



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## OBSLUŽNÁ PLOŠINA HORIZONTÁLNÍ VYVRTÁVAČKY

SERVICE PLATFORM OF BORING MACHINE

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Šebela

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

BRNO 2016



# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Bc. Michal Šebela**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Konstrukční inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.**  
Akademický rok: 2015/16

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:

## Obslužná plošina horizontální vyvrtávačky

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukce obslužné plošiny horizontální vyvrtávačky s těmito parametry: zdvih 0 až 7000 mm, výsuv kabiny 0 až 1000 mm, rozměry kabiny d x š x v: 2200 x 1400 x 2100 mm. Rychlost zdvihu a výsuvu 9 m/min.

**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. Koncepční řešení
5. Konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkres sestavení, fotografická dokumentace, funkční výrobek

Typ práce: konstrukční

Účel práce: výzkum a vývoj

Výstup práce: prototyp

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\\_2016.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2016.pdf)

Šablona práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK\\_sablona\\_praci.zip](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip)

**Seznam literatury:**

Shigley, J.E., Mischke, Ch.R., Budynas, R.G.: Konstruování strojních součástí. Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

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

---

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

## **ABSTRAKT**

---

Cílem předložené diplomové práce je vytvořit konstrukční návrh obslužné plošiny horizontální vyvrtávačky. Vstupními parametry jsou rozměry kabiny, délka a rychlost zdvihu a výsuvu. Nejdříve je řešeno konstrukční uspořádání tohoto zařízení. Zdvih je vyřešen pastorkem a ozubeným hřebenem. Dále je u něj proveden návrh pohonu a výpočet ozubení. Výsuv plošiny je proveden s využitím ozubeného řemene. V práci je zahrnut rozvod vzduchu s volbou pneumatických prvků. Dále je zpracován nosný rám a kabina. Jedná se o svařované konstrukce, u kterých je provedena napěťově deformační analýza. Poté je proveden návrh lineárního vedení zajišťující příslušné pohyby plošiny. K práci je přiložen výkres sestavení tohoto zařízení a videoukázka z provozu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

---

Plošina, pastorek, hřeben, horizontální vyvrtávačka

## **ABSTRACT**

---

The Diploma's thesis deals with a construction design of a service platform for a horizontal boring machine. Input parameters are cabin dimensions, length and velocity of lift and shift. In the first part of the thesis is design arrangement solved. The lift is solved by a rack and a pinion. By the lift is drive design and gear calculation performed. Shift of the service platform is done by toothed belt. Air distribution with pneumatic parts choice is included in this thesis. Next part is divided to supporting frame and cabin design. It is made by welded profiles, in which a stress-strength analysis is performed. The last part of the thesis is divided to linear guide design. A part of this thesis is a drawing of an assembly facility and a movie about this service platform in a real service.

## **KEY WORDS**

---

Service platform, pinion, rack, horizontal boring machine

---



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

---

ŠEBELA, M. *Obslužná plošina horizontální vyvrtávačky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

---





## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

---

Čestně prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením pana doc. Ing. Jana Brandejse, CSc. a všechny zdroje, ze kterých jsem čerpal, jsem uvedl v seznamu bibliografie.

V Brně dne 19. května 2016

.....  
Michal Šebela



## **PODĚKOVÁNÍ**

---

Touto cestou bych rád poděkoval doc. Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za jeho připomínky, vstřícnost a ochotu při zpracovávání práce. Obrovské díky patří firmě Fermat, s.r.o., jmenovitě ředitelům panu Milanu Královi a Drahomíru Bochníčkoví za jejich cenné rady a připomínky.

---



**OBSAH**

<b>Úvod</b>	<b>15</b>
<b>1 Přehled současného stavu a poznání</b>	<b>16</b>
1.1 Obslužná plošina pro operátora	16
1.2 Zdvih ozubeným hřebenem a pastorkem	17
1.2.1 Pohonné jednotky	17
1.2.2 Pastorky/Hřebeny	18
1.2.3 Moduly	18
1.2.4 Záběr pastorku a hřebenu	19
1.2.5 Brzdný systém	19
1.2.6 Spouštění osob uvězněných v kleci	21
1.3 Zdvih hydraulický	21
1.3.1 Hydraulický agregát	22
1.3.2 Hydraulický válec	26
1.4 Výsuv kabiny	26
1.4.1 Staticky uložený ozubený řemen/řetěz	27
1.4.2 Pohybové šrouby	27
1.4.3 Zdvižné převodovky	27
1.4.4 Pastorek/hřeben	28
1.4.5 Pneumatické pohony	28
1.5 Klec	28
1.6 Vedení klece	29
1.6.1 Výtahová vodítka	29
1.6.2 Lineární vedení s profilovou kolejničí	29
1.6.3 Vodící rolny	29
1.6.4 Kuličková pouzdra a tyče	29
1.7 Ostatní náležitosti	30
1.7.1 Přístup k plošině	30
1.7.2 Ohrazení základu pod výtahem	30
1.7.3 Systémy nosných ramen Rittal	30
1.7.4 Elektrické vedení kabelů	31
1.7.5 Koncový spínač	31
<b>2 Analýza problému a cíl práce</b>	<b>32</b>
2.1 Analýza problému	32
2.2 Cíl práce	32
<b>3 Koncepční řešení</b>	<b>33</b>
3.1 Umístění pohonu pro zdvih	33
3.1.1 Nad kabinou	33
3.1.2 Pod kabinou	33
3.1.3 Uvnitř kabiny	33
3.1.4 Mezi kabinou a stojanem stroje	33
3.2 Pohon výsuvu plošiny	34
3.2.1 Pneumatický pohon	34
3.2.2 Elektrický pohon	34
3.3 Zhodnocení variant	35

<b>4 Konstrukční řešení</b>	<b>36</b>
4.1 Stojan stroje	37
4.1.1 Pevnostní analýza konzoly nárazníku	38
4.2 Nosný rám	38
4.2.1 Kostra nosného rámu	40
4.3 Pohon osa Y	40
4.3.1 Návrh pohonu	41
4.3.2 Návrh pastorku a hřebene (dle normy ČSN 01 4686)	41
4.4 Přídavné vedení	45
4.5 Výsuv osa Z	46
4.5.1 Návrh pohonu osy z	47
4.6 Rozvod vzduchu	48
4.7 Kabina	49
4.7.1 Kostra kabiny	52
4.7.2 Dveře kabiny	53
4.7.3 Interní/externí světlo, elektrická zásuvka, ventilátor	53
4.7.4 Ovládací panel plošiny	54
4.8 Přístupová lávka ke stroji	55
4.9 Pevnostní analýza skeletu obslužné plošiny	55
<b>5 Diskuze</b>	<b>60</b>
<b>6 Závěr</b>	<b>61</b>
<b>7 Seznam použitých zdrojů</b>	<b>62</b>
<b>8 Seznam použitých symbolů a veličin</b>	<b>65</b>
<b>9 Seznam obrázků</b>	<b>68</b>
<b>10 Seznam tabulek</b>	<b>70</b>
<b>11 Seznam příloh</b>	<b>70</b>

## ÚVOD

Horizontální vyvrtávačky jsou obráběcí stroje, které nacházejí uplatnění při obrábění složitých součástí, převážně v kusové a malosériové výrobě. Vynikají zejména svojí univerzálností. Lze na nich na jedno upnutí obrobku provádět několik různých operací až z pěti jeho stran. Uskutečňují se na nich technologické operace, jako jsou vrtání, vyvrtávání, frézování, řezání závitů, vystruhování, zahlubování, aj. Tyto obráběcí stroje lze doplnit o různé přídavné zařízení, mezi které patří např. úhlová frézovací hlava, deskové upínací pole, otočný stůl, apod. Těmito přídavnými zařízeními se výrazně rozšiřují výrobní možnosti stroje.

V této diplomové práci je řešen konstrukční návrh obslužné plošiny horizontální vyvrtávačky deskového typu, viz obr. 1. U deskového typu horizontální vyvrtávačky je obrobek nepohyblivý, vřeteník se pohybuje ve svislém směru po vedení na stojanu a stojan se posouvá po ložích ve směru kolmém na osu vřeteníku. Deskové vyvrtávačky se vyrábějí pro obrobky značných rozměrů a jejich upínací desky o různých rozměrech lze uspořádat do kompaktního deskového pole. Častým doplněním těchto horizontetek bývá také otočný stůl, což zvyšuje počet řízených os. Průměry vyvrtávacích vřeten se u těchto strojů pohybují v rozmezí 130 až 315 mm. Pojezd stojanu stroje v ose  $x$  se pohybuje v rozmezí 2 400 až 30 000 mm, svislé přestavení vřeteníku  $y$  v rozsahu 2 000 až 8 000 mm, výsuv smykadla v ose  $z$  1 000 až 1 715 mm a výsuv pracovního vřetená v ose  $w$  700 až 1 200 mm.

Desková horizontka se standardně vybavuje plošinou pro operátora, která slouží k horizontálnímu a vertikálnímu přestavení pracovního prostoru obsluhy. Konstrukční návrh obslužné plošiny k tomuto typu stroje je předmětem této diplomové práce, která vznikla pod záštitou firmy Fermat, s.r.o. Tato společnost patří mezi přední výrobce horizontálních vyvrtávaček v ČR.



Obr. 1 Horizontální vyvrtávačka deskového typu [1]

## 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU A POZNÁNÍ

### 1.1 Obslužná plošina pro operátora

Slouží k horizontálnímu a vertikálnímu přestavení pracovního prostoru obsluhy. Horizontálně se plošina vysouvá ve směru osy pracovního vřeten a vertikálně se plošina zdvihá po stojanu stroje. Zdvih plošiny v rozsahu 2 000 až 8 000 mm se převážně zajišťuje prostřednictvím teleskopického hydraulického válce a výsuv pak pomocí převodu ozubeným řemenem, řetězem či pneumaticky. U takto řešené konstrukce se účelně vychází z předpisů pro bezpečnost montáže výtahů, dané normou. Plošina může být připevněna k vřeteníku nebo se může pohybovat nezávisle na vřeteníku. Při takovém řešení může obsluha přestavit kabinu do optimální pozice vzhledem k obrobku při obrábění. Dále pak umožňuje snadný přístup k obrobku při jeho ustavení. Plošina nese ovládací panel a je opatřena bezpečnostními skly a bezpečnostními elektromagnetickými zámky dveří. Chrání obsluhu před odletujícími třískami, odšťikující chladicí kapalinou a hlukem. Dále umožňuje obsluze jednoduché operace jako je provádění měření na obrobku, či ruční výměnu nástroje. Při návrhu se dbá na to, aby byly plošiny uživatelsky přívětivé a zajistily vynikající úroveň bezpečnosti a ergonomie. Ukázka plošiny firmy TOS Varnsdorf, viz obr. 2 a firmy Fermat, viz obr. 3. Španělský výrobce horizontálních vyvrtávaček, firma Zayer, využívá u svých strojů válcovou kabinu, viz obr. 4, která je otočně uložena v přední části stojanu, jejímž otočením se dostává do blízkosti řezu. Tento systém nahrazuje standardní výsuv plošiny. Tvarově odlišným designem se prezentuje německá firma SHW, viz obr. 5, která dbá na velkoplošné prosklení do prostoru obrábění a od ostatních plošin se odlišuje tvarově futuristickým řešením [2-4, 25].



Obr. 2 Plošina TOS Varnsdorf [27]



Obr. 3 Plošina Fermat [26]



Obr. 4 Plošina Zayer [25]

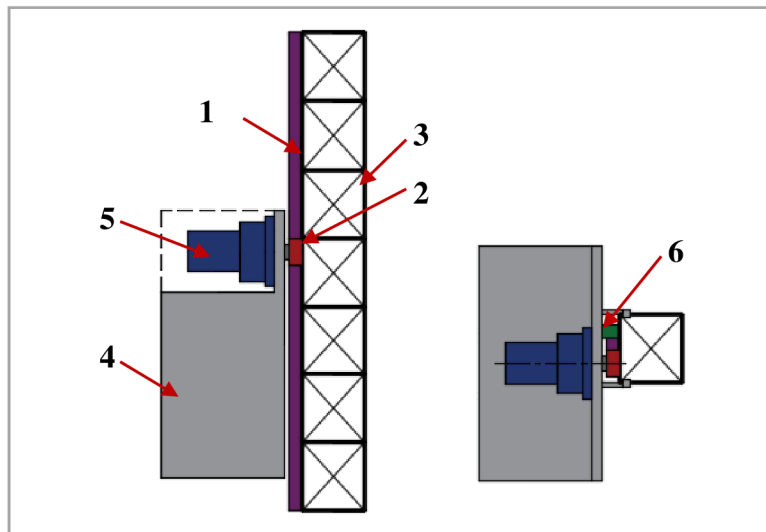


Obr. 5 Plošina SHW [25]



## 1.2 Zdvih ozubeným hřebenem a pastorkem

Výtahy využívající pohon s ozubeným hřebenem a pastorkem, viz obr. 6, využívají převodové motory osazené brzdami. Pastorky na výstupních hřídelích převodovek zapadají do hřebene, který je připevněn na nosném stožáru. Pastorky pohonu musí být kinematicky spojeny s hřídelí, stejně tak i pastorky bezpečnostních zařízení. Vylučují se spojení třením a sevřením. Pastorek bezpečnostního zařízení se umísťuje pod hnacím pastorkem. Hřebeny musí být pevně spojeny s nosnou částí (stojanem, stožárem). Napojování hřebenů musí být přesné, aby se předcházelo poškození zubů z hlediska chybného záběru. Musí být zabráněno vniknutí cizích předmětů mezi pastorek (hnací i bezpečnostní) a ozubený hřeben. Pro zlepšení jízdních vlastností a přesnosti zastavování v patrech se pohony řídí frekvenčními měniči. Díky plynulému rozjezdu a dojezdu pak výtahy mohou dosahovat rychlosti zdvihu až 100 m/min. Velkou výhodou těchto výtahů je možnost použití v drsném prostředí. Tyto výtahy se uplatňují v mnoha průmyslových odvětvích, jako jsou: továrny, mosty, pobřežní věže, doly, přehrady, pozemní stavitelství a mnoho dalších. Nosnosti těchto výtahů se pohybují v rozmezí 250 až 4 500 kg. Mechanismy pohybu a jeho příslušenství musí být řádně zakrytovány tak, aby se zabránilo vniknutí cizích předmětů, které by mohly způsobit poškození pohonu. Možnými příčinami poškození pohonu může být vniknutí šterku, sněhu, prachu, apod. Záleží samozřejmě i na umístění výtahu. Řešení krytů musí zajistit snadný přístup pro servisní prohlídky [6, 7, 24].



Obr. 6 Schéma hřebenového výtahu: 1 – hřeben; 2 – pastorek; 3 – stožár; 4 – klec; 5 – pohon; 6 – opěrná kladka

### 1.2.1 Pohonné jednotky

Výtahy využívající pohon s ozubeným hřebenem a pastorkem se skládají z jedné, dvou nebo tří kuželocelných či čelních převodovek, které jsou osazeny brzdovými motory. Převodové motory se obvykle umísťují nad klecí výtahu. Firma Stros používá u svých výtahů kuželocelní převodové motory firmy Nord, viz obr. 8.

K těmto převodovým motorům si sami vyrábějí příruby k připevnění k nosnému rámu klece. Společnost Towerlevator používá u svých hřebenových výtahů čelní převodovky od společnosti SEW-eurodrive, kde na stejné hřídeli je připevněn pastorek i zachycovač, viz obr. 7,9 [6, 7].



Obr. 7 Pohon Sew-eurodrive [28]



Obr. 8 Pohon Nord [29]



Obr. 9 Pohon hřebenového výtahu [30]

Při návrhu výtahového systému s hřebenem a pastorkem, zejména pro vyšší stavby, je někdy žádoucí používat více než jednu pohonnou jednotku. Zdvojené pohony jsou běžné a to zejména z důvodu optimalizace snížení velikosti hřebene pro přenesení zatížení při zachování bezpečnostního faktoru. Jsou-li dvě nebo více pohonných jednotek umístěny nad sebou na stejném hřebenu, může každá z nich nést plné zatížení klece výtahu. Tím je možné přenést dvojnásobné zatížení při stejné velikosti hřebenu. Úspory na hřebenu pak mohou vykompenzovat cenu dalšího pohonu [6].

---

### 1.2.2 Pastorky a hřebeny

Pastorky musí být navrženy dle předepsaných norem. Návrh zohledňuje pevnost zubů a důlkovou korozi. Výpočty se provádí k mezi únavy každého pastorku. Hřebeny musí být navrhovány stejně jako pastorky v souladu s normami. Návrh je zohledněný na pevnost zubů a důlkovou korozi. Z hlediska opotřebení jsou hřebeny vyráběny z materiálu, jehož vlastnosti odpovídají pastorku [24].

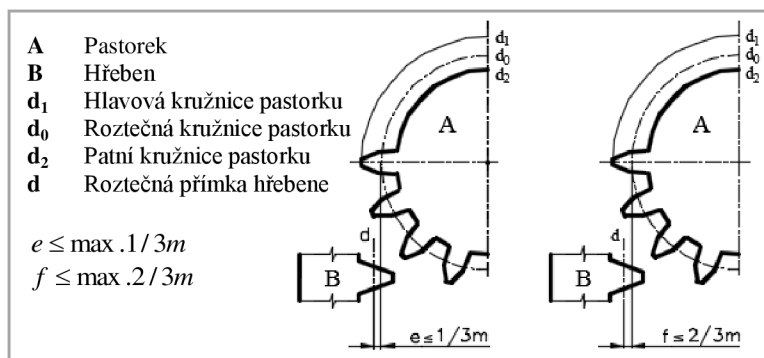
---

### 1.2.3 Moduly

Pro pastorky a hřebeny nesmí být modul zubů menší než 4, pro poháněcí systémy, které využívají přímé působení kladek na hřeben bez pomocných částí stožáru a menší než 6, pro pohonné systémy, kde působení opěrných kladek je zajištěno prostřednictvím dalších částí stožáru. Firma Stros standardně u svých výtahů používá pastorky i hřebeny s modulem zubů 8. Pastorek a hřeben firmy Stros, viz příloha 3 [7,24].

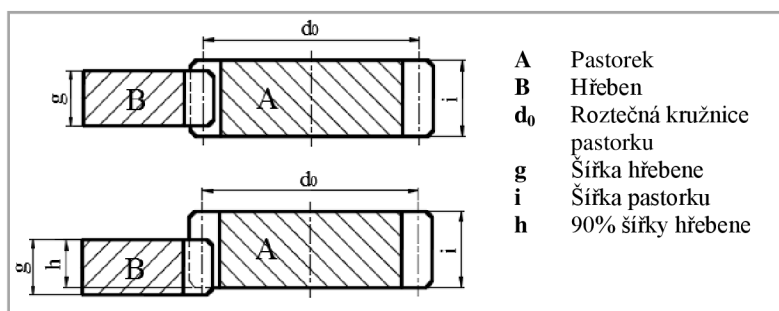
### 1.2.4 Záběr pastorku a hřebenu

Hřeben s pastorkem se musí udržet ve správném záběru, viz obr. 10. Za správný záběr se považuje shoda roztečné kružnice pastorku s roztečnou přímkou hřebene, nebo je přípustné maximální posunutí o  $1/3$  modulu. Za minimální přípustný záběr se považuje posunutí roztečné kružnice pastorku a roztečné přímky hřebene o  $2/3$  modulu. Správný záběr musí být zajištěn při všech podmínkách zatížení [24].



Obr. 10 Správný a minimální záběr zubů [24]

Dále musí být zajištěna šířka záběru pastorku a hřebene, viz obr. 11, kde v záběru musí zůstat minimálně 90% šířky hřebene [24].



Obr. 11 Správná a minimální šířka záběru [24]

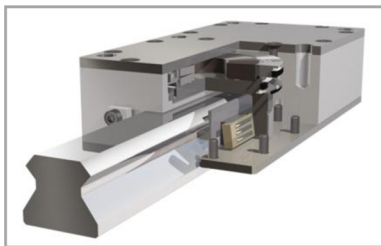
### 1.2.5 Brzdný systém

Všechny výtahy se opatřují samočinným brzdným systémem pro případ, kdyby došlo k přerušení dodávky elektrické energie. Brzdný systém vyžaduje alespoň jednu elektromechanickou brzdou třecího typu. Dále pak mohou být použity jiné typy brzd, např. hydraulické. Nesmí být použity pásové brzdy. Odbrzdění brzdy v provozním stavu musí být dosaženo napájením elektrickou energií [24].

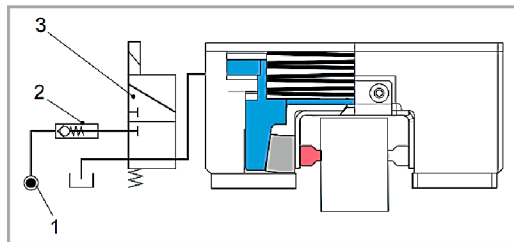
#### Brzda pro profilové vedení (ROBA guidestop)

Jedná se o bezpečnostní bezvůlovou brzdou, vyvinutou společností Mayr, viz obr. 12, 13. Brzda je určena pro profilové lineární vedení vertikálních os. Tento inovativní koncept brzdy zajišťuje maximální bezpečnost při ochraně osob a zařízení. Možné využití při statickém i dynamickém brzdění. Princip spočívá v předepjatých talířových pružinách, které tlačí brzdou čelist do profilového vedení. Odbrzdění se pak provádí hydraulicky. Přes vysoké brzdné síly stačí pro odbrzdění poměrně nízký nominální tlak (70 bar). Brzdný mechanismus koriguje poměrně velké výrobní

odchytky profilové kolejnice bez snížení brzdné síly. Tyto brzdy jsou přímo montovány na hmotné prvky strojních zařízení např. včetně obráběcích strojů. Pohonné prvky (např. převodovka) mezi motorem a pohybujícím se hmotným prvkem pak nemají vliv na bezpečnost. Brzdy ROBA – guidestop se dále vyznačují vysokou torzní tuhostí a jsou navrhovány na životnost 1 mil. cyklů. Brzda je bezúdržbová, avšak profil kolejnice je třeba pravidelně kontrolovat z důvodu znečištění prostřednictvím třecích materiálů [9].



Obr. 12 Roba guidestop [9]



Obr. 13 Hydraulické odbrzd'ování [9]

### Brzda na pastorek (ROBA pinionstop)

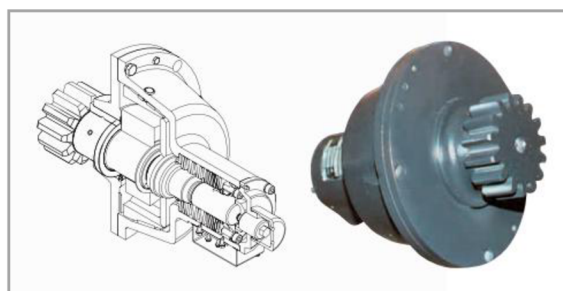
Jedná se o brzdný modul pro pastorek zapadající do ozubeného hřebene, viz obr. 14. Brzdný modul zajišťuje nezávislé elektromagnetické odbrzdění. Tato brzda je dimenzována individuálně dle požadavků zákazníka [10].

### Zachycovač pro hřebenové výtahy

Je základním bezpečnostním prvkem hřebenového výtahu, viz obr. 15. Pastorek zachycovače zabírá do hřebenu, ukotveném na nosném stožáru. Při pohybu výtahu směrem dolů zastaví klec, jestliže dojde k překročení jmenovité rychlosti klece. Hlavní část této komponenty tvoří odstředivý mechanismus, který po inicializaci překročení rychlosti spustí brzdný efekt. Zachycovač je také vybaven koncovým spínačem, který při aktivaci zachycovače rozpojí bezpečnostní obvod výtahu. Po opětovném seřízení proškolenou obsluhou je možný další provoz výtahu. Zachycovače jsou odstupňovány v závislosti na provozních otáčkách a brzděné hmotnosti. Moderní zachycovače jsou schopny zachytit výtahy o hmotnosti 6 700 kg při rychlosti 2 m/s. Jednotlivé zachycovače jsou nejdříve seřizeny na jednoúčelovém zařízení a poté jsou testovány. V pravidelných intervalech se zachycovače kontrolují, revidují a znovu seřizují tak, aby byla zabezpečena jeho spolehlivá funkce. Všechny zachycovače se prověřují státní zkušebnou a jsou certifikovány dle příslušných bezpečnostních norem [7].



Obr. 14 Roba pinionstop [10]



Obr. 15 Zachycovač hřebenového výtahu [7]

### 1.2.6 Spouštění osob uvězněných v kleci

Klec může být opatřena ručním spouštěním v případě výpadku elektrického proudu, viz obr. 16. Při takto řešeném nouzovém spouštění musí být možné brzdu ručně odbrzdit trvalým působením silou maximálně 400 N. Zařízení pro odbrzdění musí být chráněno před zneužitím přizpůsobeným krytem, který se dá v případě nouze rozbít. Další možností nouzového provozu je záložní elektrický provoz. Při nouzovém elektrickém provozu se instaluje spínač, který umožní ovládání pohybu klece, které se provádí prostřednictvím ovladače s trvalým stiskem. Na ovladači musí být zřetelně označen směr pohybu jízdy nahoru a dolů. Spínač nouzového režimu s jeho tlačítkem se umísťuje tak, aby bylo možné snadné pozorování pohybu klece [24].



Obr. 16 Motor s brzdou [31]

### 1.3 Zdvih hydraulický

Výtahy využívající hydraulický pohon se používají pro zdvihy 22 m a rychlost maximálně 0,8 m/s, viz obr. 17. Zdrojem zdvihací síly je elektricky poháněné čerpadlo, které zajišťuje dopravu hydraulického oleje do lineárního hydromotoru. Používá se jednočinný hydraulický válec, u kterého se pohyb v jednom směru vyvolává působením tlaku kapaliny, která je do válce dodávána z hydraulického agregátu a pohyb v opačném směru je způsoben tíhou klece, kdy je kapalina z válce vytlačována zpět do nádrže. Tento hydromotor může působit přímo nebo nepřímo na klec výtahu. Jestliže je hlava pístu hydromotoru přímo připevněná k nosnému rámu klece, jedná se o přímý hydraulický pohon. V případě, kdy je hlava pístu hydromotoru spojena s nosným rámem klece prostřednictvím lan, jedná se o nepřímý hydraulický pohon. Přímý pohon je aplikován pro menší zdvihové výšky oproti nepřímému pohonu. Hydraulické výtahy se používají u panelových domů, průmyslových výtahů, apod. Možné využití je také u atypických zakázek.



Obr. 17 Hydraulický výtah [12]

Hydraulické výtahy umožňují umístit hydraulický agregát v podstatě kdekoli a s tím souvisí i libovolné umístění strojovny v blízkosti výtahové šachty. Předností hydraulického výtahu je plynulá jízda, tichý chod, menší prostorová náročnost, jednoduchá montáž a příznivá pořizovací cena [11-13].

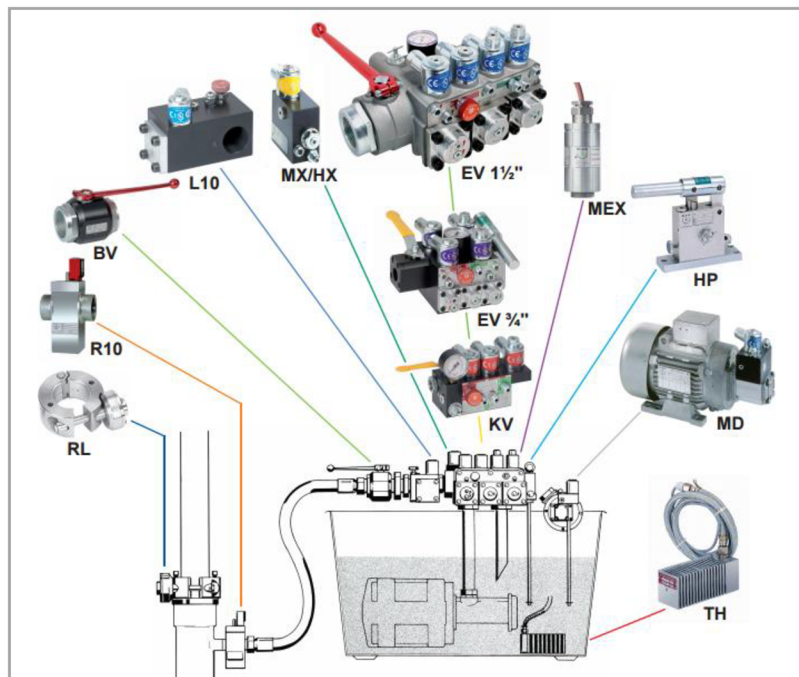
### 1.3.1 Hydraulický agregát

Hydraulický agregát, viz obr. 18, 19, je určen k dodávání hydraulického oleje do hydromotoru. Ve standardním provedení se hydraulický agregát skládá z několika částí. Mezi tyto části patří motor s čerpadlem, nádrž, uzavírací ventil, řídicí blok a ruční pumpa [13, 14].



Obr. 18 Hydraulický agregát [15]

Výrobci hydraulických výtahů a zejména firmy, specializující na návrh hydraulického agregátu jsou často konfrontováni obtížnými volbami při výběru komponentů. Zatímco důležité aspekty jako jsou dostupnost součástí, cenový faktor, trvanlivost a spolehlivost prvků zabírají při stavbě agregátu většinu času, tak funkční a provozní aspekty hrají stejně významnou roli [14].



Obr. 19 Prvky hydraulického agregátu [16]

### Řídicí blok

Řídí tok oleje v pohonné jednotce výtahu. Hraje důležitou roli při regulaci toku oleje do válce a z válce při pohybu kabiny nahoru a dolů. Řídicí blok, viz obr. 20, je nezbytný pro pomalý start, jemné zrychlení i zpomalení. Při absenci řídicího bloku, by výtah konal trhavé pohyby, což je nežádoucí pro pohodlí cestujících [14].

- Řídí tok oleje do a z válce ve směrech nahoru i dolů
- Obsahuje prostředky k identifikaci spínání hřídele (elektromagnetické ventily)
- Ruční spouštění výtahu v případě nouze
- Manometr pro sledování tlaku
- Zabráňuje překročení rychlosti výtahu směrem dolů
- Možnost připevnění ruční pumpy



Obr. 20 Řídicí blok [16]

### Kritéria volby řídicího bloku

- Vzhledem k průměru pístu je rychlost výtahu odvozena z průtoku čerpadla. Proto jsou průtok a tlak dva důležité faktory, které rozhodují o typu a velikosti řídicího ventilu, který může být použit. Je důležité zkontrolovat, zdali je řídicí ventil schopen zvládnout maximální průtok s minimální tlakovou ztrátou a maximální tlak hydraulického systému výtahu, viz tab. 1.

Tab. 1 Parametry tlak/průtok pro hydraulický výtah [14].

Píst φ[mm]	Rychlost výtahu [m/s]							Hmotnost výtahu [kg]									
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
50	12	24	35	47	59	71	82	25	37	50	75	100	125	150	175	200	225
55	14	29	43	57	71	86	100	21	31	41	62	83	103	124	145	165	186
60	17	34	51	68	85	102	119	17	26	35	52	69	87	104	121	139	156
65	20	40	60	80	100	119	139	15	22	30	44	59	74	89	103	118	133
70	23	46	69	92	115	139	162	13	19	25	38	51	64	76	89	102	115
75	27	53	80	106	133	159	186	11	17	22	33	44	56	67	78	89	100
80	30	60	90	121	151	181	211	10	15	20	29	39	49	59	68	78	88
85	34	68	102	136	170	204	238	9	13	17	26	35	43	52	61	69	78
90	38	76	115	153	191	229	267	8	12	15	23	31	39	46	54	62	69
95	43	85	128	170	213	255	298	7	10	14	21	28	35	42	48	55	62
100	47	94	141	188	236	283	330	6	9	12	19	25	31	37	44	50	56
105	52	104	156	208	260	312	364	6	8	11	17	23	28	34	40	45	51
110	57	114	171	228	285	342	399	5	8	10	15	21	26	31	36	41	46
115	62	125	187	249	312	374	436	5	7	9	14	19	24	28	33	38	43
120	68	136	204	271	339	407	475	4	7	9	13	17	22	26	30	35	39
<b>Průtok [l/min]</b>								<b>Tlak [bar]</b>									

- Řídicí ventil by měl nabízet kompenzaci tlaku. Kompenzace tlaku je důležitá z hlediska požadovaných jízdních vlastností výtahu, u kterého hmotnostní poměr zatíženého a nezatíženého výtahu přesahuje 2,5 až 3.

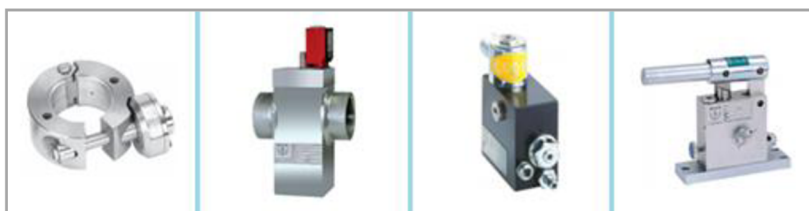
- Cestovní komfort rozhoduje o funkcích, které by měl řídicí ventil nabídnout.
- Znečištění hydraulického oleje je častou příčinou selhání systému. Proto by měl řídicí ventil obsahovat samočisticí filtry pro delší životnost.
- Vybraný řídicí ventil a příslušenství by měl být certifikován a testován dle bezpečnostních směrnic a předpisů [14].

**Zámek pístu** – v průběhu odlehčování či zatěžování klece výtahu může dojít k jejímu poklesu či stoupnutí vlivem stlačitelnosti a roztažnosti oleje až o několik centimetrů. Zámek pístu, viz obr. 21, eliminuje tyto nedostatky na rozmezí 2 až 3 mm [16].

**Bezpečnostní ventil** – viz obr. 21, plní ochranou funkci proti pádu klece nebo při překročení rychlosti klece směrem dolů. Při poruše tlakového systému, např. hadice, bezpečnostní ventil přeruší odtok kapaliny z válce a samočinně uzavře hydraulický obvod. Zajistí přerušení odtoku kapaliny z válce, jestliže dojde k poruše tlakového potrubí (hadice). V důsledku poklesu tlaku zapříčiněného poruchou, uzavře hydraulický obvod. Bezpečnostní ventil se v hydraulickém obvodu zařazuje co nejbližší k válci a nastavuje se tak, aby zpomalení klece bylo v rozmezí 0,2 až 1 g [13].

**Ventil (pro spouštění)** – viz obr. 21, se používá se pro ruční nouzové spouštění nebo v kombinaci s řídicím blokem, aby se dosáhlo překročení rychlosti výtahu pro testování bezpečnostního ventilu. Lze také použít elektromagneticky řízený ventil, který se používá pro revizi, kontrolní jízdy výtahu nebo pro velmi pomalé spouštění výtahu. Lze u nich nastavit zrychlení, zpomalení a rychlost pohybu směrem dolů [16].

**Ruční pumpa** – viz obr. 21, slouží pro ruční zdvihání klece při nouzové situaci, nebo pro tlakové zkoušky hydraulického systému. Jsou doplňovány odvzdušňovacím šroubem a pojistným ventilem pro překročení tlaku [16].



Obr. 21 Zámek pístu, bezpečnostní ventil, spouštěcí ventil, ruční pumpa [16]

**Ohříváč** – viz obr. 22. Nevýhodou hydraulického oleje patří změna jeho vlastností v závislosti na teplotě. Při poklesu teploty oleje roste jeho hustota a důsledkem je pak snižující se průtočnost, což se odráží zejména ve snížené rychlosti při jízdě výtahu směrem dolů. Ohříváč zabraňuje poklesu teploty oleje pod žádanou úroveň po dobu, kdy je hydraulický výtah mimo provoz. V případě, kdy se hydraulický výtah bude nacházet v teplém prostředí, musí být do agregátu zakomponován chladič oleje [16].

**Kulový ventil** – viz obr. 22, slouží k uzavření tlakového potrubí [16].



**Mikro vyrovnávací pohon** – viz obr. 22. Jedná se o sestavu čerpadla, malého motoru a ventilového bloku, která slouží pro přesné vyrovnání poloh při zastavení výtahu. Těchto požadavků je docíleno s nízkými požadavky na elektrickou energii, nízkou hladinou hluku a bez zbytečného zahřívání oleje. Mikro vyrovnávací pohon je instalován nad nebo pod krytem hlavního hydraulického agregátu, s použitím hlavního zdroje oleje. Může se také použít pro pomalý pohyb klece nezávislý na hlavním pohonu. Zařízení lze použít během instalace výtahu nebo i v případě nouze [16].



Obr. 22 Vyrovnávací pohon, ohřivač, kulový ventil [16]

**Čerpadlo** – Tvoří základní komponentu hydraulického agregátu. Dopravuje hydraulický olej do hydraulického obvodu. Čerpadlo přeměňuje mechanickou energii na tlakovou energii. Mezi základní typy čerpadel využívané v hydraulických agregátech patří zubové a vřetenové. Ponorné vřetenové čerpadlo je nejrozšířenější a nejlepší volbou pro pohonnou jednotku výtahu. Nedochází u nich ke kontaktu kov na kov a je známo, že produkují nízké mechanické vibrace a zajišťují tichý provoz i při vysokých rychlostech. Zubová čerpadla se nejčastěji používají pro stroje s průtokem méně než 30 l/min a tam, kde není hluk v prvořadém zájmu. Pro poskytnutí většího průtoku se zubová čerpadla stávají nákladnější a hlučnější. Porovnání vřetenového a zubového čerpadla je uvedeno v tab. 2 [14].

Tab. 2 Porovnání čerpadel [14].

Zubové čerpadlo	Vřetenové čerpadlo
Menší průtoky	Velké průtoky
Vysoké tlaky	Nižší a střední tlaky
Hlučné	Tiché
Levnější/dostupnější	Dražší/méně dostupné

**Motor** – V hydraulickém výtahovém systému motor pohání čerpadlo. Hydraulický agregát může mít dva typy motorů a to: vnitřní (ponořené), externí. Bez ohledu na typu použitého motoru by výkon, který dodává čerpadlu, neměl kolísat. Kvalitní motory, určené pro hydraulické agregáty, mohou snést krátkodobé přetížení, obvykle do výše 20%, aniž by došlo k jejich poškození. Třífázový motor s tichým chodem je ideální pro instalaci hydraulického výtahu. V závislosti na požadavku mohou být vybrány motory dvoupólové a čtyřpólové. Dvoupólový motor s otáčkami 3000 min<sup>-1</sup> je trochu hlučnější než čtyřpólový s otáčkami 1500 min<sup>-1</sup>. Je zřejmé, že dvoupólovým motorem poháněné čerpadlo bude mít větší průtok než u čerpadla poháněného čtyřpólovým motorem v důsledku vyšších otáček [14].

### 1.3.2 Hydraulický válec

Jednočinný válec je nejpoužívanější pro výtahový průmysl, viz obr. 23. Jsou levnější a snadněji vyrobitelné než dvojčinné válce. Základní fakta při výběru tohoto typu hydraulického válce:

- Jsou podrobeny tlakovým zkouškám
- Průměr pístu je přímo úměrný délce zdvihu, což znamená, čím delší je zdvih, tím musí být větší průměr pístu, aby se zabránilo ztrátě vzpěrné stability.
- Tlak v hydraulickém systému je nepřímo úměrný k průměru pístu, což znamená, že s rostoucím průměrem pístu bude tlak nižší vzhledem ke konstantnímu zatížení.
- Čím větší je píst, tím větší je potřebný průtok čerpadla pro dosažení dané rychlosti. Proto má velikost čerpadla přímý vztah k velikosti válce [14].



Obr. 23 Hydraulické válce [15]

### 1.4 Výsuv kabiny

Výsuv kabiny slouží k horizontálnímu přestavení pracovního prostoru. Kabina se vysouvá s osou vřetena. Výsuv kabiny lze realizovat tak, že se kabina jako celek vysouvá z nosného rámu, viz obr. 24, nebo se z kabiny vysouvá pouze podesta, viz obr. 25. V případě vysouvání pouze podesty je znemožněno obrábění ve vysunutém stavu.



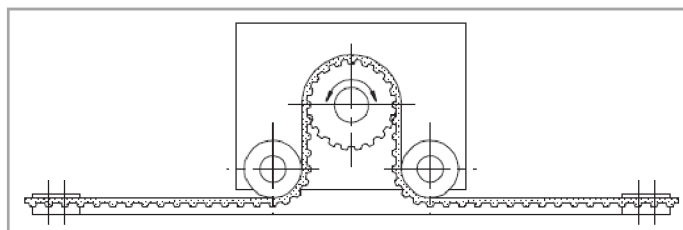
Obr. 24 Výsuv celé kabiny [2]



Obr. 25 Výsuv podesty [1]

### 1.4.1 Staticky uložený ozubený řemen/řetěz

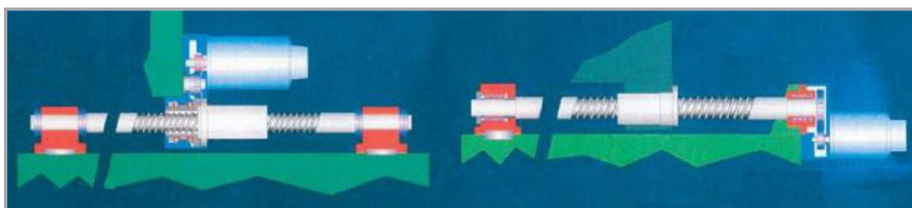
Řemenice se odvaluje po staticky uloženém řemenu, čímž dochází k posouvání pohyblivé části, na které je upevněn elektropohon s řemenicí, viz obr. 26. Řemen je pevně připevněn k nepohybující se konstrukci prostřednictvím upínacích desek, které mají tvar protikusu vůči řemenu, čímž se předchází poškození či zeslabení řemenu v místě jeho uchycení. Stejnou funkci by plnilo provedení s řetězem a řetězovým kolem [37].



Obr. 26 Staticky uložený řemen/řetěz [37]

### 1.4.2 Pohybové šrouby

Při použití pohybového šroubu a matice dochází k přeměně rotačního pohybu na přímočarý, viz obr. 27. Tyto pohybové mechanismy lze realizovat ve dvou základních provedeních, kdy se buďto otáčí šroub a matice stojí, nebo se otáčí matice a šroub stojí. Méně časté provedení je, kdy rotuje šroub i matice. Tyto posuvové lineární soustavy se provádí pomocí trapézového šroubu a matice nebo aplikací kuličkového šroubu a matice. Trapézové šrouby jsou výhodné vzhledem k poměru cena/výkon. Běžně se volí se pro těžší provozní podmínky, naproti tomu kuličkové šrouby se vyznačují vysokou přesností polohy a vyšší efektivitou [25].



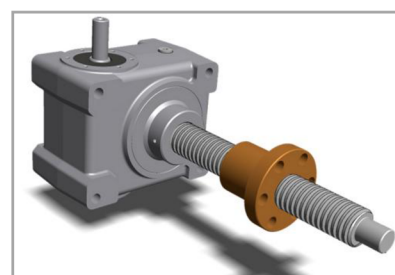
Obr. 27 Trapézový/kuličkový šroub a matice [25]

### 1.4.3 Zdvížené převodovky

Transformují rotační pohon motoru na přímočarý pohyb šroubu. Nacházejí uplatnění při zdvímání, posouvání a tažení těžkých břemen. Mohou pracovat jak ve svislé, tak i vodorovné poloze. Zdvížené převodovky, viz obr. 28, jsou běžně k dostání ve variantě s trapézovým a kuličkovým šroubem s motorickým či ručním pohonem. Přibližné parametry těchto převodovek jsou uvedeny v tab. [33].

Tab. 3 Parametry zdvižných převodovek [33].

Síla	Zdvih	Rychlost
5 – 200 kN	50 – 6000 mm	2 – 100 mm/s



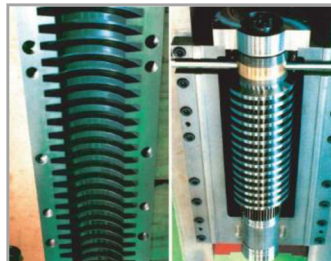
Obr. 28 Zdvížná převodovka [33]

#### 1.4.4 Pastorek/hřeben

Posuvové pohony lze realizovat pomocí pastorku a hřebene, viz obr. 29. Oproti pohybovým šroubům se pohon pastorkem a hřebenem vyznačuje menším převodem, lepší účinností a menší tuhostí. Tyto kinematické dvojice nejsou samosvorné, tudíž je nutné aplikovat brzdu. U posuvů s vysokými hodnotami převodu se využívají převody šnekem a šnekovým hřebenem, viz obr. 30 [25].



Obr. 29 Pastorek/hřeben [25]



Obr. 30 Šnek/šnekový hřeben [25]

#### 1.4.5 Pneumatické pohony

Uplatňují se zejména v automatizační technice. Lze jich využít pro lineární, rotační či kyvný pohyb. Jejich výhodou je možnost připojení k centrálnímu rozvodu vzduchu. Výkon je však omezen provozním tlakem v rozvodu (cca 6 bar). Lze pomocí nich zajistit velké zdvihy řádově v metrech, viz obr. 31 [38].



Obr. 31 Pneumatický pohon [32]

### 1.5 Klec

Klec je konstrukčně řešena jako svařovaná konstrukce z ocelových profilů a plechů, viz obr. 32. Po celém svém obvodu musí být uzavřena. Boční stěny mohou být pokryty hliníkovým plechem, ocelovým pletivem či plexisklem. Podlaha musí být protiskluzová (např. použití rýhovaného plechu). Plocha podlahy klece odpovídá  $0,2\text{m}^2$  na osobu, pro stanovení počtu osob v kleci a hmotnost osoby se uvažuje 80 kg. Vyžadovaná světlá výška klece je minimálně 2 m. Dveře klece jsou elektromechanicky blokovány a lze je otevřít pouze tehdy, když je klec v požadované úrovni stanice. Je vyžadováno tuhé vedení, díky kterému se předchází případnému vypadnutí či vzpříčení klece. Toto vedení se uskutečňuje, např. vodícími kladkami, kterými je zajištěn pohyb klece po stožáru [7, 24].



Obr. 32 Klec výtahu [7]

## 1.6 Vedení klece

1.6

### 1.6.1 Výtahová vodítka

1.6.1

Klec výtahu musí být dle požadavku normy vedena ve vodítkách, viz obr. 33. Je to jeden ze základních požadavků na výtahy, které ve své kleci přepravují osoby nebo osoby a náklady. Týká se to výtahů zavěšených na laněch nebo řetězech či upevněných na hydraulickém válci. Vodítka jsou nezbytnou součástí každého výtahu a jsou určeny pro zajištění bezpečného provozu výtahu [13].

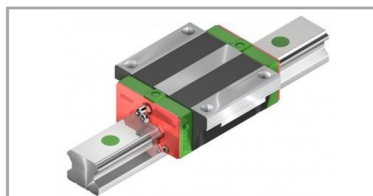


Obr. 33 Výtahová vodítka a čelisti [17]

### 1.6.2 Lineární vedení s profilovou kolejničí

1.6.2

Umožňuje lineární pohyb pomocí valivých elementů, kterými mohou být kuličky nebo válečky. Díky těmto valivým elementům se dosahuje velice přesného lineárního pohybu s velmi nízkým koeficientem tření. Profilová kolejniče umožňuje vozíku zachytávat síly jak ve vertikálním, tak i horizontálním směru. Vozíky s kolejničí je možné povlakovat, a zvýšit tak jejich korozivzdornost, tvrdost a ořezvzdornost. Toto vedení se vyznačuje velmi vysokou tuhostí, únosností a zároveň dlouhou životností, viz obr. 34 [21].



Obr. 34 Vedení profilové [21]

### 1.6.3 Vodící kladky (rolny)

1.6.3

Tyto typy vedení se využívají pro těžkou manipulační techniku, vysokozdvizné vozíky a výtahovou techniku. Rolny mohou být centrické nebo excentrické. Jejich montáž se provádí přivařením přímo k zařízení nebo k montážní desce. Rolny se odvalují v přizpůsobené kolejničí ve tvaru *I* nebo *U*, viz obr. 35. Jsou vyráběny z vysokojakostní oceli [18].

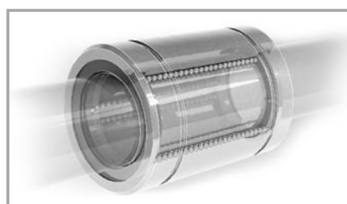
### 1.6.4 Kuličková pouzdra a tyče

1.6.4

Jedná se o valivé vedení, u kterého se kuličkové pouzdro odvaluje po vodící tyči. Vodící tyč se připevňuje k zařízení prostřednictvím upínacích pouzder. Povrchy vodících tyčí jsou kaleny, viz obr. 36 [20].



Obr. 35 Vodící rolny [19]



Obr. 36 Kuličkové pouzdro [20]

V dnešní době je nabízena celá řada prvků pro lineární pohyb. Jsou vyráběny s různými profily a typy jezdců v odstupňovaných velikostech. Nacházejí uplatnění u dveřních systémů, krytování strojů apod. [22].

---

## 1.7 Ostatní náležitosti

---

### 1.7.1 Přístup k plošině

K plošině musí být zajištěn bezproblémový přístup, který zajistí snadný nástup a výstup operátora stroje. Přístup klece je řešen dle základu haly, v níž je stroj umístěn. Přístup do plošiny je možné řešit prostřednictvím schodů či lávky, které se pohybují se stojanem stroje. Zároveň musí být zajištěn nástup i výstup do plošiny při jejím maximálním vysunutí.

---

### 1.7.2 Ohrazení základu pod výtahem

Pro zabezpečení prostoru pod klecí se používají různé bariéry, zábrany, apod. Zabezpečení tohoto prostoru slouží k ochraně osob vyskytujících se v tomto nebezpečném prostoru. Jsou tak eliminovány místa, kde hrozí přimáčknutí osoby či nebezpečná střížná místa. K zajištění těchto prostorů lze provést, např. bezpečnostními scannery, viz obr. 37 [24, 13].



Obr. 37 Bezpečnostní scannery [34]

---

### 1.7.3 Systémy nosných ramen Rittal

Nosné rameno ovládacího panelu slouží k jeho vychýlení, otočení, zvedání a zajišťuje tak obsluhu pohodlné ovládání stroje, viz obr. 38. Systémy nosných ramen jsou založeny na stavebnicovém principu, což usnadňuje montáž i případný servis. Zajišťují bezpečné vedení kabeláže bez rizika porušení izolace díky zaobleným hranám. Nebezpečí úrazu elektrickým proudem vlivem vadné izolace kabelu je tak eliminováno. Jsou vyráběny pro různá zatížení a v různých rozměrech [23].



Obr. 38 Nosné rameno [23]

#### 1.7.4 Elektrické vedení kabelů

1.7.4

---

Veškerá kabeláž a vedení kabelů musí být chráněny tak, aby bylo zabráněno jejich mechanickému poškození. Dále musí být brán zřetel na kabely visící z klece z hlediska jejich pevnosti a s ohledem na povětrnostní podmínky. Pro pohyblivé vedení kabelů se používají energetické řetězy vyráběné v otevřeném nebo uzavřeném provedení. Energetické řetězy jsou provedeny z kovu nebo plastu, viz obr. 39 [24, 36].



Obr. 39 Energetický řetěz [36]

#### 1.7.5 Koncový spínač

1.7.5

---

Je bezpečnostní elektrické zařízení, kterým je omezen příslušný pohyb výtahu. Pohyb výtahu je přerušen po najetí spínače na najížděcí lištu, narážku, vačku, apod. Koncový spínač má v provozu výtahů nezastupitelnou funkci, viz obr. 35 [13].



Obr. 40 Koncový spínač [35]

## 2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 2.1 Analýza problému

V rešeršní části práce jsou probrány dílčí konstrukční uzly obslužné plošiny, z níž vyúsťuje několik připomínek pro řešený problém. Mezi hlavní problém této práce patří vyřešení zdvihu, který se v současné době u plošin pro operátora zajišťuje hydraulicky respektive hydraulickým válcem. K tomuto řešení přispívá mnoho kladných faktorů, jako je plynulá jízda, tichý chod, snadné ovládání a řešení nouzových situací tohoto strojního zařízení, nicméně cena hydraulických válců je poměrně vysoká. Cena válců s agregátem a rozvodným blokem se pohybuje okolo 160 až 180 tis. Předpoklad zprostředkovatele této práce firmy Fermat je úspora nákladů, při použití ozubeného hřebene a pastorku. Cena pastorků, hřebene, pohonů, frekvenčního měniče se pohybuje okolo 120 tis. Zároveň se již při návrhu stojanu stroje předpřipravily pro toto řešení zdvihu montážní plochy pro vedení klece a připevnění hřebene. Z tohoto důvodu vznikl požadavek na návrh plošiny se zdvihem realizovaným prostřednictvím ozubeného hřebene a pastorkem.

U hřebenových plošin a výtahů se ke zdvihu využívá 1-3 kuželočelních či čelních převodových motorů v závislosti na nosnosti klece, přičemž bezpečnostní funkci proti pádu klece zajišťuje zachycovač nebo v jistých případech zdvojený pohon. Z průběžných poptávek komponent, nastává problém se zachycovačem, kde jeho výrobci jej nejsou schopni seřídít pro požadovanou zdvihovou rychlost a zároveň není vhodný pro požadovanou aplikaci z hlediska jeho brzdné dráhy. Další možností je výroba zachycovače na zakázku, kde není zaručená dodávka v požadovaném termínu. Z těchto důvodů bude vhodné přistoupit k variantě se zdvojeným pohonem.

Dalším možným problémem, který nastává, je umístění pohonu. U hřebenových výtahů se pohon umísťuje nad klecí, přičemž v naší aplikaci, kde je nutné použít dva pohony z důvodů uvedených výše, se obsluha v horní poloze plošiny může nacházet pod úrovní vřeteníku, což by znamenalo, že by viděla na proces obrábění jen velmi obtížně. Celkově pak z potřebných prvků potřebných pro provoz plošiny bude brán zřetel zejména na funkci, cenu a případně na předešlé zkušenosti při jejich využití v uplynulé době.

### 2.2 Cíl práce

Cílem práce je konstrukční návrh obslužné plošiny horizontální vyvrtávačky deskového typu. Doplňující požadavky kladené na plošinu:

- Ovládací panel Rittal – horní uchycení
- Čelní sklo kabiny dle normy
- Ochrana střechy kabiny od odletujících třísek a rozstříku chladící emulze
- Schody do kabiny s ohledem na výsuv v ose z
- Řešení nouzových situací stroje
- Ventilace kabiny (klimatizace)
- Vývod tlakového vzduchu pro ofuk
- Stolek pro práci s notebookem
- Pracovní skříňka pro měřidla a nářadí ke stroji
- Držák nástrojů ISO 50 (6x)
- Zásuvka 230 V
- Osvětlení vnitřního prostoru kabiny a pracovního prostoru



## 3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

3

### 3.1 Umístění pohonu pro zdvih

3.1

#### 3.1.1 Nad kabinou

3.1.1

Běžné uspořádání jako u hřebenových výtahů. V naší aplikaci by však mohl vzniknout problém v horní poloze kabiny, kde by vytvořený prostor pro převodové motory zamezil pohyb kabiny v plném rozsahu ve svislé ose. Operátorovi by to pak znemožňovalo přímý výhled na vřeteník, protože by se mohl nacházet s kabinou pod úrovní vřeteníku. Ve spodní poloze by byl umožněn bezproblémový výstup obsluhy na deskové pole bez nutnosti přidání schodů. Výhodou tohoto umístění by byla možnost dostat kabinu co nejbližší ke stojanu stroje a bezproblémová montáž z hlediska přepravy motorů na požadované místo jeřábem, viz obr. 41a.

#### 3.1.2 Pod kabinou

3.1.2

U takto umístěných motorů by mohl nastat problém ve spodní poloze kabiny. Mohla by se totiž nacházet v pozici, kde úroveň podlahy kabiny bude ve značné vzdálenosti nad deskovým polem. Pro výstup obsluhy do pracovního prostoru by pak musely být zabudovány schody. Stejně jako u umístění motorů nad kabinou by bylo umožněno dostat se konstrukčně s kabinou co nejbližší ke stojanu stroje. Z hlediska montáže motorů pod kabinou by však mohl nastat jistý problém z hlediska přístupnosti jeřábu pro dopravu na montážní místo, viz obr. 41b.

#### 3.1.3 Uvnitř kabiny

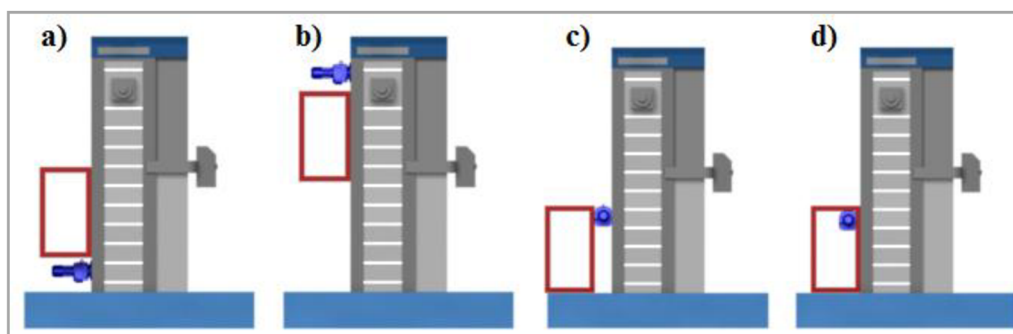
3.1.3

Takto umístěné motory by umožňovaly pohyb kabiny v celém rozsahu a zároveň by šlo docílit co nejmenší vzdálenosti kabiny od stojanu stroje. Mohly by však překážet obsluze v pohodlném ovládní stroje. V případě, kdyby byly motory umístěny v kabině tak, že by umožňovaly operátorovi bezproblémově procházet, by mohl vzniknout problém jako s motory umístěnými nad kabinou z hlediska horní polohy, viz obr. 41d.

#### 3.1.4 Mezi kabinou a stojanem stroje

3.1.4

Takové uspořádání by mohlo zapříčinit poměrně velkou vzdálenost kabiny od stojanu stroje. V podstatě by pak nebyla možná ruční výměna nástroje ve vřeteníku. Kabině by byl však umožněn pohyb v celém rozsahu jako u varianty c). Zkomplikovalo by se však i řešení z hlediska vedení kabiny na stojanu stroje i následovná montáž, viz obr. 41c.



Obr. 41 Umístění pohonů pro zdvih

## 3.2 Pohon výsuvu plošiny

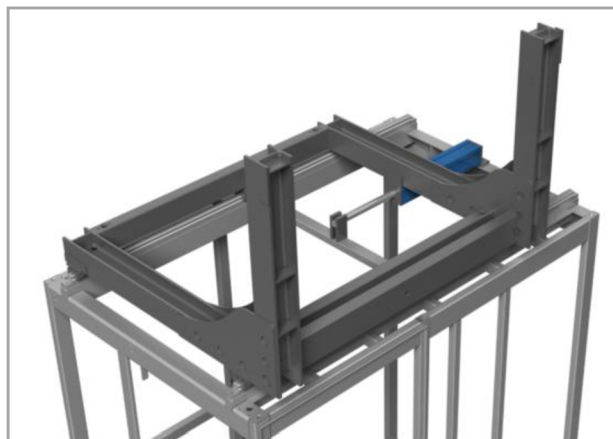
### 3.2.1 Pneumatický pohon

#### Výhody:

- Dosažení rychlého přímočarého pohybu a velkých zdvihů
- Provoz ve velkém teplotním rozsahu a ve výbušném prostředí
- Poměrně jednoduchá konstrukce, spolehlivost
- Umožňuje přetížení motoru bez následků poškození
- Malý zástavbový prostor

#### Nevýhody:

- Nepříznivé náklady spojené s výrobou stlačeného vzduchu
- Tlakové ztráty a stlačitelnost vzduchu
- Prvky pneumatických obvodů jsou citlivé na nečistoty
- Obtížné řízení polohy a rychlosti pohybu
- Pro dosažení přesných rychlostí a sil je nutné použít proporcionální ventily, které jsou cenově nepříznivé a vyžadují složitější ovládání
- Poddajné vlivem stlačitelnosti vzduchu



Obr. 42 Pneumatický pohon – pneumatickým válcem

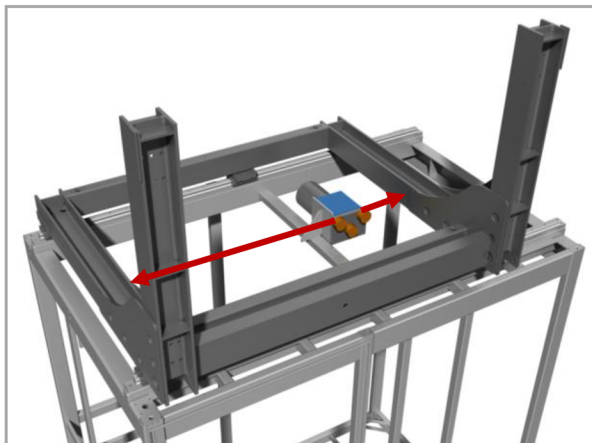
### 3.2.2 Elektrický pohon

#### Výhody:

- Výborná přesnost řízení polohy
- Vhodné pro polohování i mimo koncové polohy
- Vysoká účinnost, krátkodobá přetížitelnost
- Široký rozsah výkonů (momentů a otáček)
- Dlouhodobá životnost, snadno dostupný zdroj energie
- Nízká hladina hluku

**Nevýhody:**

- Pořizovací cena
- Omezený rozsah pracovních teplot



Obr. 43 Elektrický pohon – řemen/řetěz

**3.3 Zhodnocení variant**

3.3

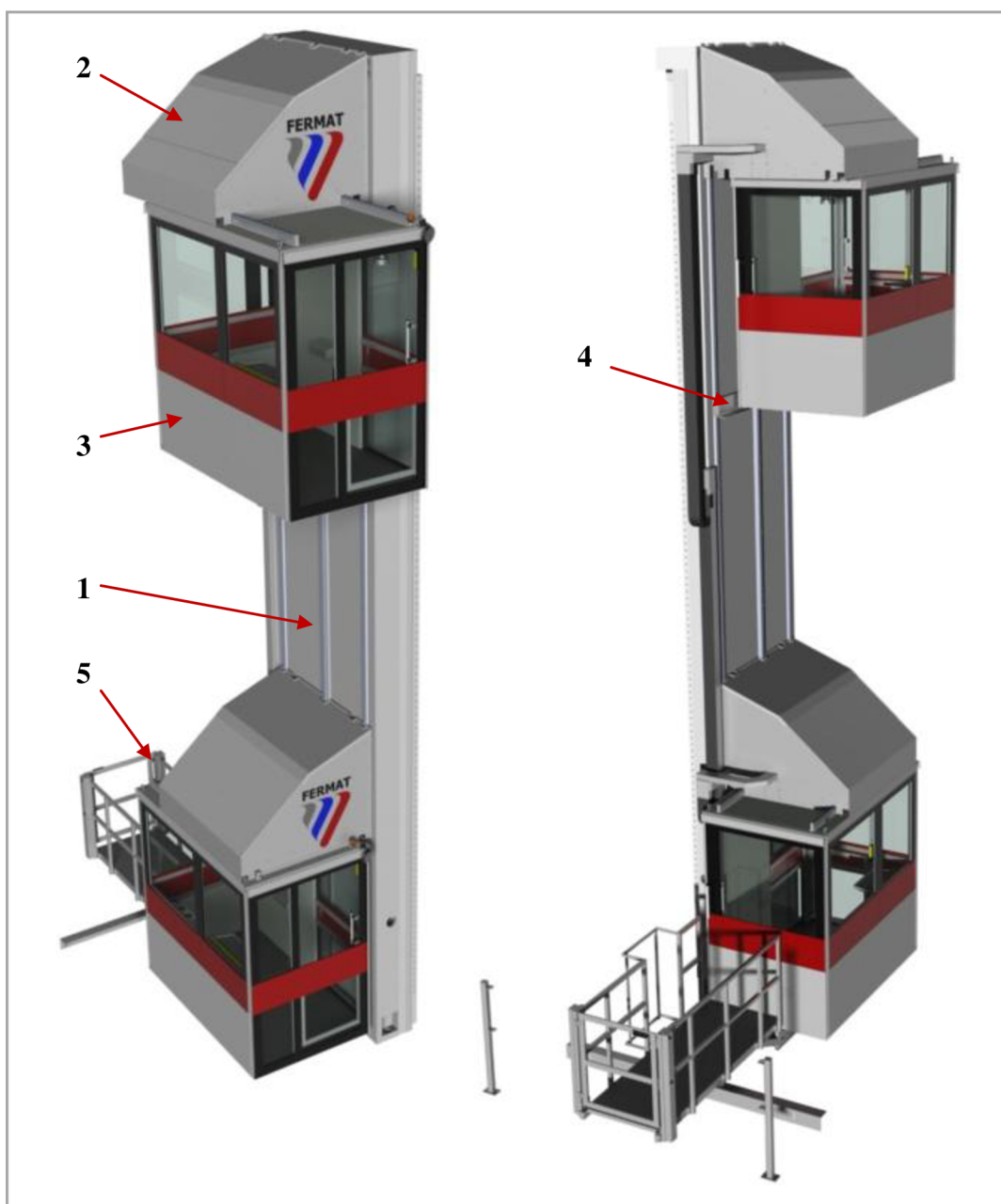
Rozhodnutí o umístění pohonů pro zdvih bylo klíčové pro celou koncepci obslužné plošiny. Při úvaze umístit pohony do kabiny by byl operátor značně limitován ve volnosti pohybu, proto by byla tato varianta méně vhodná. V případě umístění pohonů mezi stojanem stroje a kabinou je v podstatě znemožněna ruční výměna nástroje. Zbývající možnosti byly konzultovány se zákazníkem a ten požadoval, aby kabina v dolní poloze byla v úrovni deskového pole a byl tak umožněn snadný výstup/nástup do prostoru obrábění/kabiny. Akceptovatelný byl jeden schod, tzn., že úroveň podlahy kabiny by se nacházela přibližně 250 mm nad deskovým polem. Tento požadavek by nesplnila varianta s umístěnými pohony pod kabinou. Z těchto důvodů je zvolena varianta s pohony nad kabinou i přes mírné omezení v horní poloze plošiny. Vzhledem k tomu, že pohon pro zdvih bude nad kabinou, je vhodné do horního prostoru zabudovat i pohon pro výsuv. Zjednoduší se tak koncepce rámu, který ponese kabinu a provádění servisních zásahů na pohonech.

Pro výsuv plošiny byly zvažovány dvě možnosti a to s pneumatickým válcem nebo ozubeným řemenem/řetězem respektive s pneumatickým pohonem či elektrickým pohonem. Výsuv plošiny pneumatickým válcem by se hodil spíše pro menší výsuvy vzhledem k zabudování válce do nosného rámu. Použití pohybových šroubů, zdvižných převodovek či ozubeného hřebene s pastorkem, probírané v rešeršní části práce, by vyžadovalo přesné uložení šroubu/hřebene, s čím by souvisela obtížnější montáž. S těmito komponenty se váže i vyšší cena.

Z výše uvedených výhod a nevýhod těchto pohonů byla zvolena varianta s elektrickým pohonem (ozubeným řemenem) zajišťující v kombinaci s frekvenčním měničem měkké rozjezdy/dojezdy, snadné řízení koncových poloh a v neposlední řadě i dlouhodobou životnost. Ozubený řemen byl oproti řetězu zvolen z důvodu nižší hlučnosti a bezúdržbové potřeby (není nutné mazání).

## 4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

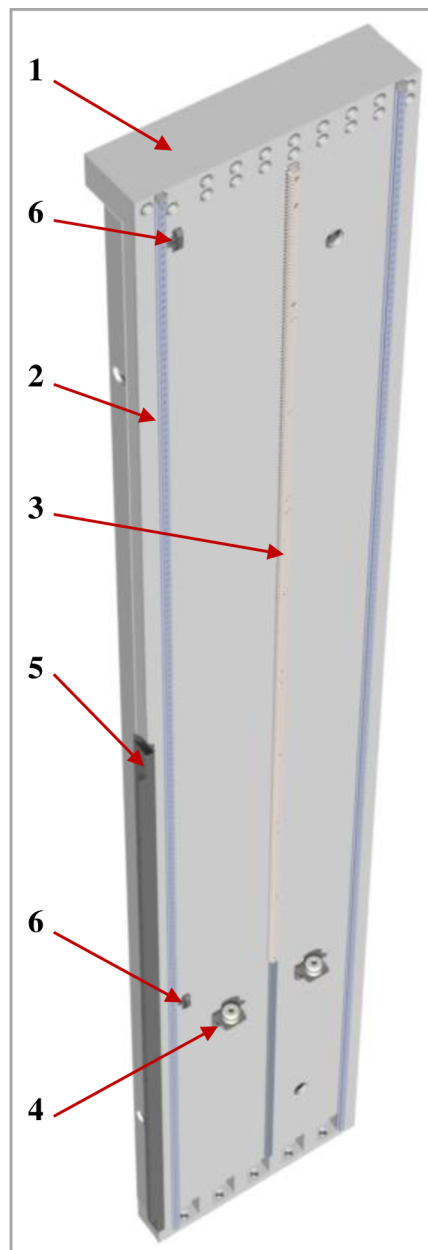
Celkový pohled na výsledné konstrukční řešení obslužné plošiny je znázorněn na obr. 44. Zpracování návrhu bylo řešeno komplexně s ohledy na elektroinstalaci zařízení, vhodnou volbu komponent od renomovaných výrobců a v neposlední řadě na ergonomii pracoviště a jeho bezpečnost. Plošina se skládá z nosného rámu, kabiny, přídatného vedení a přístupové lávky. Jsou to čtyři základní celky celého zařízení, jejichž dílčí konstrukční uzly budou postupně probrány. Zdvihací zařízení zajišťuje horizontální a vertikální přestavení pracovního prostoru obsluhy v rozsahu 7 000 mm ve vertikálním směru a 1 000 mm ve směru horizontálním.



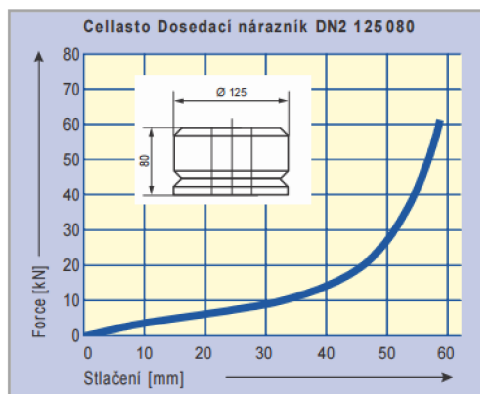
Obr. 44 Výsledný návrh: 1 – stojan; 2 – nosný rám; 3 – kabina; 4 – přídatné vedení; 5 – lávka

## 4.1 Stojan stroje

Stojan stroje – 1 tvoří jednu z nosných částí stroje, ke které je obslužná plošina kotvena. Z boční strany je stojan osazen kolejnicemi lineárního valivého vedení válečkového typu – 2 od firmy Hiwin. Toto vedení je ke stojanu připevněno pomocí šroubů, které jsou následně zakryty mosaznými víčky. Dále je na stojanu instalován ozubený hřeben – 3, který je sestaven z pěti částí. Části hřebene jsou společně spojeny kolíky a připevněny šrouby ke stojanu. Hřeben je dodávkou firmy Stros a je doložen v přílohách práce. Součástí stojanu jsou také spínací nájezdové lišty – 6 pro koncové spínače. Spínací nájezdové lišty jsou seřiditelné ve dvou směrech. Tyto spínací plochy určují koncové polohy plošiny. Nulová poloha plošiny je při dosednutí na dosedací nárazníky – 4 od firmy Metallift, viz obr. 46, 47. Dosedací nárazníky jsou připevněny ke konzole – 4, která je pevně spojena šrouby se stojanem. Nárazníky byly zvoleny s ohledem na jmenovitou rychlost a hmotnost plošiny dle příslušné normy. Konzola pro nárazník je řešena jako svarek z plechových výpalků. V zadní části stojanu je namontován ocelový profil – 5 pro přivedení veškeré kabeláže od rozvaděče umístěného na přístupové lávce do energonosiče kabelů pro osu y. Tento profil je opatřen opěrnou lištou z plechu, která brání možnému společnému zachycení energonosiče a kabiny, čímž se předchází možné havárii zdvihacího zařízení. Všechny dosedací plochy pro uvedené součásti bylo nutné obrobít vzhledem k nepřesnostem svařovaného stojanu. Ve spodní části stojanu byly také zhotoveny závitové otvory pro napojení přístupové lávky, která se pohybuje společně se stojanem.



Obr. 45 Stojan stroje



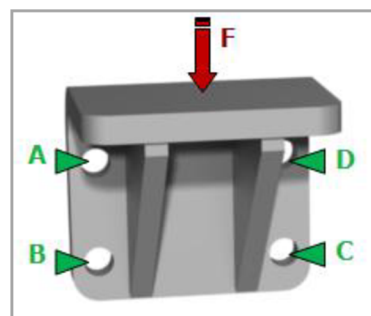
Obr. 46 Dosedací nárazník



Obr. 47 Konzola s nárazníkem

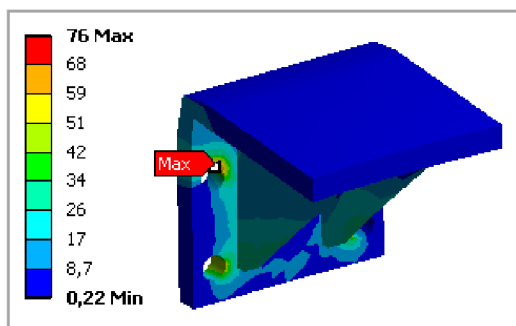
#### 4.1.1 Pevnostní analýza konzoly nárazníku

Na konzole dosedacího nárazníku byla provedena deformačně napěťová analýza. Geometrie byla vytvořena skořepinovými prvky, kterým byla přiřazena příslušná tloušťka součástí. Následovalo vytvoření sítě, kde byla použita velikost prvku 10 mm. Dále byly definovány vazby vetknutí A – D v místech uchycení konzoly šrouby. Poté byla konzola zatížena silou  $F = 20\,000\text{ N}$ , viz obr. 48. Výsledné napětí 76 MPa vzniká na jednom otvoru pro šroub. Vzhledem k meznímu stavu pružnosti je však zajištěna dostatečná bezpečnost, viz obr. 49.

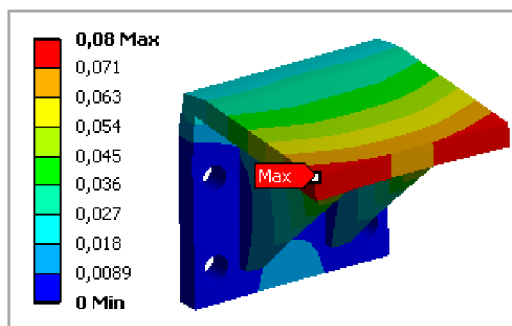


Obr. 48 Napětí konzoly

Maximální vznikající deformace je 0,08 mm v rozích konzoly viz obr. 50. Tato deformace je způsobena tím, že působící síla byla pro zjednodušení definovaná na celou horní plochu konzoly. Reálně však síla od nárazníku bude působit, mimo tyto rohy, viz tvar nárazníku. Výsledná deformace je i přes zjednodušení modelu nepřatrná. Konzola je pevnostně vyhovující.



Obr. 49 Napětí konzoly nárazníku

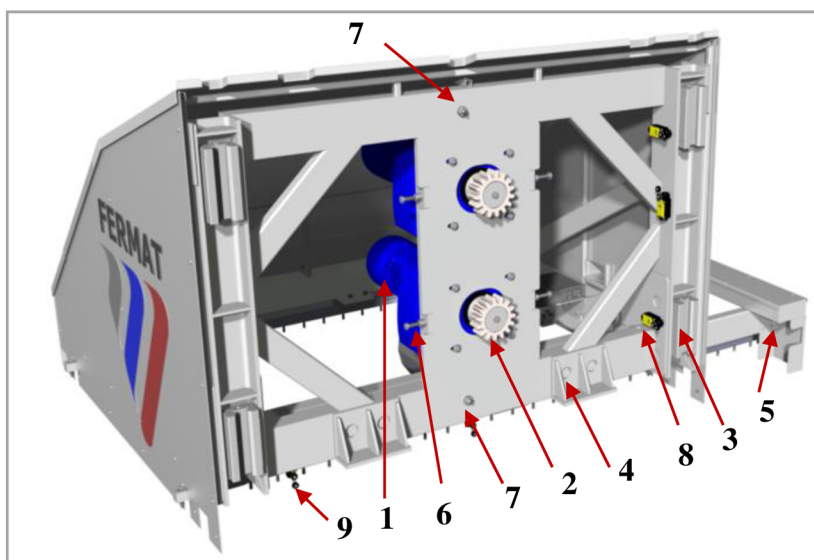


Obr. 50 Deformace konzoly nárazníku

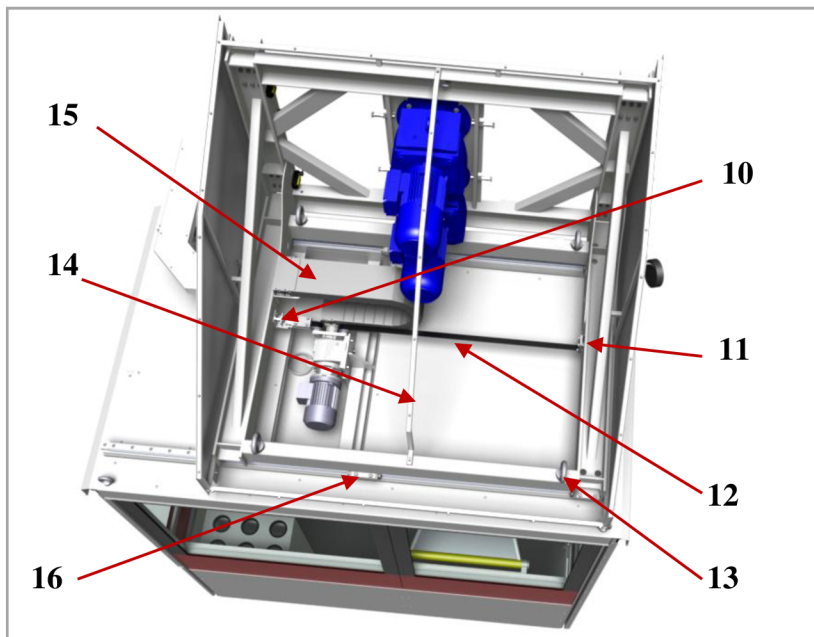
#### 4.2 Nosný rám

Nosný rám, viz obr. 51, 52 je osazen vozíky lineárního vedení, zajišťující pohyb kabiny v ose  $y$  a  $z$ . Rám nese kabinu a zajišťuje zdvih vůči stojanu díky čtyřem pevně připevněným profilovým vozíkům, které svým profilem zapadají do kolejnič lineárního vedení instalovaných na stojanu stroje. Pro výsuv plošiny jsou do nosného rámu zabudovány další čtyři profilové vozíky, které nesou kabinu v horní nosné části, kde jsou upevněny kolejnič. Výsuv plošiny je realizován ozubeným řemenem. Pro zajištění zdvihu plošiny je nosný rám osazen dvěma převodovými brzdovými motory zajišťující přenos daného zatížení prostřednictvím pastorků, nasazených na jejich výstupních hřídelích, které svými zuby zapadají do hřebene upevněného ke stojanu stroje. Každý motor přeneše jmenovité zatížení, čímž je zajištěna požadovaná bezpečnost zdvihacího zařízení. Pohony pro osu  $y$  jsou stavitelné čtyřmi šrouby s jemným závitem, kterými je zajištěno seřízení záběru pastorků a hřebene. Vertikální a horizontální pohyb je omezen koncovými spínači. Pro horní polohu kabiny jsou instalovány dva spínače, přičemž druhý plní bezpečnostní funkci v případě poruchy prvního. Pro inicializaci dolní polohy plošiny, je instalován jeden koncový spínač, který je seřízen tak, aby došlo k zastavení plošiny dříve, než dosedne na dosedací nárazníky. Zastavení a kontrola klidového stavu motorů je prováděna frekvenčním měničem. Nosný rám dosedá na dosedací nárazníky

montované na stojanu prostřednictvím opěrných konzol, které jsou součástí svařovaného rámu. Nosný rám je dovybaven tryskami, umístěné pod a nad pohony, čímž je zajištěno očišťování hřebene tlakovým vzduchem od třísek z obrábění. Celý nosný rám je zakrytován, čímž je zabráněno vniknutí špon do míst, kde by mohla být ovlivněna funkce celého zařízení. Sklon střechy částečně zajišťuje sklouzávání třísek z obrábění. Nevzniká tak tedy přídavné zatížení plošiny od nahromaděných třísek. Do nosného rámu jsou instalována 4 závěsná oka pro přepravu celého zařízení.



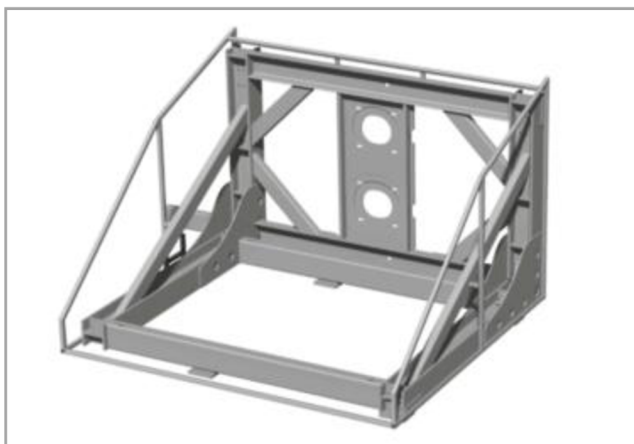
**Obr. 51** Nosný rám: 1 – převodové motory; 2 – pastorky; 3 – vozíky osa y; 4 – opěrná konzola; 5 – koryto kabeláže; 6 – seřizovací šrouby; 7 – trysky; 8,9 – koncové spínače



**Obr. 52** Nosný rám bez zakrytování: 10 – dopínání řemene; 11 – upínka; 12 – řemen; 13 – závěsné oko; 14 – podpěrná příčka; 15 – ergonomosič z; 16 – vozíky osa z

#### 4.2.1 Kostra nosného rámu

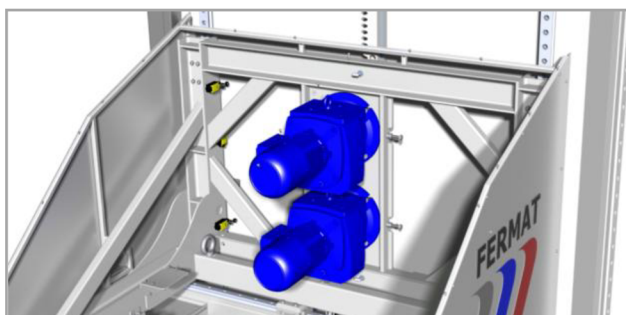
Kostra nosného rámu, viz obr. 53, je svařovaná konstrukce z normalizovaných profilů a laserových výpalků z plechu. Hlavní nosníky nosného rámu tvoří profily HEB 120. Tyto profily byly zvoleny vzhledem k dobrému poměru průřezového modulu a hmotnosti materiálu oproti jiným normalizovaným profilům. Zároveň zajišťují vhodné zabudování vozíků pro osu  $y$ . Kostra nosného rámu je dále opatřena vyztuženou deskou pro uchycení motorů a podložkami pod vozíky vedení. Kolem nosné části je vytvořen rámeček pro krycí plechy. Ostatní části konstrukce byly voleny s ohledem na pevnost konstrukce a návaznost připojení prvků, kterými je nosný rám osazen. Funkční plochy jsou následně obrobeny. Jedná se o dosedací plochy pro vozíky v ose  $z$  i  $y$  a obrobení dosedacích ploch přírub motorů.



Obr. 53 Kostra nosného rámu

#### 4.3 Pohon osa Y

Pohon v ose  $y$  respektive zdvih plošiny je realizován pomocí dvou třífázových asynchronních motorů, viz obr. 54, které jsou opatřeny elektrickými brzdami. K sepnutí brzdy dojde, není-li přivedeno napětí na cívku brzdy. Připojení motorů je provedeno na jeden frekvenční měnič a pracují tak v souběhu. Frekvenční měnič je napojen na samočinné vypínací zařízení připojené přímo na napájecí síť (3x400 VAC/50 Hz), čímž je jištěn proti přetížení. V případě výpadku proudu jsou motory zabrzděny a přes integrované tlačítko na ovládacím panelu plošiny lze aktivovat nouzový pohyb. V nouzovém režimu se plošina automaticky zasune v ose ( $z$ ) a brzdy na motorech pro pohyb v ose ( $y$ ) jsou cyklicky odbrzdovány, čímž je zajištěno sjetí plošiny do nulové polohy. Při nouzovém pohybu klece je napájení pohonů zajištěno přes záložní zdroj. Záložní zdroj je určen pro napájení jednotlivých řídicích okruhů kabiny, čímž je zajištěna funkce nouzového režimu.



Obr. 54 Pohon v ose Y



### 4.3.1 Návrh pohonu

Pro návrh pohonu bylo nutné definovat celkové zatížení, které bylo určeno z hmotnosti kabiny, přídavného vedení, nosného rámu, pohonů, příslušenství, nosnosti a dosahuje hodnoty  $m_C=1800$  kg (včetně přídavku cca 50 kg). Požadovaná zdvihová rychlost činí  $v_z=9$  m·min<sup>-1</sup> a uvažované zrychlení při brzdění  $a=0,5$  m·s<sup>-1</sup>. Celková obvodová síla  $F_t$  na pastorku tedy činí:

$$F_t = m_C \cdot (g + a) = 1800 \cdot (9,81 + 0,5) = 18558N$$

Dále byl stanoven předběžný potřebný výkon elektromotoru  $P$  při celkové účinnosti  $\eta_C$ . Celková účinnost zahrnuje účinnost převodu pastorku s hřebenem  $\eta_{PH}$  a účinnost převodovky  $\eta_P$ .

$$\eta_C = \eta_{PH} \cdot \eta_P = 0,98 \cdot 0,98 = 0,96$$

$$P = \frac{F_t \cdot v_z}{\eta_C} = \frac{18558 \cdot 0,15}{0,96} = 2900W = 2,9kW$$

Návrh pohonu byl konzultován s firmou NORD, která na základě zatížení a požadované zdvihové rychlosti nabídla vhodný pohon. Parametry navrženého převodového motoru jsou uvedeny v tab. 4. Tento převodový motor v kombinaci s frekvenčním měničem **Nordac SK 500E-401-340-A** zajišťují potřebný výkon.

Tab. 4 Základní parametry převodového motoru

Čelní převodový motor NORDBLOC s brzdou SK973.1F VL-100L/4 BRE40 TF	
Výkon motoru	2,2 kW
Otáčky n1/n2	1440/12 min-1
Výstupní moment	1748 Nm
Převod	120,26
Napětí	230/400 V, 50 Hz
Jmenovitý proud (230V)	9,04 A
Výstupní hřídel	60-120
Hmotnost cca	119 kg

### 4.3.2 Návrh pastorku a hřebene (dle normy ČSN 01 4686)

Při návrhu pastorku a hřebene bylo vycházeno z rešeršní části práce, kde předběžný modul ozubení byl zvolen  $m=8$ , roztečný průměr pastorku  $d=120$  mm a počet zubů pastorku  $z=15$ . Tyto hodnoty používá u svých hřebenových výtahů firma Stros a byly využity jako vstupní údaje pro kontrolní výpočet ozubení. Parametry ozubení, viz tab. 5

Tab. 5 Základní parametry a rozměry ozubení

	Pastorek (1)	Hřeben (2)
<b>Materiál</b>	16 220.4	12 020.9
<b>Mez únavy v dotyku <math>\sigma_{Hlim}</math> [MPa]</b>	1270	1210
<b>Mez únavy v ohybu <math>\sigma_{Flim}</math> [MPa]</b>	700	500
<b>Tvrdoost na boku zubu VHV</b>	650 až 720	650 až 720
<b>Zuby</b>	cementované, kalené	cementované, kalené

$$d = z \cdot m = 15 \cdot 8 = 120 \text{ mm} \qquad h_a = m = 8 \text{ mm}$$

$$d_a = d + 2h_a = d + 2m = 120 + 2 \cdot 8 = 136 \text{ mm} \qquad h_f = m + c_a = 1,25m = 1,25 \cdot 8 = 10 \text{ mm}$$

$$d_f = d - 2h_f = d - 2,5m = 120 - 2,5 \cdot 8 = 100 \text{ mm} \qquad c_a = 0,25m = 0,25 \cdot 8 = 2 \text{ mm}$$

$$d_b = d \cdot \cos \alpha = 120 \cdot \cos 20^\circ = 112,76 \text{ mm} \qquad h = h_a + h_f = 2,25m = 2,25 \cdot 8 = 18 \text{ mm}$$

$$s = 0,5p = 0,5\pi m = 0,5 \cdot \pi \cdot 8 = 12,57 \text{ mm} \qquad b_H = 40 \text{ mm}$$

$$\qquad \qquad \qquad b_p = 40 \text{ mm}$$
  

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\frac{h_a}{\cos \alpha} + \sqrt{\left(\frac{d_a}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2} \cdot \cos \alpha\right)^2} - \frac{d}{2} \cdot \sin \alpha}{\pi \cdot m \cdot \cos \alpha} = \frac{8}{\cos 20^\circ} + \sqrt{\left(\frac{136}{2}\right)^2 - \left(\frac{120}{2} \cdot \cos 20^\circ\right)^2} - \frac{120}{2} \cdot \sin 20^\circ}{\pi \cdot 8 \cdot \cos 20^\circ} = 1,96$$

## 1. Kontrola z hlediska únavy v dotyku

### a) Napětí v dotyku (Hertzův tlak) ve valivém bodě

$$\sigma_H = \sigma_{HO} \cdot \sqrt{K_H} = 779 \cdot \sqrt{2,16} = 1145 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HO} = Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b_H \cdot d} \cdot \frac{i_{12} + 1}{i_{12}}} = 190 \cdot 2,5 \cdot 0,83 \cdot \sqrt{\frac{18558}{40 \cdot 120} \cdot \frac{120 + 1}{120}} = 779 \text{ MPa}$$

$\sigma_{HO}$  (napětí v dotyku při ideálním zatížení přesných zubů, při  $K_H=1$ )

$Z_E=190$  (součinitel mechanických vlastností materiálu spolu zabírajících kol)

$Z_H=2,5$  (součinitel tvaru spolu zabírajících kol)

$Z_\varepsilon=0,83$  (součinitel součtové délky dotykových křivek zubů)

$K_H$  (součinitel přídatných zatížení pro výpočet na dotyk)

$$K_H = K_A \cdot K_{HV} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,16$$

$K_A=1,5$  (součinitel vnějších dynamických sil)

$K_{H\beta}=1$  (součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů po šířce)

$K_{H\alpha}=1,2$  (součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů)

$K_{HV}=1,2$  (součinitel vnitřních dynamických sil)

**b) Přípustné napětí v dotyku (Hertzův tlak)**

$$\sigma_{HP1} = \frac{\sigma_{H \lim 1} \cdot Z_N}{S_{H \min}} \cdot (Z_L \cdot Z_R \cdot Z_v) = \frac{1270 \cdot 1,6}{1,2} \cdot 0,9 = 1524 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HP2} = \frac{\sigma_{H \lim 2} \cdot Z_N}{S_{H \min}} \cdot (Z_L \cdot Z_R \cdot Z_v) = \frac{1210 \cdot 1,6}{1,2} \cdot 0,9 = 1452 \text{ MPa}$$

$$(Z_L \cdot Z_R \cdot Z_v) = 0,9$$

$Z_L$  – součinitel maziva

$Z_R$  – součinitel výchozí drsnosti boků zubů (před záběhem)

$Z_v$  – součinitel obvodové rychlosti

$Z_N = 1,6$  (součinitel životnosti)

$S_{H \min} = 1,1 \div 1,2$  (Nejmenší hodnota součinitele bezpečnosti proti vzniku únavového poškození boků zubů)

**c) Splnění podmínky**

$$\sigma_H \leq \sigma_{HP1,2}$$

$$1145 \text{ MPa} \leq 1524 / 1452 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**2. Kontrola na dotyk při jednorázovém působení největšího zatížení****a) Největší napětí v dotyku**

$$\sigma_{H \max} = \sigma_{HO} \cdot \sqrt{\frac{F_{t \max} \cdot K_H}{F_t}} = 779 \cdot \sqrt{\frac{29692,8 \cdot 2,16}{18558}} = 1448,2 \text{ MPa}$$

$$F_{t \max} = F_t \cdot K_{AS} = 18558 \cdot 1,6 = 29692,8 \text{ N}$$

$K_{AS} = 1,6$  (součinitel, který se stanoví z výsledků měření zatížení případně volbou dle zkušenosti přičemž:  $K_{AS} \geq K_A$ )

**b) Přípustné napětí v dotyku při působení největšího zatížení**

$$\sigma_{HP1 \max} = 4 \cdot V_{HV} = 4 \cdot 700 = 2800 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{HP2 \max} = 4 \cdot V_{HV} = 4 \cdot 700 = 2800 \text{ MPa}$$

**c) Splnění podmínky**

$$\sigma_{H \max} \leq \sigma_{HP1,2 \max}$$

$$1448,2 \text{ MPa} \leq 2800 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### 3. Kontrola z hlediska únavy v ohybu

#### a) Ohybové napětí v nebezpečném průřezu paty zubu

$$\sigma_F = \frac{F_t}{b_H \cdot m} \cdot K_F \cdot Y_{FS} \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon = \frac{18558}{40 \cdot 8} \cdot 2,16 \cdot 4,9 \cdot 1 \cdot 0,51 = 313 \text{MPa}$$

$$K_F = K_A \cdot K_{FV} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,16$$

$K_F$  (součinitel přidavných zatížení pro výpočet na ohyb)

$K_A=1,5$  (součinitel vnějších dynamických sil)

$K_{FV}=1,2$  (součinitel vnitřních dynamických sil)

$K_{F\alpha}=1,2$  (součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů)

$K_{F\beta}=1$  (součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů po šířce)

$Y_{FS}=4,9$  (součinitel tvaru zubu a koncentrace napětí)

$Y_\beta=1$  (součinitel sklonu zubu)

$Y_\varepsilon=0,51$  (součinitel vlivu záběru profilu)

#### b) Přípustné napětí v ohybu

$$\sigma_{FP1} = \frac{\sigma_{F \lim} \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_X}{S_{F \min}} = \frac{700 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 0,96}{1,7} = 988 \text{MPa}$$

$$\sigma_{FP2} = \frac{\sigma_{F \lim} \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_X}{S_{F \min}} = \frac{500 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 0,96}{1,7} = 706 \text{MPa}$$

$Y_N=2,5$  (součinitel životnosti)

$Y_\delta=1$  (součinitel vrubové citlivosti)

$Y_X=0,96$  (součinitel velikosti)

$S_{F \min}=1,4$  až  $1,7$  (pravděpodobnost poškození 50%)

$S_{F \min}$  (nejmenší hodnota součinitele bezpečnosti proti vzniku únavového lomu v patě zubu)

#### c) Splnění podmínky

$$\sigma_F \leq \sigma_{FP1,2 \max}$$

$$313 \text{MPa} \leq 988 / 706 \text{MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

### 4. Kontrola na ohyb při jednorázovém působení největšího zatížení

#### a) Největší napětí v ohybu

$$\sigma_{F \max} = \sigma_F \cdot \frac{F_{t \max}}{F_t} = 313 \cdot \frac{29692,8}{18558} = 500,8 \text{MPa}$$

$$F_{t \max} = F_t \cdot K_{AS} = 18558 \cdot 1,6 = 29692,8 \text{N}$$

$K_{AS}=1,6$  (součinitel, který se stanoví z výsledků měření zatížení případně volbou dle zkušenosti přičemž:  $K_{AS} \geq K_A$ )

### b) Přípustné napětí v ohybu při působení největšího zatížení

$$\sigma_{FP1 \max} = \frac{\sigma_{FS1} \cdot Y_{\delta St} \cdot Y_X}{S_{FS1 \min} \cdot Y_{bStT}} = \frac{1120 \cdot 1,6 \cdot 0,96}{1,5 \cdot 1,6} = 716,8 \text{MPa}$$

$$\sigma_{FP2 \max} = \frac{\sigma_{FS2} \cdot Y_{\delta St} \cdot Y_X}{S_{FS2 \min} \cdot Y_{bStT}} = \frac{800 \cdot 1,6 \cdot 0,96}{1,5 \cdot 1,6} = 512 \text{MPa}$$

$$\sigma_{FS1} = 1,6 \cdot \sigma_{F \lim} = 1,6 \cdot 700 = 1120 \text{MPa} \text{ (cementované a povrchově kalené oceli)}$$

$$\sigma_{FS2} = 1,6 \cdot \sigma_{F \lim} = 1,6 \cdot 500 = 800 \text{MPa} \text{ (cementované a povrchově kalené oceli)}$$

$Y_{\delta St}=1,6$  (součinitel vrubové citlivosti)

$Y_X=0,96$  (součinitel velikosti)

$Y_{bStT}=1,6$  (součinitel vrubové citlivosti zkušební kola)

$\sigma_{FS}$  (pevnost v ohybu při největším zatížení)

$S_{FS \min}=1,5$  až  $1,75$  (pravděpodobnost poškození 50%)

$S_{FS \min}$  (nejmenší hodnota součinitele bezpečnosti proti vzniku trvalé deformace zubu, počátečních trhlin nebo křehkého lomu v patě zubu)

### c) Splnění podmínky

$$\sigma_{F \max} \leq \sigma_{FP1,2 \max}$$

$$500,8 \text{MPa} \leq 716,8 / 512 \text{MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

## 4.4 Přídavné vedení

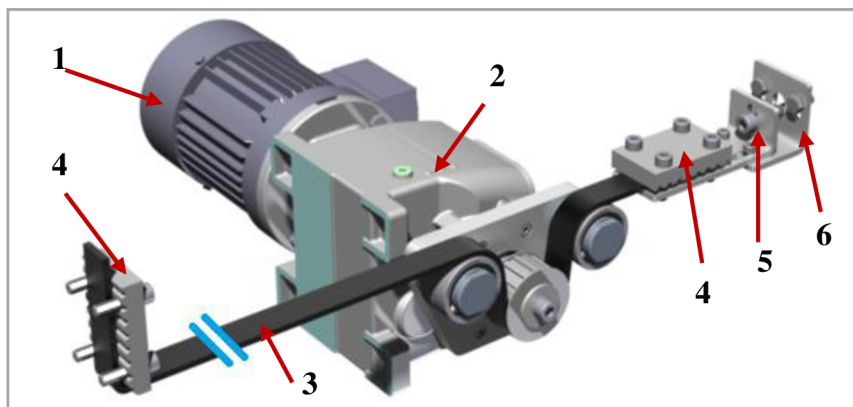
V horní části kabiny je kabina pevně spojena s nosným rámem a ve spodní části je kabina kotvena ke stojanu prostřednictvím přídavného vedení, viz obr. 55, které zajišťuje výbornou tuhost celého zařízení při posuvech a rychloposuvech stojanu. Přídavné vedení je opatřeno vozíky v ose y, které jsou vedeny v kolejničích na stojanu stroje. Dále je přídavné vedení osazeno dvojicí vozíků pro osu výsuvu, které zapadají do kolejniče umístěné ve spodní části kabiny.



Obr. 55 Pohon v ose Y

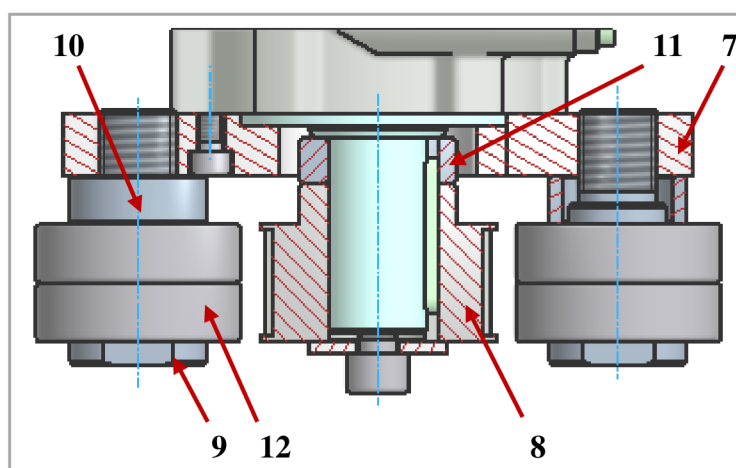
#### 4.5 Výsuv osa Z

Výsuv plošiny je realizován prostřednictvím staticky uloženého ozubeného řemenu, viz obr. 56. Oba konce řemenu jsou uchyceny k nosnému rámu pomocí upínacích desek, které jsou přizpůsobeny zubovému profilu řemenu. Je tak eliminováno jeho poškození či zeslabení v místě uchycení. Elektromotor s převodovkou jsou pevně uchyceny k rámu kabiny. Na výstupní hřídeli převodovky je nasazená řemenice, jejímž odvalováním po řemenu dochází k vysouvání a zasouvání kabiny.



Obr. 56 Pohon osy Z: 1 – elektromotor; 2 – převodovka; 3 – řemen; 4 – upínací deska; 5 – dopínací deska; 6 – pevná deska

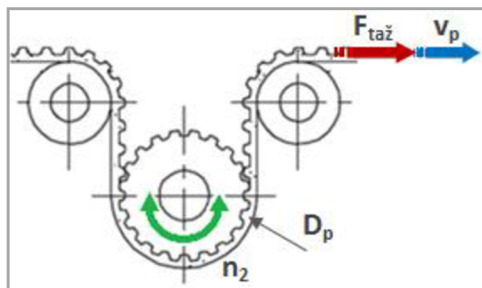
Podpěrné kladky jsou tvořeny čtyřmi valivými ložisky, které jsou uchyceny čepem přes distanční kroužek do upínací desky, viz obr. 57, která je přišroubována k přírubě převodovky. Ozubený řemen je nasazen na řemenici a natažen přes kladky. Dopínání řemene je řešeno dopínací deskou, která má umožněn posuvný pohyb v drážkách vůči pevné desce.



Obr. 57 Upínací deska: 7 – upínací deska; 8 – řemenice; 9 – čep; 10, 11 – distanční kroužky; 12 – podpěrné kladky

**4.5.1 Návrh pohonu osy z**

Při návrhu pohonu je vycházeno z posuvové rychlosti kabiny  $v_p=9 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$  a tažné síly, která byla navýšena o sílu předepnutí řemene. Síla způsobená předepnutím řemene se pohybuje v rozmezích  $(1,2 \div 1,4)F_{taž}$ . Byla zvolena hodnota  $1,2F_{taž}$ .



Obr. 58 Návrh pohonu osy Z

Tažná síla vychází ze zatížení od kabiny, doplňků, nosnosti včetně dostatečného přídavného zatížení. Celková hmotnost kabiny pak činí:

$$m_C = 1250 \text{ Kg}$$

Z celkové hmotnosti  $m_C$ , tíhového zrychlení  $g$ , tření ve vedení  $f$  a předepnutí řemene je pak tažná síla vyjádřena vztahem:

$$F_{taž} = 1,2F_T = 1,2 \cdot F_N \cdot f = 1,2 \cdot F_G \cdot f = 1,2 \cdot m_C \cdot g \cdot f = 1,2 \cdot 1250 \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 1471,5 \text{ N}$$

Z tažné síly je dále vyjádřen potřebný krouticí moment  $M_K$  převodovky v závislosti na výpočtovém průměru hnací řemenice  $D_p$ . Řemenice byla zvolena 40T10/18-2 s výpočtovým průměrem  $D_p=57,45 \text{ mm}$  a řemen typu T10.

$$M_K = F_{taž} \cdot \frac{D_p}{2} = 1471,5 \cdot \frac{57,45}{2} = 42269 \text{ Nmm}$$

Z hlediska provozní bezpečnosti je do výpočtu zahrnut provozní součinitel  $S_m$ , který zohledňuje různé zatížení v provozních podmínkách převodovky. Provozní součinitel je volen  $S_m=1,7$  dle katalogu firmy TOS Znojmo. Výsledný krouticí moment  $M_{KV}$  je tedy:

$$M_{KV} = M_K \cdot S_m = 42269 \cdot 1,7 = 71857,3 \text{ Nmm} \cong 71,9 \text{ Nm}$$

Na základě výsledného krouticího momentu je spočten potřebný výkon elektromotoru  $P$ . Celková účinnost  $\eta_C$  pohonu zahrnuje účinnost řemenového převodu  $\eta_{\check{R}}$  a účinnost převodovky  $\eta_P$ .

$$\eta_C = \eta_{\check{R}} \cdot \eta_P = 0,98 \cdot 0,98 = 0,96$$

$$P = \frac{F_{taž} \cdot v_p}{\eta_C} = \frac{1471,5 \cdot 0,15}{0,96} = 230 \text{ W}$$

Na základě těchto parametrů je zvolen asynchronní čtyřpólový motor od firmy Siemens: 1LA7070-4AB, 0,25 kW, 1350 min<sup>-1</sup>

Dále je nutné určit převodový poměr  $i_{12}$  převodovky pro dosažení požadované posuvové rychlosti kabiny  $v_p$ .

$$v_p = \pi \cdot D_p \cdot n_2 \Rightarrow n_2 = \frac{v_p}{\pi \cdot D_p} = \frac{9}{\pi \cdot 0,05745} = 49,87 \text{ min}^{-1}$$

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1350}{49,87} = 27,1$$

Na základě vypočtených parametrů a konstrukčního uspořádání je zvolena čelní převodovka MTC23A  $i=26,8$ ;  $M_K=85$  Nm od firmy TOS Znojmo.

Přepočet skutečné rychlosti dle převodového poměru převodovky:

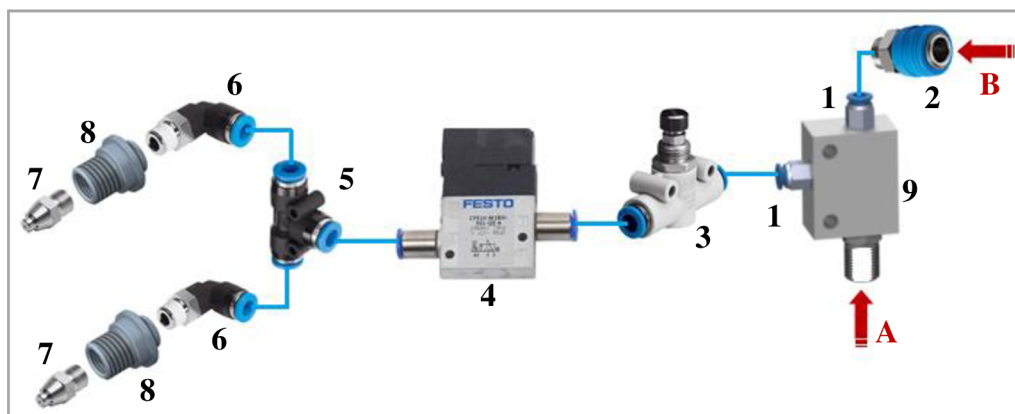
$$v_{pskut} = \pi \cdot D \cdot n_1 \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_1}{i_{12}} = \frac{\pi \cdot 0,05745 \cdot 1350}{26,8} = 9,092 \cong 9,1 \text{ m/min}$$

Zastavení a kontrola klidové polohy (vysunutí/zasunutí) kabiny i reverzace motoru je prováděna přes bezpečnostní systém, který je napájen zálohovaným elektrickým zdrojem (UPS). Tento řídicí systém ovládá frekvenční měnič přes spínací relé. Volba komponent řídicího obvodu je záležitostí elektro oddělení Fermatu.

## 4.6 Rozvod vzduchu

Vzhledem k tomu, že hřeben není zakrytován po celém zdvihu plošiny, jsou do nosného rámu zabudovány dvě trysky pro ofuk hřebene. Jedna tryska je umístěná nad horním pastorkem a druhá pod spodním pastorkem pohonu. Hřeben je tak očišťován od třísek, které by mohly vniknout do zubových mezer hřebenu a způsobit tak nežádoucí vruby na zubech, čímž by byla ovlivněna únavová pevnost zubů. Tlakový vzduch je přiveden hydraulickou hadicí z kompresoru do rozváděcí kostky umístěné v nosném rámu. Hydraulická hadice je použita z důvodu lepší odolnosti proti prasknutí, které by mohlo nastat u pneumatické hadice opakovaným ohýbáním v energonosiči. Rozváděcí kostka rozděluje průtok vzduchu do dvou větví, viz schéma níže. První větev slouží pro ofukovací trysky hřebene a druhá větev je vytažena do kabiny do ovládacího panelu, kde je upevněna rychlospojka pro napojení ofukovací pistole pro ofuk obrobku. Průtok vzduchu do trysek je řízen elektromagnetickým a škrťacím ventilem. Tlakový vzduch je do trysek přiváděn pouze při vertikálním přestavování kabiny. Přívod „A“ značí přívod z kompresoru a „B“ značí vstup pro ofukovací pistoli, viz obr. 59. Použité prvky pro pneumatický obvod jsou uvedeny v tab. 6.





Obr. 59 Schéma rozvodu vzduchu

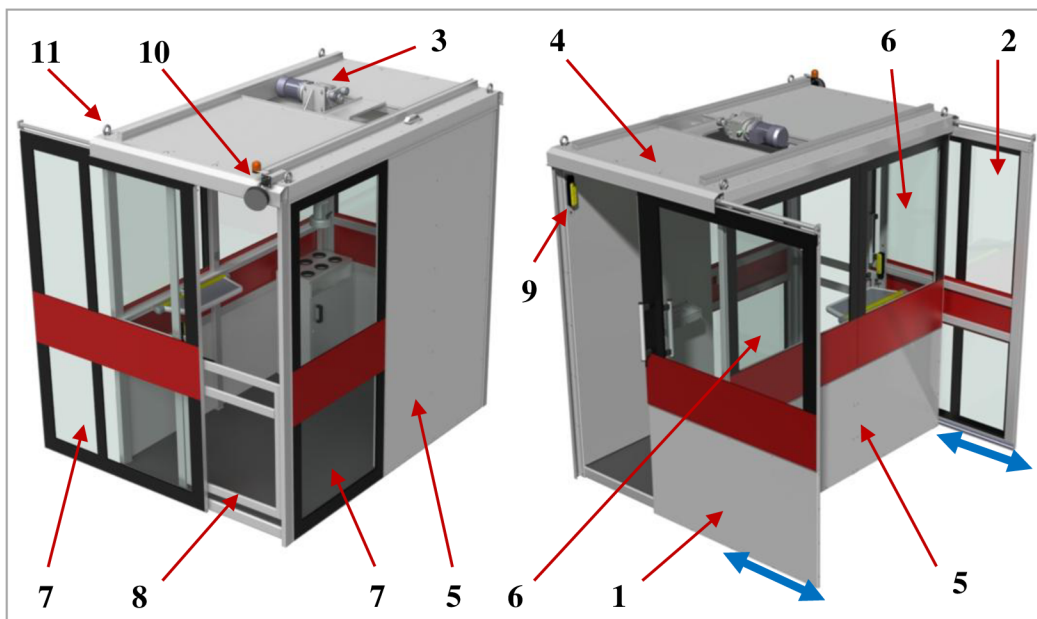
Tab. 6 Pneumatické prvky

Souhrn použitých prvků			
Prvek	Název	Označení	Množství
1	Nástrčný konektor	QS-1/8-6	2
2	Rychlospojka	KD3	1
3	Ventil škrťací/zpětný	GR-QS-6	1
4	Elmag. ventil	CPE10-M1BH-3GL-QS-6	1
5	T - spojka	QST-6	1
6	L - spojka	QSL-1/8-6	2
7	Tryska	LPZ-SD	2
8	Redukce trysky	Vyráběná součást	2
9	Rozváděcí kostka	Vyráběná součást	1

## 4.7 Kabina

Kabina vytváří pracovní prostor obsluhy stroje, viz obr. 60. Konstrukčně je řešena jako výsuvný celek v ose z, který je uzavřený po celém svém obvodu. Kabina je odnímatelná z nosného rámu za 4 závěsná oka, zabudovaná ve střešní části kabiny. Dále je kabina vybavena dvěma dveřmi (vstupní, uživatelské) posuvného provedení. Dveře jsou jištěny bezpečnostními elektromechanickými zámky. Uživatelské dveře jsou zámekem blokovány a lze je otevřít pouze v případě, když jsou zámky pod napětím. Vstupní dveře jsou naopak v případě výpadku elektrického napětí odblokovány, aby operátor mohl plošinu opustit. Před uživatelskými dveřmi je instalována doplňující zábrana respektive branka, která lze otevřít pouze v nulové poloze kabiny. Uživatelské dveře je tak možné otevřít např. pro ruční výměnu nástrojů, i když kabina není v nulové poloze. Podmínkou pro otevření uživatelských dveří je, že branka musí být zavřená, protože v tomto případě plní funkci zábradlí. Střeška je vodotěsná a tvoří ji 6 plechů. V horní části kabiny je zabudován elektromotor s převodovkou určený pro výsuv plošiny. V horním rohu je začleněna konzola pro upevnění externího osvětlení a majáku signalizující stav plošiny. Pro průhledné opláštění kabiny je použito v exponovaných místech tvrzené bezpečnostní sklo a na plochách, které nejsou vystaveny přímému kontaktu odletujících třísek je

použitý polykarbonát (makrolon). Pro neprůhledné opláštění po stranách kabiny je použitý alupanel, který je lehčí oproti standardnímu plechu a zároveň lépe plní i vzhledovou stránku kabiny.

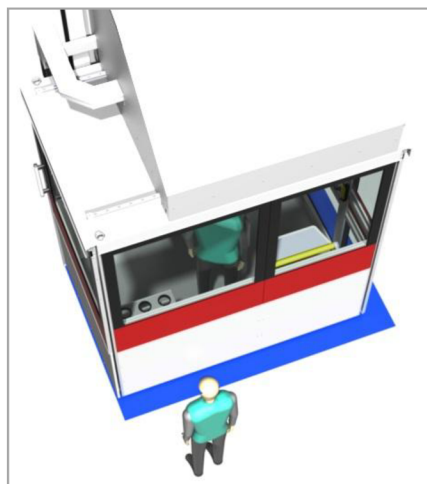


**Obr. 60** Kabina: 1 – vstupní dveře; 2 – uživatelské dveře; 3 – pohon osy z; 4 – střecha; 5 – alupanel; 6 – polykarbonátový průzor; 7 – průzor s bezpečnostním sklem; 8 – branka; 9 – elektromechanický zámek; 10 – konzola se světlem a majákem; 11 – závěsné oko

Ve spodní části kabiny je instalován bezpečnostní laserový scanner Sick S20, viz obr. 61, 62, který slouží k zabezpečení nebezpečného prostoru pod kabinou. Scanner je instalován z toho důvodu, že obsluha nemá možnost sledovat prostor pod kabinou z místa, kde provádí obsluhu stroje. Dojde-li k přerušení laserového paprsku osobou či obrobkem, spustí se signalizace a plošina má omezen pohyb ve směru dolů, dokud nedojde k odstranění překážky a opětovnému povolení pojezdu plošiny obsluhou. Laserový paprsek je možné naprogramovat tak, aby přesahoval půdorys kabiny do prostoru obrábění a předešlo se tak nárazu plošiny do obrobku či do pracovního stolu.

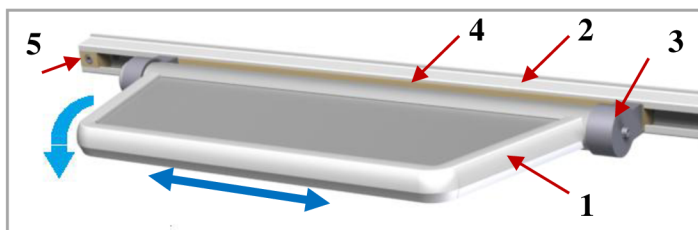


**Obr. 61** Bezpečnostní scanner



**Obr. 62** Laserový paprsek

V interiéru je kabina vybavena stolem, viz obr. 63. Stolek je řešen jako sklopný a zároveň posuvný po celé délce kabiny. Posuv stolku je řešen pomocí hliníkové profilované kolejničky a kluzného plastu (nylonu). Kolejnička je připevněna ke kostře kabiny pomocí nýtovacích matic a šroubů. V prostředním profilu boční stěny kostry je těsně nad výškovou úrovní stolku zabudovaná zásuvka pro připojení, např. notebooku.

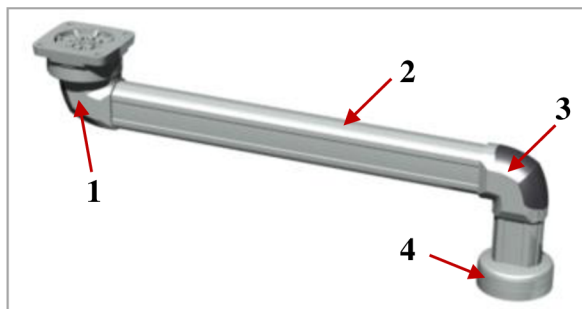


Obr. 63 Stolek: 1 – deska; 2 – kolejnička; 3 – kloub; 4 – kluzný plast; 5 - doraz

Strop kabiny je obložen dvěma alupanely, do kterých jsou předpřipraveny výřezy pro zabudování dvou světel a ventilátoru. Stropní alupanely jsou ke kostře připevněny nalepovacím suchým zipem pro snadný servis prováděný i jednou osobou. Stejným způsobem je připevněn i postranní vnitřní alupanel, který kryje kabeláž vstupující do ovládacího panelu plošiny. Pro ventilaci kabiny je do stropního alupanelu zapuštěn ventilátor s filtrem od firmy Rittal. Dalším doplňkem kabiny je uzamykatelná skříňka pro uložení měřidel, nástrojů, příslušenství ke stroji, viz obr. 64. Skříňka je sestavena z rámečku pro dvířka z ocelového čtvercového profilu a opláštění je zajištěno ocelovými výpalky z plechu o tloušťce 2-3 mm. V horním plechu je 6 výřezů s plastovou výstelkou. Tyto otvory jsou přizpůsobeny pro zasazení šesti nástrojů s upínacím kuželem ISO50. Uvnitř kabiny je zabudován ovládací panel plošiny. Ten je tvořen opět ocelovými výpalky z plechu o tloušťce 2 mm s přichystanými otvory pro zabudování tlačítek pro ovládání plošiny. K ovládacímu panelu je připevněna rychlospojka pro napojení vzduchové pistole s prodlužovací spirálovou hadicí, která umožňuje operátorovi ofuk obrobku. Pro uchycení ovládacího panelu celého stroje je ve stropní části zabudováno otočné nosné rameno, obr. 65. Rameno je sestaveno z modulárních prvků od firmy Rittal a zajišťuje bezpečné vedení kabeláže do ovládacího panelu stroje. Rameno se skládá z nástěnného kloubu, nosného profilu, úhlové spojky a otočné spojky. Tyto prvky jsou voleny v rozměrové řadě CP60.

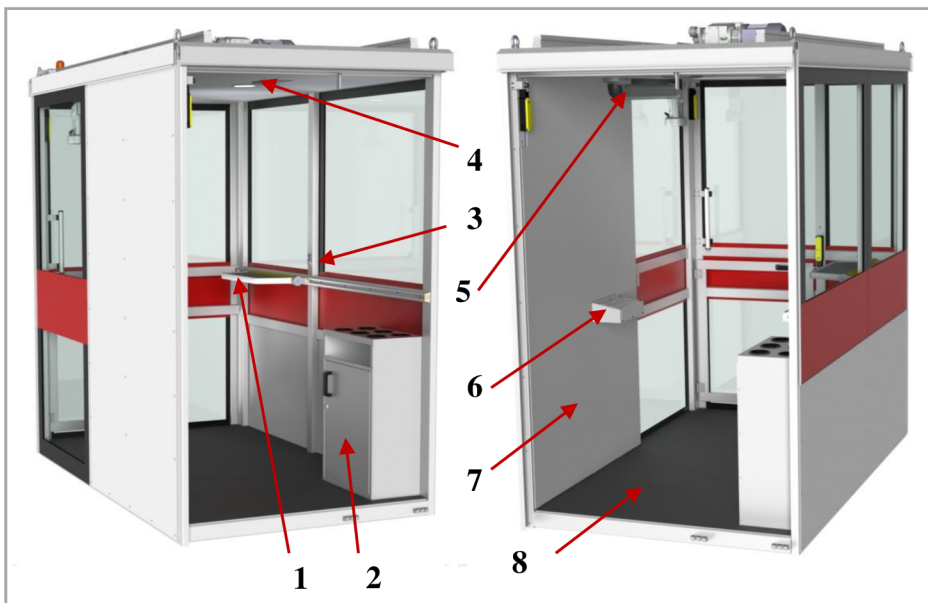


Obr. 64 Skříňka



Obr. 65 Rameno OP stroje: 1 – nástěnný kloub; 2 – nosný profil; 3 – úhlová spojka; 4 – otočná spojka

Podlaha kabiny je osazena hladkým hliníkovým plechem, na kterém je nalepená podlahová průmyslová guma s penízkovým protiskluzovým vzorem. Podlahová guma zajišťuje větší pohodlí pro operátora stroje a eliminuje vnímání mírných deformací.



Obr. 66 Interiér kabiny:

#### 4.7.1 Kostra kabiny

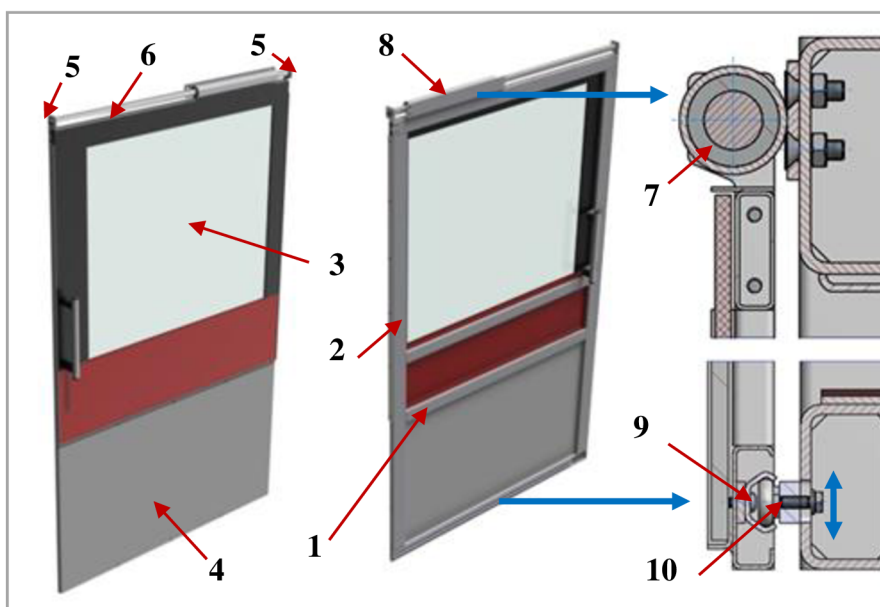
Kostra kabiny obr. 67, je tvořena svařovanou konstrukcí z normalizovaných ocelových profilů a ocelových výpalků. Profily jsou sestaveny tak, aby jejich rozmístění vyhovovalo připevnění vnitřních komponent. V kostře je počítáno s požadovanými otvory pro bezproblémové protažení kabeláže z bezpečnostních dveřních zámků, ovládacích panelů, elektrické zásuvky, ventilátoru a světel. Hlavní nosnou část kostry tvoří dva tlustostěnné profily ve stropní části. K těmto profilům jsou přivařeny ploché tyče, které jsou následně obrobena, čímž se vytváří montážní dosedací plochy pro kolejnici lineárního vedení výsuvu z. Ve spodní části je také přivařena a následně obrobena plochá tyč pro kolejnici přídatného vedení.



Obr. 67 Kostra kabiny

### 4.7.2 Dveře kabiny

Vstupní i uživatelské dveře jsou provedeny jako posuvné, viz obr. 68. Tímto řešením se dosáhne toho, že otevření dveří není nijak limitované překážkou před kabinou. Je tak znemožněn náraz do obrobku, otočného stolu, deskového pole či vstupní lávky, který by mohl nastat v případě otočného provedení dveří. Základem dveří je svařovaný rám z ocelových profilů. K rámu jsou dále přivařeny lišty z plechu, které vytváří rámeček kolem polykarbonátového průzoru v případě vstupních dveří, či průzoru z bezpečnostního skla v případě uživatelských dveří. Tento průzor je podlepen a do tohoto rámečku vsazen. Spodní část je u vstupních dveří zakrytována alupanelem. Do horního profilu jsou připevněny z bočních stran dva závěsy, mezi které je vložena vodící tyč. Tato tyč se pohybuje v kuličkových pouzdrech zalisovaných do uložení. Uložení se skládá z trubky s přírubou, pomocí které se dveře připevní ke kostře kabiny. Ve spodním profilu svařovaného rámu je vytvořen výřez, do kterého je vsazena kolejnice. Do kolejnice jsou nasazeny vozíky, které jsou také připevněny ke kostře kabiny s možným seřizováním. Tím, že jsou využity valivé elementy uložení dveří, je dosaženo snadného otevírání.



Obr. 68 Provedení dveří: 1 – rám; 2 – lišty; 3 – průhled; 4 – alupanel; 5 – závěsy; 6 – vodící tyč; 7 – kuličková pouzdra; 8 – uložení; 9 – kolejnice; 10 - vozíky

Zavřená poloha dveří je kontrolována elektrickým bezpečnostním zařízením (zámkem Sick i10-E0233). Zámek zajišťuje polohu zavření mechanickou pevností 300 N (max. 1300 N). Provoz zdvihacího zařízení se přeruší a je blokován při aktivaci otevření dveří klíčem. Blokování trvá do té doby, než uživatel dveře opětovně uzamkne. Klíče pro nouzové otevření dveří jsou předány pouze odpovědné osobě, aby se předcházelo nehodám vzniklým nepatřičným proškolením.

### 4.7.3 Interní/externí světlo, elektrická zásuvka, ventilátor

V boční stěně kabiny je ve svislém profilu uprostřed nad stolkem zabudovaná elektrická zásuvka (230 VAC, 50 Hz). Do stropního panelu kabiny je zabudováno výklopné průmyslové světlo a externí osvětlení je zajištěno průmyslovým světlem vhodným pro obráběcí stroje z hlediska odolnosti proti emulzi a odletujícím třískám.

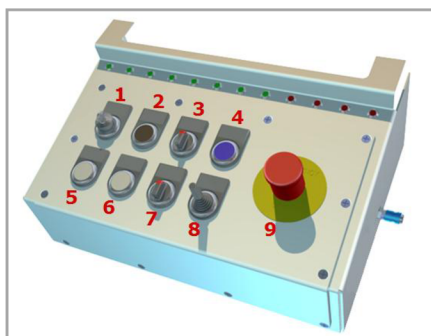
Obě světla byla zakoupena od firmy Černoch. Ventilace kabiny je zajištěna pomocí ventilátoru s filtrem od firmy Rittal s přívodem množství vzduchu  $66\text{m}^3/\text{h}$ , který je také zabudován do stropního panelu kabiny.



Obr. 69 Ventilátor, zásuvka, osvětlení interní, osvětlení externí

#### 4.7.4 Ovládací panel plošiny

Ovládání plošiny bylo provedeno přes ovládací panel, viz obr. 70, zabudovaný do stěny kabiny. Panel je sestaven ze dvou svařených plechů a jednoho plechu krycího, který má v sobě předpřipravené výřezy pro zakomponování ovládacích a signalizačních prvků. Z boční strany je zabudována rychlospojka pro napojení ofukovací pistole, jak již bylo zmíněno.

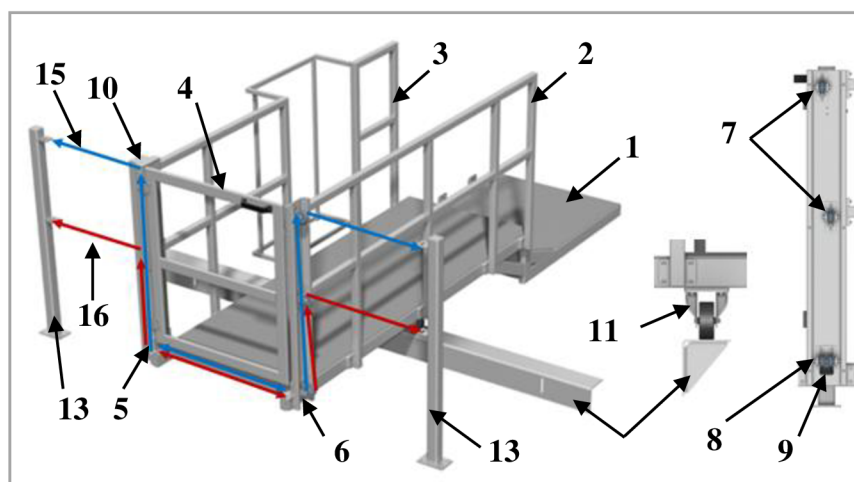


Obr. 70 Ovládací panel plošiny

- (1) Přepínač pro aktivaci záložního zdroje pro pohyb plošiny do nulové polohy v nouzovém režimu při výpadku elektrického napětí
- (2) Tlačítko, po jehož stisknutí a aktivovaném přepínači (1) proběhne přepnutí do nouzového režimu. V nouzovém režimu se kabina nejdříve zasune a poté sjede do nulové polohy. Po najetí plošiny do nulové pozice je nouzový režim deaktivován.
- (3) Přepínač pro zapnutí/vypnutí osvětlení kabiny
- (4) Tlačítko pro zapnutí/vypnutí ventilátoru kabiny
- (5) Tlačítko pro otevření vstupních dveří kabiny
- (6) Tlačítko pro otevření uživatelských dveří kabiny
- (7) Tlačítko, kterým se reaktivuje opětovný pohyb plošiny, k jehož přerušení došlo signalizací překážky laserovým scannerem.
- (8) Joystick pro ovládání pohybů plošiny (nahoru/dolů, dopředu/dozadu)
- (9) Tlačítko s aretací pro vyřazení elektrické energie stroje („Total stop“)

#### 4.8 Přístupová lávka ke stroji

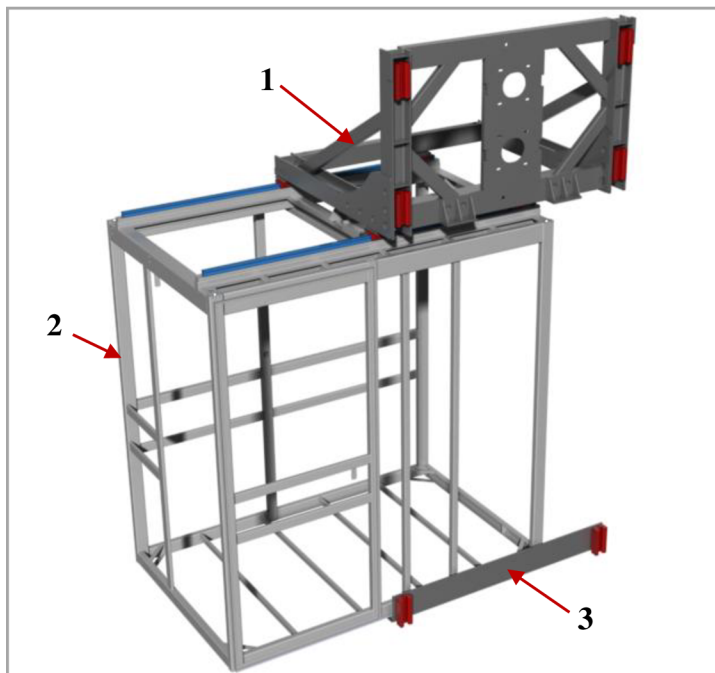
Lávka ke stroji, obr. 71, zajišťuje operátorovi přístup do plošiny. Přístup a výstup z plošiny je zajištěn i při maximálním vysunutí kabiny v nulové poloze. Lávka je pevně spojena se stojanem stroje pomocí dvou přírub. Výklenek v levém zábradlí je určen pro rozvaděč plošiny. Pohyb lávky je zajištěn dvěma koly, která se pohybují po kolejnici ukotvené do betonového základu stroje. V přední části lávky jsou zabudovány dva sloupy se zakomponovanými kladkami, které vedou lano při pohybu lávky se stojanem. V krajních polohách je lano ukotveno pomocí karabin ke krajním sloupům. Tím je jednoduše zabezpečen prostor v okolí stroje. Branka na vstupu lávky je zajištěna elektromechanickým zámekem.



Obr. 71 Lávka: 1 – podesta; 2 – zábradlí pravé; 3 – zábradlí levé; 4 – branka; 5 – levý sloup; 6 – pravý sloup; 7 – kladka; 8 – zdvojená kladka; 9 – průchod lan; 10 – kryt sloupu; 11 – kolo; 12 – kolejnice; 13 – krajní sloup; 15,16 - lana

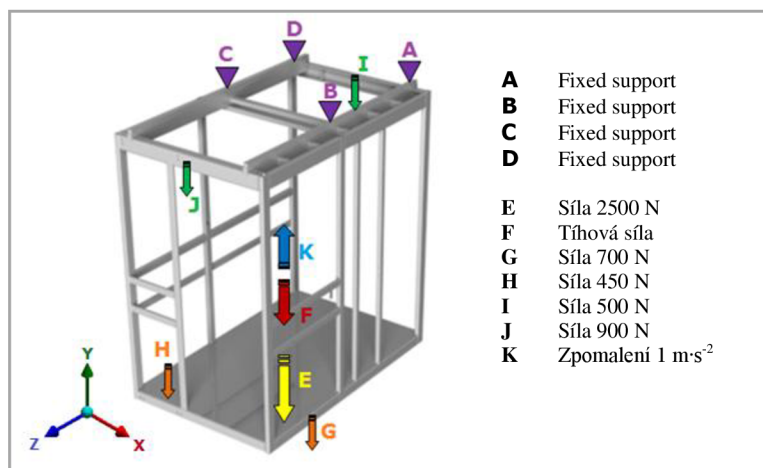
#### 4.9 Pevnostní analýza skeletu obslužné plošiny

U kostry kabiny a nosného rámu byla provedena deformačně napěťová analýza vzhledem k meznímu stavu pružnosti. Model byl zjednodušen vyřazením prvků, které nemají vliv na pevnost konstrukce, viz obr. 72. U konstrukčního návrhu skeletu byl kladen důraz zejména na jeho tuhost a minimální deformace. Konstrukce byla kontrolována ve stavu úplného vysunutí kabiny v ose „z“ a ve stavu, kdy plošina brzdí při pohybu směrem dolů s maximálním přípustným zpomalením  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , což simuluje stav největšího zatížení v reálném provozu. Materiál byl nadefinován s vlastnostmi konstrukční oceli 11 373 ( $E=2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ ,  $\mu=0,3$ ), který je použitý u všech součástí skeletu plošiny. Geometrie kostry kabiny a nosného rámu byla vytvořena pomocí skořepinových prvků, kterým byla přiřazena odpovídající tloušťka součástí. Poté byly nadefinovány kontakty mezi jednotlivými prvky konstrukce. Vzhledem k tomu, že veškeré prvky konstrukce jsou spolu svařeny, byl k nim nadefinován odpovídající kontakt spoje „bonded“. U geometrie nosného rámu byly do výpočtu navíc zahrnuty i převodové motory. Takto nadefinovanou geometrií bylo docíleno rovnoměrné sítě s menším počtem prvků, s čímž souviselo i výrazné snížení výpočtového času. Velikost prvku pro zasíťování modelu byla použita 10 mm.



Obr. 72 Skelet plošiny: 1 – nosný rám; 2 – kabina; 3 – přidavné vedení

Pro definování okrajových podmínek konstrukce byla kabina a nosný rám uvažovány jako dva samostatné celky. Kabina je v horní části vetknuta ve čtyřech plochách A, B, C, D, odpovídající dosedacím plochám vozíků a kolejnic viz obr. níže. Dále je zatížena rovnoměrně po ploše podlahy silou E odpovídající nosnosti kabiny a tíhovou silou kostry kabiny F. Do výpočtu jsou zahrnuty síly G a H, které nahrazují boční opláštění kabiny a síly I a J, které nahrazují zatížení od vstupních a uživatelských dveří kabiny. Do výpočtu je také zahrnuto zpomalení kabiny  $K=1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , viz obr. 73.

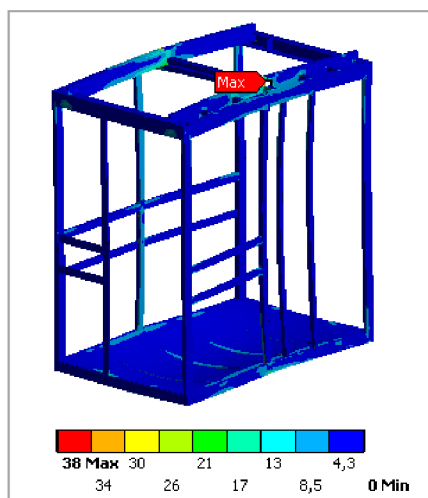


Obr. 73 Zatížení kabiny

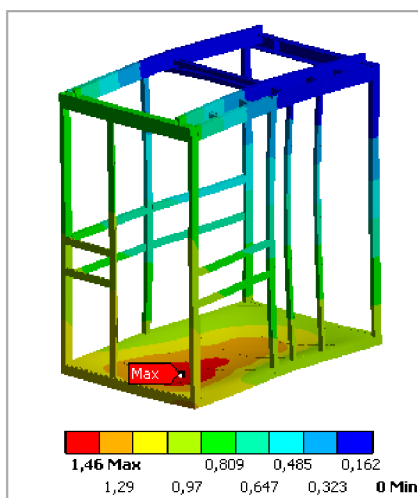
Maximální vznikající napětí je 38 MPa, které je příznivé vzhledem k mezi kluzu použité oceli. I přes značné zjednodušení výpočtového modelu je tak zajištěna vysoká bezpečnost konstrukce. Maximální deformace přibližně 1,5 mm vzniká dle očekávání v podlahovém plechu. Tato deformace již může být obsluhou plošiny



pocíitelná a zejména ve vyšších polohách kabiny i pocitově nepříjemná, ale vzhledem k tomu, že na podlahovém plechu je přilepená podlahová guma o tloušťce 4 mm, je tento nedostatek značně pocitově eliminován a požadován za přípustný.



Obr. 74 Max. napětí kabiny



Obr. 75 Max. deformace kabiny

Na základě provedené napěťově deformační analýzy byly dále zjištěny momentové reakce vznikající v jednotlivých vetknutích, simulující uchycení kolejnice ve vozících. Hodnoty výsledných momentů jsou uvedeny v tabulce 7. Na základě těchto hodnot momentů byly zvoleny vhodné vozíky, které jsou schopny přenést toto zatížení předepsané výrobcem. Bylo tedy zvoleno lineární kuličkové vedení s označením vozíků HGW35HC, kterým odpovídá i požadovaná kolejnice. Bezpečnost vozíků je brána dle nejdominantnějšího směru zatížení a pohybuje se kolem 3, což je plně dostačující. Při volbě vozíku byl brán zřetel také na připojovací možnosti pro zabudování do nosného rámu.

Tab. 7 Vozíky osa z

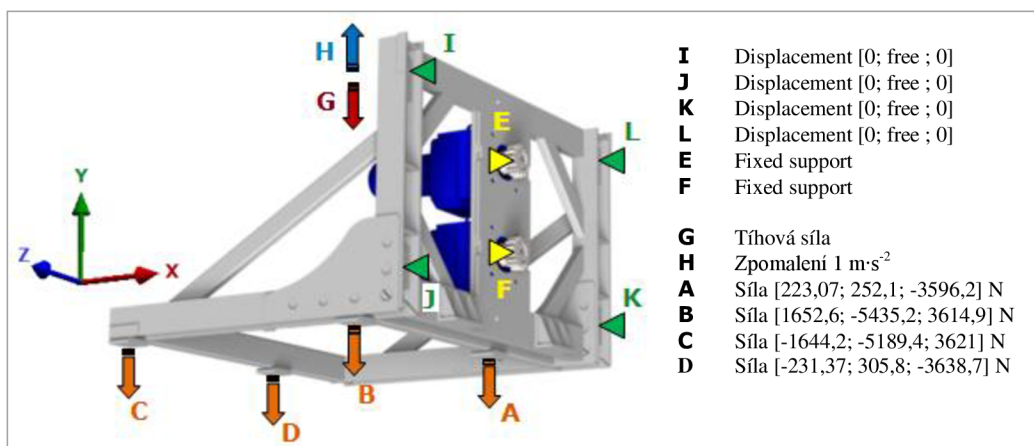
Vozík	Výsledné momenty [N·mm]		
	Osa x	Osa y	Osa z
A	8787	67 305	-18079
B	60894	-727210	-66571
C	-52303	-741310	56270
D	-2949,6	85035	16389
Maximum	60894	741310	66571
Vozík HGW35HC	2290000	2080000	2080000
<b>Bezpečnost</b>	<b>37,6</b>	<b>2,8</b>	<b>31,3</b>

Dále byly zjištěny výsledné síly působící ve vozících, viz tab. 8, na základě kterých bylo definováno vstupní zatížení nosného rámu s ohledem na zákon akce a reakce.

Tab. 8 Výsledné síly ve vozících osy z

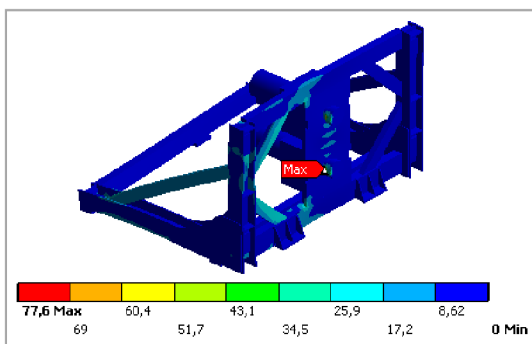
Vozík	Výsledné síly [N]		
	Osa x	Osa y	Osa z
A	-223,07	-252,1	3596,2
B	-1652,6	5435,2	-3614,9
C	1644,2	5189,4	-3621
D	231,37	-305,8	3638,7

Nosný rám je kromě reakčních sil od kabiny zatížen tíhovou silou kostry a dvou motorů. Zároveň je opět uvažováno zpomalení  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ve směru jízdy dolů. Co se týče nadefinovaných vazeb, tak byly nadefinovány 4 displacementy se zamezenými posunutí v osách x a z a s volným pohybem v ose y. Tyto vazby byly umístěny na čtyři plochy, ke kterým přijdou přichytit vozíky lineárního vedení v ose y. Na část plochy roztečných válců pastorků byla nadefinována fixní vazba. Tyto plochy odpovídají ploše šířky zubu v místě paty zubu, viz obr. 76.

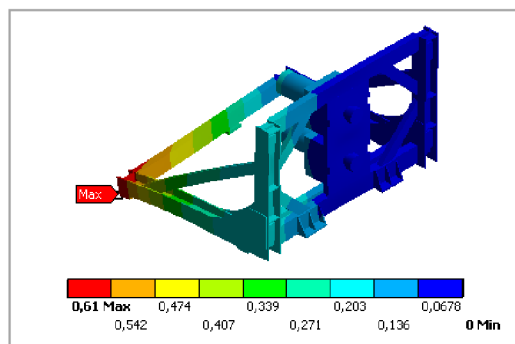


Obr. 76 Zatížení nosného rámu

Maximální napětí 78 MPa vzniká na plošce pastorku, viz obr. 77. Toto napětí je vzhledem k meznímu stavu pružnosti vyhovující. Je nutno podotknout, že pastorky jsou dodávkou od firmy Stros, která patří mezi přední výrobce stavebních hřebenových výtahů v ČR a s nimi byla volba pastorku konzultována. Stejně jako u kabiny je nutné klást důraz na vznikající deformace, které v tomto případě činí maximálně 0,6 mm, viz obr. 78. Tento výsledek je velice pozitivní a konstrukci lze zhodnotit jako vyhovující.



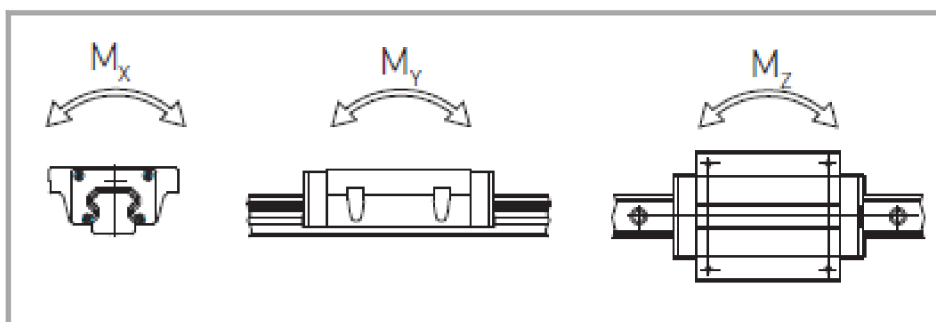
Obr. 77 Max. napětí nosného rámu



Obr. 78 Max. deformace nosného rámu

Stejným způsobem jako u kabiny byly navrženy vozíky a kolejnice lineárního vedení nosného rámu. Z napěťově deformační analýzy byly odečteny hodnoty vznikajících momentů ve vazbách I až L simulující uchycení ve vozících. Podle těchto hodnot byly zvoleny vozíky, schopné přenést toto zatížení s určitou bezpečností. Hodnoty výsledných vznikajících momentů jsou uvedeny v tabulce 9. Dle zmíněného postupu byly zvoleny vozíky RGH45HA od firmy Hiwin. Celková bezpečnost konstrukce nosného rámu, určená dle dominantního směru namáhání je vyhovující.

Tab. 9 Vozíky osa y



Vozík	Výsledné momenty [N·mm]		
	Osa x	Osa y	Osa z
I	-67424	1 006 800	-593810
J	-92363	-2515800	-864860
K	175880	-138200	-327450
L	-18795	32018	-182270
<b>Maximum</b>	175880	2515800	864860
<b>Vozík RGH45HA</b>	6330000	5470000	5470000
<b>Bezpečnost</b>	<b>30,9</b>	<b>2,17</b>	<b>6,3</b>

## 5 DISKUZE

Výsledkem práce je konstrukční návrh obslužné plošiny horizontální vyvrtávačky. Tato plošina slouží k horizontálnímu a vertikálnímu přestavení pracovního prostoru operátora stroje, přičemž zdvihu bylo dosaženo prostřednictvím pastorku a hřebene a výsuvu pomocí staticky uloženého ozubeného řemene. Funkce těchto dílčích konstrukčních uzlů byla ozkoušena v provozu. Možným zlepšením by mohlo být doplnění aretace kabiny vůči nosnému rámu pro přepravu jeřábem na montážní místo. Vzhledem k tomu, že se řemen nasazuje až na připevněném zařízení ke stojanu stroje, bylo nutné nosný rám s kabinou „přikurtovat“, aby bylo zabráněno vzájemnému pohybu kabiny vůči nosnému rámu. Ve spodní části je kabina přichycena ke stojanu pomocí přidavného vedení, které je osazeno lineárními profilovými vozíky s kolejnici. Toto řešení zajišťuje velmi dobrou tuhost, nicméně by toto řešení mohlo být značně zjednodušeno levnějším způsobem, např. hlazenou lištou vedenou v kluzném plastu (nylonu, murtfeldtu). Na celkovém skeletu plošiny byly provedeny deformačně napěťové analýzy metodou konečných prvků. V reálném provozu lze zhodnotit tuhost konstrukce velmi kladně a to i při maximálně vysunutém stavu kabiny. Vhodné by bylo změnit připevnění výztuh nosného rámu. Místo stávajícího stavu spojení přivařením by bylo toto spojení vhodné změnit za šroubové a to z toho důvodu, že je nutné obrobení dosedacích ploch pro příruby převodových motorů. Pro obrobení těchto ploch vyžaduje stávající řešení horizontální vyvrtávačku se značným výsuvem vřetene, čímž se prodražuje výroba. Přepřeprogramováním připevnění výztuh tak, aby byly odnímatelné před obráběním, by se dosáhlo značných finančních úspor. Kostra kabiny je řešena jako jeden kus. Do budoucna by však bylo vhodné rozdělit ji na části (stěny, podlaha, strop), které by se spojily šroubovým spojením. Zjednodušila by se tak výrazně výroba tohoto dílce. V tomto případě však záleží na množství vyráběných kusů kabin. Uložení respektive vedení dveří zajišťuje snadné posuvné pohyby a lze ho hodnotit velmi pozitivně. Jedním z doposud zjištěných problémů byla nutnost dokrytování meziprostoru na rozhraní kabiny a stojanu stroje v důsledku hromadění třísek z obrábění v tomto prostoru a znemožnění veškerých pohybů plošiny. Tento problém byl vyřešen doplněním krytu s kartáčky vymezující tento prostor. Plošinu lze také velmi kladně hodnotit z hlediska vznikajícího hluku.

## 6 ZÁVĚR

V předložené práci je zpracován konstrukční návrh obslužné plošiny horizontální vyvrtávačky. Práce byla zpracována pod záštitou firmy Fermat, s.r.o., která se řadí mezi přední výrobce těchto obráběcích strojů v ČR. Obslužná plošina zajišťuje horizontální i vertikální přestavení pracovního prostoru operátora. Umožňuje mu se tak dostat do ideální pozice vzhledem k obrobku.

V této práci je obsaženo shrnutí současného stavu poznání, kde jsou probrány základní možnosti řešení jednotlivých konstrukčních uzlů a to z hlediska zdvihu, výsuvu, bezpečnosti a elektroinstalace zařízení. Na základě této úvodní části práce a prostudování potřebných norem je pak analyzován problém a vytyčeny dílčí cíle diplomové práce. Dále je práce zaměřena na koncepční řešení, kde jsou porovnány varianty řešení s uvedením jejich výhod a nevýhod, na základě kterých byla poté zvolena výsledná koncepce zařízení. Následuje detailní konstrukční návrh, ve kterém jsou zpracovány veškeré dílčí prvky obslužné plošiny. Konstrukční návrh začíná osazením nosného stojanu stroje vedením, hřebenem a dalšími prvky. Poté je navržen nosný rám plošiny s pohony pro zdvih včetně kontroly ozubení dle normy. Dále je vyřešen pohon výsuvu a rozvod vzduchu. Návrh pokračuje vyřešením kabiny a přístupové lávky ke stroji. V konečné fázi práce je uveden pevnostní výpočet metodou konečných prvků skeletu plošiny, na jehož základě bylo zvoleno veškeré vedení pro lineární pohyby plošiny. Všechny tyto návrhy dílčích prvků byly samozřejmě společně provázány. Souběžně s těmito činnostmi byl brán zřetel i na elektroinstalaci. K zařízení byla zpracována kompletní technická dokumentace.

V konečné fázi práce byly v diskuzi probrány dílčí nedostatky a možnosti pro zlepšení daného zařízení. Výsledkem této práce je funkční výrobek, který již byl zařazen do provozu a to jak u tuzemského, tak i zahraničního zákazníka. Práce je doplněna přílohami stanovenými zadáním. Tato práce zajistila základní přehled v dané problematice s konkrétním konstrukčním řešením, které lze dále rozvíjet zvyšováním komfortu obsluhy a v neposlední řadě i z hlediska designové stránky tohoto strojního zařízení. Vytyčené cíle práce byly splněny.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

---

- [1] *Unionchemnitz: Products & services: P-series* [online]. Chemnitz, 2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.unionchemnitz.com/products-services/products/p-series/p-series-pr/>
- [2] *Tratec: Výroba: periferie a příslušenství kovoobráběcích strojů: obslužné plošiny* [online]. Malý Šenov, 2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.tratec.cz/wp-content/uploads/2013/10/Tratec-KL-vyvrtavacky-deskove.pdf>
- [3] *Tosvarnsdorf: Produkty: Horizontální vyvrtávačky deskové: WRD 170 (Q)* [online]. Varnsdorf, 2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/files/machines/tos-varnsdorf-vyrobni-program-cz.pdf>
- [4] *Skodamt: Výrobky: HCW: HCW4000* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: [http://www.skodamt.com/download/SKODA-HCW2000-4000\\_CTL-HBM-HCW-002.03.CZ.pdf](http://www.skodamt.com/download/SKODA-HCW2000-4000_CTL-HBM-HCW-002.03.CZ.pdf)
- [6] *Towerelevators: Resources: Buyer's Guide* [online]. Round Rock, TX, 2008 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.towerelevators.com/wp-content/uploads/2011/03/RACK-AND-PINION-ELEVATOR-BUYERS-GUIDE-TESI-12-14-10.pdf>
- [7] *Stros: Produkty: Stavební výtahy* [online]. Sedlčany, 2014 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.stros.cz/www.stros.cz/media/Images/CZ/Ke%20stazeni/katalog-cz-nahled.pdf>
- [9] *Mayr: Products: Product Innovations: ROBA-guidestop* [online]. Mauerstetten, 2015 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: [http://www.mayr.com/synchronisation/documentations/p\\_380000\\_v03\\_en\\_05\\_11\\_2015.pdf](http://www.mayr.com/synchronisation/documentations/p_380000_v03_en_05_11_2015.pdf)
- [10] *Mayr: Products: Safety brakes: ROBA-pinionstop* [online]. Mauerstetten, 2015 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.mayr.com/en/products/safety-brakes/roba-pinionstop>
- [11] *MSV-výtahy: Výtahy: Hydraulické* [online]. Hradec Králové, 2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.msv-vytahy.cz/hydraulicke-vytahy>
- [12] *Algi-lift: products: complete lifts* [online]. Eltville, 2009 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: [http://www.algi-lift.de/fileadmin/downloads/aufzugssysteme/hydraulische-aufzugssysteme/ALGI\\_Hydraulische\\_Aufzugssysteme\\_E.pdf](http://www.algi-lift.de/fileadmin/downloads/aufzugssysteme/hydraulische-aufzugssysteme/ALGI_Hydraulische_Aufzugssysteme_E.pdf)

- [13] *Unie výtahového průmyslu České republiky: Vzdělávání: Učební texty: DK 2 – MONTÉR VÝTAHU SPECIALISTA* [online]. Liberec, 2011 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://uvp-cr.cz/images1/PK%20-%202.pdf>
- [14] MEHTA, Parag. Hydraulic Elevators: Configuring the Power Unit. *Elevator world*. 2010, **58**(12), 73-78.
- [15] *GLOBAL PARTNER ELEVATOR: Products: HYDRAULIC LIFTS SYSTEMS: Kleemann Hydraulic Systems* [online]. Istanbul, 2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: [http://www.globalpartnerelevator.com/kleemann-hydraulic-systems/en-US/products/822#prettyPhoto\[prettyPhoto\]/1/](http://www.globalpartnerelevator.com/kleemann-hydraulic-systems/en-US/products/822#prettyPhoto[prettyPhoto]/1/)
- [16] *Blain hydraulics: Products* [online]. Heilbronn, 2015 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.blain.de/index.php?lang=en&path=2>
- [17] *FRONTIER COMPONENTS: Produkty: Výtahová vodítka a* [online]. Praha [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.frontier-components.com/categories/view/vytahova-voditka-a-prislusenstvi>
- [18] *Teatechnik: Přehled produktů: Lineární vedení: Kombinované rolny a profily* [online]. Brno, 2007 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.teatechnik.cz/kombinovane-rolny-profil/>
- [19] *Winkel: Winkel-Rollen: Standard U-Profile NbV* [online]. Illingen, 2013 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.winkel.de/winkel-rollen/winkel-profile/standard-u-profile-nbv/>
- [20] *Hiwin: Kuličková pouzdra a vodící tyče* [online]. Brno [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/cz/produkty/kul-pouzdra-a-vodici-tyce/kulickova-pouzdra>
- [21] *Hiwin: Lineární vedení* [online]. Brno [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni>
- [22] *Rollon: Produkty: Linear line* [online]. Düsseldorf, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.rollon.com/CZ/cs/produkty/linear-line/>
- [23] Systém nosných ramen pro rozhraní člověk-stroj. *MM Průmyslové spektrum*. 2015, (3), 34.
- [24] ČSN EN 12159 (274403). *Stavební výtahy pro dopravu osob a materiálu se svisle vedenými klecemi*.
- [25] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. 1. vyd. Praha: MM publishing, 2014, 684 s. ISBN 978-80-260-6780-1
- [26] *Wigglesworth: Floor Type Horizontal Boring Machine* [online]. Ohio, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.wigglesworth.com/display.cfm?p=1102>

- [27] *Tosvarnsdorf: Produkty: Horizontální vyvrtávačky deskové: WRD 170 (Q)* [online]. Varnsdorf, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-vyvrtavacky-deskove/wrd-170-q/>
- [28] *Sew-eurodrive: Výrobky: Plochý čelní převodový motor* [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.sew-eurodrive.cz/produkt/f-ploch-eln-p-evodov-motor.htm>
- [29] *NORD Drivesystems: Produkty: Převodovky: Čelní převodovky* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: [https://www.nord.com/cms/cz/product\\_catalogue/geared\\_motors/helical\\_inline\\_geared\\_motors/pdp\\_helical\\_inline\\_geared\\_motors\\_1542.jsp](https://www.nord.com/cms/cz/product_catalogue/geared_motors/helical_inline_geared_motors/pdp_helical_inline_geared_motors_1542.jsp)
- [30] *Towerelevators: Resources: Operation Manual* [online]. Round Rock, TX, 208n. 1. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.towerelevators.com/wp-content/uploads/2010/05/SAMPLE-TC3K-Operations-Manual-051010.pdf>
- [31] *NORD Drivesystems: Dokumentace: Katalogy: Čelní převodovky NORDBLOC.1* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: [https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/G1012\\_PL\\_CZ\\_GB\\_2210.pdf](https://www.nord.com/cms/media/documents/bw/G1012_PL_CZ_GB_2210.pdf)
- [32] *Festo: Výrobky: Pneumatické pohony* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz/19647.htm](https://www.festo.com/cms/cs_cz/19647.htm)
- [33] *Mecvel: Products: HR Screw Jacks* [online]. Bologna, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.mecvel.com/screw-jacks-hr/>
- [34] *Sick: Produkty: Optoelektronická ochranná zařízení: Bezpečnostní laserové skenery* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/produktove-portfolio/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-laserove-skenery/c/g187225>
- [35] *Sick: Produkty: Bezpečnostní spínače: Elektromechanické bezpečnosti spínače s blokováním* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/produktove-portfolio/bezpecnostni-spinace/elektromechanicke-bezpecnosti-spinace-s-blokovanim/c/g195488>
- [36] *Tecnimetal: Produkty: Energetické řetězy* [online]. Zlín, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.tecnimetal.cz/vyrobn-program/energeticke-retezy/>
- [37] *Matis: Produkty: Řetězové a řemenové převody* [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: [http://www.matis.cz/data/pdf/retezove\\_a\\_remenove\\_prevody/159-160.pdf](http://www.matis.cz/data/pdf/retezove_a_remenove_prevody/159-160.pdf)
- [38] RUMÍŠEK, Pavel. *Automatizace: Roboty a manipulátory*. 1. Brno, 2003.



**8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A VELIČIN**

Označení	Jednotka	Název veličiny
a	$m \cdot s^{-2}$	Zpomalení zdvihacího zařízení
$b_H$	m	šířka ozubení hřebene
$b_P$	m	Šířka ozubení pastorku
$c_a$	m	Hlavová vůle
d	m	Průměr roztečné kružnice
$d_a$	m	Průměr hlavové kružnice
$d_b$	m	Průměr základní kružnice
$d_f$	m	Průměr patní kružnice
$D_p$	m	Výpočtový průměr řemenice
f	-	Součinitel tření
$F_G$	N	Tíhová síla
$F_N$	N	Normálová síla
$F_t$	N	Obvodová síla
$F_{taž}$	N	Tažná síla
$F_{tmax}$	-	Maximální obvodová síla
g	$m \cdot s^{-2}$	Tíhové zrychlení
h	m	Výška zubu
$h_a$	m	Výška hlavy zubu
$h_f$	m	Výška paty zubu
$i_{1,2}$	-	Převodový poměr
$K_A$	-	Součinitel vnějších dynamických sil
$K_{AS}$	-	Součinitel, který se stanoví z výsledků měření zatížení
$K_F$	-	Součinitel přídavných zatížení pro výpočet na ohyb
$K_{FV}$	-	Součinitel vnitřních dynamických sil
$K_{F\alpha}$	-	Součinitel vnitřních dynamických sil
$K_{F\beta}$	-	Součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů po šířce
$K_H$	-	Součinitel přídavných zatížení pro výpočet na dotyk
$K_{HV}$	-	Součinitel vnitřních dynamických sil
$K_{H\alpha}$	-	Součinitel podílu zatížení jednotlivých zubů
$K_{H\beta}$	-	Součinitel nerovnoměrnosti zatížení zubů po šířce
m	m	Modul ozubení
$m_C$	kg	Celková hmotnost

$m_D$	kg	Hmotnost doplňků
$m_K$	kg	Hmotnost kabiny
$M_K$	Nm	Krouticí moment převodovky
$M_{KV}$	Nm	Výsledný krouticí moment
$m_N$	kg	Nosnost plošiny
$P$	W	Výkon elektromotoru
$s$	m	Tloušťka zubu
$S_{Fmin}$	-	Nejmenší hodnota součinitele bezpečnosti proti vzniku únavového lomu v patě zubu
$S_{FStmin}$	-	Nejmenší hodnota součinitele bezpečnosti proti vzniku trvalé deformace
$S_{Hmin}$	-	Nejmenší hodnota součinitele bezpečnosti proti vzniku únavového poškození zubů
$S_m$	-	Provozní součinitel
$VHV$	HV	Tvrдость na boku zubu
$v_P$	$m \cdot s^{-1}$	Posuvová rychlost
$v_{Pskut}$	$m \cdot s^{-1}$	Skutečná posuvová rychlost
$v_Z$	$m \cdot s^{-1}$	Zdvihová rychlost
$Y_{bStT}$	-	Součinitel vrubové citlivosti zkušební kola
$Y_{FS}$	-	Součinitel tvaru zubu a koncentrace napětí
$Y_N$	-	Součinitel životnosti
$Y_X$	-	Součinitel velikosti
$Y_\beta$	-	Součinitel sklonu zubu
$Y_\delta$	-	součinitel vrubové citlivosti
$Y_{\delta St}$	-	Součinitel vrubové citlivosti
$Y_\epsilon$	-	Součinitel vlivu záběru profilu
$z$	-	Počet zubů
$Z_E$	-	Součinitel mechanických vlastností materiálu
$Z_H$	-	Součinitel tvaru spolu zabírajících kol
$Z_L$	-	Součinitel maziva
$Z_N$	-	Součinitel životnosti
$Z_R$	-	Součinitel výchozí drsnosti boků zubů (před záběhem)
$Z_V$	-	Součinitel obvodové rychlosti
$Z_\epsilon$	-	Součinitel součtové délky dotykových křivek zubů
$\epsilon_\alpha$	-	součinitel záběru
$\eta_C$	-	Celková účinnost
$\eta_P$	-	Účinnost převodovky

$\eta_{PH}$	-	Účinnost převodu pastorek/hřeben
$\sigma_F$	Pa	Ohybové napětí v nebezpečném průřezu paty zubu
$\sigma_{Flim}$	Pa	Mez únavy v ohybu
$\sigma_{Fmax}$	Pa	Největší napětí v ohybu
$\sigma_{FP}$	Pa	Přípustné napětí v ohybu
$\sigma_{FPmax}$	Pa	Přípustné napětí v ohybu při působení největšího zatížení
$\sigma_{FSt}$	Pa	Pevnost v ohybu při největším zatížení
$\sigma_H$	Pa	Napětí v dotyku ve valivém bodě
$\sigma_{Hlim}$	Pa	Mez únavy v dotyku
$\sigma_{Hmax}$	Pa	Největší napětí v dotyku
$\sigma_{HO}$	Pa	Napětí v dotyku při ideálním záběru přesných zubů
$\sigma_{HP}$	Pa	Přípustné napětí v dotyku
$\sigma_{HPmax}$	Pa	Přípustné napětí v dotyku při působení největšího zatížení

**9 SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obr. 1</b> Horizontální vyvrtávačka deskového typu [1]	15
<b>Obr. 2</b> Plošina TOS Varnsdorf [27]	16
<b>Obr. 3</b> Plošina Fermat [26]	16
<b>Obr. 4</b> Plošina Zayer [25]	16
<b>Obr. 5</b> Plošina SHW [25]	16
<b>Obr. 6</b> Schéma hřebenového výtahu	17
<b>Obr. 7</b> Pohon Sew-eurodrive [28]	18
<b>Obr. 8</b> Pohon Nord [29]	18
<b>Obr. 9</b> Pohon hřebenového výtahu [30]	18
<b>Obr. 10</b> Správný a minimální záběr zubů [24]	19
<b>Obr. 11</b> Správná a minimální šířka záběru [24]	19
<b>Obr. 12</b> Roba guidestop [9]	20
<b>Obr. 13</b> Hydraulické odbrzdění [9]	20
<b>Obr. 14</b> Roba pinionstop [10]	20
<b>Obr. 15</b> Zachycovač hřebenového výtahu [7]	20
<b>Obr. 16</b> Motor s brzdou [31]	21
<b>Obr. 17</b> Hydraulický výtah [12]	21
<b>Obr. 18</b> Hydraulický agregát [15]	22
<b>Obr. 19</b> Prvky hydraulického agregátu [16]	22
<b>Obr. 20</b> Řídicí blok [16]	23
<b>Obr. 21</b> Zámek pístu, bezpečnostní ventil, spouštěcí ventil, ruční pumpa [16]	24
<b>Obr. 22</b> Vyrovnávací pohon, ohřivač, kulový ventil [16]	25
<b>Obr. 23</b> Hydraulické válce [15]	26
<b>Obr. 24</b> Výsuv celé kabiny [2]	26
<b>Obr. 25</b> Výsuv podesty [1]	26
<b>Obr. 26</b> Staticky uložený řemen/řetěz [37]	27
<b>Obr. 27</b> Trapézový/kuličkový šroub a matice [25]	27
<b>Obr. 28</b> Zdvíhací převodovka [33]	27
<b>Obr. 29</b> Pastorek/hřeben [25]	28
<b>Obr. 30</b> Šnek/šnekový hřeben [25]	28
<b>Obr. 31</b> Pneumatický pohon [32]	28
<b>Obr. 32</b> Klec výtahu [7]	28
<b>Obr. 33</b> Výtahová vodítka a čelisti [17]	29
<b>Obr. 34</b> Vedení profilové [21]	29
<b>Obr. 35</b> Vodící rolny [19]	29
<b>Obr. 36</b> Kuličkové pouzdro [20]	29
<b>Obr. 37</b> Bezpečnostní scannery [21]	30
<b>Obr. 38</b> Nosné rameno [23]	30
<b>Obr. 39</b> Energetický řetěz [21]	31
<b>Obr. 40</b> Koncový spínač [21]	31
<b>Obr. 41</b> Umístění pohonů pro zdvih	33
<b>Obr. 42</b> Pneumatický pohon – pneumatickým válcem	34
<b>Obr. 43</b> Elektrický pohon – řemen/řetěz	35
<b>Obr. 44</b> Výsledný návrh	36
<b>Obr. 45</b> Stojan stroje	37
<b>Obr. 46</b> Dosedací nárazník	37

<b>Obr. 47</b> Konzola s nárazníkem	37
<b>Obr. 48</b> Napětí konzoly nárazníku	38
<b>Obr. 49</b> Napětí konzoly nárazníku	38
<b>Obr. 50</b> Deformace konzoly nárazníku	38
<b>Obr. 51</b> Nosný rám	39
<b>Obr. 52</b> Nosný rám bez zakrytování	39
<b>Obr. 53</b> Kostra nosného rámu	40
<b>Obr. 54</b> Pohon v ose Y	40
<b>Obr. 55</b> Pohon v ose Y	45
<b>Obr. 56</b> Pohon osy Z	46
<b>Obr. 57</b> Upínací deska	46
<b>Obr. 58</b> Návrh pohonu osy Z	47
<b>Obr. 59</b> Schéma rozvodu vzduchu	49
<b>Obr. 60</b> Kabina:	50
<b>Obr. 61</b> Bezpečnostní scanner	50
<b>Obr. 62</b> Laserový paprsek	50
<b>Obr. 63</b> Stolek	51
<b>Obr. 64</b> Skříňka	51
<b>Obr. 65</b> Rameno OP stroje	51
<b>Obr. 66</b> Interiér kabiny	52
<b>Obr. 67</b> Kostra kabiny	52
<b>Obr. 68</b> Provedení dveří	53
<b>Obr. 69</b> Ventilátor, zásuvka, osvětlení interní, osvětlení externí	54
<b>Obr. 70</b> Ovládací panel plošiny	54
<b>Obr. 71</b> Lávka	55
<b>Obr. 72</b> Skelet plošiny	56
<b>Obr. 73</b> Zatížení kabiny	56
<b>Obr. 74</b> Max. napětí kabiny	57
<b>Obr. 75</b> Max. deformace kabiny	57
<b>Obr. 76</b> Zatížení nosného rámu	58
<b>Obr. 77</b> Max. napětí nosného rámu	59
<b>Obr. 78</b> Max. deformace nosného rámu	59

## 10 SEZNAM TABULEK

---

<b>Tab. 1</b> Parametry tlak/průtok pro hydraulický výtah [14].	23
<b>Tab. 2</b> Porovnání čerpadel [14].	25
<b>Tab. 3</b> Parametry zdvižných převodovek [33].	27
<b>Tab. 4</b> Základní parametry převodového motoru	41
<b>Tab. 5</b> Základní parametry a rozměry ozubení	42
<b>Tab. 6</b> Pneumatické prvky	49
<b>Tab. 7</b> Vozíky osa z	57
<b>Tab. 8</b> Výsledné síly ve vozících osy z	58
<b>Tab. 9</b> Vozíky osa y	59

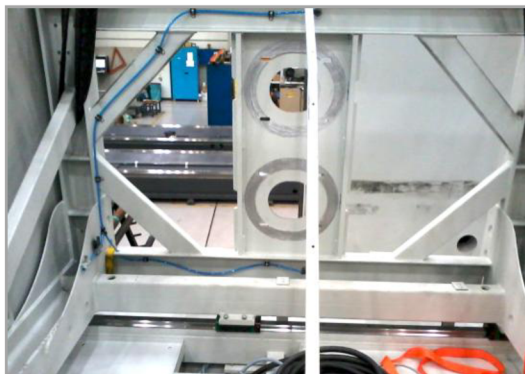
## 11 SEZNAM PŘÍLOH

---

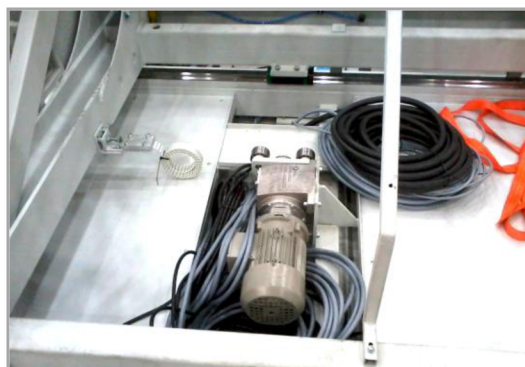
Příloha 1	Fotografie z montáže
Příloha 2	Skelet plošiny s pohony a vedením/Kabina s nosným rámem
Příloha 3	Pastorek a hřeben
Příloha 4	Výkres sestavení
Příloha 5	Videoukázka z montáže

## PŘÍLOHA 1

### Fotografie z montáže:



Instalace rozvodu vzduchu



Pohon výsuvu s ozubeným řemenem



Montáž plošiny na stojan stroje



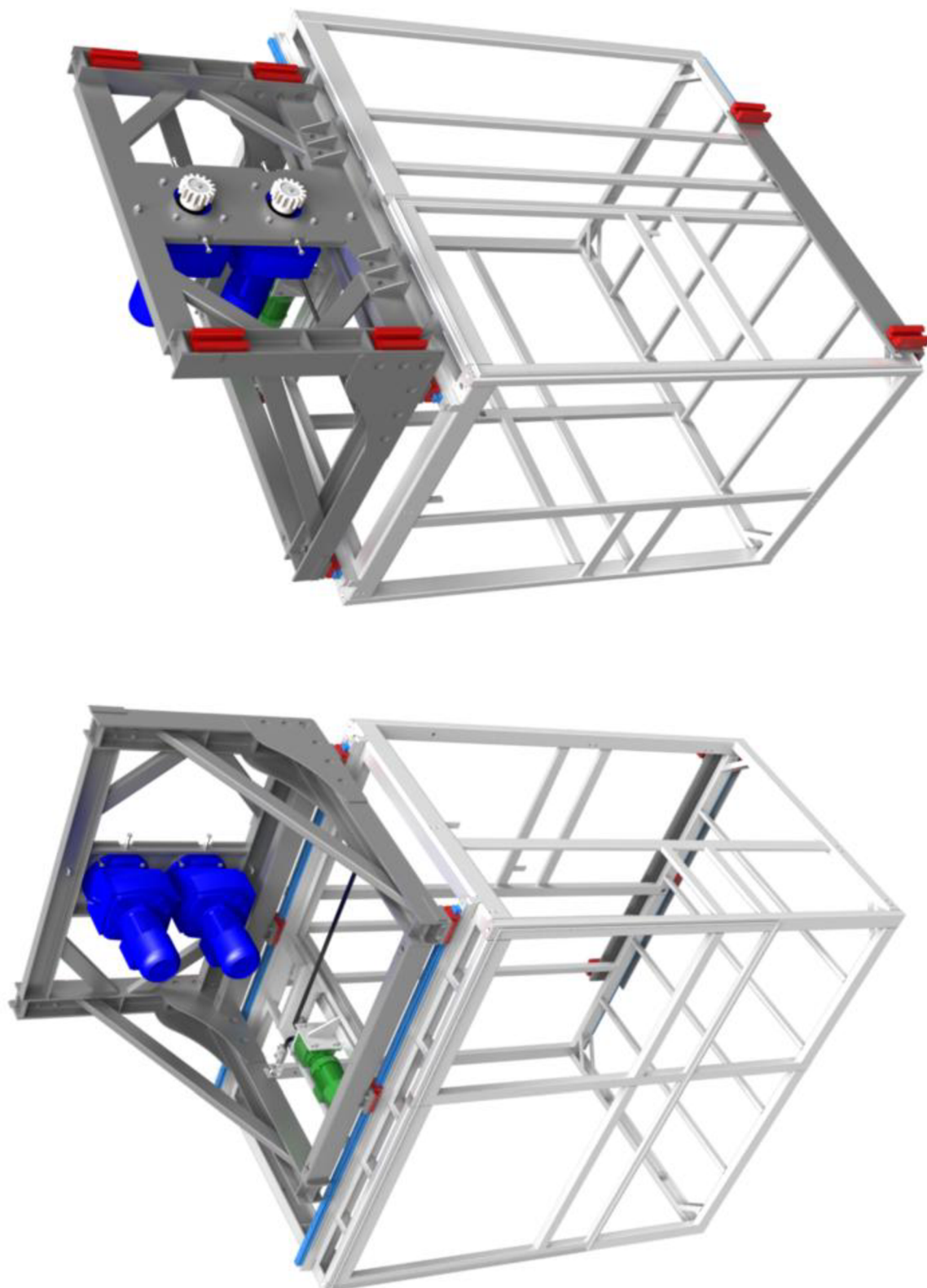
Přípeňování vozíků osy y



Přípeňování vozíků

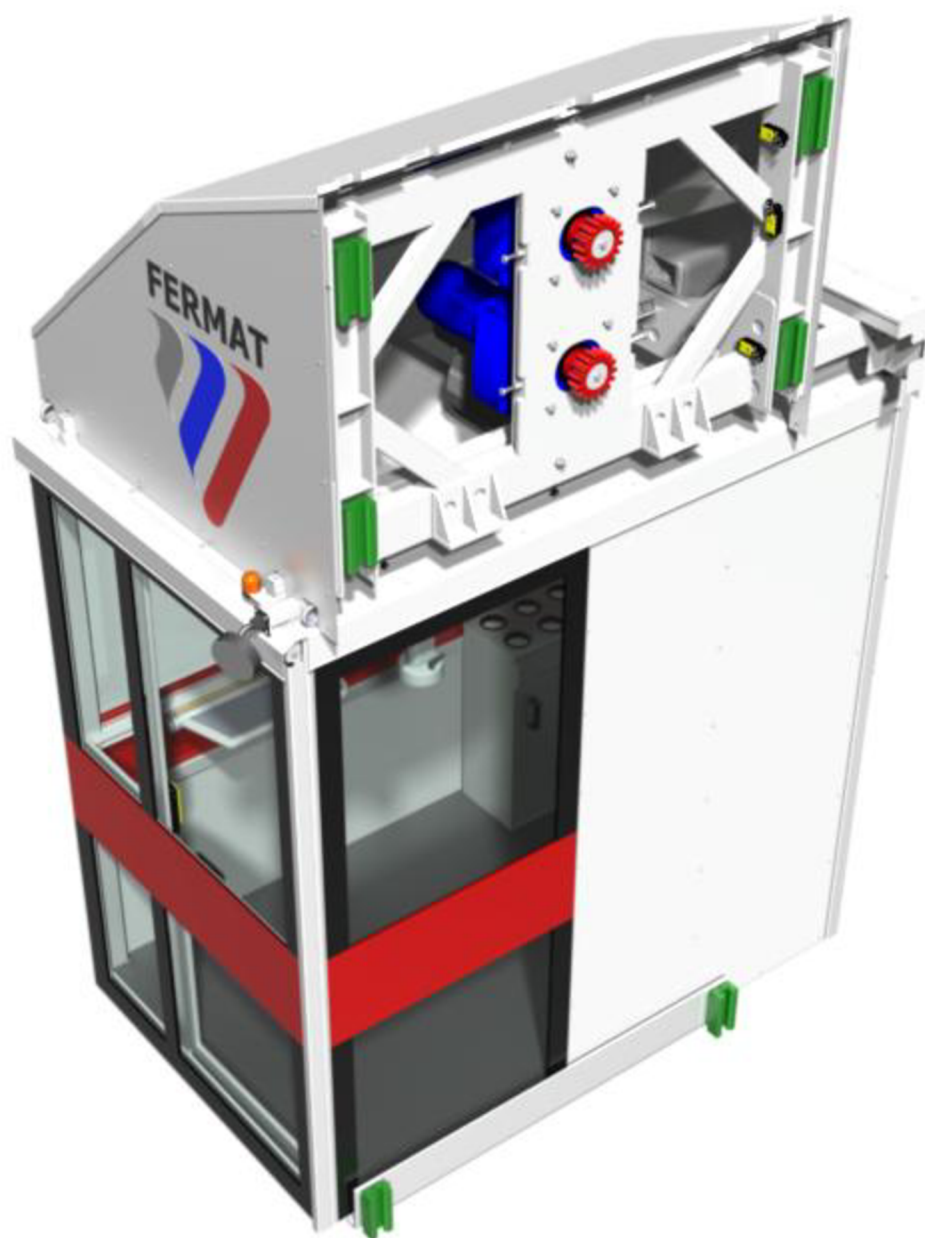
## **PŘÍLOHA 2**

**Skelet plošiny s pohony a vedením:**





## Kabina s nosným rámem:



# PŘÍLOHA 3

## Pastorek a hřeben:

