce a) nulová poloha; b) maximální vysunutí teleskopů; c) vysunutí poslední části lineárního vedení

5.5.3 Zasouvací vidlice

Zatáčecí vidlice je poslední konstrukční částí řešenou v diplomové práci. Jedná se o konstrukci, která se pohybuje lineárním přímočarým pohybem a je pevně spojena s rámem zařízení. Její funkce spočívá v dočasném spojení spodní větve vidlice s poslední vysouvací částí jezdce pomocí elektromagnetu. Spodní část vidlice tedy slouží pro zatlačení poslední části výsuvů do spalovací komory. Horní – dorazová část vidlice, slouží jako doraz při zpětné pohybu poslední části výsuvů ze spalovací komory. Jednotlivé kroky jsou zobrazeny v příloze 1. Zasouvací vidlice je poháněna zdvižnou převodovkou přes trapézový šroub, který v tomto případě nerotuje.

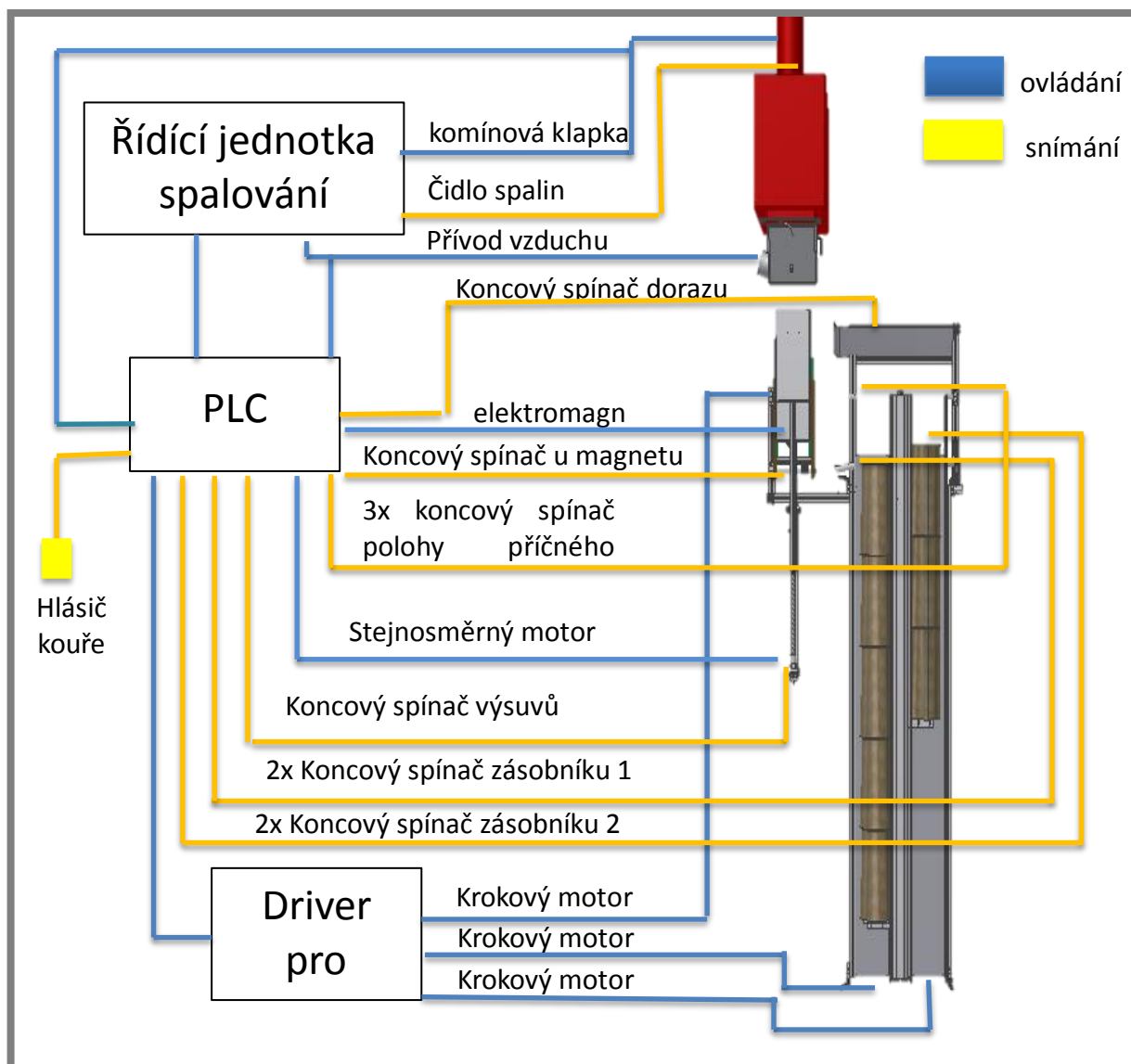
5.4. Řídící automatizační část

Další důležitou částí diplomové práce bylo sestavit program pro PLC jednotku, navrhnout veškeré elektronické komponenty, jakými jsou zdroj, kontroléry pro krokové motory, koncové spínače aj. Jako první krok bylo nutné zvolit řídicí jednotku. Jako optimální variantu jsem zvolil PLC jednotku od společnosti FATEK. Tyto PLC jednotky jsou schopny řídit krokové motory přes kontrolér a navíc nabízejí možnost zdarma využívání softwaru WinProLadder, který slouží k programování PLC jednotek a tvorbu programu.

V rámci diplomové práce byl sestaven program na složený z logických bloků v softwarovém prostředí WinProLadder pro řízení pohonů dopravníku na základě koncových snímačů. Celý proces je iniciován řídicí jednotkou spalování, které také zaručují volný prostor ve spalovací komoře pro další palivo.

Tab. 5-1 Seznam hlavních elektronických prvků

název	označení	Základní určující parametr
PLC jednotka	B1z-24M	14 vstup/ 10 výstupů
Zdroj	RD 125-B	Vstup 230V, výstup 24/5V
Kontroléry pro motory	HY-DIV168N	Max proud 3A
Pohon zasouvacího mechanismu	MHG 100	Napětí 12-24 V Síla zdvihu 400N
elektromagnet	ITS-MS-3025	Síla magnetu 100N



Obr. 5-14 Schematické zapojení elektroniky

6 DISKUZE

Hlavní záměrem diplomové práce bylo navrhnout metodu jak zpřístupnit vytápění kusového dřeva i uživatelům, kteří upřednostňují spíše komfortnější metody vytápění. Momentální způsoby vytápění kusovým dřevem jsou stále spojeny s ručním přikládáním a přesto, že jsou cenově mnohem výhodnější, těžko konkurují komfortním zdrojům, jako jsou plyn, nebo elektřina. Další automatické spalovací systémy biomasy, které jsou momentálně hojně podporovány, jsou zaměřeny na sypká paliva. Spolu s vývojem dopravníků pro sypká paliva jsou vyvíjeny i řídicí jednotky hlídající proces hoření, které navíc dokážou zefektivnit vytápění řízením přívodu vzduchu do spalovací komory.

Současný trh nabízí širokou škálu automatických dopravníkových systémů pro sypká paliva s automatickými dávkovači do spalovací komory. Výsledkem diplomové práce je tedy ve své podstatě stejný systém automatického topení, při kterém se spaluje biomasa, avšak se zásadně rozdílnými mechanickými vlastnostmi paliva. Právě manipulace s nehomogenními kusy dřeva se na první pohled jeví jako zdánlivě nemožná. Dokonce i mnou oslovení výrobci automatických kotlů na sypká paliva odpověděli, že si nedokáží představit zařízení, které by umožňovalo dávkování polen do kotle za chodu. Tímto se staví můj konstrukční návrh zařízení pro dávkování kusového dřeva do kotle za chodu mezi unikátní zařízení, které není v současnosti na trhu k dispozici a může tak do budoucna vyplnit tuto mezeru mezi automatickými spalovacími systémy.

Cílem práce bylo mimo jiné i zhotovení funkčního vzorku, který je realizován ve spolupráci se zadavatelem zadání společností APM engineering s.r.o. Během realizace vznikla celá řada zpoždění, zejména s výrobou unikátních kusů a nakupování komponentů. Další zpoždění realizace vznikaly objednávkami komponentů, zejména těch ze zahraničí a jejich zpoždění při dodání. Fotodokumentace z realizace zařízení je uvedena v příloze 2. Momentálně je ve stádiu dokončování kompletace konstrukce, montování elektronických dílů, koncových snímačů a následného testování. Během montáže funkčního vzorku se objevilo pár konstrukčních a technologických nedostatků, které bylo nutné vyřešit. Tyto drobné nedostatky byly odstraněny během kompletace metodou fit&adjust. Další náročnou technologickou překážkou bylo např. soustružení konců trapézových šroubů TR16x4 v délce 2200 mm pro uložení v ložiskových domcích.

6.1 Cenové zhodnocení

Výsledné konstrukční řešení dopravníku a jednotlivých částí, je výsledkem několika koncepčních variant řešení. Následné řešení bylo realizováno ve formě 3D modelu a následně byl vytvořen výkres sestavy. Vzhledem k realizaci nového zařízení, které není vyráběné ve větší sérii a tím za mnohem nižší cenu, slouží následné zhodnocení pouze orientačně. V následující tabulce je provedeno orientační srovnání s přestavbovou sadou pro 5ti článkový kotel od dodavatele Eco-kotle [28], která je instalována na klasický prohřívací kotel a umožňuje automatické spalování sypkého paliva. Jedná se o střední cenovou kategorii.

Tab. 6-1 Orientační cenové srovnání

		
typ paliva	Kusové dřevo	Pelety, obilniny
Objem zásobníku	60 kg -měkké dřevo 100 kg -tvrdé dřevo	150-180 kg
Zásah do konstrukce kotle	ne	ano
cena	47 500 Kč	33 235 Kč

6.2 Plán dalších prací

6.2

Jelikož se nejedná o optimalizaci již existujícího zařízení, ale veškeré konstrukční předpoklady jsou dělány pro nové zařízení, vzniká zde obrovský prostor pro zdokonalování konstrukčního řešení, optimalizaci dílu z technologické stránky výroby, testování zařízení v provozu a vyhodnocování chyb a nedostatků. Myšlenka diplomové práce je udělat první krok v automatizování spalování kusového dřeva ve standartních kotlích, zpracovat metodiku konstrukčního řešení, následně zkonstruovat virtuální model a ověřit jej na funkčním vzorku. Očekávaný cíl tedy není zařízení, které je okamžitě vhodné k prodeji, ale základ pro optimalizaci a testování. Další práce na zařízení tedy budou vedeny v tomto směru a budou prováděny v prostředí firmy. Zcela určitě se zde otevírá příležitost pro nová zadání v podobě optimalizace konstrukce a následných testování.

7. ZÁVĚR

V zadání diplomové práce jsou specifikovány požadované výstupy diplomové práce a parametry zadání. Hlavním cílem bylo vytvořit konstrukční řešení automatického příkládacího dopravníku, který je schopen dopravit kusové dřevo ze zásobníku podavače do spalovací komory kotle na tuhá paliva za chodu. Důležitou součástí je také návrh z hlediska automatizace zařízení a volba elektrických komponentů. Zařízení má být schopno bezobslužného provozu alespoň 12 hodin při chodu kotle o výkonu 25 kW. Nejen tyto základní parametry zadání, ale i další dílčí odvozené parametry byly v rámci diplomové práce splněny, na jejich základě byl zhotoven výstup v podobě funkčního vzorku a výkresu sestavení zařízení.

Diplomová práce v první části stručně popisuje současné možnosti spalování kusového dřeva jak v kotelnách ale i v interiérových krbech. Další rešerše je zaměřena na konstrukční řešení kotlů z hlediska principu spalování ale i z hlediska polohy plnicích otvorů. V oblasti automatických příkladačů práce popisuje možnosti plnění kotle sypkými palivy ale i ukázkou příkladačů na kusové dřevo v podobě starších patentových návrhů. Rešerše je také zaměřena i na proces hoření a možnosti jeho řízení regulací a v neposlední řadě i přehled detektorů kouře a plamene.

Samotná práce se následně zabývá v první části návrhem koncepčního řešení celého procesu transportu polena ze zásobníku do spalovací komory. Od uložení polen zásobníku, přes následné separování jednoho polena až po vložení polena do spalovací komory kotle. V této části jsou také specifikovány další dílčí parametry zařízení. Druhá část práce je zaměřena na konstrukční řešení konkrétního podavače a řešení automatizačních a elektronických prvků příkladače.

Předpokládaným výstupem práce je funkční vzorek. Funkční vzorek příkládacího dopravníku je v současnosti realizován ve spolupráci se zadavatelem zadání a bude dále vyvíjen a testován.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**8**

- [1] NOVÁK, Libor. Topení kusovým dřevem je nejlevnější, ale ... (?). *TZB-info*. [online]. 2008, [cit 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4844-topeni-kusovym-drevem-je-nejlevnejsi-ale>
- [2] MUSIL, Ladislav. Plyn ve vytápění (I). *TZB-info*. [online]. 2002, [cit 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1163-plyn-ve-vytapeni-i>
- [3] CLAUDIUS K2L, Viadrus[online]. 2013, [cit 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.viadrus.cz/kotle-na-zemni-plyn/claudius-k2l-26-cz6.html>
- [4] BARTOŠ, Tomáš, STREJČEK P. Vývoj cen elektrické energie v regionu západní a střední Evropy v letech 2001–2011. *TZB-info*. [online]. 2012, [cit 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/8998-vyvoj-cen-elektricke-energie-v-regionu-zapadni-a-stredni-evropy-v-letech-2001-2011>
- [5] DŮM A BYT [online]. [cit 2013-05-16]. Dostupné z: http://www.dumabyt.cz/rubriky/dum/bydlime/inteligentni-kotle-a-ciste-teplo_19713.html
- [6] Řídící jednotka ST-81. *Ekologické kotle* [online]. [cit 2013-05-16]. Dostupné z: 2012. <http://www.ekologicke-kotle.cz/ekologicke-kotle/eshop/8-1-RIDICI-jednotky/78-2-Pro-kotle-s-rucnim-prikladanim/5/238-Ridici-jednotka-ST-81>
- [7] Řídící jednotka ST-37i. *Ekologické kotle* [online]. [cit 2013-05-16]. Dostupné z: 2012. <http://www.ekologicke-kotle.cz/ekologicke-kotle/eshop/8-1-RIDICI-jednotky/79-2-Pro-kotle-s-podavacem/5/216-Ridici-jednotka-ST-37i>
- [8] BEDNÁŘ, F. Kotle na tuhá paliva. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..
- [9] BLAŽÍČEK, Jan. Prodeje kotlů v roce 2011. *TZB-info*. [online]. 2012, [cit 2013-05-16]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/zdroje-tepla/8720-prodeje-kotlu-v-roce-2011>
- [10] Česká republika. Metodika hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených programů. In: 04944/11-RVV. Praha, 2011, č. 340. Dostupné z: <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=608098>
- [11] *Krbová vložka GLASGOW* [online]. 2007 [cit. 2013-06-09]. Dostupné z: <http://www.kamna-kotle-krby.cz/48-polozka-285-glasgow-2001-0---krbove-vlozky.html>

- [12] *MUSGRAVES PRINCESS* [online]. 2010 [cit. 2013-06-09]. Dostupné z: <http://www.dufakotle.cz/dufa/goods-MUSGRAVESPRINCESS-25-kamna-litinova-musgraves-princess.html>
- [13] Technologie pro zpracování biomasy. *Zplynovací kotle na dřevo a brikety* [online]. 2013 [cit. 2013-06-09]. Dostupné z: <http://www.bm-contechinvest.eu/3027/kotle-na-drevo-polena-brikety/>
- [14] *Kvalitní kotle.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-06-09]. Dostupné z: <http://kvalitnikotle.cz/>
- [15] MARLEY, Jerry. *Automatic log feeder* [patent]. USA. Patent, 4444538. Uděleno 24.4.1984.
- [16] BOURON, Francis. *Automatic log feed device for solid fuel boiler, specifically for logs of wood* [patent]. USA. patent, US4539915. Uděleno 10.9.1985.
- [17] L. LANDRY, Joseph. *Automatic log feeder for fireplaces* [patent]. USA. patent, US4865016. Uděleno 12.09.1989.
- [18] DUNKERMOTOREN. *Linear motors and actuators* [online katalog]. 2012, 24 s. Dostupné z: <http://www.schmachtl.cz/pohony-linearni-pohony-linearni-motory>
- [19] HOŠEK, Zdeněk. Autonomní hlásiče kouře. *TZB-info* [online]. 13.8.2008 [cit. 2013-06-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5011-autonomni-hlasice-koure>
- [20] HRDLIČKA, Jan a Bohumil ŠULC. PROBLEMATIKA VLIVU ŘÍZENÍ MALÉHO AUTOMATICKÉHO KOTLE SPALUJÍCÍHO BIOMASU NA JEHO PROVOZ. *TZB info* [online]. 2.11.2011 [cit. 2013-06-10]. Dostupné z: <http://www.tzbportal.sk/biomasa/problematika-vlivu-rizeni-maleho-automatickeho-kotle-spalujiciho-biomasu-na-jeho-provoz.html>
- [21] KRATINA, Jakub. *E- konstrukter: portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2013. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hustota-materialu-a-latek>
- [22] KUBESA, Ing. Petr, Ing. Jiří HORÁK PH.D a . 2012. Proces hoření kusového dřeva. Proces hoření kusového dřeva [online]. [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/8716-proces-horeni-kusoveho-dreva>
- [23] *SKF ložiska* [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/linear-motion/linear-guides-and-tables/linear-ball-bearings/linear-ball-bearing-lbc/index.html>

- [24] HEINRICH KIPP WERK KG. Katalog zboží. Dostupné také z: <http://www.kipp.cz/cz/cs/Produkty/Ovl%C3%A1dac%C3%AD-prvky-normovan%C3%A9-d%C3%ADly/Teleskopick%C3%A9-li%C5%A1ty/K0541-Teleskopick%C3%A9-li%C5%A1ty-extra-v%C3%BDsuv-nosnost-do-60-kg.html>
- [25] ARDRUINO. [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://store.arduino.cc/product/A000066/>
- [26] SEA. *Společnost pro elektronické aplikace*. 2006. Dostupné také z: http://www.seapraha.cz/zakladni-verze-fbs-ma__c_114_137_139
- [27] Matis: *industrial components*. Dostupné z: http://www.matis.cz/data/pdf/trapezove_srouby/tech_spec/Zasady_pro_na_vrh_trapezovych_sroubu.pdf
- [28] *Eco-kotle: eco-agrotech*. Dostupné také z: <http://www.eco-kotle.cz/prestavbova-sada-pro-4-a-5-ti-cl-s69CZ>
- [29] *Rojek*. Dostupné také z: <http://www.rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&Vyrobek=1023250&go=Vyrobek>

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

Seznam použitých zkratek

PLC	Z anglického překladu: Programmable Logic Controller –Programovatelný logický automat
fit&adjust	metoda, při které jsou montované díly upraveny pro konkrétní použití
linearset	sestava lineárního ložiska uloženého v ložiskovém domku

Seznam použitých symbolů a veličin

V_p	[m ³]	objem maximálního polena
v_p	[mm]	výška maximálního polena
$\dot{s}_p$	[mm]	šířka maximálního polena
d_p	[mm]	délka maximálního polena
F_p	[N]	maximální zatížení od jednoho polena
m_p	[kg]	hmotnost od maximálního polena
ρ_{dub}	[kg/m ³]	hustota dubového dřeva
g	[ms ⁻²]	tíhové zrychlení
m_{pal}	[kg]	jmenovitá hmotnost paliva v zásobníku
t_k	[s]	doba hoření
q_k	[kg/hod]	spotřeba paliva kotle
V_z	[m ³]	objem zásobníku
ρ_{smrk}	[kg/m ³]	objem smrkového dřeva
F_{pal}	[N]	zatěžující síla od paliva v zásobníku
N_z	[-]	počet drah zásobníku
L_z	[m]	délka jedné dráhy zásobníku
f	[-]	součinitel tření ocel / dřevo
F_{tz1}	[N]	třecí síla mezi palivem a zásobníkem v jedné dráze
M_{k1}	[Nm]	krouticí moment přenášený jedním trapézovým šroubem zásobníku
F_{tz1}	[N]	třecí síla mezi palivem a zásobníkem v jedné dráze
p	[-]	stoupání trapézového závitu
π	[-]	Ludolfovo číslo
η	[-]	účinnost trapézového šroubu
F_V	[N]	zatížení příčného vedení jezdce
F_{jezdce}	[N]	výška polena
F_2	[N]	maximální zatížení konce druhého výsuvu
F_1	[N]	maximální zatížení konce prvního výsuvu

10 SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK**10****Seznam obrázků**

- Obr. 1-1** Porovnání nákladů na vytápění RD o spotřebě 100GJ/rok v r 2008 [1]
Obr. 2-1 Krbová vložka GLASGOW [11]
Obr. 2-2 Litinová kamna MUSGRAVES PRINCESS [12]
Obr. 2-3 Řez zplyňovacím kotlem [13]
Obr. 2-4 Kotle s vrchním, šikmým a čelním plněním [14]
Obr. 2-5 Schéma kotle, hořáku a zásobníku na sypká paliva [5]
Obr. 2-6 Patentované příkladací dopravníky z 80. let 20. Století a) Jerry Manley[15], b) Francis Bouron [16], c) Joseph L. Landry [17]
Obr. 2-7 Proces hoření dřeva[22]
Obr. 2-8 Schéma zapojení řídicí jednotky ST37i ke kotli s příkladacím dopravníkem [7]
Obr. 2-9 Vhodná detekce vznikajícího požáru v jednotlivých vývojových fázích [19]
Obr. 2-10 Ionizační metoda detekce kouře[19]
Obr. 2-11 Schéma blokování průchodu světla kouřem [19]
Obr. 2-12 Schéma odklonu paprsku světla kouřem [19]
Obr. 3.1 Kotel na kusové s přímým plněním
Obr. 3-2 Řez 3D modelu kotle a)čtvrtinový; b)poloviční
Obr. 3-3 Schéma prostorových dispozic v kotelně
Obr. 4.1 Schéma vertikálně uložených polen
Obr. 4.2 a) Schéma uložení polen různých tvarů v lichoběžníkové dráze; b) horizontální uložení polen
Obr. 4-3 Koncept zásobníku na kusové dřevo
Obr. 4-4 Elektrický lineární pohon s pohyblivou [18]
Obr. 4-5 Schéma horizontálně uložených polen s řetězovým pojezdem
Obr. 4-6 Schéma horizontálně uložených polen s trapézový/kuličkovým pojezdem
Obr. 4-7 Schéma gravitační separace
Obr. 4-8 Schéma horizontální separace polen
Obr. 4-9 Koncepční řešení polohování jezdce před zásobníkem
Obr. 4-10 Příklad využití 3 modulů lineárních pohonů [18]
Obr. 4-11 Lineární ložisko na vedení [23]
Obr. 4-12 Vedení jezdce a) v naklonené poloze; b) v nulové poloze
Obr. 4-13 Teleskopické výsuvy společnosti KIPP [24]
Obr. 4-14 Schéma použití teleskopických výsuvů
Obr. 4-15 Schéma použití sklopné dráhy
Obr. 4-16 Schéma variant zasunutí polena do spalovací komory a) varianta A- zasunutí polena pomocí pístu; b) varianta B- zpětné vysunutí jezdce
Obr. 4-17 Schéma otevírání dvířek spojené s výsuvem jezdce Vysunut jezdce 0-100% označené ve třech krocích
Obr. 4-18 Arduino board UNO Rev3 [25]
Obr. 4-19 Základní verze PLC FBs-MA, společnosti FATEK [26]
Obr. 5-1 Jezdec zásobníku
Obr. 5-2 Výpočtový model jezdce zásobníku
Obr. 5-3 Pohled sítě modelu jezdce zásobníku

Obr. 5-4	Výsledky statické pevnostní analýzy jezdce
Obr. 5-5	Návrh řemenového převodu
Obr. 5-6	Ložiskové uložení trapézového šroubu
Obr. 5-7	3D model zásobníku
Obr. 5-8	3D model separační části zařízení
Obr. 5-9	Konstrukční řešení separační části zařízení
Obr. 5-10	Schéma zatížení příčného vedení
Obr. 5-11	Výsledek pevnostní statické simulace- posunutí ve směru zatěžování
Obr. 5-12	Schéma zatížení příčného vedení
Obr. 5-13	Jednotlivé kroky vysouvání jezdce a) nulová poloha; b) maximální vysunutí teleskopů; c) vysunutí poslední části lineárního vedení
Obr. 5-14	Schematické zapojení elektroniky

Seznam tabulek

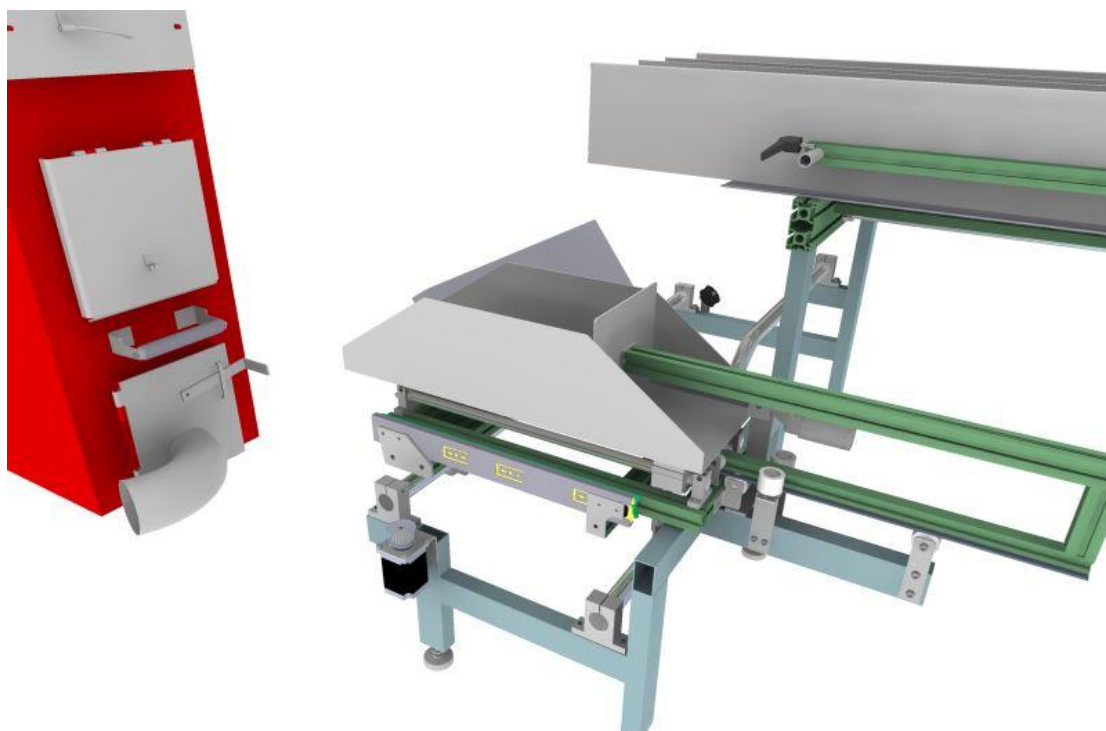
Tab. 3-1	Maximální rozměry polena
Tab. 3-2	Souhrn dílčích parametrů diplomové práce
Tab. 5-1	Seznam hlavních elektronických prvků
Tab. 6-1	Orientační cenové srovnání

12 SEZNAM PŘÍLOH

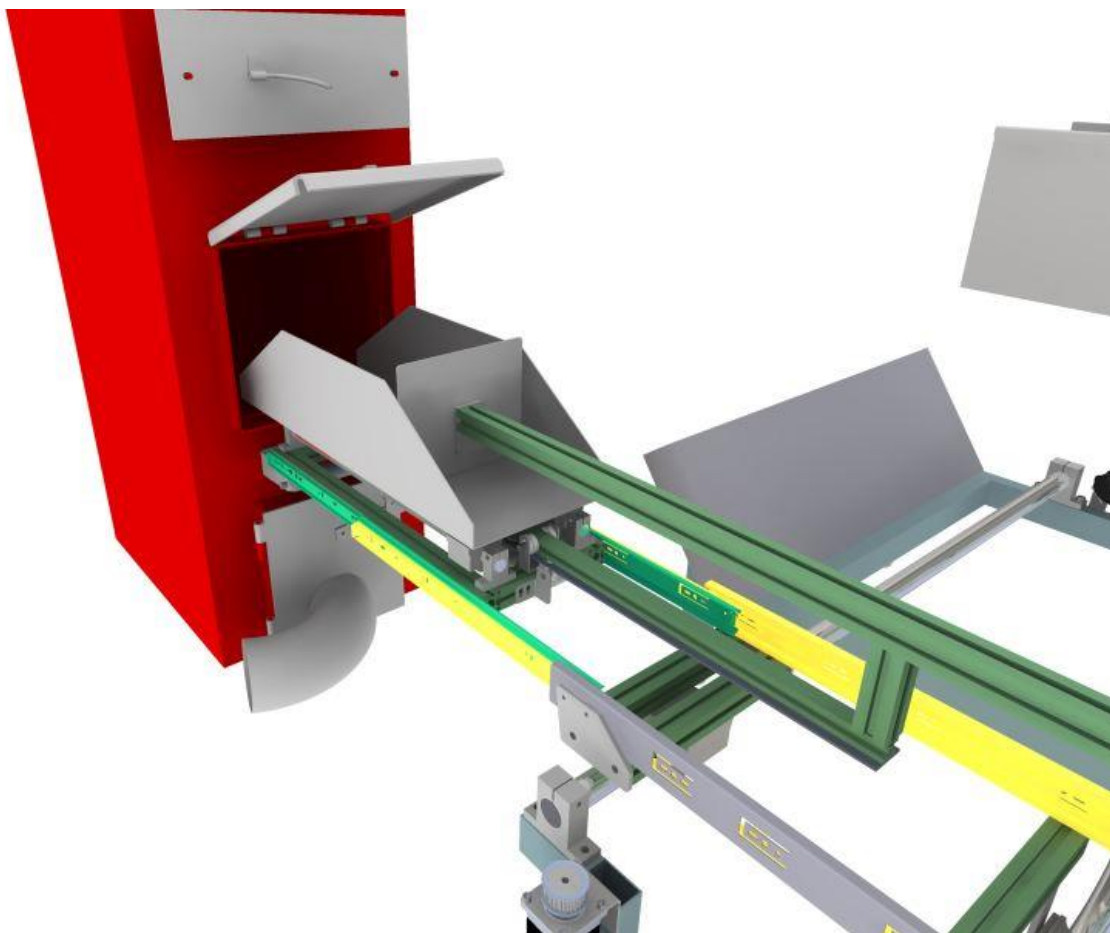
12

- Příloha 1** kroky zasouvání polena do kotle
Příloha 2 fotodokumentace realizace funkčního vzorku
Příloha 3 výkres sestavy a kusovník

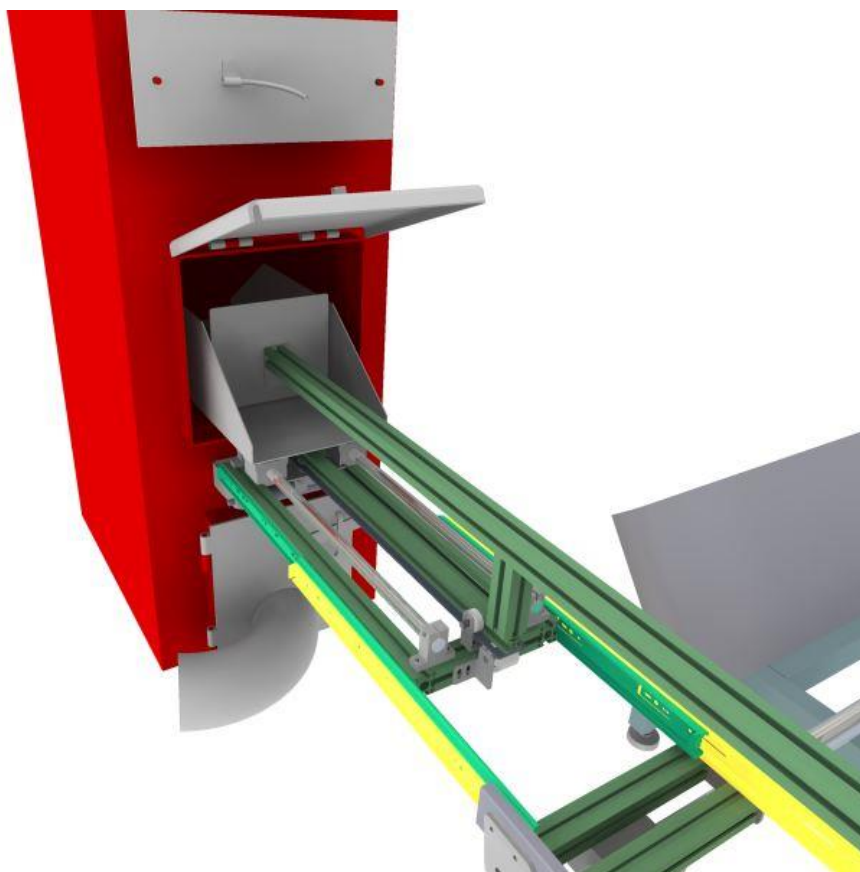
Příloha 1 kroky zasouvání polena do kotle



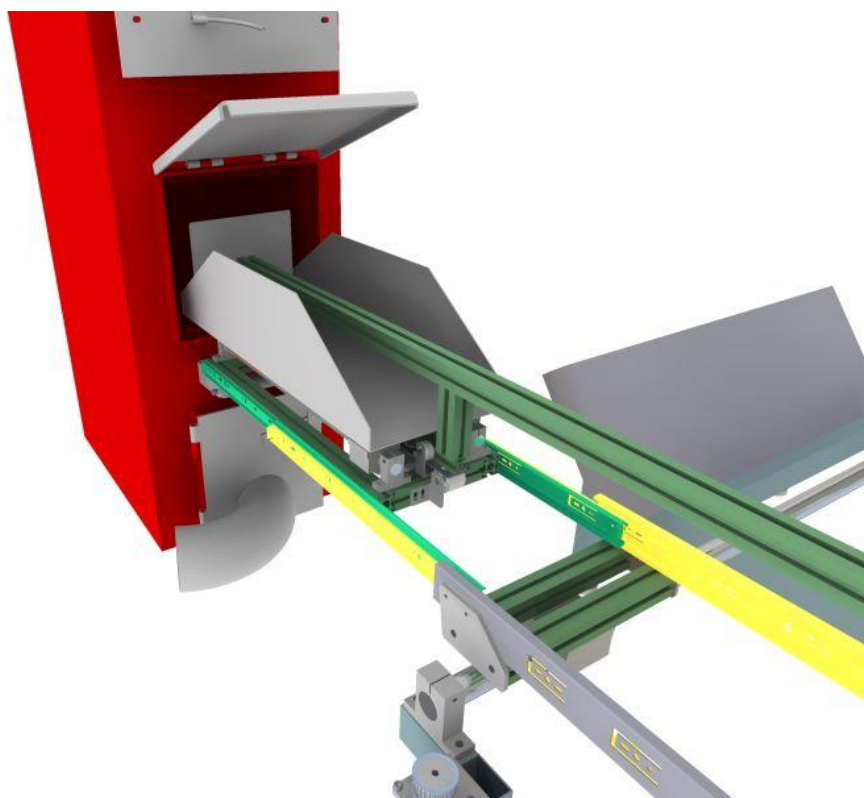
Krok 1 – spojení vidlice s pojezdem elektromagnetem



Krok 2 – maximální vysunutí teleskopických výsuvů



Krok 3 – zasunutí poslední části pojezdu do spalovací komory



Krok 4 – vypnutí elektromagnetu, jezdec se nasouvá na vidlici

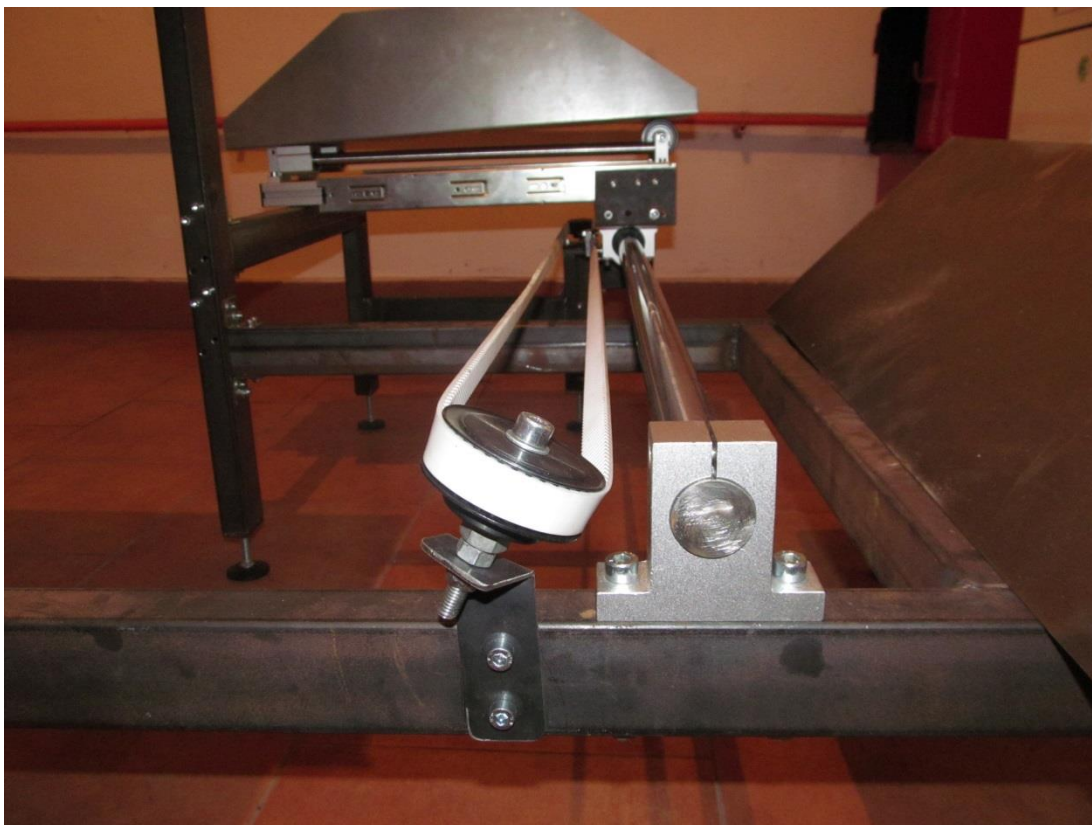
Příloha 2 fotodokumentace funkčního vzorku



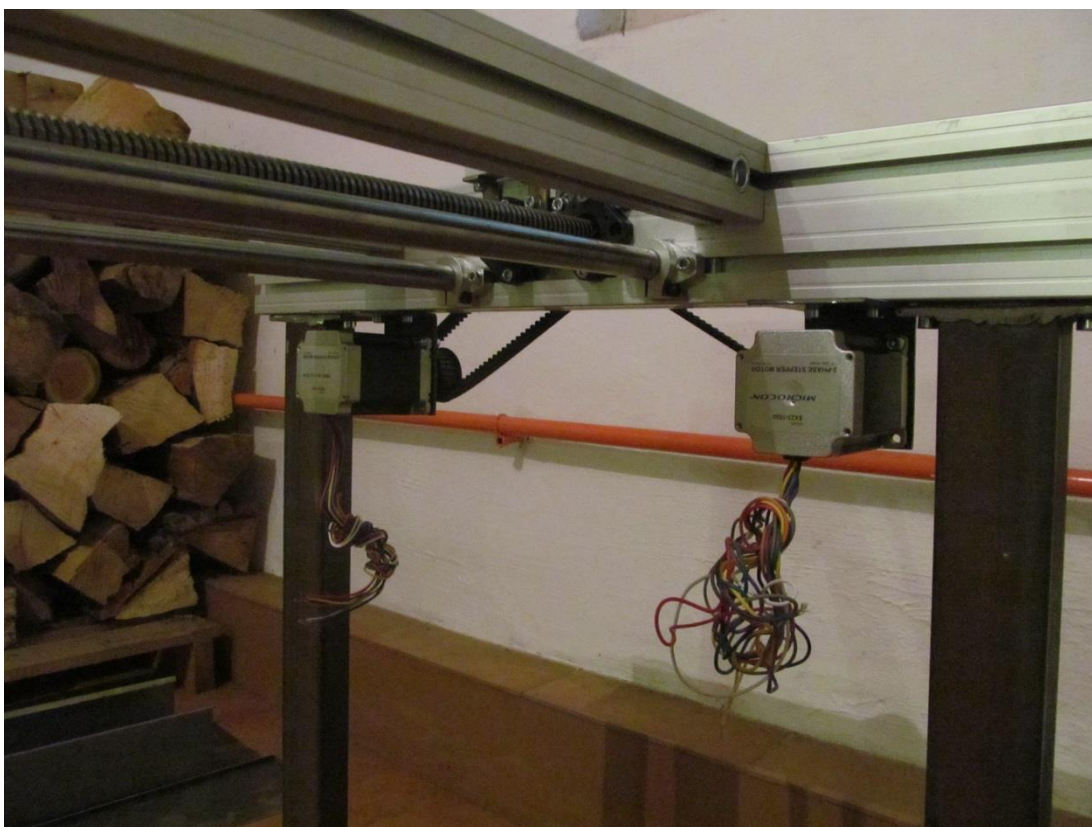
Současný stav realizace



Komponenty zařízení



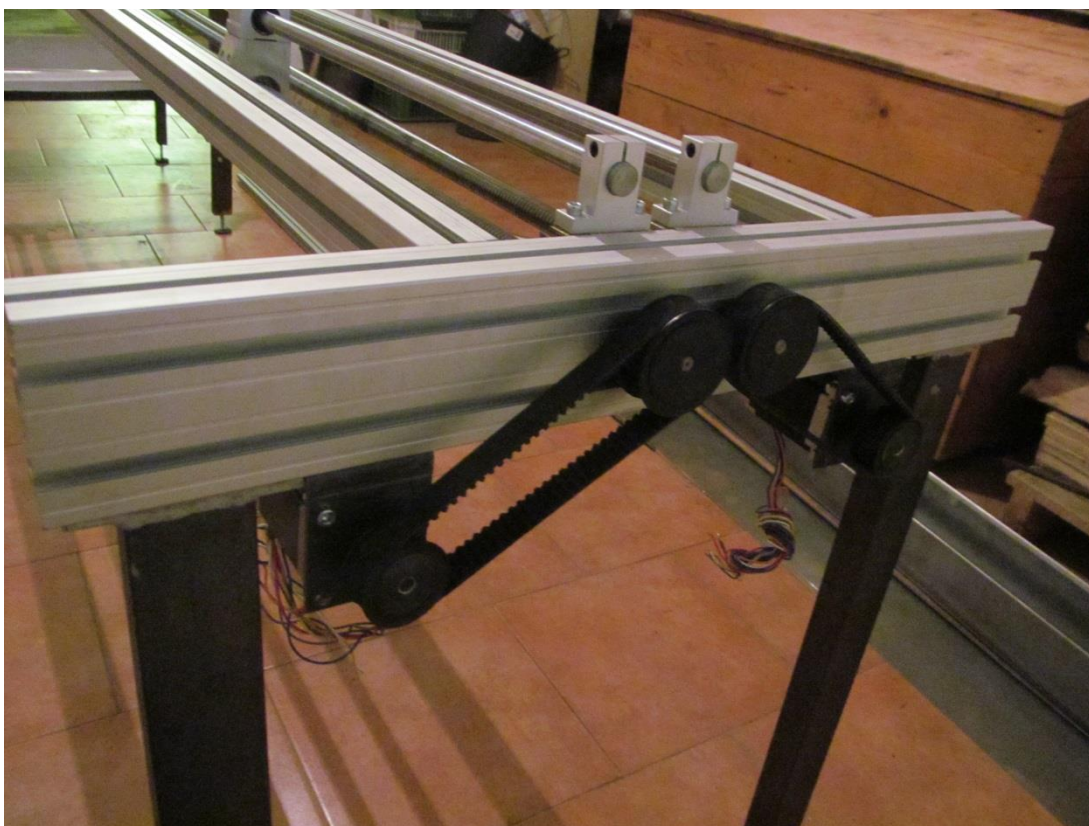
Současný stav realizace příčného vedení



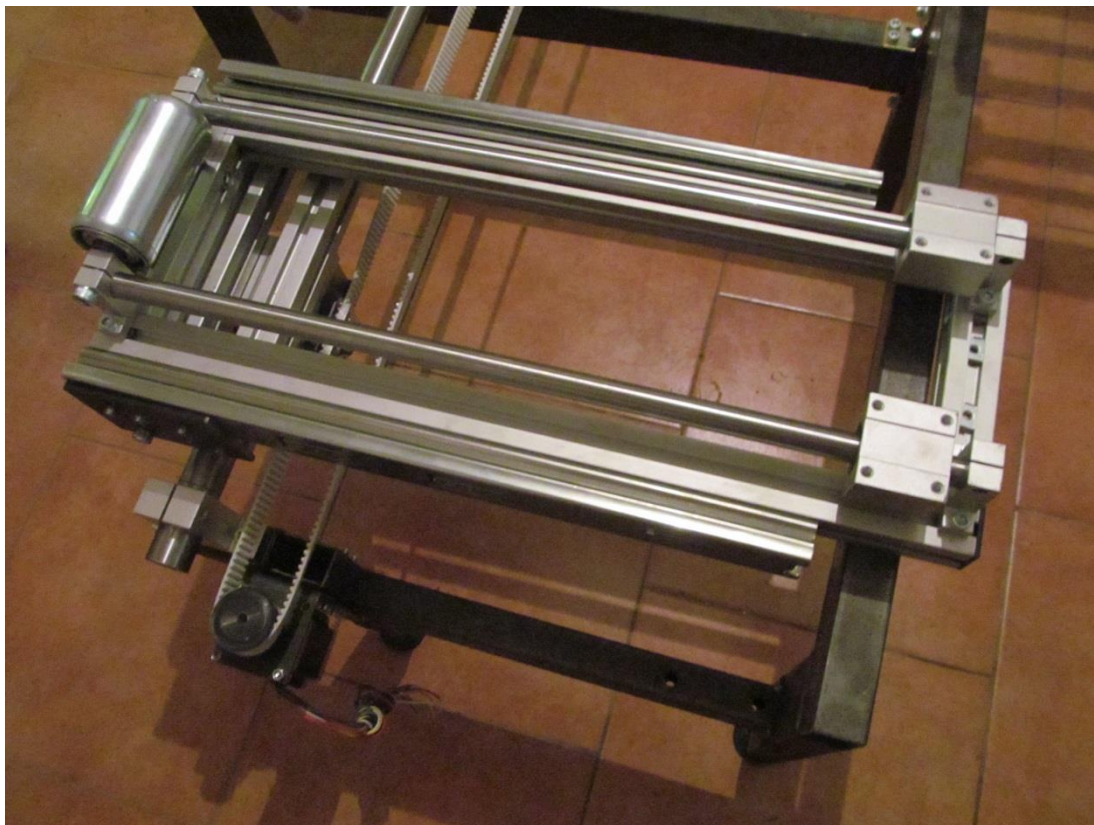
Současný stav realizace pohonu zásobníku



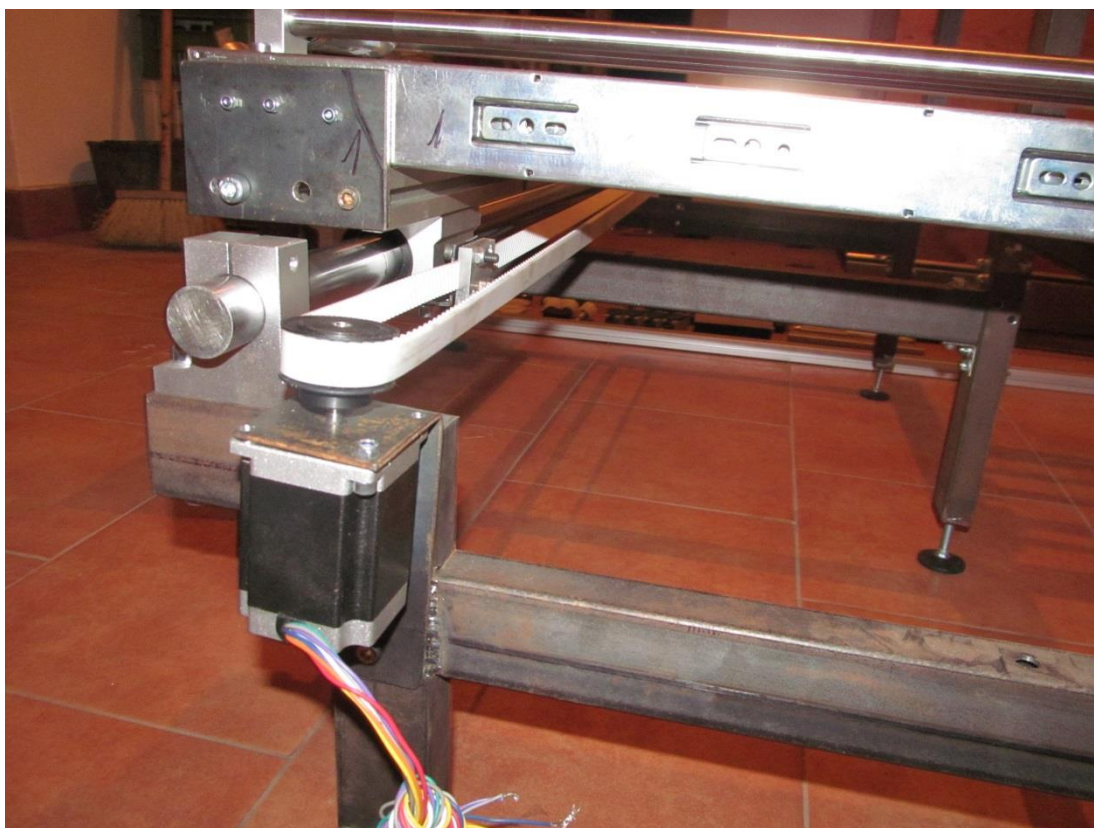
Současný stav realizace jezdce zásobníku



Současný stav realizace řemenový převod zásobníku



Současný stav realizace jezdce separátoru



Současný stav realizace pohonu jezdce separátoru



Současný stav realizace teleskopických výsuvů jezdce



Současný stav realizace teleskopických výsuvů jezdce při pohybu do kotle
