

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Řešení dopravy uhelného prachu ve vápence

Solution of Transport Coal Dust in Limestone

Student:

Vedoucí bakalářské práce:

Rostislav Kutal

doc. Ing. Josef Novák, CSc.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Rostislav Kutal**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Řešení dopravy uhelného prachu ve vápence**
Solution of Transport Coal Dust in Limestone

Zásady pro vypracování:

- 1) Analýza současného stavu
- 2) Zhodnocení současného stavu
- 3) Návrh varianty řešení dopravy
- 4) Projekt řešení dopravy uhelného prachu ve vápence
- 5) Celkové zhodnocení projektu

Seznam doporučené odborné literatury:

- NOVÁK, J. *Organizace a řízení*. VŠB-TU Ostrava, 2006. 105 s. ISBN 80-248-1223-1.
NOVÁK, J. *Racionalizace výroby*. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2007.
URL:<http://www.fs.vsb.cz/europrojekty/414/racionalizace-vyroby.pdf>
NOVÁK, J. *Organizace a řízení*. Ostrava: FS, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2007.
URL:<http://www.fs.vsb.cz/europrojekty/414/organizace-a-rizeni.pdf>
NOVÁK, J. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava, 2004. 266 s.
KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETA, B., MATUSZEK, J. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*, Žilina, 2000. 398 s. ISBN 80-7100-553-3.
SMETANA, J. *Projektování technologických pracovišť*. Ostrava, 1990. 191 s. ISBN 80-7078-033-9.

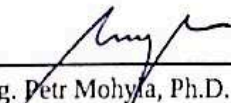
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

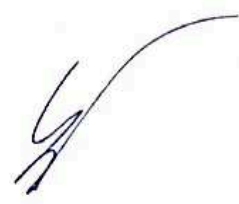
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....18.5. 2014.....

.....*Rostislav Kubal*.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 18.5.2014

..... Rostislav Kutal

Rostislav Kutal

Jméno a příjmení autora práce: Rostislav Kutal

Adresa trvalého pobytu autora práce: Zvole 202, 789 01 Zábřeh

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kutal, R. *Řešení dopravy uhelného prachu ve vápence: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 49 s. Vedoucí práce: Novák, J.

Bakalářská práce se zabývá problematikou dopravy paliva vápenické pece, konkrétně uhelného prachu do podniku Vápenka Vitošov s.r.o., jeho vyskladněním a uložením v místě spotřeby.

První část bakalářské práce se zabývá obecnými pojmy, jako jsou racionalizace, logistika a doprava. V další části práce je analyzován a zhodnocen současný systém dopravy a skladování mletého uhlí v podniku Vápenka Vitošov s.r.o. Následuje návrh řešení jiného druhu dopravy mletého uhlí do podniku Vápenka Vitošov s.r.o. včetně kalkulace nákladů daného projektu. V závěru práce jsou zhodnoceny oba druhy doprav včetně návratnosti vložené investice (prostředků).

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Kutal, R. *Solution of Transport Coal Dust in Limestone: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 49 p. Thesis head: Novák, J.

This bachelor thesis deals with the issue of the coal dust transportation to the lime kiln in Vápenka Vitošov s.r.o.

There are mentioned general terms such as rationalization, logistic and transportation in the first part of this thesis. The present method of the coal dust transportation and storing in Vápenka Vitošov s.r.o. is analyzed and evaluated in the next section. A description of an alternative method of the coal dust transportation in Vápenka Vitošov follows, including the transportation cost and calculation of the costs of this suggested project. Both methods of coal dust transportation are compared and assessed in the conclusion of this thesis, including the return on investment.

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	8
0. Úvod.....	9
1. Racionalizace	10
1.1. Systémy racionalizace v podniku	10
2. Logistika	11
2.1. Definice logistiky	11
2.2. Cíle logistiky	11
2.3. Členění logistiky.....	11
2.4. Logistický řetězec.....	12
2.5. Materiálový tok	12
3. Doprava.....	13
3.1. Druhy dopravy.....	13
3.2. Volba druhu dopravy.....	13
3.3. Srovnání silniční a železniční dopravy.....	14
4. Analýza současného stavu	15
4.1. Základní údaje	15
4.2. Zpracování vápence.....	16
4.3. Základní charakteristika dopravy, vykládky a skladování uhelného prachu....	18
4.4. Popis jednotlivých zařízení pro dopravu a skladování uhelného prachu	20
4.5. Údržba sila.....	22
4.6. Analýza CO	22
4.6.1. Inertizace sila.....	22
4.7. Plnění zásobního sila	23
4.8. Charakteristika pneumatického potrubí transportu do sila.....	24
4.9. Charakteristika autocisterny pro dopravu uhelného prachu	25

5. Zhodnocení současného stavu	26
6. Návrh řešení dopravy	27
7. Projekt řešení dopravy uhelného prachu ve vápence	30
7.1. Technické údaje	31
7.2. Popis míst a uvažované dopravní trasy	31
7.3. Charakteristika zařízení a jejich popis	33
7.3.1. Charakteristika železničního vagonu pro dopravu uhelného prachu	33
7.3.2. Napojení vagonů	33
7.3.3. Připojovací místa a trasa dopravního potrubí	33
7.3.4. Zdroje a rozvody dopravního vzduchu	34
7.3.5. Inertizační trasa	35
7.3.6. Zdroje a rozvody ovládacího vzduchu	35
7.4. Varianty kompresorů	35
7.5. Výběr nejvhodnějšího kompresoru	36
7.6. Vymezení prostorů a klasifikace zón dle ČSN EN 1127-1	40
7.7. Vykládání železničního vagonu	41
7.8. Obsluha a údržba zařízení	42
7.9. Zdroje ohrožení zdraví, bezpečnosti pracovníků a způsob omezení rizik	42
7.10. Náklady na realizaci vykládky uhelného prachu z kolejiště	43
8. Celkové zhodnocení projektu a závěr	44
9. Seznam použité literatury	46

Seznam použitých zkratk

a.s. – Akciová společnost

ADR – Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí
(Agreement on Dangerous Goods by Road – Europe)

CO – Oxid uhelnatý (Carbonii monoxidum)

ČSN – Česká technická norma

DN – Jmenovitá světlost potrubí

EN – Evropská norma

$LA_{eq,8h}$ – Ekvivalentní hladin akustického tlaku pro osmihodinovou směnu

PN – Jmenovitý tlak

ppm – počet dílů nebo částic na jeden milion (Parts per million)

RID – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí
(Regulations Concerning the International Transport of Dangerous Goods by Rail)

s.r.o. – Společnost s ručením omezeným

TPM – Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance)

Uacns – U-speciální vůz, a-čtyřnápravový, c-vykládání přetlakem,
n-ložná hmotnost > 60 t, s-maximální rychlost 100 km/h

VPC – Vápenec

0. Úvod

Současná doba je dobou volnosti a širokých možností týkající se mnoha oblastí, zejména také oblasti dopravy manipulace a skladování produktů souvisejících s výrobou. Rozhodování se odvíjí od počtu možností, které jsou k dispozici. Čím více možností existuje, tím je náročnější rozhodnout, která z daných alternativ je pro podnik nevhodnější.

Každé společnosti jde o maximální zisk a o co nejnižší provozní náklady vynaložené na výrobu výsledného produktu při zachování konstantní kvality, proto se snaží optimalizovat a racionalizovat své výrobní postupy. Při optimalizaci a racionalizaci výrobních postupů, které umožní společnosti snížit náklady na výrobu je zpravidla předpokládána nějaká počáteční investice. Důležitá je návratnost počáteční investice, která by měla být v co nejkratším časovém období, aby byla vidět ekonomická vhodnost tohoto opatření.

Tato bakalářská práce se bude zabývat alternativami dopravy jednoho ze tří možných paliv vápenických pecí značky Maerz podniku Vápenky Vitošov s.r.o. . A to dopravou uhelného prachu, jenž je v současné době ekonomicky nejvýhodnějším palivem. Znalost a důkladná studie aktuální situace přepravy vykládky a skladování uhelného prachu v podniku Vápenka Vitošov s.r.o. je bezpodmínečně nutná pro tvorbu alternativních návrhů racionalizace dopravy.

1. Racionalizace

Podstatou racionalizace je soustavné, promyšlené a cílevědomé zdokonalování činností, postupů, procesů nebo systémů, jejímž cílem je dosáhnout co nejefektivnějších výsledků práce a kultury práce, pomocí různých metod, technik či nástrojů. Snahou racionalizace je dosáhnout maximálního zvýšení produktivity při minimálních investicích. [1]

Racionalizovat v podstatě můžeme jakoukoliv oblast. Jedním z tradičních oborů je racionalizace práce. Racionalizace práce zaujímá nejširší a nejobecnější pole racionalizačního úsilí. Významnou oblastí také zůstává racionalizace produktivního fungování základních výrobních fondů. Tato oblast racionalizace řeší přípravu práce, přísun a odsun zařízení, obsluhu, opravy a údržbu strojů, staveb a budov. Velké možnosti racionalizace také nalezneme v administrativní oblasti ve vlastní sféře řízení. K dalším oblastem racionalizace můžeme zařadit materiálové hospodaření a pohyb materiálů. Pohyb a manipulace s materiálem tvoří významnou položku v nákladech. Racionalizace dopravy vede k vylučování zbytečné přepravy, volí nejkratší cestu přepravy, zvyšuje plynulost přepravy materiálu a zavádí ekonomické skladování. [2]

1.1. Systémy racionalizace v podniku

Racionalizace v podniku:

- minimální investice, zvýšení hospodárnosti
- vyšší úroveň techniky
- zvyšování produktivity práce
- optimalizace z hlediska provádění pracovních operací
- racionalizace pohybů, dopravy a materiálových toků
- racionalizace skladování a materiálového hospodaření
- racionalizace pomocí totálně produktivní údržby. [2]

2. Logistika

2.1. Definice logistiky

Logistiku, která je zaměřena na manipulaci s materiálem lze charakterizovat jako vědeckou disciplínu zabývající se materiálovými toky. Logistika spočívá v plánování, formování, provádění, řízení a kontrolování hmotných a s nimi spojených informačních toků od dodavatele do podniku tak, aby byla optimálně zajištěna výroba a dodávka materiálu v požadovaném čase, kvalitě a složení s minimálními náklady. [3]

„Logistika je postup, jak řídit proces plánování, rozmisťování a kontroly materiálových a lidských zdrojů vzácných ve fyzické distribuci výrobků odběratelům, podpoře výrobní činnosti a nákupních operací“ [4]

2.2. Cíle logistiky

Cílem logistiky je dosáhnout bezporuchového a plynulého chodu výroby, dopravy materiálu a tím trvale uspokojovat potřeby zákazníka

Výkonovým cílem je zabezpečení požadované úrovně služeb tak, aby byl požadovaný materiál ve správném množství a kvalitě na požadovaném místě a v příslušném čase.

Ekonomickým cílem logistických služeb je zabezpečení, aby na tyto služby byly využity minimální náklady vzhledem k tomu, s jakou úrovní kvality jsou poskytovány. [11]

2.3. Členění logistiky

Logistiku můžeme rozdělit na nákupní logistiku, výrobní logistiku a marketingovou logistiku.

Nákupní a výrobní logistika zahrnuje opatřování surovin a materiálů, manipulaci s nimi, skladování a zpracování do podoby hotového výrobku. [10]

Marketingová logistika zahrnuje hotové výrobky, skladování, balení, manipulaci s nimi v rámci přemísťování ke konečnému spotřebiteli. [8]

2.4. Logistický řetězec

Pod pojmem logistický řetězec si můžeme, představit dynamické propojení trhu spotřeby s trhy surovin, materiálů, dílů, případně energie v jeho hmotném (přemísťování věcí nebo osob) i nehmotném (přemísťování informací, zpráv potřebných k realizaci přepravy) aspektu, které vychází z objednávky konečného spotřebitele. Struktura a chování logistického řetězce vychází z požadavku pružného a hospodárného uspokojování zákaznických potřeb. Pohyb v řetězci je zajišťován pomocí dopravních, manipulačních a pomocných prostředků. Pro bezproblémové řízení logistických procesů je nutné získání zpětné vazby. Zpětnou vazbou rozumíme získávání, zpracování a přenos informací, které pomáhají k usměrnění logistických procesů žádoucím směrem. [3]

2.5. Materiálový tok

Materiálový tok je dílčí částí hmotného logistického řetězce. Je to cílevědomý pohyb materiálu ve výrobním procesu uskutečňovaný pomocí dopravních, přepravních, manipulačních a pomocných prostředků tak, aby materiál byl k dispozici:

- na daném místě
- v potřebném množství
- za přijatelnou cenu
- v požadovaném okamžiku
- s předem určenou spolehlivostí
- nepoškozený [5]

Náklady na materiálový tok

Pro materiálový tok existuje řada ekonomických závislostí. Např. jednicové náklady na materiálový tok, které jsou ovlivněny:

- povahou materiálu (neobvyklé rozměry, zvláštní podmínky pro přepravu)
- množstvím materiálu
- přepravní cestou a požadovaným časem
- úroveň řízení materiálového toku [5]

3. Doprava

Doprava patří mezi nejvýznamnější složky logisticky chápaných materiálových řetězců. Doprava uskutečňuje propojení částí logistického řetězce. Dopravu dělíme do dvou skupin a to dopravu vnitropodnikovou a mimopodnikovou. Vnitropodniková doprava je realizována na území podniku. Realizace většinou probíhá pomocí vlastních dopravních a manipulačních prostředků. Mimopodniková doprava může být realizována vlastními dopravními kapacitami nebo může být zajištěna specializovanou dopravní firmou. Funkcí dopravy je zabezpečit přepravu materiálu od dodavatelů surovin až ke spotřebiteli. [3]

Pojem doprava bývá často zaměňován s pojmem přeprava. Přeprava je vnějším projevem dopravy, to znamená, že jde o výsledek činnosti dopravy. Přeprava vyjadřuje, jaké množství zboží bylo přemístěno, na jakou vzdálenost, za jakou cenu a za jakých podmínek. [9]

3.1. Druhy dopravy

Doprava je většinou zajišťována různými podnikatelskými subjekty. Dopravní organizace, které zajišťují přepravu mohou být orientovány na určitou část přepravní práce. Dopravu můžeme rozdělit dle druhu dopravní cesty:

- Silniční doprava
- Železniční doprava
- Vodní doprava
- Letecká doprava
- Potrubní
- Kombinovaná doprava [3]

3.2. Volba druhu dopravy

Vzhledem k přepravovanému materiálu, kterým je uhelný prach nás bude nejvíce zajímat doprava silniční a železniční. Vzájemná konkurence existuje jak mezi dopravci, tak i mezi druhy dopravy. Výběr druhu dopravy a dopravce následně ovlivňuje i cenu

zboží. Volba druhu dopravy záleží na mnoha faktorech, a proto je vhodné zvážit klady a zápory jednotlivých druhů dopravy.

3.3. Srovnání silniční a železniční dopravy

Výhody silniční dopravy:

- rychlost
- spolehlivost
- schopnost zabezpečení přímé přepravy
- různorodost vozového parku
- lepší ochrana zboží
- vzájemná nezávislost jednotlivých přeprav [3]

Nevýhody silniční dopravy:

- rychle rostoucí náklady s přepravní vzdáleností
- závislost na klimatických podmínkách
- dopravní kongesce
- nemožnost současně přepravy velkého množství materiálu [3]

Výhody železniční dopravy:

- schopnost současně přepravovat větší množství
- zboží v ucelených vlacích
- nižší náklady při přepravě na velkou vzdálenost
- možnost rychlejšího průjezdu městskými a průmyslovými oblastmi [3]

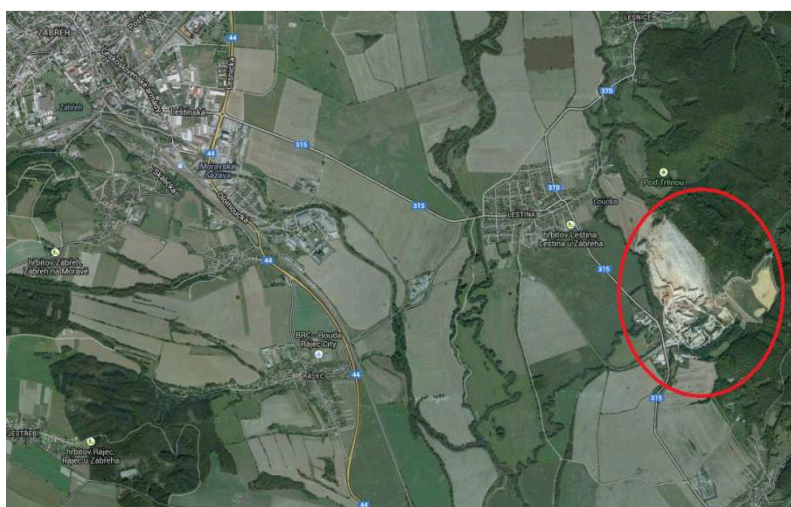
Nevýhody železniční dopravy:

- menší možnost zabezpečit přímou dopravu
- menší přizpůsobivost měnícím se požadavkům
- menší pravidelnost a spolehlivost
- značné ovlivnění železniční sítě při nehodě nebo provozní poruše [3]

4. Analýza současného stavu

4.1. Základní údaje

Vápenka Vitošov s.r.o. je situována na severní Moravě v okrese Šumperk, sedm kilometrů jihovýchodně od města Zábřehu na Moravě. Vápenka Vitošov patří v současné době mezi tři největší vápenky v České republice. Celkovou kapacitou výroby zaujímá dokonce první místo. Ložisko vápence, který se zde těží, řadíme mezi velmi chemicky čisté vápence devonského stáří. [7]



Obr. č. 1 – Poloha Vápenky Vitošov s.r.o (Google maps)

Vápencové ložisko v nynější lokalitě vápenky bylo již známo od středověku. Do první poloviny 19. století se zde páliło vápno primitivním způsobem v pecích, které byly vyhloubeny v zemi. Počátek průmyslové výroby vápna je datován k roku 1872, kdy byla postavena první šachtová pec na výrobu vápna. V roce 2012 Vápenka Vitošov oslavila 140. výročí.[15]

Základní sortiment je tvořen vápennými a vápencovými výrobky, které nachází uplatnění v mnoha oblastech. Produkty vápenky jsou určeny k použití v hutním, energetickém a chemickém průmyslu, rovněž nachází uplatnění i v zemědělství a ekologii. Největší část produkce představuje kusové vápno a vápenné brikety, které jsou nepostradatelnými komponenty k výrobě železa a oceli. Ve stavebnictví se využívá vápno i vápenný hydrát avšak v současné době je stále více nahrazováno systémem

maltových a omítkových směsí Salith. Systémy maltových a omítkových směsí Salith patří k nejvýznamnějším značkovým výrobkům Vápenky Vitošov.

4.2. Zpracování vápence

Při těžbě vápence jsou zohledňovány zejména geologické poměry ložiska. Dalším hlediskem se jeví použité mechanismy, bezpečnost a hygiena práce. Vzhledem k uvedeným skutečnostem je těžba vápence prováděna etážovým způsobem shora dolů. Těžba vápence je zajištěna trhacími pracemi – odstřely.



Obr. č. 2 – *Etážový způsob těžby a doprava vápence na dampru [13]*

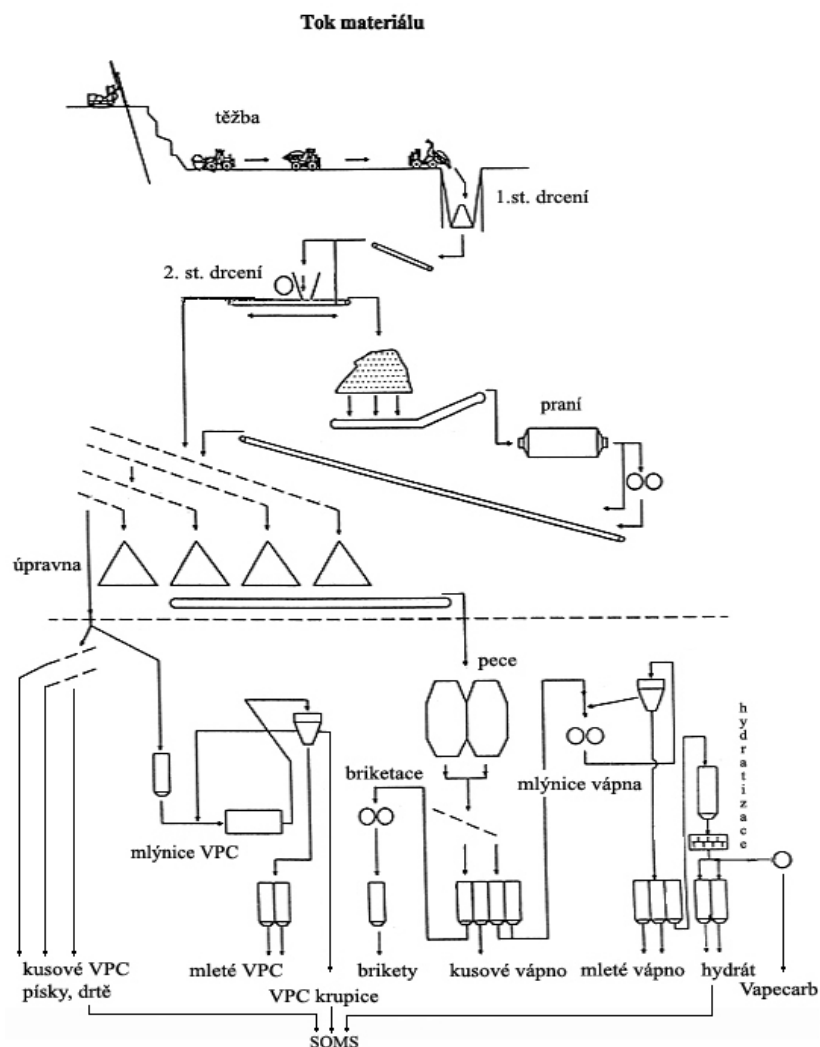
Vytěžený materiál prochází linkou na úpravu vápence. Linka je určena k úpravě vápence frakce 0 – 1200 mm včetně zahlinění. Vytěžený vápenec je nakládán kolovými nakladači Volvo na dampry Caterpillar o nosnosti 40 t a 64 t. Dampry přepravují vápenec k prvnímu stupni drcení. Po drcení vápenec pokračuje do třídírny. Mezi dtírnu a třídírnu je v letním období zařazeno praní vápenců. Praní vápenců slouží k očištění materiálu frakce 0 – 200 mm, které jsou znečištěny jílovitými příměsemi. Po vyprání se vápenec vrací opět do třídírny, kde se dále třídí.

Vypálení vápence probíhá ve třech vápenických pecích od švýcarské firmy Maerz. Pece č. 1 a 2 jsou pece tříšachtové o projektovaném výkonu pece 270 t/den. Doprava materiálu do pecí č. 1 a 2 je řešena dopravníky až k pecím a poté je vápenec dopravován

nahoru skipovými výtahy. Na vytápění pecí se pro pec č. 1 používá olej, zemní plyn a pro vytápění pece č. 2 se používá olej. [16]

Mezi největší vápenické pece v Evropě patří pec č. 3, jedná se o dvoušachtovou pec, jejíž projektovaný výkon je 600 t/den. Vápno je do pece dopravováno přímo pásovým dopravníkem. V současnosti se na vytápění pece používá uhelný prach. [16]

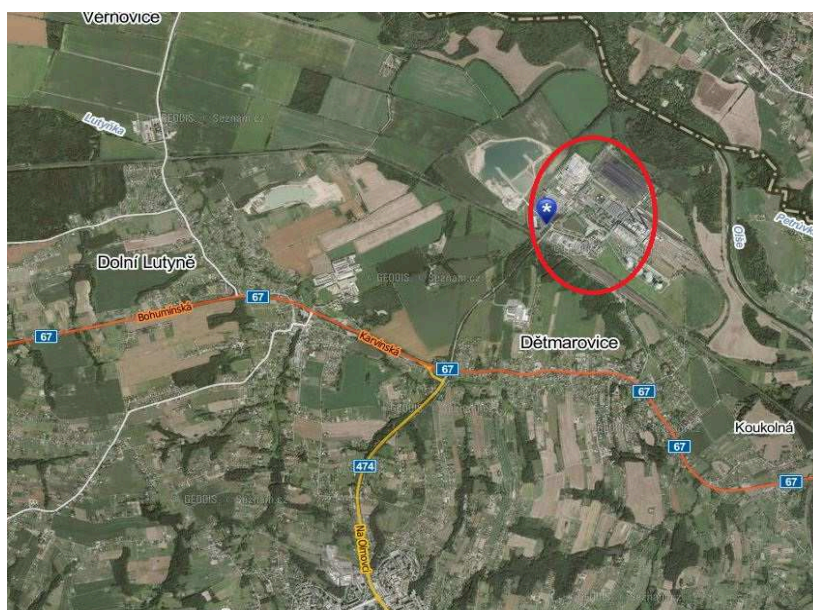
Vypalování vápna nastává při 800 – 1150 °C. V důsledku použití různých topných médií vznikají dva druhy vápna: měkce pálené vápno a středně tvrdě pálené vápno. Měkce pálené vápno se vypaluje v pecích č. 1 a 3. Středně tvrdě pálené vápno se vypaluje v peci č. 2. [16]



Obr. č. 3 – Materiálový tok [20]

4.3. Základní charakteristika dopravy, vykládky a skladování uhelného prachu

Uhelný prach je dopravován z firmy Coal Mill a.s. - mlýnice uhlí Dětmarovice. Coal Mill a.s. je moderní, rozvíjející se společnost, která disponuje špičkovou technologií na zpracování černého uhlí. Areál firmy o rozloze 17.686 m² je situován ve výrobně průmyslové zóně mimo obydlenou část obce Dětmarovice v bezprostřední blízkosti elektrárny Dětmarovice. Jedná se o nový průmyslový areál s úpravnou uhlí na černouhelný prach a mletý antracitový prach. [12]



Obr. č. 4 – Poloha firmy Coal Mill a.s. (Google maps)

Dopravu zajišťuje společnost Metalimex a.s. prostřednictvím autocisteren. Coal Mill a.s. je dceřinou společností Metalimexu. Vzdálenost společnosti Coal Mill a.s. od Vápenky Vitošov je cca 162 km po silnici D1 do Olomouce a poté po silnici R35.

Uhelný prach je přepravován výše zmíněnými automobilovými cisternami do areálu Vápenky Vitošov s.r.o. V areálu je po té uhelný prach přefoukán z automobilové cisterny do zásobního sila o objemu 360 m³, které je umístěno přímo u dvoušachtové pece Maerz v těsné blízkosti budovy, ve které se nachází filtry pro odprášení pecí na výpal vápna. Zásobník je ukotven na ocelové konstrukci, která je opláštěná. Zásobní silo, jeho konstrukce a vybavení odpovídají charakteru a povaze skladovaného materiálu. Mleté uhlí je do zásobního sila z automobilové cisterny přepravováno

pomocí pneumatického dopravního potrubí nainstalovaného na plášti zásobníku a zaústěného přes vírový odlučovač do víka zásobníku. Jako zdroj dopravního vzduchu slouží vlastní kompresory instalované přímo na vozech. Výkon pneumatické dopravy je cca. 25 t/h. Automobilové cisterny stejně jako zásobník odpovídají požadavku na dopravu uhelného prachu.



Obr. č. 5 – Autocisterny pro přepravu sypkých hmot [14]

Využití uhelného prachu při výpalu vápna sebou nese mnoho bezpečnostních opatření. S ohledem na výbušné vlastnosti uhelného prachu a z minulosti známých častých provozních havárií a neštěstí spojených i se ztrátami na životech, bylo ze strany evropské unie věnováno této problematice značné úsilí. Byly vydány dvě zásadní směrnice, řada evropských norem, které danou oblast upravují a je bezpodmínečně nutné tato nařízení dodržovat.

Veškeré stroje a zařízení, které se dostávají do styku s uhelným prachem, jsou dimenzovány jako odolné příslušnému tlaku exploze. Odolnost proti exploznímu tlaku je ověřena notifikovanou zkušebnou, která každému stroji vydala bezpečnostní certifikát.

Na organizaci práce, pracovní a technologické postupy, na používání těchto strojů a zařízení při zpracování nebezpečné látky jako je uhelný prach se vztahuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 1999/92/ES zvaná ATEX 137.

4.4. Popis jednotlivých zařízení pro dopravu a skladování uhelného prachu

Zásobní silo je ve smyslu normy ČSN EN 14460 beztlaková nádoba, která je konstruována tak, že vydrží tlakový ráz vznikající při výbuchu bez roztržení, mohou se však objevit malé místní trvalé deformace. Nádoba zásobního sila je konstruována na vnitřní redukováný tlak 2 bar. Je chráněná proti plnému exploznímu tlaku třemi explozními klapkami.

Silo na skladování uhelného prachu má následující technické parametry:

Obsah sila	360 m ³
Skladované množství uhelného prachu	cca 180 t
Skladovaný materiál	uhelný prach
Sypná hmotnost	cca 0,5 t/m ³
Výpočtová hmotnost pro dimenzování sila	1 t/m ³
Průměr sila	5 300 mm
Výška válcové části	14 600 mm
Výška kuželové části	4 180 mm
Sklon stěny kuželové části	70°
Odolnost sila proti tlakovým rázům exploze	2 bar (přetlak)



Obr. č. 6 – Pec č. 3 a silo na uhelný prach [16]

Na víku sila jsou umístěny tři explozní klapky. Dvě explozní klapky o průměru 1 400 mm včetně 4 implozních klapek. Třetí explozní klapka je o průměru 1 150 mm včetně 4 implozních klapek. Dále je na víku sila umístěn kruhový filtr včetně výdechového potrubí a pneumaticky ovládané klapky výdechu, zařízení na analýzu CO, hladinoznaky sestávající se ze 3 vibračních snímačů a snímače na kontinuální měření hladiny, teploměry, manometr, přípojka inertního plynu pro inertizaci sila, přípojka inertního plynu.

Hladinoznak vymezuje volný objem zásobního sila 60 m^3 , to je objem automobilové cisterny. Teprve při poklesu hladiny pod úroveň stavoznaku uvolňuje řídicí systém otevření šoupátka v plnicím potrubí sila a zároveň musí být splněny další podmínky, které podmiňují otevření šoupátka.

Stavoznaky, teploměr a analýza CO neslouží jen k ukazování aktuálních hodnot měřených veličin, ale jsou od nich odvozeny i blokovací vazby, které mají vztah k bezpečnosti provozu.

Manometr je určen k měření tlaku v sila zejména při inertizaci. Zámky explozní klapky jsou nastaveny na hodnotu 8 kPa. Inertizace sila se provádí při otevřeném výdechu z filtru, tlak v sila by uvedenou hodnotu mohl překročit a tím by došlo k otevření explozní klapky. Tento jev může nastat při velmi krátké frekvenci profuku filtru na víku, kdy tlakový vzduch nestačí opustit prostor sila a tlak v sila postupně narůstá.

Teploměry slouží k zachycení a včasné signalizaci exotermní reakce, která se kromě vývoje CO projevuje vzestupem teploty. V sila jsou naistalovány teploměry. První je na víku a měří teplotu atmosféry nad hladinou skladovaného paliva. Druhý teploměr je ve výpadovém kuželu sila kde měří teplotu paliva, které opouští silo.

Zásobní silo je vybaveno čeřícím systémem. Systém je naprojektován tak, že čeření je možné provádět tlakovým vzduchem případně inertním plynem v mimořádných případech. Čeření zajišťuje, aby nedocházelo k usazování materiálu, a tím umožňuje plynulou přepravu. Čeření je ovládáno řídicím systémem.

Pro odprášení dopravního vzduchu do sila je nainstalován hadicový filtr s pulzní očišťovací hadicí tlakovým vzduchem. Těleso filtru je konstrukčně řešeno jako nádoba odolná proti redukovanému tlakovému rázu exploze 2 bary.

V silu není zařízení, které by vyžadovalo vstup do sila, proto není do sila projektován samostatný vstup. V případě, že by nastala výjimečná situace, při které by byl nutný vstup do sila, pak je vstup možný pouze explozní klapkou slaněním za příslušných bezpečnostních opatření.

4.5. Údržba sila

Během provozu je plášť zásobníku namáhán statickými a dynamickými silami, za současně působení abrazivity a koroze. Životnost zásobníku je závislá na mechanických vlastnostech skladovaného materiálu, způsobu naplňování a vyprazdňování zásobníku. Aby se předešlo případným poruchám či haváriím tak se kontroluje stav pláště zásobníku zvenčí. Stupeň jeho opotřebení vlivem abrazivity se kontroluje ultrazvukem a dále je zvenčí kontrolován stav povrchové antikorozi ochrany - nátěru. Dále je potřebná prohlídka příslušenství zásobníku a údržba se provádí dle technické dokumentace k jednotlivým zařízením.

4.6. Analýza CO

Znalost hodnoty obsahu CO v silu je jedním z rozhodujících údajů při dodržování bezpečnosti provozu. Odběrová sonda je umístěna ve víku sila a je opatřena vytápěcím tělesem pro zamezení kondenzace vody. V řídicím systému jsou nastaveny dvě hraniční hodnoty. Jsou to hodnoty 1 900 ppm, při které dojde ke spuštění světelné i zvukové výstrahy a 2 500 ppm což je hraniční hodnota pro řízení inertizace.

4.6.1. Inertizace sila

V důsledku přirozené oxidační reakce je uhelnému prachu vlastní jistá hladina oxidu uhelnatého, které nepředstavuje aktuální nebezpečí. Pokud hladina CO v silu překročí nastavenou limitu o 10 či 20 % je do sila zaveden, jako ochrana před výbuchem, inertní plyn dusík - N₂.

Zavádění inertního plynu do chráněných prostor je prováděno na základě měření sledovaných hodnot v chráněných prostorech a to pomocí řídicího programu. Inertizace je významným prvkem aktivní protiexplozní ochrany.

4.7. Plnění zásobního sila

Zásobní silo se plní pneumaticky z automobilové cisterny. Při plnění se automobilová cisterna napojí spojovací hadicí na potrubí sila. Součástí plnicího potrubí je pneumaticky ovládaný šoupátkový uzávěr, který je ovládán operátorem z centrálního velínu, řídicím systémem. V místě stání automobilové cisterny je zajištěna absolutně vodorovná plocha a nad místem stání je zajištěn otevřený prostor, protože tlaková nádoba v moment sklápění může dosahovat až do výše cca 13 metrů.

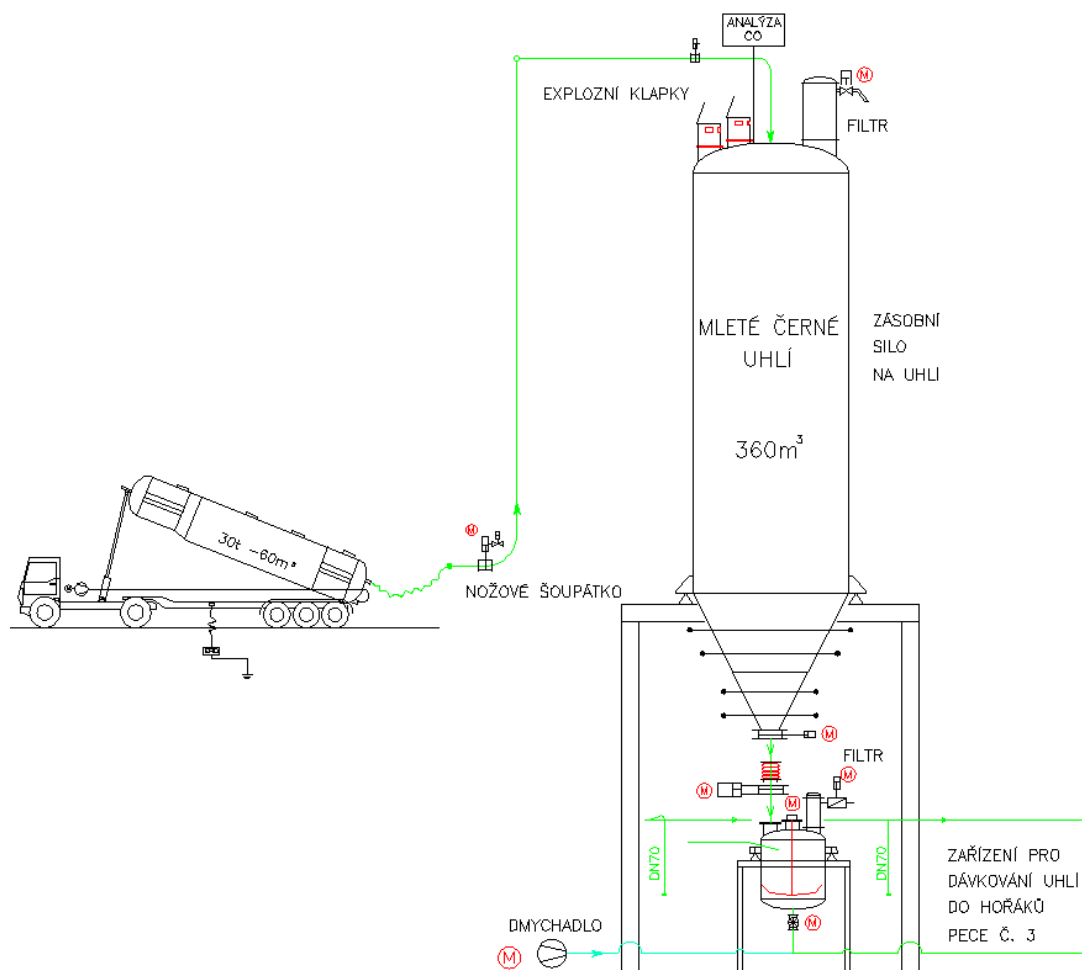
Provozní tlak pro pneumatickou dopravu jsou 2 bary. Vyprazdňování automobilové cisterny trvá přibližně 30 – 40 min. Zdroj tlakového vzduchu (kompresor) je součástí automobilové cisterny. Vyprazdňování automobilové cisterny povolí operátor z centrálního velínu otevřením nožového šoupátka v plnicím potrubí. Při plnění sila musí být splněny stanovené podmínky, aby byla dodržena bezpečnost práce. Vyprazdňování automobilové cisterny může být blokováno následujícími situacemi:

- nedostatečným prostorem v zásobním silu
- pokud během vykládky dosáhne hladina v silu maximální hodnoty
- pokud se teplota v silu zvýší nad 80 °C, která je limitní teplotou
- zvýšenou hodnotou CO v silu

Pokud dojde k překročení hodnoty alespoň jednoho z kritérií, bude přerušena vykládka. Tento stav je na místě signalizován opticky i zvukově a po uplynutí 10 s se začne uzavírat šoupátko v plnicím potrubí.

Na místě vykládky uhelného prachu je pro informaci o stavu v zásobním silu instalována uzamykatelná skříňka s příslušným vybavením. Jsou zde signálky pro určení volného prostoru v silu (stavy všech hladinoznaků) a signálka pro dosažení maximální hladiny. Dalším příslušným vybavením je houkačka pro limitní stavy, telefonní přístroj pro styk s operátorem a uzemňovací zařízení.

Pro uhelný prach je při skladování v zásobním silo jistá typická trvalá prahová hodnota CO. Tato úroveň CO je minimální hodnotou a pokud od této úrovně začne hodnota CO narůstat, bude plnění sila zablokováno. Při limitních hodnotách teplot a CO se silo inertizuje dusíkem.



Obr. č. 7 – Schéma plnění zásobního sila z automobilové cisterny

4.8. Charakteristika pneumatického potrubí transportu do sila

Plnicí potrubí z automobilové cisterny do zásobního sila je z ocelových bezešvých trubek DN 100 a ve vrchní části rozvodu na silo se speciálními potrubními díly (ostrým lomem a odrazovou rourou do sila).

Celý rozvod je tažen od místa stáčení s koncovkou pro napojení hadice, po vnější stěně objektu a pláští zásobního sila až nad plošinu nad zásobním silem. Zde je rozvod

nejdříve pomocí ostrého lomu sveden nad vstup do zásobníku a následně pomocí odrazové roury zaústěn do víka zásobního sila.

4.9. Charakteristika autocisterny pro dopravu uhelného prachu

Technická specifikace cisternového návěsu odpovídá požadavkům ADR pro přepravu zboží, tzn. uhelného prachu, který je dle ADR označen číslicí 1361, písmeno 1C a třídou nebezpečnosti 4.2. Cisternový sklápěcí návěs je použit v kombinaci se vzduchově odpruženým tahačem návěsů.

Cisterna je nádoba ve tvaru válce o průměru 2,550 mm a užitém objemu 60 000 litrů, která je naklápěcí dozadu. Cisterna je vyrobena z plechu ze slitiny AlMg4,5Mn o tloušťce stěny 6,5 mm. Svary uvnitř cisterny jsou vyhlazeny. Provozní tlak jsou 2 bary.

K vývodu materiálu z cisterny slouží kuželovitá výtoková mísa DN 800 vzadu na vývodovém kónusu, na kterou navazuje centrální vývod materiálu o průměru DN 150 s uzavírací klapkou a redukcí na DN 100.



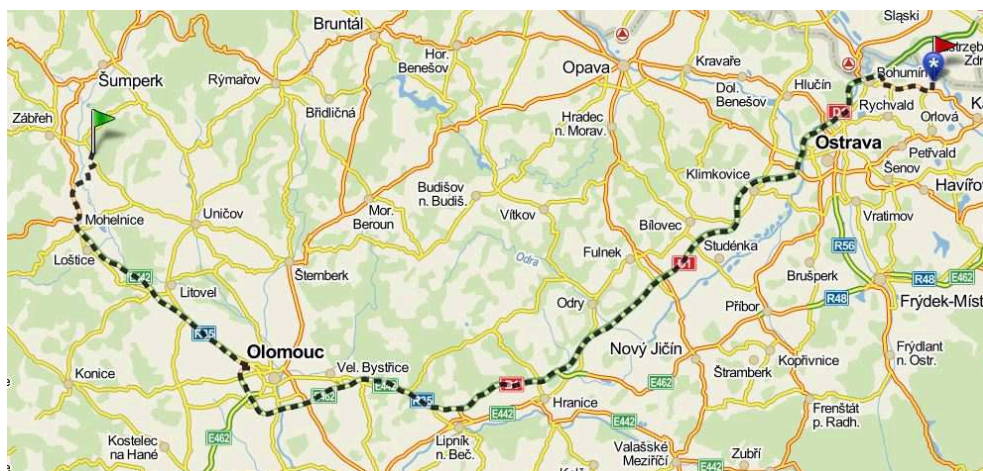
Obr. č. 8 – Automobilová cisterna na dopravu uhelného prachu [20]

5. Zhodnocení současného stavu

V minulých letech se pro výpal vápna v peci č. 3 používal zemní plyn. V důsledku neustále rostoucích cen zemního plynu hledala Vápenka Vitošov s.r.o. alternativní palivo, kterým by bylo možné zemní plyn nahradit. Impuls přišel v roce 2007, kdy byl vypracován projekt na výpal vápna práškem semletým z černého uhlí.

Uvedený přechod na jiné alternativní palivo znamenal nemalé investice na vybudování technologie vykládky, skladování a dávkovacího systému uhelného prachu do dvoušachtové pece typu Maerz. Tato investice byla z ekonomického hlediska velice výhodná. Návratnost výdajů spojených s investicí byla cca 3-4 roky.

V současné době je uhelný prach dopravován automobilovými cisternami ze společnosti Coal Mill, která zajišťuje i přepravce materiálu. Vzdálenost společnosti Coal Mill a.s. od Vápenky Vitošov je cca 162 km po silnici D1 do Olomouce a poté po silnici R35.



Obr. č. 9 – Dopravní trasa automobilové cisterny (www.mapy.cz)

Cena dopravy se částečně odvíjí od množství přepravovaného materiálu. Jde tedy o individuální dohodu mezi společnostmi. Cena dopravy se udává v Kč/t. V současné době se cena pohybuje kolem 390 Kč/t a při přepočtu na Kč/km se cena pohybuje kolem částky 36 Kč/km. V důsledku neustálého snižování nákladů na výrobu vápna je vhodné uvažovat o nové alternativě dopravy, která by byla ekonomicky pro podnik vápenky výhodnější.

6. Návrh řešení dopravy

Vápenka Vitošov s.r.o. věnuje zvýšenou pozornost ochraně životního prostředí, tedy i ekologii. Ekologická doprava je v dnešní době velkým tématem. Stále se zhoršující životní prostředí nutí k hledání jiných dopravních alternativ. Vhodnou náhradou automobilové dopravy můžeme zabránit dalšímu znečišťování a devastování přírody.

V České republice je nejekologičtější způsobem dopravy bezesporu doprava vlaková. Doprava uhelného prachu po železnici by byla vhodnou náhradou automobilové dopravy.

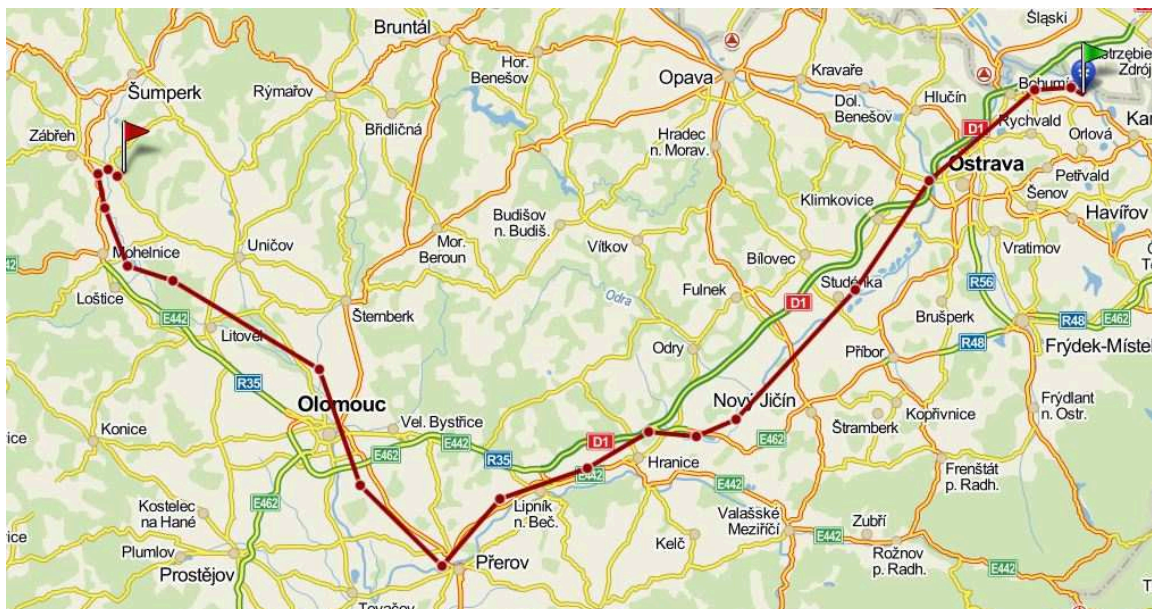
Problém, který se často vyskytuje u železniční dopravy, je zabezpečení přímé dopravy až do podniku. Společnost Coal Mill a.s. expeduje uhelný prach pomocí automobilových cisteren i železniční dopravy.



Obr. č. 10 – Vlečka Coal Mill a.s. [19] Obr. č. 11 – Vlečka Vápenka Vitošov s.r.o.[20]

Vápenka Vitošov s.r.o. a Coal Mill a.s. jsou vybaveny železničním terminálem, který je trvale připojen na železniční síť. Vápenka je napojena na železniční síť před Zábřehem na Moravě ze směru Olomouc a Coal Mill a.s. je na železniční síť napojen u Dolní Lutyně.

Vzdálenost společnosti Coal Mill a.s. od Vápenky Vitošov je po železnici cca 165 km na trase Dětmorovice, Ostrava, Studénka, Nový Jičín, Hranice, Lipník nad Bečvou, Přerov, Olomouc, Zábřeh.



Obr. č. 12 – Dopravní trasa železniční dopravy (www.mapy.cz)

V současné době je společnost Coal Mill a.s. schopna dopravy uhelného prachu také prostřednictvím železnice.

Pro vykládání uhelného prachu při dopravě po železnici je nutné ve Vápence Vitošov s.r.o. instalovat výkonné vykládací zařízení, které bude blíže popsáno v kapitole 7.

Železniční doprava umožňuje přepravu většího množství uhelného prachu najednou. V současné době do vápenky jezdí dvě automobilové cisterny denně. Náklady na dopravu se pohybují kolem 23 000 Kč/den. Při přepravě většího množství uhelného prachu by bylo možno jistou částku ušetřit. Obecně jsou přepravní náklady u železniční dopravy na větší vzdálenosti nižší než u automobilové dopravy. Co se týče množství přepraveného materiálu na kilometr je železniční doprava výhodnější.

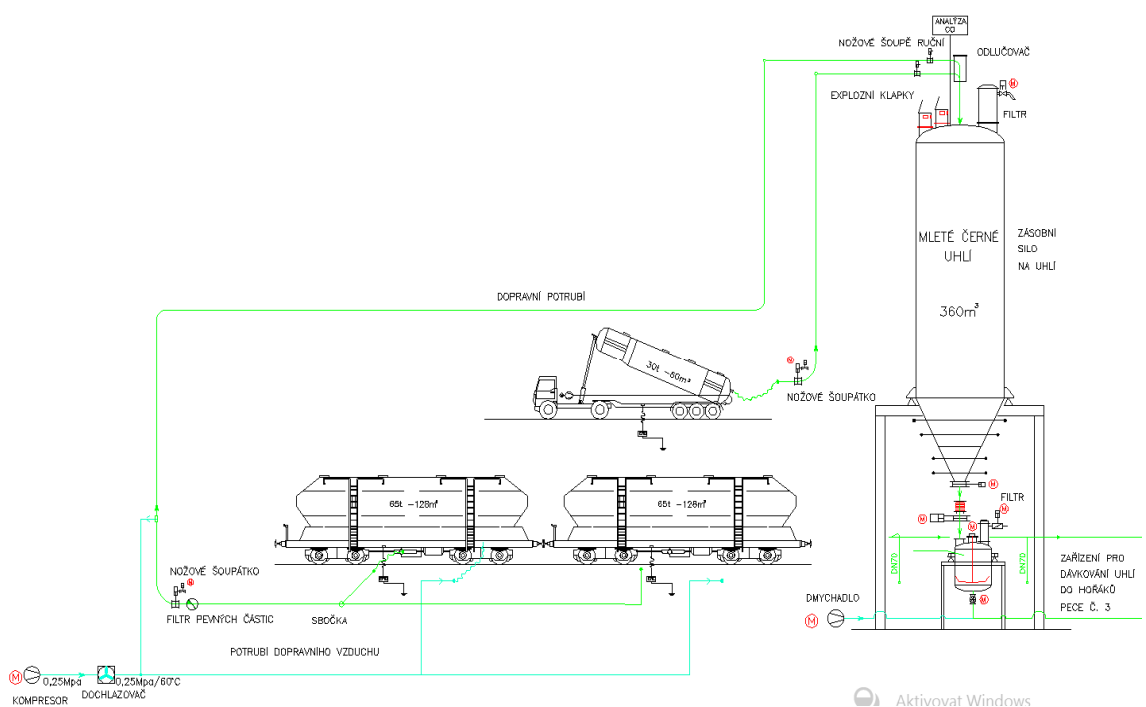
Přechod na železniční dopravu by znamenal počáteční investici na vybudování vykládacího zařízení, dopravní trasy do zásobního sila. Poté je nutné zhodnotit návratnost celého projektu. Cenové zhodnocení projektu bude v závěrečné části práce.

Stanovení ceny železniční dopravy je velice individuální záležitostí mezi společnostmi. Cena dopravy se může odvíjet například od množství materiálu odebíraného zákazníkem. Dle zjištěných údajů by se cena nákladní vlakové dopravy měla pohybovat kolem 370 Kč/t přepraveného materiálu.

Po zpracování projektu řešení dopravy uhelného prachu ve vápence v kapitole 7 a jeho cenového zhodnocení v kapitole 8 bude možné stanovit případnou návratnost celé investice do vybudování vykládacího zařízení.

7. Projekt řešení dopravy uhelného prachu ve vápence

Projekt se pokusí řešit vykládku uhelného prachu z prostoru kolejiště nakládky výrobků Vápenky Vitošov s.r.o a jeho dopravu do stávajícího zásobního sila umístěného v prostou u pece č.3. Sestava vykládacího zařízení se bude skládat ze zdroje dopravního vzduchu (kompresoru), připojovacích armatur, filtru nečistot, bezpečnostních uzávěrů, potrubní trasy a zaústění do zásobníku pomocí odlučovače. Délka trasy po, které bude uhelný prach dopravován je cca 150 m a bude muset překonat převýšení cca 50 m. V prostorách kolejiště nakládky výrobků bude umístěn kompresor, který je zdrojem přepravního vzduchu. Po konzultaci s firmou, která se specializuje na projekci pneumatické dopravy sypkých materiálů, byly stanoveny základní parametry a požadavky na zařízení vykládky uhelného prachu. Zařízení vykládky a dopravní trasa jsou doplněny do schématu plnění zásobního sila z automobilové cisterny.



Obr. č. 13 – Doplněné schéma plnění zásobního sila z vagonu

7.1. Technické údaje

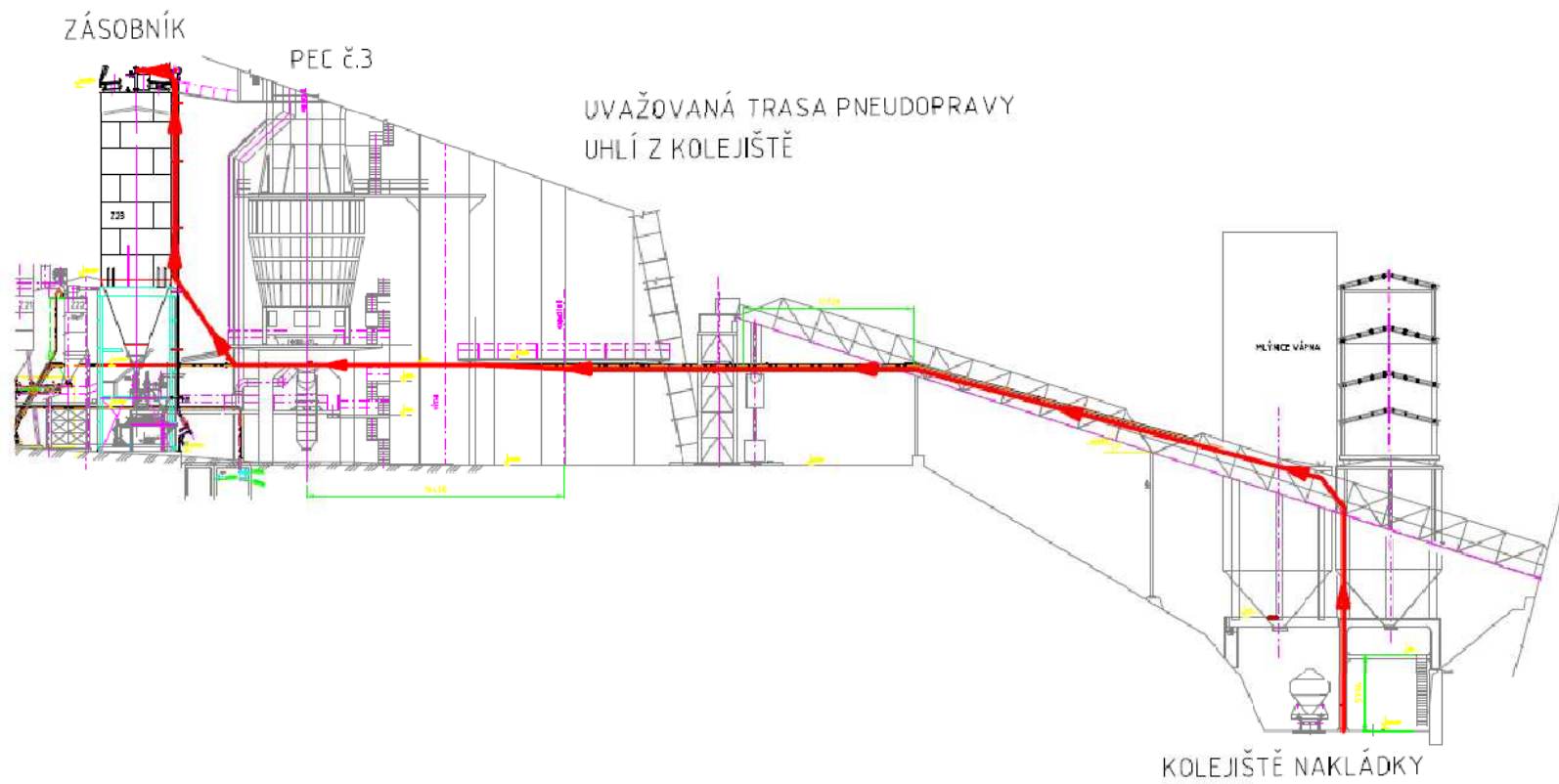
V následující tabulce jsou uvedeny výchozí technické údaje pro uhelný prach a pro pneumatickou dopravu.

Tab. č. 1 – *Technické údaje*

Dopravovaný materiál:	Uhelný prach
Sypná hmotnost:	560 kg/m ³
Dopravní vzdálenost:	cca 150 m
Převýšení dopravní trasy:	cca 50 m
Požadovaná výkonnost zařízení:	35 t/h
Tlak dopravního vzduchu:	cca 2 – 2,5 bar
Potrubí	DN 180

7.2. Popis míst a uvažované dopravní trasy

V prostoru kolejiště bude umístěn zdroj dopravního vzduchu. U zdroje dopravního vzduchu bude umístěno připojovací místo. První úsek trasy dopravního potrubí povede svisle vzhůru ke stávajícímu zavážecímu pásu pece Maerz č. 3. Následuje šikmý úsek vedoucí podél zavážecího pásu pro pece Maerz č. 3. Další úsek dopravního potrubí bude vodorovný a povede kolem „starých“ pecí č.1 a č. 2 až k zásobnímu silu uhelného prachu. Poslední úsek dopravní trasy povede vertikálně vzhůru po zásobníku rovnoběžně se stávajícím dopravním potrubím DN 180 pro vykládku automobilové cisterny na zásobní silo. Dopravní potrubí bude zaústěno na víku sila přes koncový prvek pneumatické dopravy, kterým může být např. expandér nebo vírový odlučovač. Expandér nebo vírový odlučovač slouží k oddělení dopravního vzduchu od dopravovaného materiálu při zaústění pneumatické dopravy do sila. Uvažovaná dopravní trasa je patrná z obrázku č. 14, kdy byl pro znázornění trasy dopravního potrubí poskytnut výkres z Vápenky Vitošov s.r.o. .



Obr. č. 14 – Uvažovaná dopravní trasa

7.3. Charakteristika zařízení a jejich popis

7.3.1. Charakteristika železničního vagonu pro dopravu uhelného prachu

Nákladní vagon Uacns 128 m³ je čtyřnápravový nádržkový vůz na přepravu práškových substrátů. Vagon je určený pro přepravu uhelného prachu, jde tedy o látku UN 1361 dle řádu pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (RID). Uhelný prach je klasifikován jako látka s nebezpečím výbuchu do třídy 4.2.

Kostra podvozku je vyrobená z oceli a je uložena na dvou standardních dvounápravových podvozcích s kompaktní brzdovou jednotkou. Na podvozku je umístěna tlaková nádoba z hliníkové slitiny, která má tvar válce o průměru 2 940 mm a délce cca 19 600 mm. Užitečný objem je 128 000 litrů.

7.3.2. Napojení vagonů

Zařízení je navrhované pro vykládku železničního vagónu Uacns 128 m³. Vagon bude napojen ke zdrojům a rozvodům dopravního vzduchu nebo k inertizační trase obdobně jako u automobilové cistereny pomocí gumové antistatické hadice a spojek typu Storz C. Jedna tato hadice s koncovkami bude určena jak pro napojení zdrojů a rozvodů dopravního vzduchu, tak i k napojení inertizační trasy. Pro vykládku vagonu bude k dispozici hadice se spojkami typu Storz A napojení na připojovací místa a trasu dopravního potrubí. Před vykládkou musí být vagon vždy uzemněn stejně jako automobilová cisterna.

7.3.3. Připojovací místa a trasa dopravního potrubí

Trasa dopravního potrubí a připojovací místo budou na pravé straně od kolejiště a umožní vyprázdnit dva železniční vagóny Uacns 128 m³, za sebou bez jejich posunu. Kapacita zařízení pneumatické dopravy nebude umožňovat připojení a vyprazdňování obou vagónů zároveň, ale nejdříve bude vyprázdněn jeden a pak druhý vagon. Bude tak redukováno posunování železničních vozů.

Vykládací místo bude vybaveno filtrem hrubých nečistot dopravovaného materiálu, na něj bude napojen směšovač, do kterého bude přiváděna část dopravního vzduchu. Mezi přifukovacím dílem potrubí a dopravním potrubím bude nožové šoupátko sloužící

k uzavírání dopravní trasy. Dopravní potrubí bude z obou vykládacích míst spojeno sbočkou a vedeno vertikálně ke konstrukci pásových dopravníků, kde přechází do horizontální polohy a poté bude vedeno vedle nebo pod stávajícím dopravním potrubím kolem pece. Dále povede k zásobnímu silu mletého uhlí, kde přechází do vertikální polohy podél dopravního potrubí od automobilové cistereny a je zaústěno přes koleno 90° a odlučovač materiálu do zásobního sila.

Dle požárně technické charakteristiky uhelného prachu je výbuchový tlak $P_{\max} < 10$ bar a dopravní potrubí musí být navrženo na jmenovitý tlak 10 bar. Dopravní potrubí je dle ČSN EN 13480 klasifikováno jako potrubí kategorie 1. Přírubové spoje musí vyhovovat minimálnímu jmenovitému tlaku PN 10.

Zřízení pneumatické dopravy je tlakovým zařízením I podle § 2 Nařízení vlády č. 26/2003 Sb. ve znění pozdějších doplňků. Návrh, výroba, zkoušení, značení a dokumentace musí odpovídat požadavkům normy ČSN 69 0010.

7.3.4. Zdroje a rozvody dopravního vzduchu

Zdroje a rozvody dopravního vzduchu slouží jako zdroj stlačeného vzduchu pro připojovací místa a dopravní potrubí. Zdroje a rozvody dopravního vzduchu budou tvořeny kromě vlastního kompresoru s dochlazovačem stlačeného vzduchu i příslušné rozvody stlačeného vzduchu. Navržené kompresory budou popsány v kapitole 7.4 a v kapitole 7.5 bude proveden výběr nejvhodnějšího jednostupňového bezmazného šroubového kompresoru. Na výstupu z dochlazovače nesmí teplota stlačeného vzduchu přesáhnout 60 °C. Rozvod vzduchu je dále osazen dýzami, zpětnými klapkami, ručními klapkami. Potrubí za dochlazovačem a před směšovačem bude osazeno snímači teploty.

Stlačený vzduch je od kompresoru rozváděn ocelovým potrubím k jednotlivým místům spotřeby.

Potrubí dopravního vzduchu musí vyhovovat maximálnímu provoznímu přetlaku 3 bar a bude řešeno dle ČSN EN 13480 jako potrubí kategorie 0. Přírubové spoje musí být navrženy pro minimální jmenovitý tlak PN 6.

7.3.5. Inertizační trasa

Inertizační trasa bude sloužit po připojení k železničnímu vagonu k vytěsnění vzduchu z prostoru nádoby vagonu a jeho nahrazení inertním plynem N₂ do té míry, aby byl znemožněn vznik exploze stejně jako u automobilových cisteren. Potrubí bude vedeno od rozvodů inertizační stanice podél dopravního potrubí až k místu vykládky. Inertizační trasa bude na začátku i na konci vybavena ručním kulovým kohoutem a manometrem. Pro napojení zařízení bude potrubí vybaveno spojkou typu Storz C.

Potrubí inertizační trasy bude navrhováno pro maximální provozní přetlak 2 bar a dále bude řešeno dle normy ČSN EN 13480 jako potrubí kategorie 0. Přírubové spoje musí být navrženy pro minimální jmenovitý tlak PN 6.

7.3.6. Zdroje a rozvody ovládacího vzduchu

Zdrojem ovládacího vzduchu bude stávající tlakovzdušná síť 6 až 7 bar. Rozvod ovládacího vzduchu do jednotlivých částí zařízení bude napojen na stávající rozvodné potrubí. Tlakový vzduch bude sloužit k ovládání pneumatických prvků v systému.

7.4. Varianty kompresorů

1. Varianta kompresoru:

AERZEN řady VM 45 je vybaven asynchronním elektromotorem o výkonu 132 kW s konstantními otáčkami, regulačním ventilem s regulací na konstantní tlak propouštěním a dochlazovačem stlačeného vzduchu na teplotu maximálně 60°C. Kompresor je osazen protihlukovým krytem. Provozní přetlak je 2,225 bar za dochlazovačem. Sací objem kompresoru je 2 280 m³/h.

Kompresor s dochlazovačem musí být umístěn v novém přístavku, kde teplota nesmí být nižší než +2 °C. Rozsah provozních teplot je +2 až +35 °C. [17]

2. Varianta kompresoru:

ATLAS COPCO ZE4K-250 je vybaven elektromotorem o výkonu 200 kW, který je vybaven automatickou dvoustupňovou regulací a dochlazovačem stlačeného vzduchu

na teplotu maximálně 60°C. Kompresor je osazen protihlukovým krytem. Provozní přetlak je 2,5 bar. Sací objem kompresoru je 2 264,4 m³/h. f

Kompresor s dochlazovačem musí být umístěn v novém přístavku, kde teplota nesmí být nižší než 0 °C. Rozsah provozních teplot je 0 až +40°C. [18]

3. Varianta kompresoru:

ATLAS COPCO ZE4K-225 je vybaven elektromotorem o výkonu 132 kW s dvoustupňovou regulací a dochlazovačem stlačeného vzduchu. Kompresor je osazen protihlukovým krytem. Provozní přetlak je 2,225 bar. Sací objem kompresoru je 2 206 m³/h. [18]

4. Varianta kompresoru:

AERZEN řady VM 37R vybavený asynchronním elektromotorem o výkonu 110 kW s konstantními otáčkami, regulačním ventilem s regulací na konstantní tlak propouštěním a dochlazovačem stlačeného vzduchu. Kompresor je osazen protihlukovým krytem. Provozní přetlak je 2,5 bar za dochlazovačem. Sací objem kompresoru je 1 518 m³/h. [17]

7.5. Výběr nejvhodnějšího kompresoru

K výběru nejvhodnější varianty kompresoru použijí vícekriteriální rozhodování. Využijí dvou metod a to metody Bazické a metody PATTERN

Tab. č. 2 – Zvolená kritéria a jejich povaha

Číslo kritéria	Kritérium	Jednotky	Povaha
1.	Sací objem	m ³ /h	+
2.	Tlaková diference	bar	+
3.	Výkon motoru	kW	+
4.	Hlučnost s krytem	dB	-
5.	Hmotnost	kg	-
6.	Rozměry (D x Š x V)	mm	-
7.	Cena	Kč	-
8.	Rozdíl mezi max. a min. pracovní teplotou	°C	+

Ke stanovení koeficientu významnosti použijí metodu pořadí. Kdy každý expert dle svého uvážení přidělí danému kritériu jednoznačné pořadí. Čím je kritérium pro experta významnější, tím mu bude přiděleno lepší pořadí. Přičemž jedním z expertů jsem já a ostatní experti jsou zaměstnanci Vápenky Vitošov s.r.o. Pro lepší využití kritéria rozměrů budou rozměry přepočteny na objem v m³.

Tab. č. 3 – Metoda pořadí, hodnocení jednotlivými experty

Expert (p)	Kritérium (m)								Σ α _{kj}
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	4	2	3	7	5	6	1	8	
2	3	2	5	8	4	7	1	6	
3	1	3	4	8	5	6	2	7	
4	3	2	5	7	4	6	1	8	
5	1	3	6	7	4	8	2	5	
6	3	2	4	6	5	7	1	8	
α _j	15	14	27	43	27	40	8	42	216
B _j	0,9305	0,9351	0,8750	0,8009	0,8750	0,8148	0,9629	0,8055	
Pořadí	3	2	4 až 5	8	4 až 5	6	1	7	

m – počet kritérií

p – počet expertů

α_j – součet čísel přiřazených j-tému kritériu

α_{kj} – součet čísel přiřazených k-tým expertem j-tému kritériu

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria dán vzorcem $B_j = 1 - \frac{\alpha_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j}$ [1]

Shoda hodnocení expertů:

$$w = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^m \left[\sum_{k=1}^m \alpha_{kj} - \frac{p \cdot (m+1)}{2} \right]^2}{p^2 \cdot (m^3 - m)} \quad [1]$$

$$w = \frac{12 \cdot [(15 - 27)^2 + (14 - 27)^2 + (43 - 27)^2 + (40 - 27)^2 + (8 - 27)^2 + (42 - 27)^2]}{6^2 \cdot (8^3 - 8)}$$

$$w = 0,87566$$

Shoda hodnocení w je 0,88 a jde tedy o relativně o velkou shodu v hodnocení expertů a není problém provést výběr kompresoru pomocí metody Bazické a metody PATTERN.

Metoda Bazická:

- 1) Vytvoření bazické fiktivní varianty
- 2) Porovnání uvažované varianty s bazickou variantou a se zohledněním koeficientu významnosti.

$$\text{Pro kritérium typu náklad (-)} z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j \quad [1]$$

$$\text{Pro kritérium typu výnos (+)} z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \cdot B_j \quad [1]$$

kde: h_{bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria

- 3) Stanovení relativní užítlosti každé varianty $S_j = \sum z_{ij} \quad [1]$
- 4) Vyhodnocení pořadí. Na prvním místě je varianta, která má maximální hodnotu relativní užítlosti. [1]

Tab. č. 4 – Výpočet bazickou metodou

Varianta kompresoru (i)	Kritérium (j)								S_j	V_j
	1 +	2 +	3 +	4 -	5 -	6 -	7 -	8 +		
Aerzen VM45	2280	2,225	132	80	3911	7,371	1243032	33	6,98	3.
	1,026	0,881	0,80	0,78	0,825	0,972	0,961	0,728		
ATLAS ZE4K-250	2264,4	2,5	200	77	3860	10,218	1415000	40	7,30	1.
	1,019	0,99	1,22	0,81	0,836	0,701	0,844	0,883		
ATLAS ZE4K-225	2206	2,225	132	76	3860	10,218	1285000	40	6,85	4.
	0,993	0,881	0,80	0,82	0,836	0,701	0,93	0,883		
Aerzen VM 37R	1518	2,5	110	79	3118	7,371	1019670	33	7,04	2.
	0,683	0,99	0,67	0,79	1,035	0,972	1,172	0,728		
B_j	0,93	0,94	0,88	0,80	0,88	0,81	0,96	0,81		
h_{bj}	2067,1	2,4	143,5	78,0	3687,3	8,8	1240675,5	36,5		

Dle výsledků stanovených metodou bazickou se jako nejlepší kompresor jeví ATLAS ZE4K-250.

Metoda PATTERN:

- 1) Nalezení nejhorší hodnoty (h_{bj}) u každého kritéria
- 2) Stanovení indexu $I_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}}$ [1], který bude následně ovlivněn koeficientem významnosti B_j
 Pro kritérium typu náklad (-) $z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j$ [1]
 Pro kritérium typu výnos (+) $z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \cdot B_j$ [1]
- 3) Stanovení relativní užítlosti každé varianty $S_j = \sum z_{ij}$ [1]
- 4) Vyhodnocení pořadí v závislosti na relativní užítlosti. [1]

Tab. č. 5 – Výpočet metodou PATTERN

Varianta kompresoru (i)	Kritérium (j)								S_j	V_j
	1 +	2 +	3 +	4 -	5 -	6 -	7 -	8 +		
Aerzen VM45	2280	2,225	132	80	3911	7,371	1243032	33	8,09	2
	1,397	0,935	1,05	0,80	0,875	1,129	1,0962	0,805		
ATLAS ZE4K-250	2264,4	2,5	200	77	3860	10,218	1415000	40	8,50	1
	1,388	1,05	1,59	0,83	0,886	0,814	0,963	0,976		
ATLAS ZE4K-225	2206	2,225	132	76	3860	10,218	1285000	40	7,92	4
	1,352	0,935	1,05	0,84	0,886	0,814	1,06	0,976		
Aerzen VM 37R	1518	2,5	110	79	3118	7,371	1019670	33	8,03	3
	0,931	1,05	0,87	0,81	1,097	1,129	1,336	0,805		
B_j	0,93	0,94	0,88	0,80	0,88	0,81	0,96	0,81		
h_{bj}	1518	2,225	110	80	3911	10,218	1415000	33		

Dle výsledků stanovených metodou PATTERN je nejlepší kompresor ATLAS ZE4K-250.

Při porovnání výsledků metody Bazické a metody PATTERN se jako nejlepší kompresor jeví ATLAS ZE4K-250. Na druhém a třetím místě jsou kompresory AERZEN VM45 a VM 37R. Nejméně vhodnou variantou je kompresor ATLAS ZE4K-225.

7.6. Vymezení prostorů a klasifikace zón dle ČSN EN 1127-1

Norma ČSN EN 1127-1 byla vydána na pomoc konstruktérům, výrobcům a ostatním zainteresovaným členům. Norma specifikuje metody pro identifikaci a stanovení rizikových situací vedoucích k výbuchu a uvádí příslušná požadovaná bezpečnostní opatření pro konstrukci a provedení. Klasifikace nebezpečných prostorů je provedena dle kapitoly 6.3 v normě ČSN EN 1127-1.

Tab. č. 6 – Klasifikace prostorů s nebezpečím výbuchu do zón

Charakteristika	Zóny pro plyny a páry	Zóny pro prach
výbušná atmosféra je přítomna trvale nebo po dlouhou dobu	zóna 0	zóna 20
vznik výbušné atmosféry je pravděpodobný	zóna 1	zóna 21
vznik výbušné atmosféry není pravděpodobný	zóna 2	zóna 22

Napojení vagonů

Připojení dopravní hadice: zóna 22

Připojovací místa a trasa dopravního potrubí

Připojení dopravní hadice: zóna 22

Dopravní potrubí DN 180:

Při zahájení a ukončení dopravy zóna 21

Během dopravy materiálu zóna 20

Zdroje a rozvody dopravního vzduchu

Připojení vzduchové hadice: zóna 22

Potrubí dopravního vzduchu: neklasifikovaná zóna

Inertizační trasa

Připojení hadice: zóna 22

Potrubí inertizační trasy: neklasifikovaná zóna

Zdroje a rozvody ovládacího vzduchu

Potrubí rozvodu tlakového vzduchu neklasifikovaná zóna

7.7. Vykládání železničního vagonu

Podmínky pro umožnění vykládky železničního vagonu

Pneumatickou dopravu bude možno spustit až po splnění několika podmínek. Silo, do kterého bude přepravován uhelný prach, musí splňovat podmínky pro možnost spuštění pneumatické dopravy a to je – normální stav:

- Teplota měřená ve víku, i ve výpustním kuželu musí být nižší než 60 °C
- Hladina oxidu uhelnatého CO musí odpovídat základní hodnotě pro daný druh uhelného prachu
- Před samostatným spuštěním bude nutno překontrolovat hladinu materiálu v silo, protože se do sila musí vyprázdnit celý obsah vyprazdňované nádoby
- Pneumatickou dopravu nebude možno spustit, pokud bude silo plněno automobilovou cisternou

Spuštění pneumatické dopravy bude zajištěno obsluhou z velínu dle informací, které bude poskytovat řídicí systém. Před samotným vyprazdňováním vagonu musí také vagon splnit podmínky pro vykládku to je zejména teplota nižší než 60 °C a nesmí být cítit zplodiny doutnavého procesu. Před napojením propojovacích hadic musí být železniční vagon vodivě propojen s dopravním potrubím, pak teprve obsluha může připojit dopravní a vzduchovou hadici.

Blokování vyprazdňování železničního vagonu

V případě následujících situací musí dojít k zablokování zařízení a k signalizování poruchy.

- tlak vzduchu na výstupu z kompresoru poklesne pod nastavenou hodnotu a dojde k signalizaci poruchy
- při překročení teploty dopravního vzduchu nad 60 °C musí dojít k přerušení dopravy a signalizaci poruchy
- k přerušení dopravy je nutno přistoupit jestliže dojde k růstu tlakové ztráty filtru ΔP nad předepsanou mez nebo při odstavení ventilátoru filtru

- v případě, že je zásobní silo naplněno a dojde k sepnutí stavoznaku MAX/MAX je nutno odstavit dopravu
- v případě překročení hodnoty CO v sile je nutno odstavit dopravu kvůli případné explozi uhelného prachu v sile
- v případě ucpání dopravního potrubí tzn. překročení nastaveného tlaku v potrubí na dobu delší než 30 s bude hlášena porucha a musí dojít k odstavení zařízení
- při překročení tlaku nad 300 kPa dojde k přerušení dopravy a signalizování exploze
- v případě exploze musí být zařízení blokováno a nemůže být spuštěno, dokud neproběhne kontrola celého systému pneumatické dopravy.

7.8. Obsluha a údržba zařízení

Zařízení pneumatické dopravy bude v době provozu vyžadovat stálou obsluhu. Obsluha pneumatické dopravy musí při práci využívat ochranné pomůcky

Údržba bude prováděna dle výrobců jednotlivých komponentů a podle pokynů pro obsluhu a údržbu předaného dodavatelem. Při údržbě kompresoru bude vhodné zavést TPM z důvodu zvýšení životnosti a bezporuchovosti kompresoru.

7.9. Zdroje ohrožení zdraví, bezpečnosti pracovníků a způsob omezení rizik

Při technologickém procesu přepravy mohou vznikat následující rizika, která mohou mít negativní dopad na obsluhu zařízení, bezpečnost práce a technická zařízení.

- hluk strojně – technologického zařízení působící na obsluhu v průchozích pracovištích
- nebezpečí působení uhelného prachu na lidský organismus
- nebezpečí mechanických úrazů
- nebezpečí při práci ve výškách
- při explozi v sile a následujícímu odvedení tlakové vlny a plamenů do volného prostoru nad silo hrozí nebezpečí tlakové vlny a popálení
- u kompresorové stanice a dochlazovače hrozí nebezpečí popálení od horkých povrchů

Ekvivalentní hladina hluku na trvalých pracovištích bude zajištěna podle požadavků Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací č. 148/2006 Sb. Předepsané limity, tj. ekvivalentní hladina akustického tlaku $A LA_{eq,8h}$ 85 dB na pracovištích, kde je vykonávána fyzická práce, musí být dodrženy.

7.10. Náklady na realizaci vykládky uhelného prachu z kolejiště

Na základě studia stávajícího zařízení vykládky uhelného prachu ve Vápence Vitošov s.r.o a po konzultaci s firmou zabývající se projektováním pneumatické dopravy sypkých hmot, byly stanoveny základní požadavky na zařízení. Z těchto požadavků vyplynuly parametry jednotlivých uzlů pneumatického dopravního zařízení. Následně byla provedena cenová kalkulace jednotlivých dílů zařízení. Ceny montáže a elektra byly též stanoveny po konzultaci s firmou zabývající se montáží technologických zařízení a s firmou specializující se na komplexní řešení v oboru elektro. Cenové zhodnocení projektu pneumatické dopravy je patrné z tabulky č. 7.

Tab. č. 7 – Finanční zhodnocení projektu

Zařízení, potrubí	Délka (m) množství (ks)	Cena (Kč)
Kompresor Atlas ZE4K-225 s dochlazovačem	1 ks	1 415 000
Potrubí vzduch	50 m	25 000
Filtr pevných částic		5 000
Nožové šoupátko	1ks	22 000
Dopravní potrubí včetně konzol	150 m	376 000
Nožová ruční šoupata	2 ks	38 000
Potrubí inertizace	150 m	21 000
Montáž		381 000
Elektro		650 000
Celková cena		2 933 000

8. Celkové zhodnocení projektu a závěr

Doprava zahrnuje nejen přepravu materiálu od dodavatele k zákazníkovi, ale také další činnosti, bez kterých by neměla smysl. Těmito činnostmi jsou nakládka a vykládka přepravovaného materiálu.

Náklady na dopravu materiálu tvoří podstatnou část nákladů, které se promítají do výsledné ceny produktů. V rámci šetření nákladů na dopravu se podnik Vápenka Vitošov s.r.o. snaží o volbu co nejoptimálnějšího druhu dopravy.

Přechod dopravy uhelného prachu z automobilové na železniční by znamenal vybudování zařízení pro vykládku. Zařízení na vykládku uhelného prachu obsahuje vybudování dopravního, vzduchového a inertizačního potrubí dále zakoupení filtru pevných částic, nožových šoupátek a kompresoru s dochlazovačem. Jako nevhodnější kompresor jsem metodou vícekriteriálního rozhodování zvolil kompresor Atlas ZE4K 225 s dochlazovačem. Atlas ZE4K 225 je z nabízených kompresorů nejdražší avšak pro účel vykládky nejvhodnější. Vybudování zařízení na vykládku bude stát přibližně 2 933 000 Kč.

Vlaková doprava je výhodnější pro dopravu materiálu na delší vzdálenosti a je mnohem šetrnější k životnímu prostředí než automobilová doprava. Výpal kusového vápna je nepřetržitý proces a v průměru se spotřebuje 60 tun uhelného prachu k výpalu vápna během jednoho dne. Spotřeba uhelného prachu je během jednoho kalendářního roku přibližně 21 900 tun.

Tab. č. 8 – Porovnání dopravy

	Auto	Vlak
Cena dopravy	390 Kč/t	370 Kč/t
Objem nákladního vozu	60 m ³	128 m ³
Hmotnost přepravovaného materiálu v jednom voze	30 t	65 t

Při roční spotřebě uhelného prachu 21 900 tun a rozdílu ceny mezi automobilovou a železniční dopravou 20 Kč/t bude návratnost investice do projektu pneumatické dopravy přibližně 6,5 roku. V případě přechodu na železniční dopravu by bylo možné uhelný prach dopravovat ve větších časových intervalech a ve větším množství, z čehož

pramení hlavní návratnost investice. Objem dvou automobilových cisteren přibližně odpovídá jednomu vagonu viz. tabulka č. 8.

V případě, kdyby přešla na výpal uhelným prachem i pec Maerz č.2, jeho spotřeba na pálení vápna by vzrostla a do vápenky by bylo nutno přepravovat více uhelného prachu. Při odběru většího množství prachu by bylo možné dohodnout výhodnější cenu jak uhelného prachu, tak i cenu dopravy. Takto by došlo k úsporám nákladů na dopravu uhelného prachu i nákladům na koupi uhelného prachu. Návratnost investice na vybudování pneumatické dopravy by byla podstatně kratší.

9. Seznam použité literatury

- [1] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2775-9.
- [2] NOVÁK, Josef. *Racionalizace výroby* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>
- [3] NOVÁK, Josef a Jan HRYZLÁK. *Ekonomika a řízení provozu*. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Ostrava, 2007.
- [4] GROS, Ivan. *Logistika*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1994, 131 s. ISBN 80-708-0216-2.
- [5] *Logistika nejen pro studenty* [online]. 2009 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://logistika.studentske.cz/2009/06/materialovy-tok.html>
- [6] EISLER, Jan. *Ekonomika dopravních služeb a podnikání v dopravě*. Vyd. 2., nezměn. Praha: Oeconomica, 2008, 151 s. ISBN 978-80-245-1416-1.
- [7] *Svět průmyslu* [online]. 2007 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <http://www.svetprumyslu.cz/profil/vapenka-vitosov-sro-vykon-neubira-jen-krize-ale-i-skladkova-lobby.html>
- [8] *Motiv8.cz* [online]. © 2009 - 2010 [cit. 2014-01-16]. Dostupné z: <http://www.motiv8.cz/l/logistika-marketingova.html>
- [9] *Střední škola automobilní a informatiky* [online]. ©2008-2013 [cit. 2014-01-16]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.skolahostivar.cz%2FPPFFiles%2F265-Z%25C3%25A1kladn%25C3%25AD%2520pojmy.doc&ei=RbTXUvi_KdGAhAfAxIHwDg&usg=AFQjCNH4sPSzOLT_Z25yEvD52dG5p-r-sw
- [10] Řízení nákupu ve výrobních podnicích. In: *SystemOnLine* [online]. © 2001 - 2014 [cit. 2014-01-16]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/rizeni-nakupu-ve-vyrobnych-podnicich.htm>

- [11] *Logistika* [online]. (c) 2013 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://logistika-cz.studentske.cz/2008/11/cle-logistiky.html>
- [12] *Coal Mill a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-01-24]. Dostupné z: <http://www.coalmill.eu/index.php>
- [13] *Oficiální stránky Obce Leština - Vápenka Vitošov* [online]. 2014 [cit. 2014-01-24]. Dostupné z: <http://www.ou-lestina.cz/fotogalerie/vapenka-vitosov/>
- [14] *Cemlog* [online]. 2014 [cit. 2014-01-24]. Dostupné z: <http://www.cemlog.cz/de/fotogalerie/>
- [15] *Svět průmyslu* [online]. © 2007-2014 [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.svetprumyslu.cz/profil/vapenka-vitosov-sro-vykon-neubira-jen-krize-ale-i-skladkova-lobby.html>
- [16] *Výzkumný ústav maltovin Praha, s.r.o.* [online]. © 2008-2014 [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.vumo.cz/includes/dokumenty/seminar-2012/trisachtova-pec-ve-vapence-vitosov.pdf>
- [17] AERZEN. *Dmyhadla - Kompresory - Plynoměry*. Břeclav, 2012. [cit. 2014-02-13].
- [18] ATLAS COPCO S.R.O. *Orientační nabídka*. Ostrava, 2013. [cit. 2014-02-13].
- [19] *Parostroj: Vozy Uacns Express Slovakia* [online]. 2009 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: http://www.parostroj.net/katalog/nv/clanky/Uacns_Express_Slovakia/Uacns_Express_Slovakia.php3
- [20] Dokumentace společnosti Vápenka Vitošov s.r.o. *ArchivVápenky Vitošov s.r.o.* [cit. 2014-03-16]

Seznam obrázků:

Obr. č. 1 – Poloha Vápenky Vitošov s.r.o (Google maps).....	14
Obr. č. 2 – Etážový způsob těžby a doprava vápence na dampru.....	15
Obr. č. 3 – Materiálový tok.....	16
Obr. č. 4 – Poloha firmy Coal Mill (Google maps).....	17
Obr. č. 5 – Autocisterny pro přepravu sypkých hmot (ilustrační foto).....	18
Obr. č. 6 – Pec č. 3 a silo na uhelný prach.....	19
Obr. č. 7 – Schéma plnění zásobního sila z automobilové cisterny.....	23
Obr. č. 8 – Automobilová cisterna na dopravu uhelného prachu.....	24
Obr. č. 9 – Dopravní trasa automobilové cisterny.....	25
Obr. č. 10 – Vlečka Coal Mill a.s.....	26
Obr. č. 11 – Vlečka Vápenka Vitošov s.r.o.....	26
Obr. č. 12 – Plánování trasy železnice.....	27
Obr. č. 13 – Doplněné schéma plnění zásobního sila z vagonu.....	29
Obr. č. 14 – Uvažovaná dopravní trasa.....	31

Seznam tabulek:

Tab. č. 1 – Technické údaje.....	30
Tab. č. 2 – Zvolená kritéria a jejich povaha.....	35
Tab. č. 3 – Metoda pořadí, hodnocení jednotlivými experty.....	36
Tab. č. 4 – Výpočet bazickou metodou.....	37
Tab. č. 5 – Výpočet metodou PATTERN.....	38
Tab. č. 6 – Klasifikace prostorů s nebezpečím výbuchu do zón.....	39
Tab. č. 7 – Finanční zhodnocení projektu.....	42
Tab. č. 8 – Porovnání dopravy.....	43