

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh úzkorozchodné diesellové důlní lokomotivy

Autor: **Dominik FINK**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří KOŘÍNEK**

Akademický rok 2019/2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Dominik FINK**
Osobní číslo: **S17B0087P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Téma práce: **Konstrukční návrh úzkorozchodné diesellové důlní lokomotivy**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Návrh konstrukce úzkorozchodné lokomotivy pro rozchody 600 – 450mm. Využití pro povrchový, podpovrchový, případně jiný komerční provoz. Pohon pomocí spalovacího diesellového motoru. Výběr vhodných komponent. Rešerše současného stavu techniky a to jak nabídky na trhu, tak strojů v provozu. Návrh několika variant uspořádání pojezdu a přenosu výkonu na dvojkolí s výběrem a rozpracováním nejvhodnější varianty. Zhodnocení projektu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Úvod.
2. Rešerše, historické a současné stroje a jejich možnosti využití.
3. Specifikace parametrů a požadavků.
4. Konstrukční návrh.
5. Zhodnocení práce, závěr.

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran A4**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I.*. Plzeň: ZČU, 2007

HELLER, P. *Kolejová vozidla II.*. Plzeň: ZČU, 2019

DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla III.*. Plzeň: ZČU, 2011

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kořínek**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Ladislav Tříška, Ph.D.**
Strkan s.r.o.
Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2020**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Fink	Jméno Dominik		
STUDIJNÍ OBOR	Dopravní a manipulační technika			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kořínek	Jméno Jiří		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh úzkorozchodné diesellové důlní lokomotivy			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2020
----------------	---------	----------------	-----	------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	55	TEXTOVÁ ČÁST	44	GRAFICKÁ ČÁST	11
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Úkolem této práce je navrhnout konstrukční řešení důlní úzkorozchodné lokomotivy na diesellový pohon. Jinými slovy zvolit vhodnou pohonnou jednotku, vybrat a navrhnout převodové ústrojí, brzdovou soustavu a zkontrolovat ji výpočtem a metodou konečných prvků.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Konstrukční návrh, Siemens NX12, metoda konečných prvků, pohonné ústrojí, převodové ústrojí, brzdová soustava, špalíková brzda

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Fink	Name Dominik	
FIELD OF STUDY	Transport and handling machinery		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kořínek	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of narrow-gauge diesel mining locomotive		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	55	TEXT PART	44	GRAPHICAL PART	11
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The task of this work is to design a design solution for a narrow-gauge mining locomotive powered by diesel. In other words, to select a suitable drive unit, to select and design the transmission system, design the brake system and check it by calculation and finite element method (FEM)
KEY WORDS	Construction plan, Siemens NX12, FEM, traction system, transmission system, brake system, block brake

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Jiřímu Kořínkovi, za jeho postřehy, cenné rady, skvělou spolupráci a celkové odborné vedení práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu, ať už při samotném studiu či psaní této práce. V neposlední řadě bych chtěl vyjádřit svůj dík i všem přátelům, kteří mě podporují.

Obsah

Obsah.....	8
Seznam použitých symbolů.....	10
Seznam zkratk.....	11
1 Úvod.....	12
1.1 Cíl práce.....	12
2 Rešerše důlních lokomotiv.....	13
2.1 Historické stroje na našem území.....	13
2.1.1 Motorové důlní lokomotivy.....	13
2.1.2 BND 30.....	14
2.1.3 DH 30 D.0.....	16
2.2 Současné stroje ve výrobě.....	17
2.2.1 Česká republika.....	17
2.2.1.1 PLP50F-R6,5t.....	19
2.2.1.2 DLP50F.....	19
2.2.2 Čína.....	20
2.2.2.1 3T Explosive-proof Underground Mine Diesel Locomotive.....	20
2.2.2.2 Coal Mining Explosion proof Diesel Locomotive.....	22
2.3 Možnosti využití.....	24
2.3.1 Česká republika.....	24
2.3.2 Východní trhy.....	25
2.3.2.1 Polsko.....	25
2.3.2.2 Rumunsko.....	25
3 Konstrukční návrh.....	26
3.1 Zadání parametrů.....	26
3.2 Výběr pohonné jednotky.....	26
3.2.1 KIPOR KD388.....	27
3.2.2 LDW 1404.....	27
3.2.3 ARCTIC CAT 700 Diesel TRV.....	28
3.2.4 Kubota D1703.....	29
3.2.5 Výběr – rozhodovací metoda.....	30
3.3 Výběr převodového ústrojí.....	31
3.3.1 Popis částí vybraného převodového hydraulického ústrojí.....	31
3.3.1.1 Pružná spojka PERIFLEX.....	32
3.3.1.2 Hydrogenerátor TPV 45-9.....	33
3.3.1.3 Hydromotor typ M0.....	33

Katedra konstruování strojů

Dominik Fink

3.4	Návrh lokomotivy	34
3.4.1	Návrh pojezdu	34
3.4.2	Návrh brzdové soustavy	34
3.4.2.1	Schéma navrženého brzdového mechanismu	34
3.4.2.2	Výpočet přítláčné síly, celkového převodu a průměru táhla	35
3.4.2.3	Kontrola části brzdového systému pomocí metody MKP	37
3.4.3	Návrh skříně	38
3.5	3D model	39
4	Závěr	41
	Zdroje	42
	Použitá literatura	42
	Online	42
	Seznam obrázků	43
	Seznam tabulek	44
	Seznam příloh	44
	Seznam výkresů	44

Seznam použitých symbolů

Veličina	Jednotky	Název
P_j	[kW]	Jmenovitý výkon
P	[hp]	Výkon
n_j	[ot/min]	Jmenovité otáčky
m_s	[kg]	Suchá hmotnost motoru
h	[mm]	Výška
l	[mm]	Délka
w	[mm]	Šířka
V_z	[cm ³]	Zdvihový objem
f	[-]	Smykový součinitel pro styk kov/kov
f_a	[-]	Součinitel adheze
g	[m/s ²]	Tíhové zrychlení
M_{celk}	[kg]	Celková hmotnost lokomotivy
m	[kg]	Hmotnost přenášená na 1 kolo
F_{AD}	[N]	Adhezní síla
N	[N]	Normálová reakce
G	[N]	Tíhová síla
T	[N]	Tečná síla
$F_{ŘID}$	[N]	Síla vyvozená řidičem
$F_{PŘ}$	[N]	Přítlačná síla vyvozená na špalík
a	[mm]	Délka převodu pohybový šroub - matice
b	[mm]	Délka táhla
c	[mm]	Délka pákového mechanismu
d	[mm]	Délka poloviny rozpory zdrže
e	[mm]	Délka páky u zdrže brzd
h	[mm]	Délka táhla zdrže brzd
i	[-]	Převodový poměr pohybového šroubu – matice a kuželových ozubených kol
i_c	[-]	Celkový převodový poměr
F_1	[N]	Síla působící na táhlo tahem
F_2	[N]	Síla působící na pákový mechanismus
F_3	[N]	Síla působící na polovinu rozpory zdrže
F_4	[N]	Síla působící na páku u zdrže brzd
F_5	[N]	Síla působící na táhlo zdrže brzd
F_6	[N]	Přítlačná síla
σ_D	[MPa]	Dovolené napětí v tahu
σ_t	[MPa]	Napětí v tahu táhla
d_t	[mm]	Průměr táhla
d_{min}	[mm]	Minimální možný průměr táhla

Seznam zkratek

Zkratka	Název
atd	A tak dále
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným
hp	Horse power = koňské síly
USA	Spojené státy americké
tj.	To jest
tzn.	To znamená
BND	Lokomotivy s mechanickým přenosem výkonu
DH	Lokomotivy s hydraulickým přenosem výkonu
spol.	Společnost (firma)
MKP	Metoda konečných prvků
FEM	Finite element method
ČR	Česká republika

1 Úvod

Těžební průmysl byl odnepaměti úzce spjat s železniční dopravou, protože tento způsob dopravy nabízí nejefektivnější a nejdostupnější variantu, jak přepravit horníky do dolů a zpět, ale především velké množství vytěžených surovin z místa těžby do skladovacích prostor, k přepravníkům či rovnou do přílehlého zpracovatelského závodu.

Důlní lokomotivy tvoří speciální kategorii lokomotiv, které se svou koncepcí liší jen nepatrně od lokomotiv, které vidáme běžně na tratích, ať už se jedná o přepravu osob či nákladu. Na první pohled je patrná úprava rozměrů lokomotiv. Důlní lokomotivy, hlavně ty podpovrchové, jsou svými rozměry uzpůsobeny jízdě v úzkých prostorech dolů. V důlním prostředí není totiž příliš místa a pro lokomotivy standardních rozměrů by byl velký problém se dostat do dolů, proto jsou tyto lokomotivy na první pohled menší.

V důlním prostředí je také zvýšené riziko výbušnosti kvůli plynům, které se zde vyskytují. Proto bylo nutné eliminovat toto riziko vhodnou konstrukční úpravou těchto motorových vozidel.

Další nutnou úpravou, která se odvíjí od úzkých prostor dolů, ve kterých měly být lokomotivy provozovány, bylo zmenšení rozchodu kolejí. Jelikož většinu železničních tratí v těžebních oblastech budovaly nezávisle na sobě soukromé podniky, setkáváme se s různými rozchody kolejí. Nejčastější rozchody u nás i ve světě se pohybují v rozmezí 450 – 600 mm. Dalším důležitým předpokladem pro využití důlních lokomotiv ve zmiňovaném prostředí je maximální sklon tratě, který je nutné překonávat určitou tažnou silou.

Z těchto důvodů se přišlo s konstrukčními úpravami, které výše popsané problémy řeší, a tak vznikaly řady lokomotiv s různými rozchody, s různými pohonnými jednotkami a různými přenosy výkonu.

Dnes se výše uvedené stroje v České republice nepoužívají ve velkém měřítku, protože se většina dříve těžných surovin (hlavně černé uhlí – Ostravsko, hnědé uhlí – Mostecko) dováží ze zahraničí. S klesající poptávkou po strojích klesla i výroba těchto strojů a dnes se u nás už prakticky skoro nevyrábějí. Výroba se stejně jako těžba posunula do jiných světových oblastí, hlavně směrem na východ - do průmyslově orientovaných zemí Asie.

1.1 Cíl práce

Cílem předkládané práce je vytvořit konstrukční návrh důlní lokomotivy na diesellový pohon pro povrchový, podpovrchový či jiný komerční provoz zaměřený především na cizokrajný průmysl s ohledem na skutečnost, že těžební průmysl je v České republice na ústupu.

Důležitým omezením, kterým se při návrhu budeme řídit, je úzký rozchod kolejí nastavený tak, aby lokomotiva byla kompatibilní k jízdě v cílových destinacích. Rozchod však ve světě nabývá různých hodnot, nicméně u nás v ČR a ve východní Evropě se pohybuje v rozmezí 450 - 600 mm. Dále bude třeba vybrat vhodnou pohonnou jednotku s takovým tažným výkonem, aby vyhovovala specifickému důlnímu prostředí, a k tomu vhodně zvolit převodové ústrojí, které bude schopné přenést odpovídající zatížení.

2 Rešerše důlních lokomotiv

2.1 Historické stroje na našem území

Důlní lokomotivy se na našem území využívaly především v oblastech těžby uhlí – Ostravsko a okolí – černé uhlí, Mostecko, Sokolovsko, Bílinsko – hnědé uhlí, méně pak v oblasti dolů rudných, kamenolomů a dalších těžebních oblastech. V těchto regionech byly vybudovány sítě úzkorozchodných tratí, po kterých se v rámci areálu pohybovaly důlní stroje. Změna rozchodu se odvíjela hlavně od velikosti a financí podniku. Proto existuje mnoho variací strojů s různými rozchody v rozmezí 450 - 900 mm. To ovšem nebyl jediný parametr, ve kterém se tyto stroje mohly lišit. Pro takto specifický druh lokomotiv, vzhledem k jejich místu používání, bylo nemožné využít závislou trakci. Proto se využívala celá řada různých druhů pohonných jednotek a převodových ústrojí, podle kterých lze důlní lokomotivy klasifikovat jako:

- Parní
- Elektrické
 - Trolejové
 - Akumulátorové
 - Kombinované
- Motorové
 - S mechanickým přenosem (BND)
 - S hydraulickým přenosem (DH)
- Vzduchové

2.1.1 Motorové důlní lokomotivy

My se zaměříme na skupinu důlních motorových lokomotiv, které se podle způsobu přenosu trakční síly dělí na řady BND a DH. Označení BND se používá pro motorové lokomotivy s mechanickým přenosem trakční síly. Přenos trakční síly pomocí hydraulického ústrojí se označuje jako DH.

Obě řady byly vyráběny v nevybušném provedení, což je pro důlní prostředí, kde se vyskytují plyny s nebezpečím výbuchu jako např. methan (CH_4), nutností. Proto byly opatřeny několika systémy pro zvýšení bezpečnosti provozu v dolech.

Jde o vodou chlazený motor i výfukové potrubí ústící do výfukové skříně s vodní lázní, kde se teplota výfukových plynů sníží pod 70 °C. Dále pak jde o kuličkové nebo destičkové chrániče proti prošlehnutí plamene u sacího a výfukového potrubí a zabudovaný hasicí přístroj s rozvodem hasicího média k motoru a převodovému ústrojí na stanovišti strojníka.

Lokomotivy byly opatřeny mechanickou brzdou. Výjimku tvořily lokomotivy s adhezní tíhou vyšší než 10 Mp, u nichž byla předepsána tlaková vzduchová brzda. Technické parametry těchto řad viz tabulka 1. [1]

Tabulka 1: Parametry motorových důlních lokomotiv řady BND a DH [1]

Typ	BND 15	BND 30	DH 30 D	DH 35 D	DH 70 D
Přenos síly	mechanický	mechanický	hydraulický	hydraulický	hydraulický
Jmenovitý výkon motoru [kW]	16	30	28	28	72
Objem nádrže [l]	25	35	37	37	50
Max. jízdní rychlost [km/h]	10	14	14	12	18
Celková váha [t]	3,8	6,3	5,5	5,5	10,5
Max. tažná síla [kp]	1 120	1 500	1 400	1 200	2 500
Rozchod [mm]	450 - 620	430 - 620	450 - 620	450 - 620	480 - 650
Délka lokomotivy [mm]	2 850	3 775	3 980	4 080	5 400
Šířka lokomotivy [mm]	800	900	900	900	950
Výška lokomotivy [mm]	1 400	1 480	1 500	1 500	1 650
Rozvor [mm]	775	1 000	900	900	1 150

Mezi největší tehdejší výrobce tohoto typu lokomotiv patřily společnosti ČKD a TSM. Pro přiblížení si zde uvedeme a podrobněji rozebereme několik typických zástupců tehdejších strojů.

2.1.2 BND 30

Tato lokomotiva je zástupcem důlních motorových lokomotiv s mechanickým přenosem trakční síly (BND), jejíž výrobu zahájila společnost Stavoloko Radotín v roce 1954.

Pohonnou jednotku tvoří naftový tříválcový motor Škoda 3S110CO, jehož výkon je kvůli snížení emisí v dolech omezen na 30 hp. Jako převodové ústrojí je zde využita třírychlostní lamelová převodovka s reverzací. Přenos síly z převodovky na zadní nápravu je realizován pomocí řetězů. Přední náprava je se zadní nápravou spojena také pomocí řetězu.

Brzdění zabezpečuje vřetenová ruční brzda. Součástí výbavy je i signální zvon, hasicí přístroj s vývody do motorového prostoru a elektrické plynotěsné osvětlení.

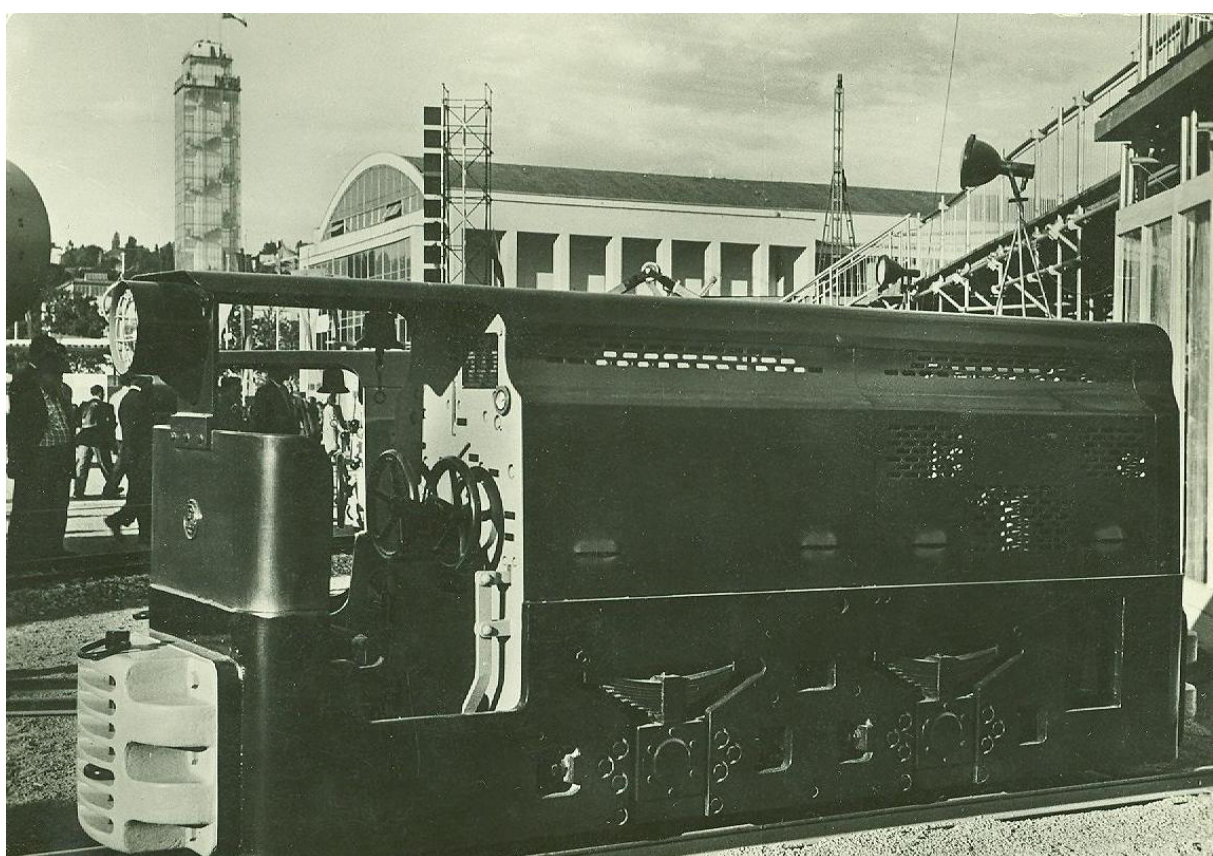
Pro proozy v nevybušných prostorách byly tyto lokomotivy dodávány s předstávkem podobajícím se druhému stanovišti. Nacházely se zde však pouze startovací akumulátory. Startování bylo nejčastěji elektrické, popřípadě pomocí externího vzduchového startovacího agregátu.

Pro získání lepší představy o stavbě stroje byla přidána fotografie lokomotivy (viz obrázek 1) a pro větší přehlednost o parametrech tohoto typu lokomotiv byla vytvořena tabulka 2. [2]

Tabulka 2: Technické údaje lokomotivy BND 30

Technické údaje	
Typ	BND 30
Uspořádání	B dm
Motor	Škoda Diesel 3 S 110 CO, naftový, stojatý, vodou chlazený
Typový výkon	22 kW / 30 hp
Počet válců	3
Průměr válce / zdvih pístu	110 / 150 mm
Maximální otáčky	1 000 min ⁻¹

Přenos výkonu	Mechanický
Spouštění motoru	Ruční
Tažná síla	13,7 kN
Maximální rychlost	14 km/h
Brzda	Ruční vřetenová
Hmotnost lokomotivy	6,5 t
Rozchod	600 mm
Průměr hnacích kol	450 mm
Celkový rozvor	1 000 mm
Šířka	900 mm
Délka přes spřáhla	3 775 mm
Výška nad temenem kolejnice	1 480 mm
Minimální poloměr oblouku	10 m



Obrázek 1: Ilustrační fotografie lokomotivy BND 30 z mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně v r. 1955 [2]

2.1.3 DH 30 D.0

Lokomotiva DH 30 D.0 je zástupcem důlních motorových lokomotiv s hydraulickým přenosem trakční síly (DH), které vyráběly Turčianské strojírný Martin v závodě Hliník nad Hronom od počátku 70. do poloviny 80. let 20. století. Tento typ byl vyvinut jako nástupce lokomotiv BND 30.

Pohonná jednotka je tvořena naftovým dvouválcovým motorem Škoda 2S110 o výkonu 30 hp. Přenos výkonu na dvojkolí je hydrostatický, což znamená, že krouticí moment je přenášen pružnou spojkou PERIFLEX na hydrogenerátor typu TPV22, který pomocí regulačního čerpadla dodává potřebné množství oleje do hydromotoru SMF23, který přenáší krouticí moment přes nápravové převodovky, které jsou propojeny kardanovým hřídelem.

Brzdění obstarává provozní brzda, kterou zajišťuje vlastní hydraulický systém spojený s ovládacím systémem. Dále je DH 30 D.0 vybavena parkovací brzdou ovládanou ručně. Brzdění lokomotivy je navíc možné provádět ještě použitím ručně ovládaného servorozvaděče SHR umístěného v kabině řidiče.

Lokomotiva je podle důlních předpisů vybavena pro řidiče dvěma stanovišti s čelním sezením a s možností výstupu na obě strany lokomotivy. Obě stanoviště jsou vybavena ovládaním plynu motoru, pákou ruční brzdy, sklopnou sedačkou a na řídicím pultu voličem směru jízdy a ovládaním hydraulické odlehčovací brzdy.

Převodovka je jednorychlostní, regulace výkonu a rychlosti je volena změnou otáček spalovacího motoru, což z ní dělá stroj velmi jednoduchý na obsluhu.

Samozřejmou výbavou jsou hasicí systém a elektrické osvětlení.

Pro větší názornost byl připojen obrázek 2 zobrazující lokomotivu a tabulka 3 s technickými parametry stroje. [3]

Tabulka 3: Technické údaje lokomotivy DH 30 D.0

Technické údaje	
Typ	DH 30 D.0
Uspořádání	B dh
Motor	Škoda Diesel 3 S 110 CO, naftový, stojatý, vodou chlazený
Typový výkon	20,6 kW / 28 hp
Počet válců	2
Průměr válce / zdvih pístu	110 / 150 mm
Maximální otáčky	1 400 min ⁻¹
Přenos výkonu	Hydrostatický
Spouštění motoru	Tlakovdušné, ruční, elektrické
Tažná síla	11,75 kN
Maximální rychlost	12 km/h
Brzda	Hydraulická, ruční páková
Hmotnost lokomotivy	5,5 t
Rozchod	600 mm
Průměr hnacích kol	450 mm
Celkový rozvor	900 mm
Šířka	900 mm
Délka přes spráhla	4 080 mm
Výška nad temenem kolejnice	1 500 mm
Minimální poloměr oblouku	10 m



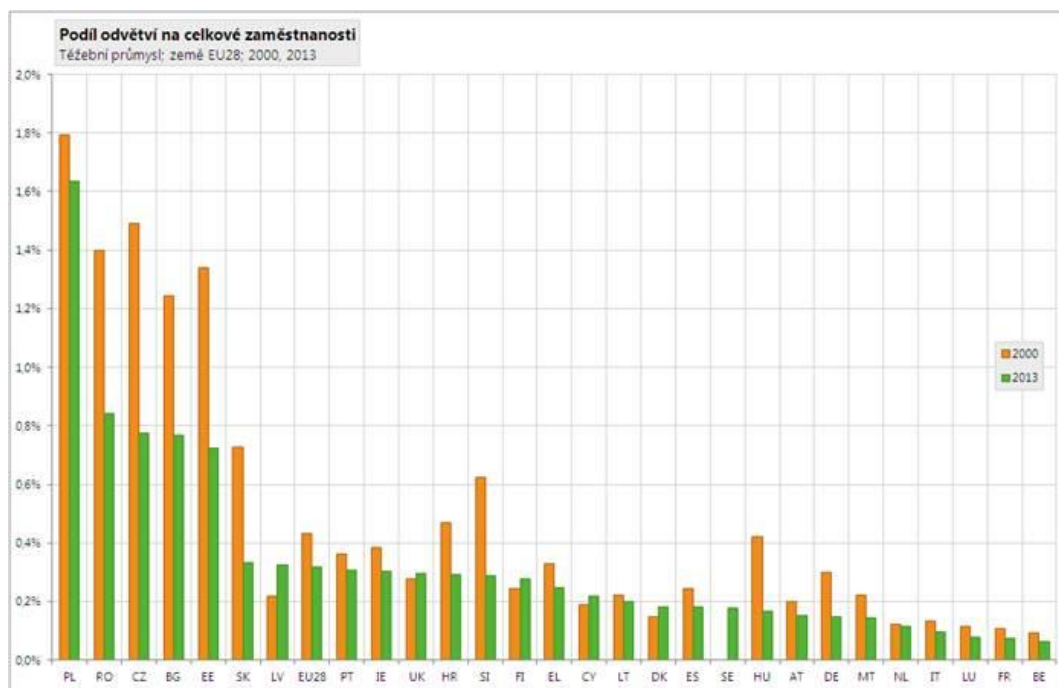
Obrázek 2: Zrenovovaná důlní lokomotiva DH 30 D.0 na testovací jízdě [3]

2.2 Současné stroje ve výrobě

2.2.1 Česká republika

Jak již bylo zmíněno dříve, těžební průmysl na našem území je na ústupu. S tím souvisí i pokles poptávky po těchto strojích. To je také důvodem, proč se většina dřívějších tuzemských výrobců přeorientovala na jiná odvětví. Prakticky jediným výrobcem strojů pro těžební průmysl na našem území je společnost Ferrit s. r. o., která jako jediná na našem území stále produkuje tento typ strojů nejen pro tuzemské společnosti, ale vyváží je i do jiných regionů světa.

Orientace výroby do jiných regionů světa je samozřejmě dána trendem světové ekonomiky, který je charakteristický tím, že se průmysl (nejen těžební) posouvá z vyspělých zemí (západní Evropa, USA...) do méně vyspělých a rozvojových zemí světa. Tento trend je zobrazen na obrázku 3, kde graf ukazuje vývoj míry zaměstnanosti v členských zemích EU mezi lety 2000 až 2013.



Obrázek 3: Vývoj zaměstnanosti v těžebním průmyslu v EU [4]

Firma Ferrit s. r. o. nabízí poměrně široké portfolio výrobků, které souvisí s těžebním průmyslem. Nicméně my se zaměříme hlavně na důlní lokomotivy s dieslovým pohonem, které jsou společností nabízeny v hmotnostním rozmezí od 6,5 t do 19 t. Tyto lokomotivy jsou vhodné pro horizontální těžbu v prostředí, kde sklon (až na výjimky) nepřevyšuje 35 % a kde je profil díla větší než 10 m². Profil díla představuje průjezdný prostor, který omezuje rozměry lokomotiv.

Tabulka 4 zobrazuje současné produktové řady lokomotiv s jejich technickými parametry uváděnými výrobcem. Jelikož výrobce nabízí široké spektrum lokomotiv, byl seznam v tabulce 4 zúžen pouze na menší stroje, které se svými rozměrovými parametry nejvíce blíží parametrům dříve rozebíraných historických strojů.

Pro ilustraci, kam se posunul vývoj tohoto typu důlních lokomotiv, byly připojeny obrázky 3 a 4, kde jsou zobrazeni zástupci nabízených produktových řad. [5] a [6]

Tabulka 4: Technické údaje vyráběných lokomotiv spol. Ferrit s. r. o.

Typ	DLP50F	PLP50F	PLP50F-II	PLP50-II-M	PLP50F-R	PLP50F-R6,5t
Max. výkon motoru [kW]	36	36	36	36	36	36
Max. tažná síla [kN]	20	20	14	20	20	15
Max. rychlost [km/h]	20	18	20	20	18	18
Rozchod [mm]	550-900	600-900	900	600-900	450-620	450-620
Celková hmotnost [t]	8,2	8,2	5	8,5	7,2	6,5
Max. úklon tratě [%]	35	35	35	50	35	35

2.2.1.1 PLP50F-R6,5t

Důlní kolejová lokomotiva typu PLP50F-R6,5t je určená pro přepravu materiálu nebo osob po horizontální nebo úklonné kolejové trati o rozchodu 450 – 620 mm, kde úklon nepřesáhne hodnotu $\pm 35 \%$.

K usnadnění její přepravy na důlní pracoviště je lokomotiva je rozebíratelná na tři hlavní montážní celky. Ovládání lokomotivy je prováděno z kabin, které jsou vybaveny ovládacími, kontrolními a bezpečnostními prvky a přístroji sloužícími k jejímu bezpečnému ovládání. Provedení kabiny zaručuje obsluze dobrý výhled na trať a spolehlivou ochranu před úrazem a nepříznivými vnějšími vlivy. [5]



Obrázek 4: Fotografie dieselové motorové lokomotivy PLP50F-R6,5t [5]

2.2.1.2 DLP50F

Důlní kolejová lokomotiva typu DLP50F je základní model určený pro povrchové i důlní prostory s nebezpečím výbuchu plynů. Používá se pro přepravu materiálu nebo osob v horizontálních důlních dílech po kolejových trasách s rozchodem 550, 600, 620, 750 nebo 900 mm.

Stejně jako předchozí lokomotiva je i tato rozebíratelná na tři hlavní montážní celky k usnadnění její přepravy na důlní pracoviště. Ovládání lokomotivy je prováděno z kabiny, která je vybavena ovládacími, kontrolními a bezpečnostními prvky a přístroji sloužícími k jejímu bezpečnému ovládání. Provedení kabiny zaručuje obsluze dobrý výhled na trať a spolehlivou ochranu před úrazem a nepříznivými vnějšími vlivy. [6]



Obrázek 5: Fotografie dieselové motorové lokomotivy DLP50F [6]

2.2.2 Čína

Z dříve uvedeného víme, že se těžební průmysl posunul do jiných oblastí světa, a tak se do popředí výroby důlních lokomotiv dostaly asijské firmy převážně z Číny, kde je v současnosti po těchto lokomotivách velká poptávka. Proto zde bude uvedeno několik typů důlních motorových lokomotiv právě z tohoto trhu. Vzhledem k velikosti trhu a nepřehlednému množství produktů, byly opět vybrány lokomotivy, které se se svými rozměrovými parametry blíží výše uváděným, abychom dostali relevantní srovnání.

2.2.2.1 3T Explosive-proof Underground Mine Diesel Locomotive

Tento typ lokomotivy je určen pro horizontální železniční dopravu, je certifikován podle evropských bezpečnostních norem a splňuje jejich požadavky. Lokomotiva je schopna pracovat na železničních tratích se sklonem do 35 ‰. Je vyráběna pro rozmezí rozchodů od 500 do 1 435 mm a určena pro provoz při teplotách od -35 do 40 °C.

V závislosti na typu motoru, kterým je vybavena, je schopna dosáhnout výkonu od 10 do 75 kW. S tím se pojí i její hmotnost, která se v závislosti na osazeném motoru pohybuje od 3 do 8 t.

Tato lokomotiva je tvořena kompaktní jednoduchou kabinou, která je vyvýšená s výhledem na oba směry jízdy. Přenos výkonu je realizován pomocí hydrostatické převodovky, která přenáší točivý moment z motoru na hnací nápravu a zajišťuje hladký chod v celém rozsahu otáček jednou pákou.

Podvozek je dvounápravového typu, přenos výkonu na druhou nápravu je zajištěn kardanovým hnacím hřídelem mezi nápravami. Pojezdová kola jsou zajištěna zaměnitelnými ráfky. Odpružení lokomotiv zajišťují pružné pryžo-kovové bloky sagitálního tvaru.

Brzdění lokomotivy je prováděno dvěma nezávislými systémy na obou nápravách. První je hydraulický, který se provádí hydrostatickou převodovkou přes mechanické převody. Druhý je mechanický, kdy vlivem mechanického působení mechanické dvouokruhové brzdy přímo spojené s pojezdovými koly dojde k brzdění. Ovládání brzdy je proporcionální, to znamená, že maximální brzdná síla je nastavitelná. Parkovací brzda je automatická.

Bezpečnostní systém zajišťuje automatické zastavení motoru lokomotivy v případě poruchy a při překročení mezních hodnot teploty a tlaku. Řidič je informován o všech podmínkách na palubní desce. [7]

Tabulka 5: Technické údaje lokomotivy 3T Explosive-proof Underground Mine Diesel Locomotive

Technické údaje	
Motor	Traction motor: 1 PC
Typový výkon	14 kW
Maximální otáčky	2 200 min^{-1}
Tažná síla	10 kN
Maximální rychlost	11,6 km/h
Brzda	Mechanická, ruční páková
Hmotnost lokomotivy	5 t
Rozchod	600 mm
Celkový rozvor	700 mm
Šířka	1 000 mm
Délka přes spráhla	3 400 mm
Výška nad temenem kolejnice	1 550 mm
Minimální poloměr oblouku	6 m



Obrázek 6: 3T Explosive-proof Underground Mine Diesel locomotive v provozu [7]

2.2.2.2 Coal Mining Explosion proof Diesel Locomotive

Tento typ diesellové lokomotivy je možné provozovat na železničních tratích se sklonem do 35 ‰. Lokomotiva je vyráběna v rozmezí rozchodů od 500 do 1 435 mm a je schopna pracovat při teplotách od -35 do 40 °C.

Hmotnost lokomotivy se pohybuje v rozmezí 5 až 8 t v závislosti na variantě pohonné jednotky, kterou je vybavena. Od volby pohonné jednotky se odvíjí i výkon lokomotivy, kterého dosáhne. Ten se pohybuje v rozmezí od 35 do 80 kW.

Kabina je velmi jednoduchá a kompaktní. Hlavní výhodou této koncepce je vyvýšení kabiny, která je tedy nejvyšším místem lokomotivy, což umožňuje dobrý výhled na oba směry jízdy. Dále je kabina vybavena palubní deskou, na které jsou umístěny ukazatele, které řidiče informují o stavu stroje.

Pro případ poruchy nebo při překročení mezních hodnot tlaku a teploty je lokomotiva vybavena bezpečnostním systémem, který automaticky zastaví motor lokomotivy. Pro zajištění hladkého chodu v celém rozsahu otáček je lokomotiva vybavena hydrostatickou převodovkou, která přenáší točivý moment z motoru na hnací nápravu.

Podvozek je složen ze dvou náprav, které jsou spojeny kardanovým hnacím hřídelem, čímž je zajištěn převod výkonu mezi nápravami. Obě nápravy jsou vybaveny dvěma nezávislými systémy brzdění. Jedním z nich je hydraulický systém. Zde je brzdění realizováno hydrostatickou převodovkou přes mechanické převody. Druhým systémem je mechanický systém, který zabezpečuje brzdění mechanickou dvoukruhovou brzdou, která je přímo spojena s pojezdovými koly a jejich vzájemným mechanickým působením dochází k brzdění. Brzda je ovládána proporcionálně, to znamená, že maximální brzdná síla je

nastavitelná. Parkovací brzda je automatická. Odpružení lokomotivy tvoří pružné pryžo-kovové bloky, které jsou uspořádány do sagitálního tvaru. [8]

Tabulka 6: Technické údaje lokomotivy Coal Mining Explosion proof Diesel Locomotive

Technické údaje	
Motor	Cummins engine
Typový výkon	40 kW
Přenos výkonu	Hydrostatický
Spouštění motoru	Elektrické
Tažná síla	12 kN
Maximální rychlost	17 km/h
Brzda	Vzduchová, ruční páková
Hmotnost lokomotivy	8 t
Rozchod	900 mm
Celkový rozvor	1 100 mm
Šířka	1 300 mm
Délka přes spřáhla	4 600 mm
Výška nad temenem kolejnice	1 700 mm
Minimální poloměr oblouku	7 m



Obrázek 7: Coal Mining Explosion proof Diesel locomotive [8]

2.3 Možnosti využití

2.3.1 Česká republika

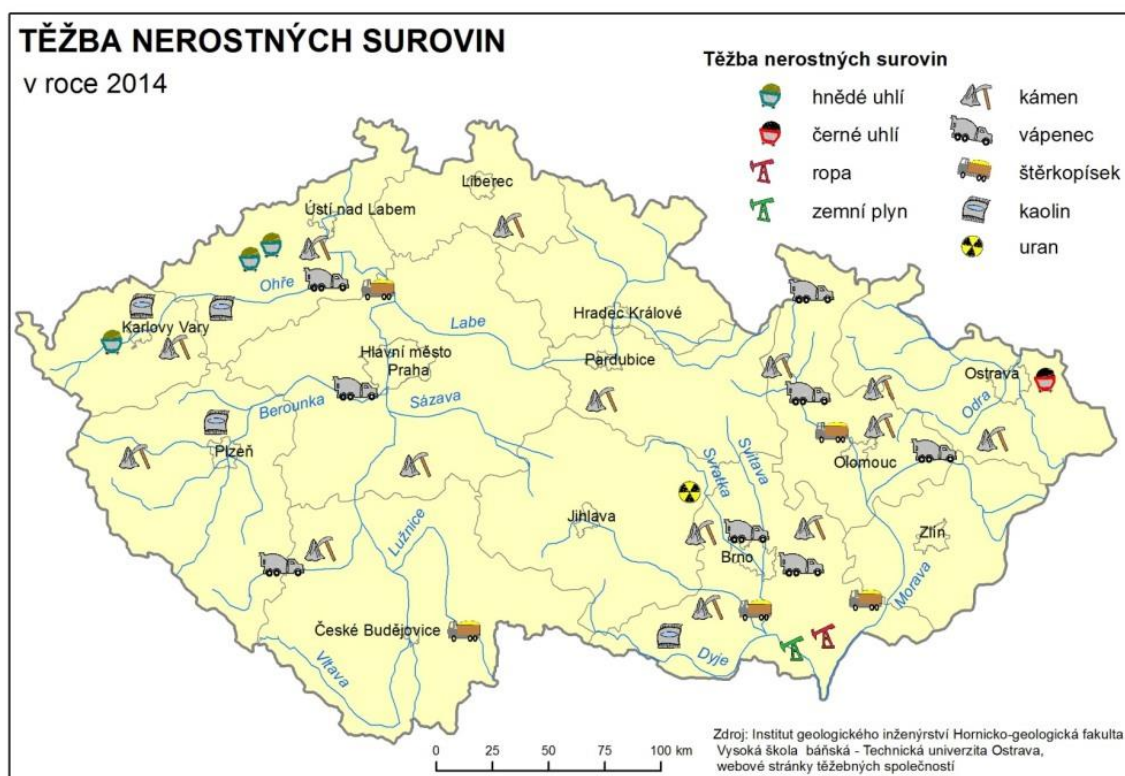
V případě možností využití tohoto typu důlních lokomotiv na našem území připadají v úvahu stále aktivní společnosti, které těží uhlí. Nejrozsáhlejší je v současnosti těžba hnědého uhlí, které se vyskytuje v oblasti Sokolovska a Mostecka.

V případě černého uhlí, které se na rozdíl od hnědého dobývá výhradně dolováním z hlubin, se těžba v dnešní době pozastavuje. V současnosti probíhá pouze v oblasti Ostravsko-Karvinska, proto je možnost využití v této oblasti do budoucna velmi nepravděpodobná.

Další významnou surovinou vyskytující se na našem území v oblasti západních Čech je kaolín, který se ale získává výhradně povrchovou těžbou. Z tohoto pohledu není možnost využití v tomto odvětví průmyslu moc pravděpodobná.

Jiné využití by mohlo být spjato s těžbou nedávno objevených ložisek lithia v Krušných horách, nicméně tato těžba je zatím nejistá.

Dále je možné realizovat využití tohoto typu lokomotiv při těžbě méně významných surovin jako je například těžba kamene, vápence nebo šterkopísku, kde se skvěle využije, nicméně množství výskytů nalezišť a aktivních dolů a lomů není velké.



Obrázek 8: Mapa výskytu nerostných surovin na území České republiky [9]

2.3.2 Východní trhy

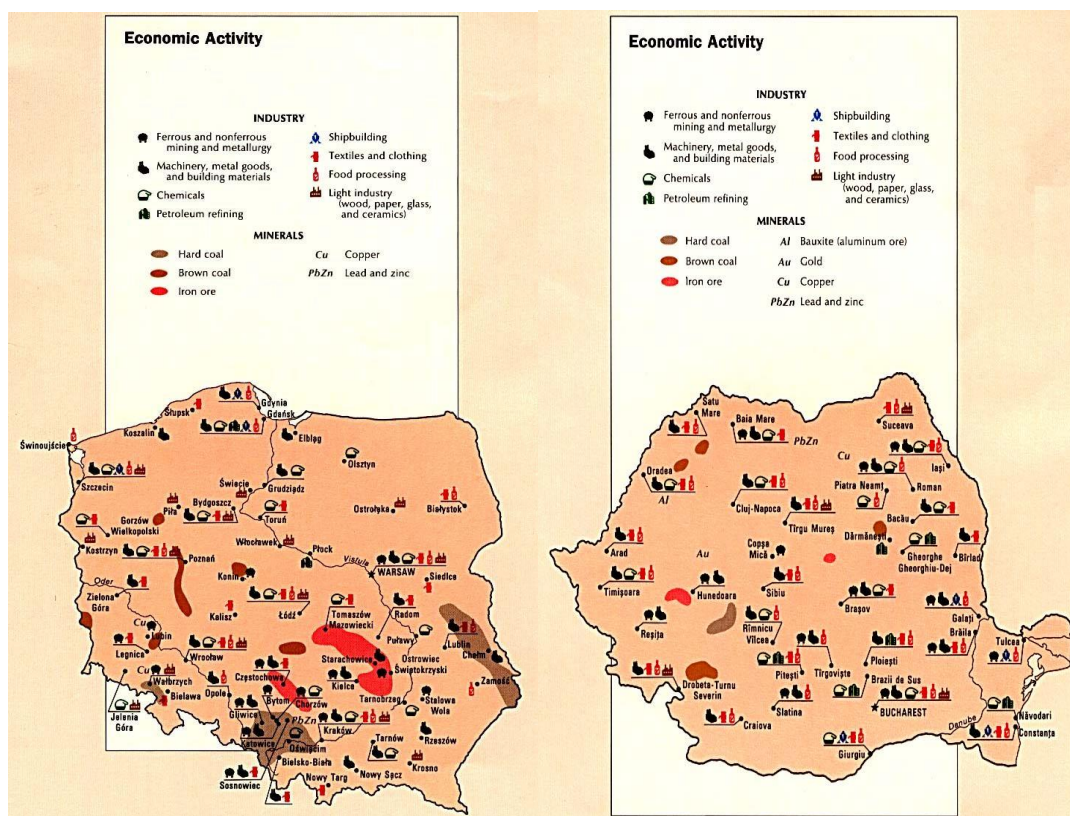
S ohledem na dominantní postavení výrobců z Číny nepřipadá asijský region jako vhodné místo pro využití v úvahu. Z tohoto pohledu by bylo nejrozumnější zaměřit možnosti využití spíše na region východní Evropy, konkrétně na státy s ložisky nerostného bohatství.

2.3.2.1 Polsko

Náš severovýchodní soused disponuje velkými ložisky černého a hnědého uhlí na jihu Polska v oblasti Horno- a Dolnoslezské pánve. V těchto oblastech těžba stále pokračuje a tvoří výrazný podíl hospodářského zisku Polska, a proto je zaměření na tento trh velmi výhodné. V případě menšího zájmu v oblasti těžby uhlí by se dalo zvážit využití v těžbě železné rudy, která se ve větší míře těží v oblasti Czeszochova.

2.3.2.2 Rumunsko

Dalším významným potenciálním trhem v této oblasti je Rumunsko, které disponuje obrovskou zásobou přírodního bohatství, které je však kvůli zastaralému průmyslu nevyužito. Nicméně tato situace se po vstupu Rumunska do EU díky dotacím zlepšuje, a proto by se zde mohla ve větší míře do budoucna rozjet těžba nerostných surovin, jako jsou např. černé uhlí a železná ruda.



Obrázek 9: Mapa výskytu nerostných surovin na území Polska a Rumunska [10] a [11]

3 Konstrukční návrh

3.1 Zadání parametrů

Před samotným návrhem konstrukčního řešení je nutné si určit požadavky na konstrukci a zadat si hlavní parametry lokomotivy.

Jak již bylo zmíněno dříve, v důlním prostředí se využívá úzkého rozchodu kolejí. Z toho důvodu budeme u našeho návrhu požadovat rozchod 600 mm. Ten je z úzkých rozchodů v plánovaných destinacích ten nejčastěji využívaný. S využitím tohoto rozchodu souvisí i požadovaný průměr hnacích kol, jejichž požadovaná hodnota je $\varnothing 450$ mm.

Dále je nutné zachovat co možná nejmenší jízdní profil lokomotivy s ohledem na skutečnost, že v podpovrchových dolech je nouze o místo. Z tohoto důvodu budou zvoleny maximální dovolené rozměry lokomotivy. Jde o výšku lokomotivy stanovenou maximálně na 1 800 mm, šířku lokomotivy stanovenou na 1 000 mm a délku lokomotivy přes spřáhla stanovenou na 4 100 mm.

Tabulka 7: Požadavky a omezení

Požadavky a omezení konstrukce	
Průměr kola	450 mm
Rozchod koleje	600 mm
Rozvor	900 mm
Šířka, délka, výška	1 000 mm x 4 100 mm x 1 800 mm
Minimální výkon motoru	30 hp

Při návrhu konstrukčního řešení se budeme inspirovat důlní lokomotivou DH30D.0, která má podobné parametry. Naším cílem bude především navrhnout lokomotivu tak, aby měla menší možné rozměry a zároveň ji osadit co možná nejlepším pohonným ústrojím.

3.2 Výběr pohonné jednotky

Při výběru pohonné jednotky je pro nás nutné vzít v úvahu specifika důlního prostředí. Nejdůležitějším kritériem, které je nutné brát na zřetel, je výbušnost v důlních prostorách. V těchto prostorách se totiž vyskytují ve větším množství výbušné plyny, např. methan (CH_4). Z tohoto důvodu je nutné zvolit takovou pohonnou jednotku, která svými konstrukčními úpravami zajistí bezpečnost v takovémto provozu. Konstrukčně se tento problém osvědčilo řešit vodním chlazením pohonné jednotky.

Důlní prostředí je specifické i vysokým výskytem prachu a různých jiných nečistot v ovzduší. Neméně specifická je i teplota, která se zde pohybuje v širokém teplotním rozmezí. I to je důvodem pro vhodnost využití pohonu chlazeného vodou.

Dalším důležitým parametrem při výběru vhodné pohonné jednotky je nutnost zajištění dostatečného výkonu za účelem přepravy těžkého nákladu z dolu, tj. při mírném převýšení (nejčastěji do 35 ‰). Minimální požadovaný výkon byl stanoven na hodnotu 30 hp.

Neméně důležité jsou rozměry pohonné jednotky. V tomto ohledu pro nás platí pravidlo čím menší, tím lepší. Právě z důvodu využití lokomotivy v podzemní těžbě je

důležité zmenšit profil lokomotivy na minimum. Proto je nutné vybrat takovou pohonnou jednotku, aby svými rozměry narušovala požadovaný tvar lokomotivy co nejméně.

Shrňme všechny důležité parametry. Hledáme pohonnou jednotku využívající diesellový pohon, která má při dostatečném výkonu minimální rozměry a která zároveň svými konstrukčními úpravami dovoluje využití ve specifickém důlním prostředí.

Podle těchto požadavků byly vybrány následující 4 motory:

3.2.1 KIPOR KD388

Tento motor je vhodný pro stavební či zemědělské stroje. Jedná se o čtyřtákní tříválcový vznětový motor, jehož chlazení je pomocí kapaliny – vody. Je ceněný především pro svou jednoduchou konstrukci, malé rozměry, spolehlivé a stabilní provedení. Jeho jednoduchá montáž a servis jsou pro svou konstrukční jednoduchost výhodou. [12]

V následující tabulce (tabulka 9) jsou zaznamenány jeho technické parametry udávané výrobcem.



Obrázek 10: Fotografie motoru KIPOR KD388 [12]

Tabulka 8: Technická data motoru KIPOR KD388

Technická data	
Počet válců [-]	3
Vrtání x zdvih [mm]	88 x 90
Zdvihový objem [cm ³]	1642
Jmenovitý výkon [kW/hp]	21,2/28,3
Jmenovité otáčky [ot/min]	2 600
Mazání motoru	Tlakové + rozstřík
Startování	Elektrický startér
Vnější rozměry [mm]	610 x 480 x 642
Suchá hmotnost [kg]	175

3.2.2 LDW 1404

Jde o čtyřtákní tříválcový vznětový motor, který je chlazen vodou. Díky svým malým rozměrům a nízké hmotnosti je využitelný v širokém spektru strojů.

V následující tabulce (tabulka 9) jsou zaznamenány jeho technické parametry udávané výrobcem.



Obrázek 11: Fotografie motoru LDW 1404 [13]

Tabulka 9: Technická data motoru LDW 1404

Technická data	
Počet válců [-]	4
Vrtání x zdvih [mm]	75 x 77,6
Zdvihový objem [cm ³]	1 372
Jmenovitý výkon [kW/hp]	26,0/34,8
Jmenovité otáčky [ot/min]	3 600
Mazání motoru	Tlakové + rozstřík
Startování	Elektrický startér
Vnější rozměry [mm]	608 x 480 x 650
Suchá hmotnost [kg]	98

3.2.3 ARCTIC CAT 700 Diesel TRV

Tento motor se hojně využívá jako pohonná jednotka pro čtyřkolky Arctic Cat řady 700. Tyto čtyřkolky se i právě díky tomuto motoru využívají v armádě USA. Mezi jeho největší přednosti patří nízká hmotnost.

V následující tabulce (tabulka 10) jsou zaznamenány jeho technické parametry udávané výrobcem.



Obrázek 12: Fotografie motoru ARCTIC CAT 700 Diesel [14]

Tabulka 10: Technická data motoru ARCTIC CAT 700 Diesel

Technická data	
Počet válců [-]	2
Vrtání x zdvih [mm]	75 x 77,6
Zdvihový objem [cm ³]	695
Jmenovitý výkon [kW/hp]	20,3/28,2
Jmenovité otáčky [ot/min]	3 600
Mazání motoru	Tlakové + rozstřík
Startování	Elektrický startér
Vnější rozměry [mm]	652 x 485 x 604
Suchá hmotnost [kg]	66

3.2.4 Kubota D1703

Tímto motorem je vybaven malotraktor Kubota ST 341. Jedná se o vysoce výkonný tříválcový, kapalinou chlazený diesellový motor E-TVCS (E-TVCS = spalovací systém s trojitým rozvířením). Tento velmi vyrovnaný motor s příznivými startovacími vlastnostmi zajišťuje nízkou úroveň hlučnosti a vibrací při velkém výkonu a vysokém krouticím momentu. Důsledkem jsou rovněž nízké emise ve výfukových plynech při vyšším jízdním komfortu. [15]

V následující tabulce (tabulka 11) jsou zaznamenány jeho technické parametry udávané výrobcem.



Obrázek 13: Fotografie motoru Kubota D1703 [15]

Tabulka 11: Technická data motoru Kubota D1703

Technická data	
Počet válců [-]	3
Vrtání x zdvih [mm]	87 x 92,4
Zdvihový objem [cm ³]	1 647
Jmenovitý výkon [kW/hp]	24,5/33,3

Jmenovité otáčky [<i>ot/min</i>]	2700
Mazání motoru	Tlakové + rozstřík
Startování	Elektrický startér
Vnější rozměry [<i>mm</i>]	676 x 483 x 560
Suchá hmotnost [<i>kg</i>]	148

3.2.5 Výběr – rozhodovací metoda

Pro konečný výběr byly použity rozhodovací metody - metoda pořadové funkce a metoda párového srovnávání.

Jelikož cílem této práce není vytvořit ekonomicky nejvýhodnější variantu, zanedbáváme tedy ekonomické hledisko konstrukce, a proto pro nás není cena pohonné jednotky rozhodující. Rozhodujícími parametry pro nás jsou 0,1 - suchá hmotnost, 0,3 - vnější rozměry, 0,4 - jmenovitý výkon, 0 - jmenovité otáčky a 0,2 - zdvihový objem motoru.

Čísla před parametry udávají váhu parametru, kdy 0,4 – nejdůležitější, 0 – nejméně důležitý. Jednotlivé parametry všech variant byly bodovány systémem 1 – 4 bodů, kdy 4 body představují nejlepší výsledek. Body byly následně vynásobeny váhami jednotlivých parametrů a dále byly sečteny hodnoty obou stupnic, ze kterých vzešla nejvhodnější varianta. V tabulce 12 jsou zaznamenány body a zvýrazněná nejvhodnější varianta.

Tabulka 12: Rozhodovací tabulka pro výběr nejvhodnější pohonné jednotky

	m_s [<i>kg</i>]		P_j [<i>kW</i>]		$h \times w \times l$ [<i>mm</i>]		n_j [<i>ot/min</i>]		V_z [<i>cm</i> ³]		Σ	Pořadí		
	MIN		MAX		MIN		MIN		MAX					
	0,1		0,4		0,3		0		0,2					
KIPOR	1	0,1	2	0,8	2	0,6	4	0	3	0,6	12	2,1	3.	3.
LDW	3	0,3	4	1,6	3	0,9	2	0	2	0,4	14	3,2	2.	2.
ARCTIC	4	0,4	1	0,4	1	0,3	2	0	1	0,2	8	1,3	4.	4.
KUBOTA	2	0,2	3	1,2	4	1,2	3	0	4	0,8	16	3,4	1.	1.

Rozhodovací metodou byl určen motor Kubota D1703 jako nejvhodnější varianta.

3.3 Výběr převodového ústrojí

Převodové ústrojí má u lokomotiv nezávislé trakce (lokomotivy využívající pro svůj pohon pouze spalovací motor) za úkol přenést mechanickou energii vyrobenou motorem na dvojkolí. Typů přenosu je hned několik. Prvním z nich je mechanický přenos, který byl v minulosti hojně využíván především pro svou konstrukční jednoduchost a vysokou mechanickou účinnost, protože se přenášená mechanická energie nepřeváděla na jinou formu energie.

Druhým typem je elektrický přenos výkonu, kde je přenos výkonu ze spalovacího motoru na dvojkolí realizován pomocí elektrické energie. Ta je vyráběna trakčním generátorem, který bývá pevně spojen s výstupní hřídelí motoru. Elektrická energie je vedena do trakčních motorů umístěných v podvozku, které přes ozubený převod roztáčí dvojkolí.

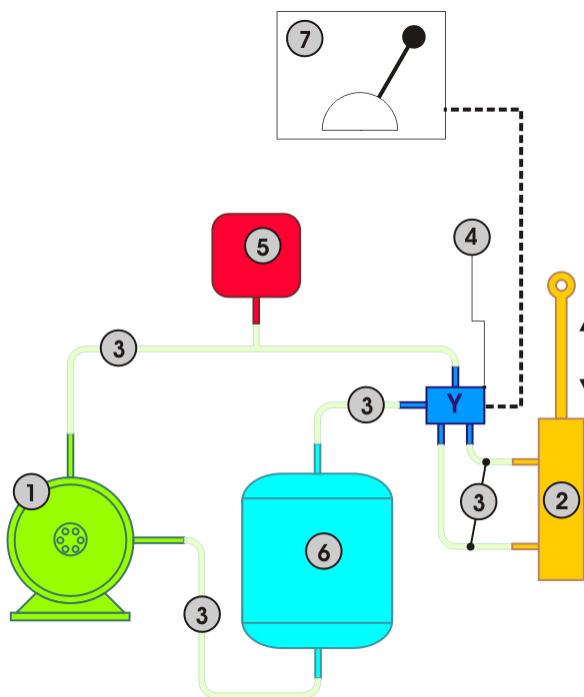
Třetím typem je hydraulický přenos výkonu. Ten funguje na principu přeměnění mechanické energie z motoru na potenciální či kinetickou energii kapaliny, která se následně znovu přemění na mechanickou energii přenesenou na dvojkolí. Jako provozní kapalina se používá hydraulický olej.

Rozlišujeme dva základní typy hydraulického přenosu. Prvním je hydrostatický, kdy je mechanická práce motoru přeměněna na potenciální tlakovou energii kapaliny. Druhým typem je hydrodynamický, který přeměňuje mechanickou práci na kinetickou energii kapaliny.

Pro náš konstrukční návrh bylo z konstrukčních a rozměrových důvodů stanoveno jako nejvhodnější převodové ústrojí hydraulické – hydrostatické.

3.3.1 Popis částí vybraného převodového hydraulického ústrojí

Hydrostatické převodové ústrojí se obecně skládá z následujících hlavních částí, které jsou za sebou zapojeny ve stejném pořadí, jako jsou psány. Pro lepší představu o celém ústrojí byl přidán obr. 14 ukazující schéma a hlavní části hydraulického pohonu.



Obrázek 14: Schéma hydraulického pohonu [16]

Krouticí moment je přenášén z motoru do hydrogenerátoru (1) pomocí pružné spojky. Hydrogenerátor s pomocí regulačního čerpadla a ventilů (4) dodá ze sběrné nádrže (6) potřebné přesné množství hydraulické kapaliny – oleje do hydromotoru. Toto množství je regulováno ovládním (7). Hydromotor (2) přenáší výkon do skříně nápravové převodovky, která přenáší krouticí moment na nápravu. Na druhou nápravu je přenos krouticího momentu zajištěn pomocí kardanového hřídele.

Celý tento okruh je uzavřený a propojený tlakovými hadicemi (3), ve kterých pod tlakem proudí pracovní médium – olej. Hadice jsou nejčastěji vyrobeny z pryže a vyztuženy ocelovým kordem a jsou ukončené nalisovanou koncovkou se závitem. Mají také definovaný maximální ohyb a nominální tlak, o který se stará regulátor (5), který v případě potřeby tlak v hydraulice zvyšuje či snižuje. [16]

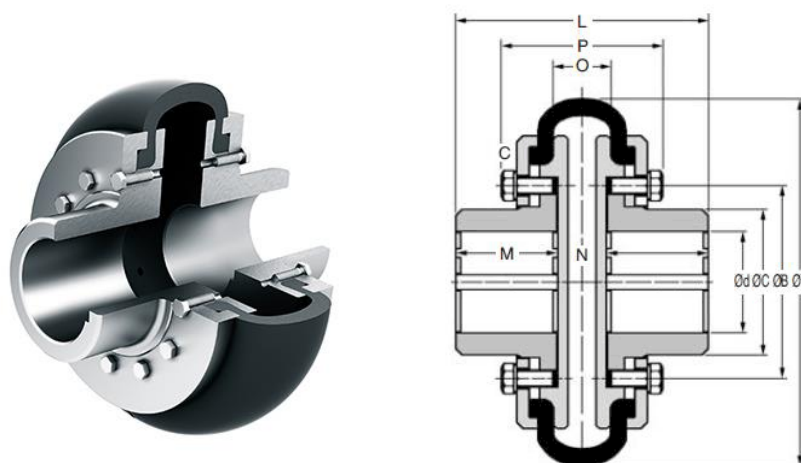
Níže uvedené komponenty, které představují hlavní součást převodového systému, byly vybrány již zhotovené od výrobců, protože tyto komponenty svými parametry umožňují použití pro náš návrh.

Další nevypsáné komponenty převodové soustavy byly navrženy podle potřeby pro náš konstrukční návrh. Šlo hlavně o nádrže na palivo a hydraulickou kapalinu, jejichž rozměry a celkový tvar s typem uložení byly navrženy s ohledem na jejich umístění ve skříní lokomotivy.

3.3.1.1 Pružná spojka PERIFLEX

Hřídelové spojky PERIFLEX jsou pružné pryžové obruče, které spojují dvě hřídele a pružně přenášejí točivý moment z jedné na druhou. Zajišťují klidný chod soustrojí a eliminují účinky nerovnoměrného a rázového chodu pohonu. Spojka se nasadí na příruby ukončující hřídele a pevně se uchytí přitlačnými deskami.

Tyto spojky se vyrábí z nitrilové pryže, jejíž tělo je vyztuženo viskózními vlákny. Pryžová směs není odolná olejům, ropným produktům a agresivním chemickým látkám. Provozní teplota zaručující správnou pružnost a životnost spojky se musí pohybovat v rozmezí 0 až +50 °C. [17]

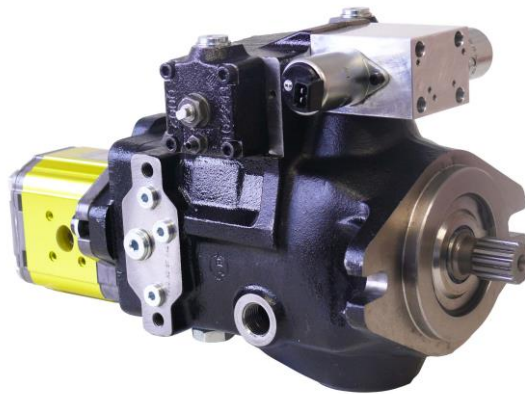


Obrázek 15: Řez spojkou PERIFLEX a její výkres s volbou parametrů [18]

3.3.1.2 Hydrogenerátor TPV 45-9

Hydrogenerátor neboli čerpadlo je součástí, která slouží k dopravě a k tlakování kapalin a hydrosměsí (kapalina a tuhá látka). Podle principu činnosti se čerpadla dělí na mnoho druhů. Pro nás jsou nejdůležitější objemová čerpadla, která stlačují a vytlačují konstantní objem kapaliny – v našem případě oleje. Tento typ čerpadel má několik možností provedení jako jsou např. zubová, lamelová nebo šneková. Pro náš návrh však byl zvolen pístový typ. Princip činnosti všech pístových hydrogenerátorů je zhruba stejný. Hydrogenerátor je poháněn motorem – v našem případě dieselový motor. Vzniklým podtlakem dojde k nasátí určitého objemu kapaliny do pracovního prostoru čerpadla (uzavřeného), pohybem pístu dojde k natlakování tohoto objemu kapaliny a následuje vytlačení natlakované kapaliny mimo čerpadlo. [19]

Pro náš návrh byl zvolen hydrogenerátor TPV 45-9 od spol. Hydroma.



Obrázek 16: Fotografie Hydrogenerátoru TPV 45-9 [20]

3.3.1.3 Hydromotor typ M0

Hydromotor je prvek v hydraulických obvodech, který plní inverzní funkci v porovnání s hydrogenerátorem, tedy je do něj pod tlakem přiváděno pracovní médium, které hydromotor dále přeneše na výstupní člen – v našem případě nápravová převodovka. Proto je i jejich konstrukční provedení velmi podobné. Hlavními parametry, podle kterých byl hydromotor vybírán, jsou, stejně jako pro hydrogenerátor, maximální provozní tlak a maximální objem.

Pro náš návrh byl zvolen hydromotor typ M0 od spol. Hydroma.



Obrázek 17: Fotografie Hydromotoru typu M0 [21]

3.4 Návrh lokomotivy

3.4.1 Návrh pojezdu

S ohledem na celkovou délku lokomotivy, která je požadována kolem $4\,100\text{ mm}$ s rozvorem 900 mm , byl pro náš návrh zvolen dvounápravový pojezd s oběma hnacími nápravami. Přenos výkonu mezi nápravami je zajištěn pomocí kardanového hřídele.

Dvojkolí se skládá z monoblokových kol o průměru 450 mm , která jsou nalisována na nápravy, z valivých soudečkových nápravových ložisek a ze skříně nápravových ložisek navržené tak, aby bylo zabráněno vniku nečistot do ložisek. Viz výrobní výkres ložiskového domku. Skříň domku ložisek je navržena s úpravou pro primární vypružení dvojkolí, které, s ohledem na celkové zatížení lokomotivy, bylo zvoleno s pryžokovovým vypružením.

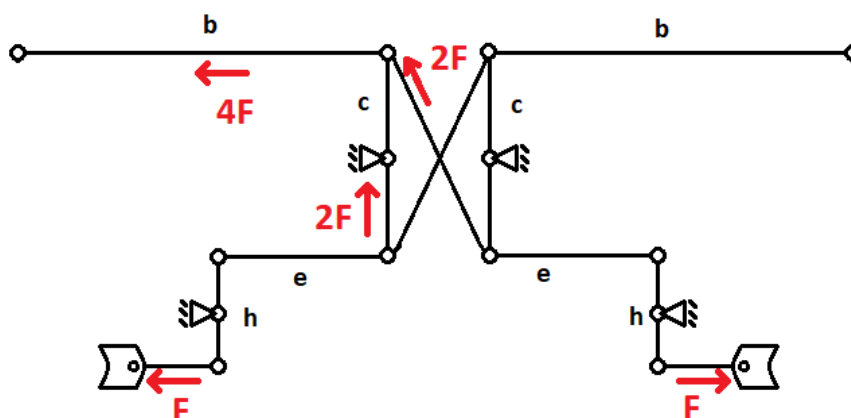
3.4.2 Návrh brzdové soustavy

Lokomotiva byla opatřena adhezní mechanickou brzdou ovládanou pomocí páky z obou kabin. Brzdy byly zvoleny špalíkové a jsou umístěny na obou nápravách zevnitř hnacích kol. Brzdový systém byl navržen tak, aby se z každé kabiny ovládal celý systém a aby ovládání v obou kabinách fungovalo nezávisle na sobě. Ovládání brzd se tedy nachází v obou kabinách a je zprostředkováno pomocí páky s tlačítkem a převodu trapézový šroub – matice společně s kuželovým ozubením.

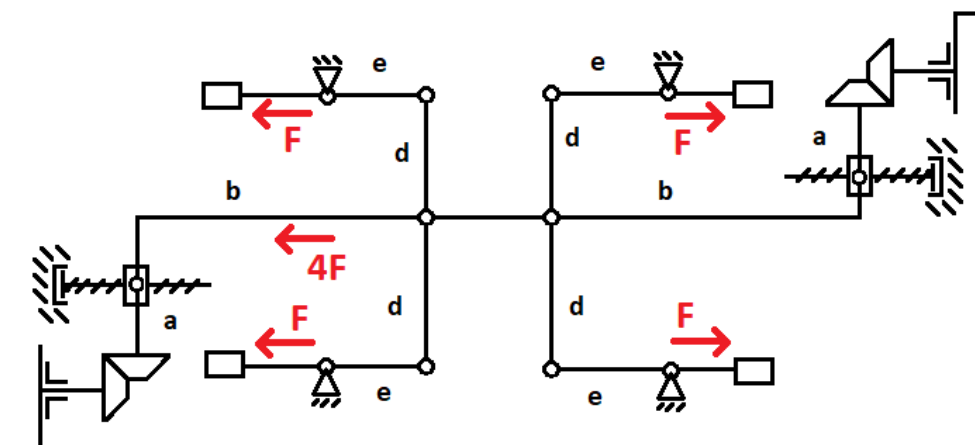
Celý brzdový mechanismus je navržen tak, aby se ovládání v jednotlivých kabinách neovlivňovalo. Toho bylo docíleno tak, že po stlačení tlačítka na ovládací páce se spojí převodová část jedné strany brzdného systému s pákovým – konkrétněji s táhlem a uvede do pohybu brzdové zdrže se špalíky. Zatímco převod z druhé strany brzdové soustavy zůstává rozpojen a nebrání tak pohybu tyčovi. Na brzdový špalík při brzdění působí boční síla (způsobená tvarem kol – válcová plocha), která má tendenci posouvat špalík do boku. Tomu je zabráněno tím, že jsou zdrže na jedné nápravě propojeny rozporou.

3.4.2.1 Schéma navrženého brzdového mechanismu

Ze stanovených požadavků na brzdovou soustavu byl navržen následující mechanismus. Do schématu byly zakresleny i přenášené síly.



Obrázek 18: Schéma brzdového mechanismu - pohled ze strany



Obrázek 19: Schéma brzdového mechanismu - pohled shora

3.4.2.2 Výpočet přitlačné síly, celkového převodu a průměru táhla

Pro výpočet je třeba si nejprve určit všechny potřebné parametry. Pro hodnotu f je nutné poznamenat, že se jedná o styk kov/kov a předpokládáme, že jsou brzdové špalíky vyrobeny z litiny.

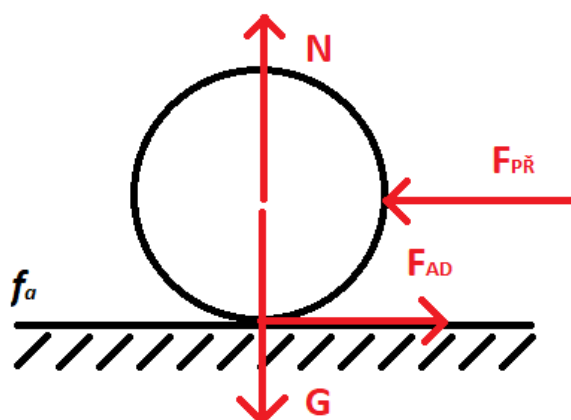
$$M_{celk} = 5720 \text{ kg}, g = 9,81 \text{ m/s}^2, f = 0,35, f_a = 0,1 - 0,4,$$

Dále je třeba si určit sílu, kterou je schopný strojvedoucí vyvodit. Z normy o ergonomii pracoviště ČSN EN 1005-3 vychází při umístění páky vedle sedátka přibližná vyvozená síla na $F_{\text{RID}} = 100 \text{ N}$.

Zavedeme předpoklad: $f_a = f = 0,35$

Také musí platit, že $F_{\text{PŘ}} \geq F_{\text{AD}}$

Silová rovnováha na kole:



Obrázek 20: Síly vznikající na kole

Z obrázku 20 je patrné, že $N = G$, kde $G = m \cdot g$ a $m = \frac{M_{celk}}{4}$

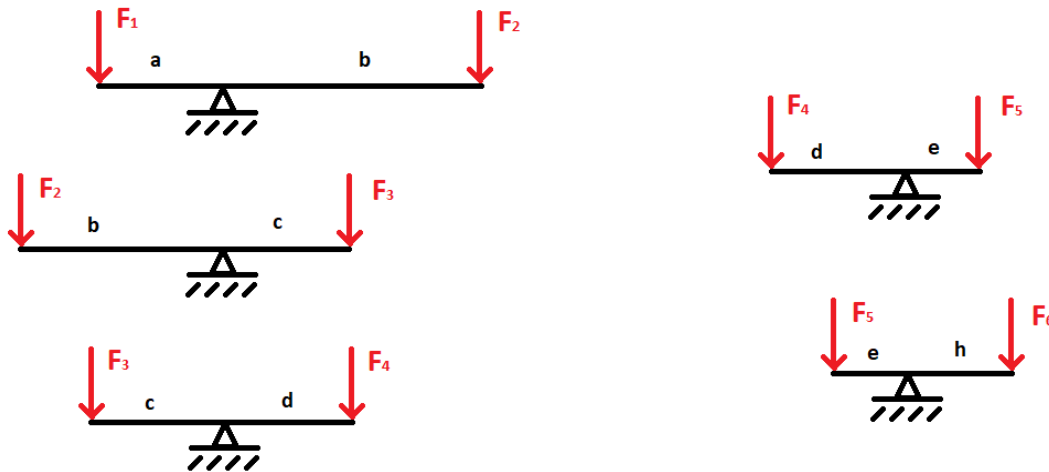
Ze statické podmínky valení musí platit: $|F_{\text{AD}}| \leq f_a \cdot |N|$

Po dosazení do této podmínky dostaneme maximální adhezní sílu na jednom kole:

$$F_{AD} = f_a \cdot \frac{M_{celk}}{4} \cdot g = 0,35 \cdot \frac{5720}{4} \cdot 9,81 = 4910 \text{ N}$$

Přítlačná síla $F_{PŘ}$ vyvolá samozřejmě tečnou složku $F_T = f \cdot F_{PŘ}$, ale jelikož platí předpoklad, že $f_a = f$, tak platí: $F_T = N$, ale její určení není nutné.

Ze schématu dále určíme pomocí výpočtu silových a momentových rovnováh na páce $F_{PŘ} = F_{AD}$, což je minimální potřebná přítlačná síla. K tomuto výpočtu budeme potřebovat rozměry ramen jednotlivých pák, které jsou: $a = 265 \text{ mm}$, $b = 820 \text{ mm}$, $c = 395 \text{ mm}$, $d = 315 \text{ mm}$, $e = 70 \text{ mm}$, $h = 75 \text{ mm}$.



Obrázek 21: Schémata jednotlivých členů brzdového mechanismu

Podle schématu na obrázku 21 platí následující vztahy:

$$F_1 = i \cdot F_{ŘID} \qquad F_2 = F_1 \cdot \frac{a}{b}$$

$$F_{PŘ} = F_6 = F_5 \cdot \frac{e}{h} \qquad F_5 = F_4 \cdot \frac{d}{e} \cdot \frac{e}{h}$$

$$F_4 = F_3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{d}{e} \cdot \frac{e}{h} \qquad F_3 = F_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{c} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{d}{e} \cdot \frac{e}{h}$$

Po dosazení dílčích sil ze vzorců a následném zkrácení dostaneme vztah pro výpočet přítlačné síly na jedno kolo:

$$F_{PŘ} = F_1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{c} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{d}{e} \cdot \frac{e}{h}$$

$$F_{PŘ} = \frac{1}{4} \cdot i_c \cdot F_{ŘID} \qquad \text{kde } i_c = i \cdot \frac{a}{h}$$

Nyní lze vyjádřit a spočítat minimální hodnotu převodu:

$$i = \frac{4 \cdot F_{PŘ}}{F_{ŘID}} \cdot \frac{h}{a} = \frac{4 \cdot 4910}{100} \cdot \frac{75}{265} = 55,6$$

Zvolíme hodnotu převodu $i = 56$, tudíž $i_c = 198$ a dopočteme špalíkem vyvozenou přítlačnou sílu na jednom kole:

$$F_{PR} = \frac{1}{4} \cdot i_c \cdot F_{RID} = \frac{1}{4} \cdot 198 \cdot 100 = 4950 \text{ N}$$

Přítlačná síla vyvozená na jedno kolo vyhovuje podmínce, kterou jsme si definovali na začátku výpočtu, že přítlačná síla je větší než adhezní síla.

Dále lze určit minimální průměr táhla, aby zvládl přenést sílu F_I , která jej namáhá na tah. Pro tento výpočet je nutno stanovit, že táhlo je vyrobeno z materiálu EN ISO 1.0036 (ČSN 11 330), jehož $\sigma_D = 120 \text{ MPa}$.

$F_I = 5600 \text{ N}$, což plyne ze vztahu výše.

Musí platit podmínka: $\sigma_D \geq \sigma_t$

$$\sigma_t = \frac{F_1}{S} = \frac{F_1}{\pi \cdot \frac{d_t^2}{4}}$$

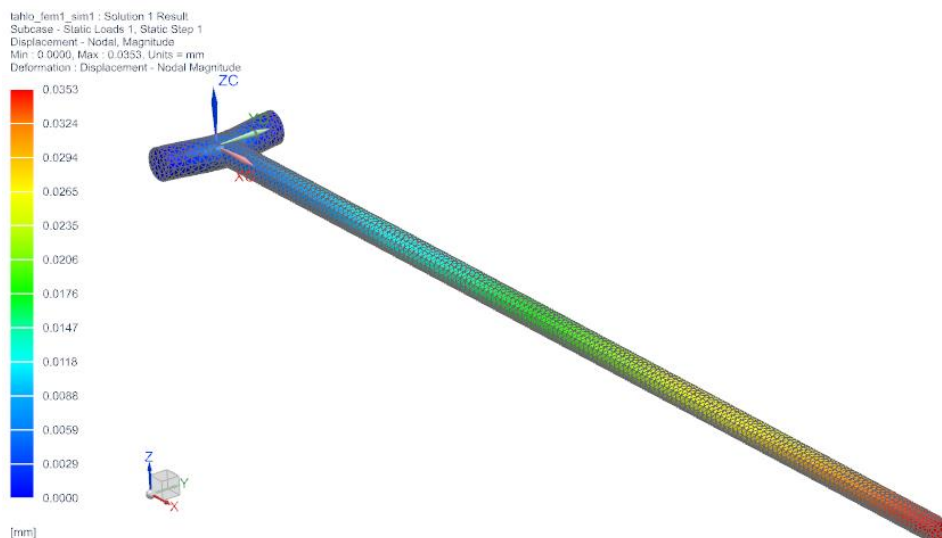
$$\text{Ze vztahu výše plyne: } d_{tmin} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot \sigma_D}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5600}{\pi \cdot 120}} = 7,7 \text{ mm}$$

Průměr táhla volíme $d_t = 35 \text{ mm}$. [22]

3.4.2.3 Kontrola části brzdového systému pomocí metody MKP

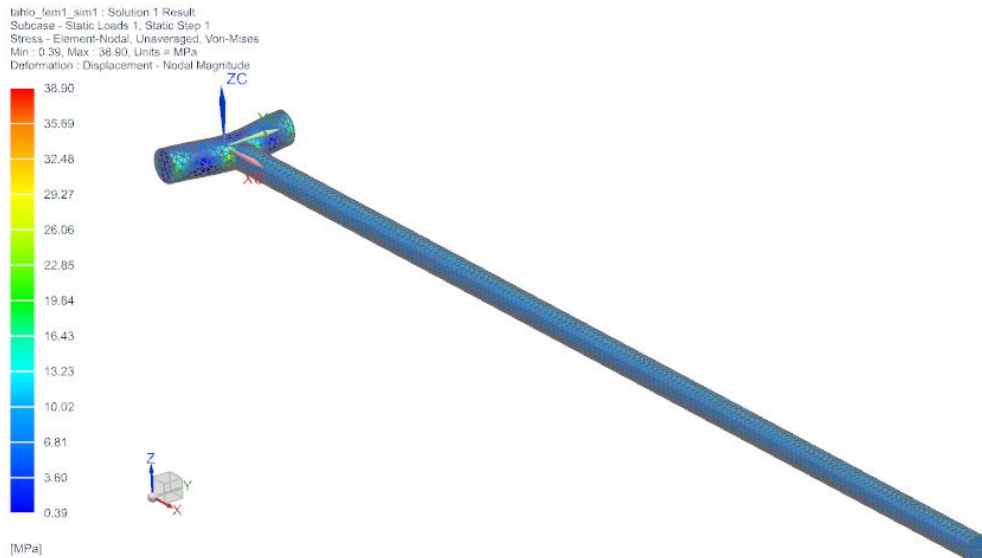
V programu Siemens NX 12 byla zkontrolována kritická součást navrhovaného brzdového mechanismu, jímž je táhlo, které je namáháno primárně na tah a které přenáší dvojnásobnou sílu, než je přítlačná síla na kolech. Proto musí být jeho průměr vhodně dimenzován.

Z výpočtu (viz výše) byl tento průměr stanoven na hodnotu $d_t = 35 \text{ mm}$. Pomocí metody MKP bylo ověřeno, zda navržený průměr vyhoví a přenesou požadované zatížení. Jelikož je součást tvarově jednoduchá, nebylo třeba vytvářet idealizovaný (zjednodušený) model. Součást byla zasíťována a byla mu přiřazena materiálová vlastnost – ocel. Po připojení počátečních podmínek byla provedena samotná simulace.



Obrázek 22: Deformace táhla

Po provedení výpočtu je jedním výstupem ze simulace posunutí táhla, které je vidět na obrázku 22. Deformace vyšla maximální $0,0353 \text{ mm}$, což je vyhovující.



Obrázek 23: Redukované napětí Von - Moses táhla

Dalším výstupem ze simulace je obrázek 23, kde je vidět napětí a deformace ve velikosti 10% modelu. Podle očekávání bylo největší v místě styku válcových ploch. Jeho maximální hodnota je $38,9 \text{ MPa}$, což je také vyhovující. Z MKP analýzy tedy plyne, že navržený průměr táhla je dostatečný a přenese tak požadované zatížení.

3.4.3 Návrh skříně

Celá lokomotiva je složena z 3 hlavních částí. Tato úprava je vytvořena pro zajištění snazší manipulace s lokomotivou. Ze stejného důvodu jsou všechny části vybaveny manipulačními oky, která se nachází na spodní části příčné stěny svařence tvořícího rám a po obou bocích kabin.

Kabiny slouží jako stanoviště pro obsluhu. Jsou rozebíratelné pomocí šroubových spojů a připevněny k hlavní části lokomotivy. Tato část rovněž slouží jako schránka pro pohonné a převodové ústrojí a všechny další komponenty nezbytné pro chod lokomotivy. Každé stanoviště slouží k dopřednému pohybu lokomotivy s nutností dobrého výhledu před prostor stroje, proto byla lokomotiva osazena 3 LED světly. Z důvodu ochrany řidiče je přední sklo chráněno mřížemi, které zamezují jeho poškození, ale zároveň nenarušují výhled z lokomotivy. Dále jsou obě stanoviště vybavena stejným ovládacím panelem, brzdící pákou s tlačítkem a sklápěcím sedátkem.

Hlavní část lokomotivy je svařenec plechů, který tvoří jakýsi „box“, a je navržena tak, že je v ní uloženo veškeré ústrojí, které lokomotiva potřebuje k pohybu či brzdění. Jde o motor s převodovým ústrojím, chladič motoru, palivovou nádrž, nádrž s chladicí kapalinou a nádrž pro hydraulický olej a 2 x 12 V baterie. Nachází se zde tyčový a pákový brzdového mechanismu. Vše je rozebíratelně uloženo k rámu nebo lůžku. Lůžko je umístěno do takové výšky, aby byla umožněna kontrola všech součástí, které jsou na něm uchyceny. Lůžko bylo vyztuženo žebry k zajištění stability. Kontrolu vnitřních součástí je možné provádět z obou stran a to tak, že je skříň z obou stran otevíratelná, tzn. boční plech je uložen v rozebíratelných pantech a je možnost jej odklopit. Kontrolovat se také dá opotřebení čepů náprav a brzdových špalíků díky otvorům v okolí kol.

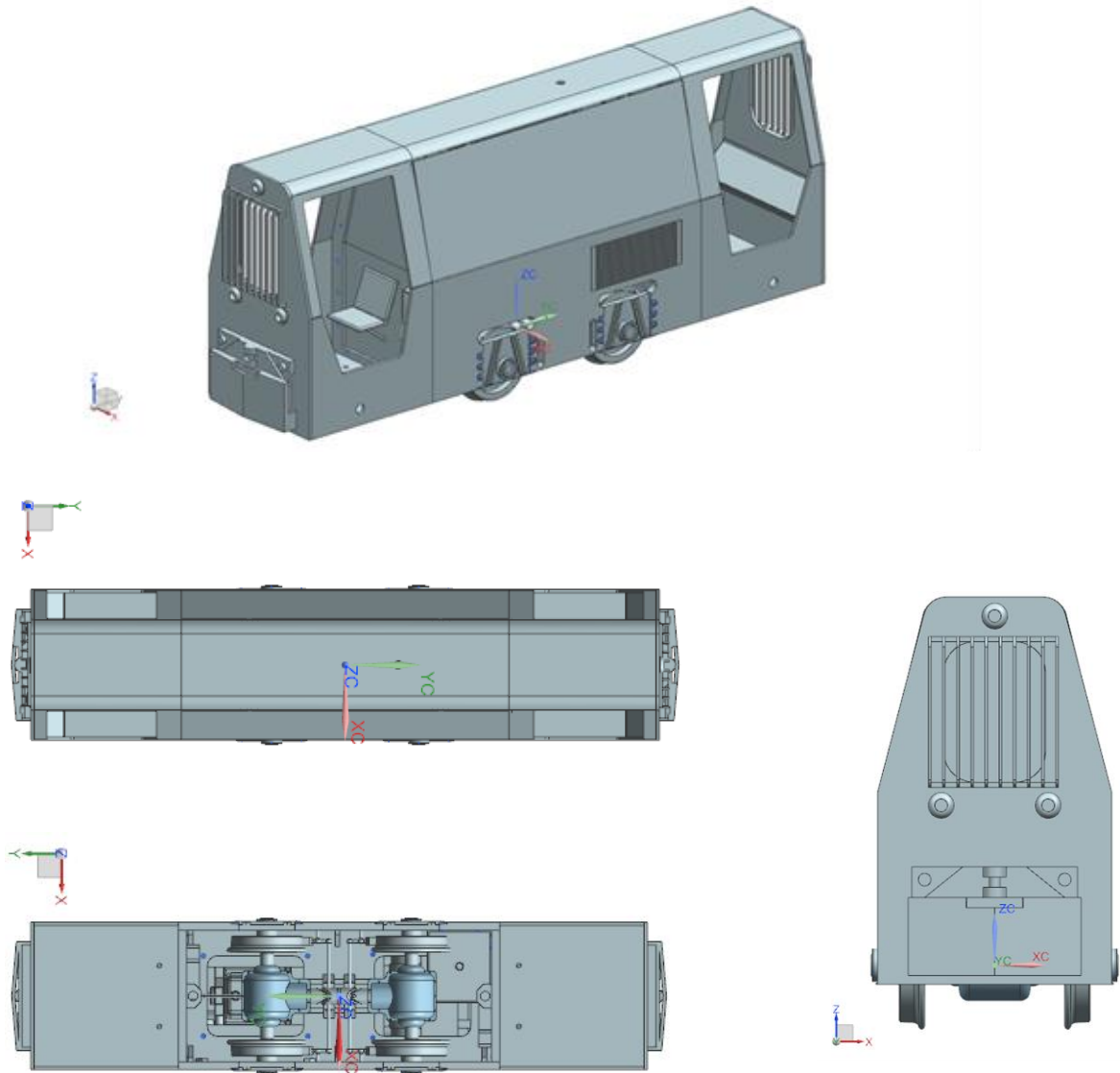
Dále byl vytvořen výřez pro chladič motoru na jednom boku a na druhém boku byl vytvořen uzavíratelný otvor pro obsluhu a kontrolu množství hydraulického oleje v nádrži na

hydraulické médium. Pod touto nádrží je umístěna vanička se špuntem, takže je možno případný uniklý olej znovu použít. V horní části skříně je vyveden výfuk.

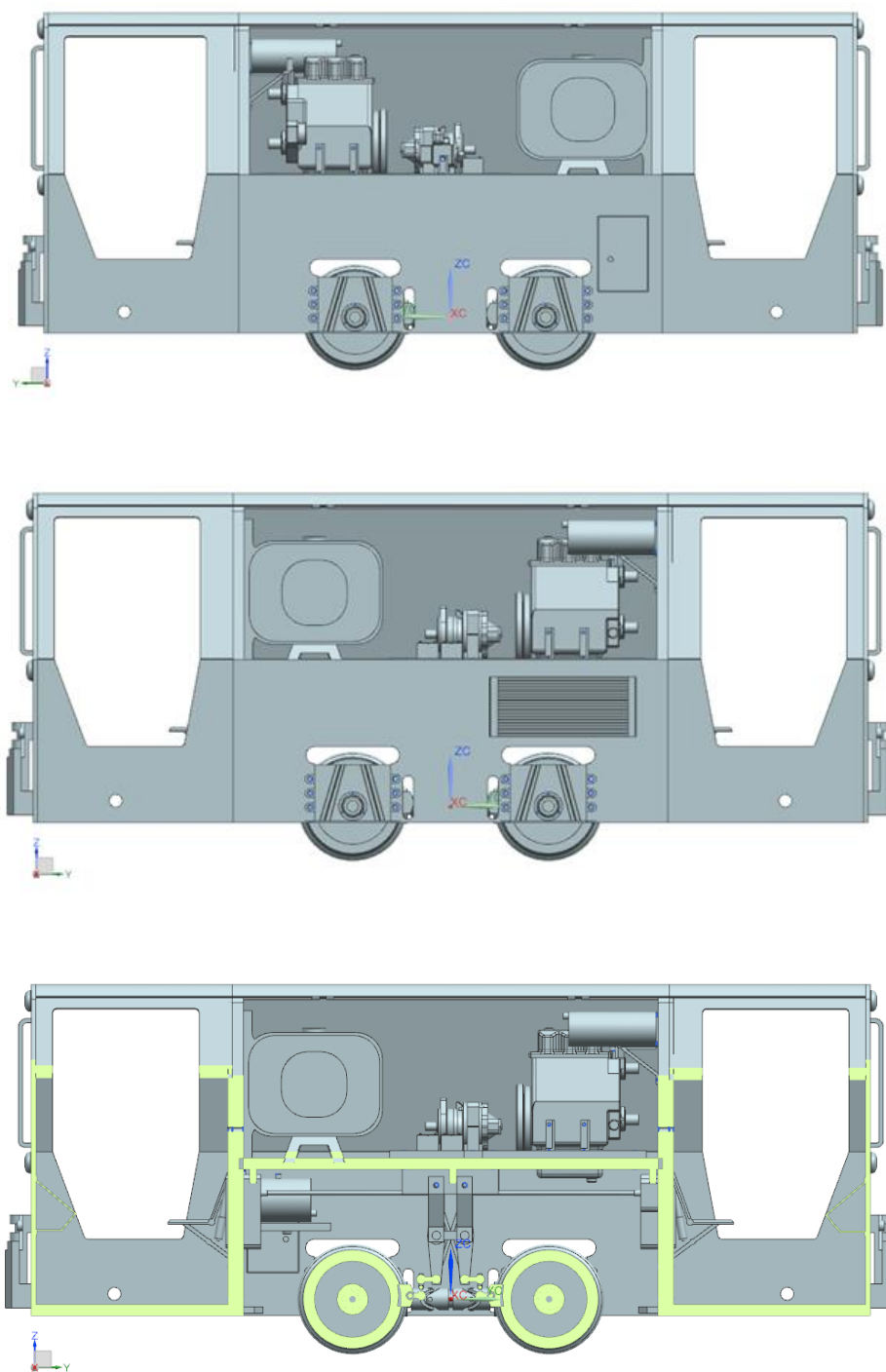
Skříň je navržena jednoduše, je tvořena plechy o tloušťce 10 - 50 mm (horní plechování je tenčí než spodní), které vytváří obdélníkový tvar, který postupně přechází až na lichoběžníkový tvar lokomotivy. Celkové rozměry skříně jsou koncipovány tak, aby tvořily nezbytné minimum pro osazení lokomotivy a aby splňovaly předepsané rozměrové požadavky.

3.5 3D model

Na základě všech zadaných parametrů a vybraných součástí byl vytvořen v programu Siemens NX 12 3D model lokomotivy. Tento model slouží k vizualizaci výše popisované navrhované celkové koncepce lokomotivy, včetně uložení všech komponent, které jsou vidět na následující straně v řezech lokomotivou.



Obrázek 24: Pohledy na 3D model lokomotivy



Obrázek 25: Řezy 3D modelem s ukázkou uložení komponent

4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit konstrukční návrh důlní lokomotivy, která by využívala diesellový pohon a která by zároveň byla určena pro úzkorozchodnou trať. Lokomotiva byla navržena pro podzemní i nadzemní použití v České republice a ve východní Evropě.

Celá kapitola 2 byla věnována rešerši několika typů historických i současných důlních lokomotiv, která byla nezbytná pro získání potřebných dat a parametrů, které se v tomto oboru využívají, neboť jsou značně odlišné od běžných kolejových vozidel. Z těchto nabytých znalostí byly stanoveny hodnoty klíčových parametrů, které jsou od navrhované lokomotivy očekávány a které nutně musely být splněny. Od toho se odvíjel koncept celkového tvaru a rozměrů lokomotivy.

Jednou z nejdůležitějších částí předkládané práce byl výběr vhodného pohonného ústrojí. Výběr byl proveden na základě kritérií, která musela pohonná jednotka splňovat. Šlo především o maximální možný výkon s co možná nejmenšími vnějšími rozměry motoru. Nutností bylo také vodní chlazení kvůli možnému využití ve výbušných prostorách. Podle těchto parametrů byly vybrány 4 motory, z nichž byl rozhodovací metodou zvolen motor Kubota D1703.

Neméně důležitou částí práce bylo navržení celkového převodového ústrojí, které s ohledem na vnější rozměry lokomotivy a celkovou hmotnost bylo vybráno hydrostatické. Nejdůležitější komponenty tvořící tuto soustavu byly vybrány ze současné nabídky firem tak, aby svými parametry zaručovaly bezvadný chod lokomotivy. Zbylé komponenty byly navrženy podle potřeby s ohledem na jejich konečné uložení v lokomotivě.

Další navrženou soustavou byla soustava brzdová, jejíž mechanismus byl navržen tak, aby se brzdy daly ovládat z každé kabiny nezávisle na sobě. Součástí návrhu brzd byl i výpočet vyvozené přítláčné síly špalíku brzdy na kolo jedné nápravy s ohledem na zadanou maximální vyvozenou sílu strojvedoucího. Celý mechanismus musel být vhodně dimenzován, aby přenesl požadovanou sílu a zatížení, a proto bylo zkontrolováno kritické místo mechanismu – táhlo. Táhlo bylo dimenzováno podle výpočtu na tahové zatížení a jeho správnost následně ověřena pomocí metody MKP v programu Siemens NX 12 stejně jako veškerá výkresová dokumentace.

V předposlední kapitole předkládané práce je několik pohledů na 3D model navrhované koncepce lokomotivy, včetně řezů, kde je vidět i vnitřní uspořádání lokomotivy. V přílohách je možno vidět několik výkresů celé lokomotivy nebo jejích částí a podrobnější specifikace nakupovaných komponentů.

Zdroje

Použitá literatura

[21] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla I.* vyd Plzeň: ZČU – KKS, 2007

[22] HELLER, P. *Kolejová vozidla II.* vyd Plzeň: ZČU – KKS, 2019

[23] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla III.* vyd Plzeň: ZČU – KKS, 2011

Online

[1] *Důlní lokomotivy* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: http://podzemi.solvayovylomy.cz/prirucka/technika/d_loko.htm.

[2] *BND30 II, Muzeum průmyslových železnic* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: <http://www.mpz.cz/lokomotivy-motorove/bnd30>.

[3] *DH30 D.0, Muzeum průmyslových železnic* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: <http://www.mpz.cz/lokomotivy-motorove/dh30-d.0-1>.

[4] *Infoabsolvent - těžební průmysl v EU* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: <https://www.infoabsolvent.cz/Temata/ClanekAbsolventi/8-8-62>.

[5] *PLP50F-R6,5t, Ferrit.cz* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: <http://ferrit.cz/produkty/pozemni-kolejova-doprava/lokomotivy-dieselove/plp50f-r6-5t>.

[6] *DLP50F, Ferrit.cz* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: <http://ferrit.cz/produkty/pozemni-kolejova-doprava/lokomotivy-dieselove/dlp50f>.

[7] *Alibaba.com, 1999* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/3T-explosive-proof-underground-mine-diesel_60737105498.html?spm=a2700.7724838.2017115.108.3611705b7esNgu.

[8] *Alibaba.com, 1999* [Online]. [cit. 21.10.2019]. Dostupné z: https://www.alibaba.com/product-detail/Coal-Mining-Explosion-proof-Diesel-Locomotive_60814833003.html?spm=a2700.7724838.2017115.339.64c6320bAmcfp2.

[9] *Těžba v Česku, 2001* [Online]. [cit. 22.10.2019]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C4%9B%C5%BEba_v_%C4%8Cesku.

[10] *zemepis.eu, 2010.* [Online]. [cit. 22.10.2019]. Dostupné z: <http://www.zemepis.eu/polsko.p90.html>.

[11] *Těžba v Rumunsku, 2001* [Online]. [cit. 23.10.2019]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ekonomika_Rumunska.

[12] *KIPOR KD388Z, kipor.cz* [Online]. [cit. 8.2.2020]. Dostupné z: <https://www.kipor.cz/kipor-kd388z>.

[13] *Dieselové motory Lombardini chlazené vodou, LASKI SPOL. s.r.o.* [Online]. [cit.

8.2.2020]. Dostupné z: <https://motory.laski.cz/lombardini-motory-chlazene-vodou.php>.

[14] *Čtyřkolka Arctic Cat DIESEL 700 TRV, LevneMoto.com* [Online]. [cit. 8.2.2020]. Dostupné z: <https://www.levnemoto.com/produkt/diesel-700>.

[15] *Univerzální traktory - Řada ST, K.B.T. PROFTECH s.r.o.* [Online]. [cit. 8.2.2020]. Dostupné z: <https://www.kubota.cz/univerzalni-tractor-Kubota-ST341CAB>.

[16] *Hydraulický pohon, wikipedia* [Online]. [cit. 13.4.2020]. Dostupné z: https://sk.wikipedia.org/wiki/Hydraulick%C3%BD_pohon.

[17] *Hřidelové spojky - Periflex, pikron.cz* [Online]. [cit. 13.4.2020]. Dostupné z: <https://www.pikron.cz/produkty/spojky-hrideli/periflex>.

[18] *HPC - pružné spojky PERIFLEX, Engrenages HPC SARL* [Online]. [cit. 25.3.2020]. Dostupné z: <https://shop.hpceurope.com/fr/produit.asp?prid=1150>.

[19] *Hydrogenerátor pístový TPV 45-9, Hydroma* [Online]. [cit. 25.3.2020]. Dostupné z: <https://www.hydroma.cz/press/55/hydrogenerator-pistovy-tpv-45-9.html>.

[20] *Hydromotor typ M0, Hydroma* [Online]. [cit. 13.4.2020]. Dostupné z: <https://www.hydroma.cz/hydromotor-axialni-pistovy-20405.html>.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ilustrační fotografie lokomotivy BND 30 z mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně v r. 1955 [2]	15
Obrázek 2: Zrenovovaná důlní lokomotiva DH 30 D.0 na testovací jízdě [3].....	17
Obrázek 3: Vývoj zaměstnanosti v těžebním průmyslu v EU [4].....	18
Obrázek 4: Fotografie dieselové motorové lokomotivy PLP50F-R6,5t [5].....	19
Obrázek 5: Fotografie dieselové motorové lokomotivy DLP50F [6]	20
Obrázek 6: 3T Explose-proof Underground Mine Diesel locomotive v provozu [7]	22
Obrázek 7: Coal Mining Explosion proof Diesel locomotive [8]	23
Obrázek 8: Mapa výskytu nerostných surovin na území České republiky [9].....	24
Obrázek 9: Mapa výskytu nerostných surovin na území Polska a Rumunska [10] a [11].....	25
Obrázek 10: Fotografie motoru KIPOR KD388 [12].....	27
Obrázek 11: Fotografie motoru LDW 1404 [13]	28
Obrázek 12: Fotografie motoru ARCTIC CAT 700 Diesel [14]	28
Obrázek 13: Fotografie motoru Kubota D1703 [15].....	29
Obrázek 14: Schéma hydraulického pohonu [16]	31
Obrázek 15: Řez spojkou PERIFLEX a její výkres s volbou parametrů [18].....	32
Obrázek 16: Fotografie Hydrogenerátoru TPV 45-9 [20].....	33
Obrázek 17: Fotografie Hydromotoru typu M0 [21].....	33
Obrázek 18: Schéma brzdového mechanismu - pohled ze strany	34
Obrázek 19: Schéma brzdového mechanismu - pohled seshora	35
Obrázek 20: Síly vznikající na kole	35
Obrázek 21: Schémata jednotlivých členů brzdového mechanismu	36
Obrázek 22: Deformace táhla.....	37
Obrázek 23: Redukované napětí Von - Moses táhla	38
Obrázek 24: Pohledy na 3D model lokomotivy	39
Obrázek 25: Řezy 3D modelem s ukázkou uložení komponent	40

Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry motorových důlních lokomotiv řady BND a DH [1].....	14
Tabulka 2: Technické údaje lokomotivy BND 30	14
Tabulka 3: Technické údaje lokomotivy DH 30 D.0	16
Tabulka 4: Technické údaje vyráběných lokomotiv spol. Ferrit s. r. o.....	18
Tabulka 5: Technické údaje lokomotivy 3T Explosive-proof Underground Mine Diesel Locomotive.....	21
Tabulka 6: Technické údaje lokomotivy Coal Mining Explosion proof Diesel Locomotive ..	23
Tabulka 7: Požadavky a omezení.....	26
Tabulka 8: Technická data motoru KIPOR KD388	27
Tabulka 9: Technická data motoru LDW 1404.....	28
Tabulka 10: Technická data motoru ARCTIC CAT 700 Diesel	29
Tabulka 11: Technická data motoru Kubota D1703	29
Tabulka 12: Rozhodovací tabulka pro výběr nejvhodnější pohonné jednotky	30

Seznam příloh

Zde jsou vypsány přílohy, které jsou volně vložené k předkládané práci společně s výkresy.

Příloha č. 1 – Typový výkres DH 30 D.0 s popisem a technickými parametry

Příloha č. 2 – Typový výkres DH 30 D.0 se zátěžovým diagramem

Seznam výkresů

Typový výkres lokomotivy BP_KKS_1000

Řez lokomotivou – ukázka usazení jednotlivých částí (komponent) BP_KKS_1000

Výrobní výkres ložiskové skříně BP_KKS_1001

Výkres svařence rámu lokomotivy BP_KKS_1002