

# VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba

**Hornicko-geologická fakulta**

Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

## OPTIMALIZACE KOLOVÉ DOPRAVY NA LOMOVÝCH PROVOZECH PŘI VÝROBĚ DRCENÉHO KAMENIVA

Disertační práce

|                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| <b>Autor:</b>            | Ing. et Ing. Jindřich Haverland   |
| <b>Školitel:</b>         | Doc. Ing. Milan Mikoláš, Ph.D.    |
| <b>Studijní program:</b> | Hornictví                         |
| <b>Obor:</b>             | Hornictví a hornická geomechanika |

Ostrava 2015

# Anotace

Předložená disertační práce s názvem Optimalizace kolové dopravy v lomovém provozu při výrobě drceného kameniva si klade za cíl navázat na existující metodiky a zefektivnit kolovou dopravu v lomovém provozu ve dvou významných průmyslových podnicích a její výsledky a závěry zobecnit pro všechny kamenolomy zabývající se výrobou drceného kameniva s dodržением všeobecně platných pravidel pro lomovou dopravu. Návrh dílčích metodik uplatnění různých postupů, technik a modelů pro optimalizaci kolové dopravy v lomovém provozu řešených v disertační práci využívají metody, které budou uplatnitelné při různých postupech optimalizace kolové dopravy v lomovém provozu. V disertační práci se budu konkrétně zabývat převozem a nakládáním rubaniny pomocí nákladních vozidel a dumperů od rozvalu k technologické lince a zpět k místu nakládání. Tyto metody jsou následně aplikovány u podniků Považská cementárna, a. s. v kamenolomu Ladce - Butkov a v podniku DOBET, spol. s r.o. v kamenolomu Krhanice a bude možné, je využít jako bázi znalostí pro využití v obdobných typech provozů, včetně posouzení jednotlivých návrhů.

**Klíčová slova:** kamenolom, lomové dobývání, kolová doprava, optimalizace, dumper, rubanina, hornina, drcené kamenivo

# Annotation

This thesis Optimizing Wheeled Transport in the Quarry Operation in the Production of Crushed Stone aims to build on the existing methodology and streamline wheeled transport in quarry traffic in two major industrial enterprises and its results and conclusions generalize to all quarries engaged in the production of crushed stone s compliance with the generally accepted rules for quarry transport. The proposed individual methodologies applying various methods, techniques and optimization models for wheeled transport in the fracture operation of the solution in the thesis uses methods that are exercisable at various optimization procedures wheeled transport in the quarry traffic operation. In the dissertation I will specifically address the conveyance through the muck and dumper trucks from the bench to the technological line and back to the loading points. These methods are then applied in enterprise Považská cementáreň a. s. in a quarry Ladce - Butkov and enterprise DOBET spol. s r. o. in a quarry Krhanice and will be used as a knowledge base for use in similar types of operations, including assessment of individual proposals.

**Keywords:** Quarry, Quarrying, Wheeled Transport, Optimization, Dumper, Muck, Rock, Crushed Stone

## **Čestné prohlášení a souhlas s publikováním**

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně, podle pokynů školitele, s použitím uvedené literatury, v souladu se směrnicí děkana HGF \_SME\_10\_001/2009 disertační práce a autoreferát a v souladu se Studijním a zkušebním řádem pro studium v doktorských studijních programech Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.

V souladu s §47a zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů souhlasím s publikováním textu své práce na webové stránce HGF VŠB – TU Ostrava.

V Ostravě 11. března 2015

Ing. et Ing. Jindřich Haverland

## Motivace

Oblast snižování provozních nákladů provozů je v současné době velmi aktuálním tématem. Je to dáno jednak tím, že se trvale zvyšuje nejistota, konkurenceschopnost a roste počet změn v současných podmínkách podnikání. Důsledky těchto změn se značným způsobem projevují i v primární výrobě, protože ta je úzce spjata se sekundární sférou průmyslu. Schopnost podniku optimalizovat své náklady se v takovém prostředí stává rozhodujícím faktorem úspěchu. V předložené disertační práci je hlavním cílem řešení problematiky optimalizace kolové dopravy na lomových provozech vybraných těžebních podniků.

Odhad vývoje stavební produkce v České a Slovenské republice pro nadcházející dva roky 2015 a 2016 svědčí o trendu pomalého růstu. Což zavrhuje podnět k potřebě postupného snižování provozních nákladů a potřebě optimalizace lomového provozu. Podle mého názoru, není v současné době na trhu dostatek odborných publikací zabývajících se snižováním provozních nákladů u těžebních podniků nebo optimalizací kolové dopravy v hornictví, a proto si myslím, že tato publikace bude přínosem pro zvyšování efektivity lomových provozů v oblastech optimalizace kolové dopravy.

Předpokladem disertační práce je, že výsledky a závěry této práce budou mít obecné využití pro všechny kamenolomy zabývající se výrobou drceného kameniva v České a Slovenské republice, ale i v jiných zemích Evropské unie.

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé disertační práce Doc. Ing. Milanu Mikolášovi, Ph.D. za odbornou pomoc a připomínky k této disertační práci. Dále děkuji své rodině a svým nejbližším za podporu a porozumění, které mi velice pomáhalo po celou dobu studií, dále svému zaměstnavateli, který mi umožnil studovat a v neposlední řadě také děkuji všem přátelům.

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| Anotace .....   | 1  |
| Annotation .....  | 2  |
| Obsah .....   | 1  |
| Seznam Obrázků .....  | 4  |
| Seznam Tabulek .....  | 6  |
| Úvod .....  | 7  |
| 1 Vymezení cíle disertační práce .....  | 10 |
| 2 Analýza současného stavu těžebního průmyslu .....   | 13 |
| 2.1 Surovinové zdroje České a Slovenské republiky .....   | 13 |
| 2.2 Klasifikace zásob .....   | 13 |
| 2.2.1 Mezinárodní klasifikace zásob a zdrojů nerostných surovin .....   | 13 |
| 2.2.2 Klasifikace zásob a zdrojů v České republice .....  | 14 |
| 2.2.3 Porovnání českého a mezinárodního systému klasifikací .....   | 19 |
| 2.2.4 Klasifikace zásob a zdrojů ve Slovenské republice .....   | 20 |
| 2.3 Právní rámec těžby surovinových zdrojů na území České republiky .....   | 21 |
| 2.4 Právní rámec těžby surovinových zdrojů na území Slovenské republiky .....   | 23 |
| 2.5 Ekonomická situace podniků těžících nerostné suroviny v České republice .....                                     | 23 |
| 2.6 Ekonomická situace podniků těžících nerostné suroviny ve Slovenské republice ...<br>.....                         | 27 |
| 2.7 Kamenolomy, jejich historie a vývoj .....   | 28 |
| 2.7.1 Vývoj na trhu u drceného kameniva .....   | 31 |
| 2.7.2 Vývoj cen drceného kameniva .....   | 31 |
| 2.7.3 Evidovaná ložiska drceného kameniva na území České republiky .....  | 32 |
| 2.7.4 Evidovaná ložiska drceného kameniva na území Slovenské republiky .....  | 34 |
| 2.7.5 Evidovaná ložiska vápence a slínů na území Slovenské republiky .....  | 35 |
| 2.7.6 Technologie těžby hornin v kamenolomu .....   | 37 |
| 2.8 Dopravní řád nekolejových vozidel v České a Slovenské republice .....   | 38 |
| 3 Lomový provoz a popis procesů kolové dopravy při výrobě drceného kameniva ve<br>vybraných těžebních podnicích ..... | 39 |
| 3.1 Otvírka lomu .....  | 39 |
| 3.1.1 Ohraničení lomového pole a jeho životnost .....   | 40 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1.2 | Otvírka zářezem .....   | 40 |
| 3.1.3 | Otvírka hruškou.....  | 41 |
| 3.1.4 | Otvírka kamenolomu .....  | 42 |
| 3.2   | Výsypkové hospodářství lomu .....   | 43 |
| 3.3   | Systémy lomového dobývání .....   | 44 |
| 3.4   | Mechanizace dobývacích prací při lomovém dobývání.....  | 46 |
| 3.5   | Doprava na lomech .....   | 46 |
| 3.5.1 | kolejová doprava.....   | 48 |
| 3.5.2 | Pásová doprava .....  | 49 |
| 3.5.3 | Kolová doprava .....  | 50 |
| 3.6   | Přehled strojů pro zemní a meliorační práce.....  | 54 |
| 3.6.1 | Dozery .....  | 54 |
| 3.6.2 | Nakladače.....  | 55 |
| 3.6.3 | Skrejpry .....  | 57 |
| 3.6.4 | Grejdry .....   | 58 |
| 3.6.5 | Dumpery .....   | 59 |
| 3.7   | Kamenolom Ladce - Butkov .....  | 60 |
| 3.7.1 | Stav zásob ložiska Ladce - Butkov .....   | 61 |
| 3.7.2 | Hydrogeologická charakteristika ložiska.....  | 63 |
| 3.7.3 | Petrografické a hydrogeologické vlastnosti.....   | 63 |
| 3.7.4 | Přepravní vzdálenosti v lomu Butkov .....   | 63 |
| 3.7.5 | Seznam vozidel pro kolovou dopravu v lomu Butkov .....  | 64 |
| 3.8   | Kamenolom Krhanice .....  | 64 |
| 3.8.1 | Geologická, petrografická a hydrogeologická charakteristika ložiska .....                                   | 65 |
| 3.8.2 | Stav zásob .....  | 66 |
| 4     | Návrh optimalizace kolové dopravy v konkrétních lomových provozech .....                                    | 69 |
| 4.1   | Predikce vývoje stavebnictví v České republice.....   | 69 |
| 4.1.1 | Časové řady.....  | 70 |
| 4.1.2 | Predikce vývoje stavební produkce v České republice pomocí dvojitého<br>exponenciálního vyrovnání.....      | 73 |
| 4.1.3 | Simulace Monte Carlo a Latin Hypercube Sampling.....  | 75 |
| 4.1.4 | Simulace vývoje indexů stavební produkce v ČR metodou Monte Carlo.....                                      | 76 |
| 4.1.5 | Predikce vývoje stavební produkce ve Slovenské republice pomocí dvojitého<br>exponenciálního vyrovnání..... | 78 |



|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.1.6 | Simulace vývoje indexů stavební produkce v SR metodou Monte Carlo .....  | 81  |
| 4.2   | Optimalizace vybraného procesu lomové dopravy v kamenolomu Ladce – Butkov .....                                    | 83  |
| 4.2.1 | Výpočet výkonnosti nakladače, doby nakládky a počtu vozidel pro daný typ nakladače .....                           | 84  |
| 4.2.2 | Vytvoření směrného plánu motohodin vybraného typu nákladního vozidla....   | 85  |
| 4.3   | Optimalizace vybraného procesu lomové dopravy v kamenolomu Krhanice .....  | 95  |
| 4.3.1 | Výpočet výkonnosti nakladače, doby nakládky a počtu vozidel pro daný typ nakladače .....                           | 95  |
| 4.3.2 | Vytvoření směrného plánu motohodin vybraného typu nákladního vozidla....   | 96  |
| 5     | Přínosy disertační práce k rozvoji oboru kolové dopravy v lomových provozech a přínosy do pedagogické oblasti..... | 102 |
| 6     | Ověření funkčnosti a aplikovatelnosti modelu a dílčích metodik v podmínkách reálné praxe.....                      | 104 |
|       | Závěr .....  | 105 |
|       | Použitá literatura .....   | 107 |
|       | Seznam Příloh .....  | 110 |
|       | Vlastní publikační činnosti .....  | 111 |
|       | Příloha 1 Vybraná a plánovaná vozidla na lomu Ladce - Butkov .....   | 113 |
|       | Příloha 2 Vybraná vozidla v kamenolomu Krhanice .....  | 116 |

# Seznam Obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1-1 Hlavní a dílčí cíle disertační práce rozpracované v jednotlivých bodech.....  | 10 |
| Obrázek 2-1 Kategorie geologických zásob v České republice před rokem 1989 .....  | 15 |
| Obrázek 2-2 Kategorie geologických zásob v České republice po roce 1989.....  | 18 |
| Obrázek 2-3 Počet těžebních podniků v České republice z dat ČSÚ a výročních správ<br>společností - vlastní zpracování .....   | 24 |
| Obrázek 2-4 počet pracovníků v těžebním průmyslu z dat ČSÚ a výročních správ<br>společností - vlastní zpracování .....  | 25 |
| Obrázek 2-5 Tržby těžebních podniků v České republice z dat ČSÚ a výročních správ<br>společností - vlastní zpracování .....   | 27 |
| Obrázek 2-6 počet pracovníků v těžebním průmyslu – Slovenská republika z dat SSÚ a<br>výročních správ společností - vlastní zpracování.....                                 | 28 |
| Obrázek 2-7 Evidovaná ložiska drceného kameniva na území České republiky k roku 2012<br>(zdroj: Statistická ročenka nerostných surovin, Česká geologická služba, 2013)..... | 33 |
| Obrázek 2-8 Evidovaná ložiska vápence a slínů na území Slovenské republiky .....  | 35 |
| Obrázek 3-1 Nakládání vytěžené horniny kolovým nakladačem na dump.....  | 44 |
| Obrázek 3-2 Způsoby lomového dobývání podle směru přemístování hornin a zemin ....  | 45 |
| Obrázek 3-3 Čtyři základní fáze při technologickém procesu zpracování hornin.....   | 46 |
| Obrázek 3-4 Vybudovaná dopravní infrastruktura v kamenolomu.....  | 51 |
| Obrázek 3-5 Postup výběru vhodného typu nakladače.....  | 57 |
| Obrázek 3-6 Dump Liebherr T 282B .....  | 60 |
| Obrázek 3-7 Kamenolom Ladce – Butkov .....  | 62 |
| Obrázek 3-8 Kamenolom Krhanice .....  | 67 |
| Obrázek 4-1 Zpracovaný odhad predikce časové řady pomocí dvojitého exponenciálního<br>vyrovnání v programu STATISTICA 7 indexu stavební produkce v ČR .....                 | 74 |
| Obrázek 4-2 Vývoj průměrných hodnot za časové období v ČR.....  | 75 |
| Obrázek 4-3 Odhad indexu stavební produkce ČR pomocí trojúhelníkového rozdělení ....  | 77 |
| Obrázek 4-4 Odhad indexu stavební produkce ČR pomocí PERT rozdělení.....  | 78 |
| Obrázek 4-5 Zpracovaný odhad predikce časové řady pomocí dvojitého exponenciálního<br>vyrovnání v programu STATISTICA 7 indexu stavební produkce v SR .....                 | 80 |
| Obrázek 4-6 Vývoj průměrných hodnot za časové období v SR.....  | 81 |
| Obrázek 4-7 Odhad indexu stavební produkce SR pomocí trojúhelníkového rozdělení.....  | 82 |
| Obrázek 4-8 Odhad indexu stavební produkce SR pomocí PERT rozdělení .....   | 83 |
| Obrázek 4-9 Výběr závisle a nezávisle proměnné .....  | 87 |
| Obrázek 4-10 Výsledky vícerozměrné regrese .....  | 88 |
| Obrázek 4-11 Výsledky regrese se závisle proměnnou KOMATSU HD405.....   | 89 |
| Obrázek 4-12 Simulované hodnoty PERT pomocí metody Monte Carlo u KOMATSU HD405<br>.....   | 91 |
| Obrázek 4-13 Simulace regresního modelu PERT motohodin pomocí metody Monte Carlo<br>u vozidla KOMATSU HD405 .....   | 92 |
| Obrázek 4-14 Schéma stanovení modelu .....  | 93 |
| Obrázek 4-15 Oblast kumulativní distribuční funkce (S-křivka) .....   | 94 |
| Obrázek 4-16 Výsledky regrese se závisle proměnnou pro Liebherr 544 .....   | 98 |
| Obrázek 4-17 Simulované hodnoty PERT pomocí metody Monte Carlo u Liebherr 544 ....  | 99 |

|   |     |
|---|-----|
| Obrázek 4-18 Simulace regresního modelu PERT motohodin pomocí metody Monte Carlo<br>u nakladače Liebherr 544..... | 100 |
| Obrázek 4-19 Hlavní faktory vnitřního a vnějšího prostředí těžebního podniku .....                                | 101 |

# Seznam Tabulek

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 2-1 Porovnání českého a mezinárodního systému klasifikací.....   | 19 |
| Tabulka 2-2 Počet těžebních podniků v České republice z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování .....                   | 24 |
| Tabulka 2-3 Počet pracovníků v těžebním průmyslu z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování .....                        | 25 |
| Tabulka 2-4 Tržby těžebních podniků v České republice v mil. z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování .....            | 26 |
| Tabulka 2-5 Počet pracovníků v těžebním průmyslu – Slovenská republika z dat SSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování.....   | 28 |
| Tabulka 2-6 Ceny drceného kameniva v různých státech Evropské unie v letech 2008 – 2014 EUR·t <sup>-1</sup> (zdroj: vlastní výpočet) ..... | 32 |
| Tabulka 2-7 Výhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba v České republice – vlastní zpracování.....                                     | 33 |
| Tabulka 2-8 Nevýhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba v České republice – vlastní zpracování.....                                   | 34 |
| Tabulka 2-9 Výhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba ve Slovenské republice – vlastní zpracování.....                                | 34 |
| Tabulka 2-10 Vysokopecní vápenec - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování.....  | 36 |
| Tabulka 2-11 Ostatní vápenec - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování....   | 36 |
| Tabulka 2-12 Slín - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování.....   | 36 |
| Tabulka 2-13 Sialitická surovina - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování.....  | 37 |
| Tabulka 2-14 Technologie a typy strojů a zařízení u těžby v kamenolomu při výrobě drceného kameniva – vlastní zpracování.....              | 37 |
| Tabulka 3-1 Základní parametry dozerů .....  | 55 |
| Tabulka 3-2 Technické parametry nakladačů .....  | 56 |
| Tabulka 3-3 Stav ověřených a vytěžitelných zásob.....  | 62 |
| Tabulka 3-4 Přepravní vzdálenosti v lomu Butkov .....  | 63 |
| Tabulka 3-5 Ekonomické vyhodnocení a porovnání vozidel za rok 2014.....  | 64 |
| Tabulka 3-6 Bilanční zásoby kamenolomu Krhanice .....  | 66 |
| Tabulka 3-7 Bilanční zásoby prozkoumané kamenolomu Krhanice .....  | 67 |
| Tabulka 4-1 Vstupní data pro predikci vývoje stavební produkce ČR, rok 2010 = 100 .....  | 73 |
| Tabulka 4-2 Predikované hodnoty časové řady pomocí exponenciálního vyrovnání - ČR..  | 74 |
| Tabulka 4-3 Vypočtené indexy - ČR .....  | 77 |
| Tabulka 4-4 Vstupní data pro predikci vývoje stavební produkce SR, rok 2010 = 100 .....  | 79 |
| Tabulka 4-5 Predikované hodnoty časové řady pomocí exponenciálního vyrovnání - SR..  | 80 |
| Tabulka 4-6 Vypočtené indexy - SR.....   | 81 |
| Tabulka 4-7 Souhrn naměřených dat pro KOMATSU HD405 za rok 2014.....   | 86 |
| Tabulka 4-8 Směrný plán pro rok 2015.....  | 90 |
| Tabulka 4-9 Souhrn naměřených dat pro Liebherr 544 za rok 2014.....  | 95 |
| Tabulka 4-10 Souhrn naměřených dat pro Liebherr 544 za rok 2014.....   | 97 |
| Tabulka 4-11 Směrný plán pro rok 2015.....   | 98 |

# Úvod

Současné ekonomické podmínky můžeme charakterizovat globálními změnami v podnikatelském sektoru, které se v důsledku projevují propojováním světa formou fúzí a akvizic podniků, neustálými změnami legislativních předpisů a norem ze strany státních správ, rychlým vývojem nových informačních technologií a zvýšenou intenzitou inovačních a vývojových procesů.

Silná konkurence a tlak na ceny výrobků nutí podniky zvyšovat efektivnost svých procesů, inovovat výrobky, výrobní postupy i zařízení a provádět přesuny výrobních kapacit do zemí s nižšími náklady na produkci. Globalizace a nízké náklady na pracovníky zejména v Asii spolu s růstem IT technologií vede k outsourcingu obchodních a daňových procesů nebo tzv. offshoringu, tj. činnosti se přenášejí do zemí s nákladovou úsporou.

Důsledky těchto změn se značným způsobem projevují i v primární výrobě (těžba surovin, lesnictví, zemědělství, rybolov), neboť ta je úzce spjata se sekundární sférou - průmyslem, energetikou a stavebnictvím. Poslední ekonomická krize, která odstartovala prasknutím bubliny hypotečního trhu v USA a krachem několika velkých amerických bank skončila nedávno a promítla se díky globalizaci do všech odvětví průmyslu, včetně odvětví služeb.

Důsledek této krize znamenal tlak na cenu výrobku, včetně produktů těžebního a stavebního průmyslu, ten se projevil ve snížené poptávce a způsobil tak tlak na ceny těžebních surovin.

Vznik a rozvoj hornictví přímo souvisí s rozvojem a potřebami lidské společnosti, která zavdala příčinu ke vzniku mnoha sídel a měst. Těžba nerostných surovin na území dnešní České a Slovenské republiky byla historicky většinou svázána s rozvojem těžby stříbra a zlata sahající do 13. století.

Po skončení 2. světové války se ve střední Evropě začala výrazně rozvíjet stavební aktivita, která se v 50. letech ještě zvyšovala. Rozvoj energetiky, strojírenství a infrastruktury díky rychle rostoucí poptávce v 50. až 70. letech 20. století způsobil rozvoj velkolomového způsobu těžby především v lokalitě Severočeského hnědouhelného revíru [1].

Obecně platí, že těžební průmysl má výrazně regionální charakter a se zvyšující se vzdáleností od zákazníka rostou i náklady na přepravu a tím se zvyšuje konečná cena produktu. Ekonomické studie uvádějí, že až 30 procent z ceny výrobku v těžebním průmyslu tvoří právě náklady na manipulaci s materiálem. Z tohoto důvodu nabývá optimalizace nákladů v těžebním průmyslu na významu a její způsob řízení představuje jednu z důležitých konkurenčních výhod, které mohou rozhodovat o další existenci závodu rozhodujícím způsobem.

Disertační práce kromě literárních zdrojů pracuje s informacemi a znalostmi kolové dopravy od významných průmyslových podniků Považská cementáreň, a. s. a DOBET, spol. s r.o. Při bližší spolupráci s těmito podniky poté došlo k vykrystalizování potřeb podniku v oblastech optimalizace kolové dopravy na lomových provozech při výrobě drceného kameniva.

Česká a Slovenská ekonomika je v poměru na obyvatele velmi výkonnou, proexportně zaměřenou ekonomikou a její páteří jsou relativně velké nebo střední průmyslové podniky. Pro většinu odvětví zpracovatelského průmyslu disponuje Česká republika vlastními zdroji nerudných surovin, avšak co se týče kapalných a plyných paliv, je Česká a Slovenská republika závislá na dovozu energetických a chemických surovin, zejména ropy a zemního plynu. Dováží se také rudy kovů, síra, soli a fosfáty.

Česká a slovenská ekonomika je i přes mnoho změn v posledních letech stále postavena na strojírenské výrobě a těžební produkci vybraných surovin, které tvoří klíčové prvky národního hospodářství obou zemí [2].

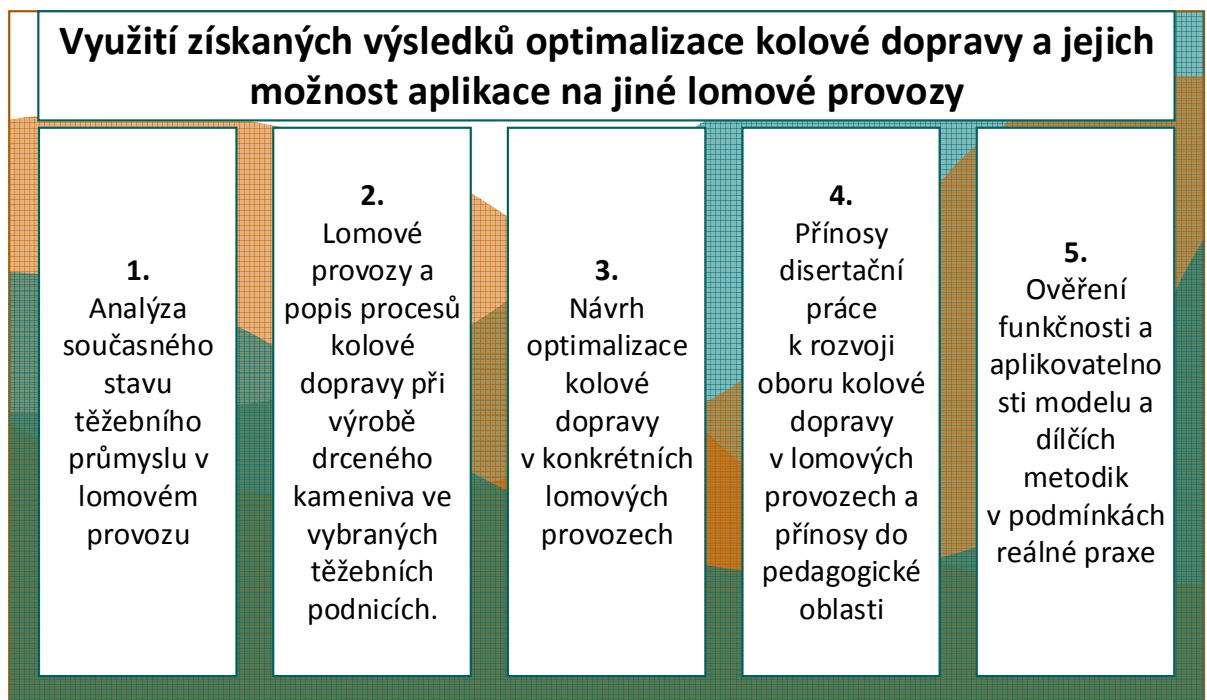
Nerostné zdroje České a Slovenské republiky jsou ve srovnání s ostatními zeměmi velmi dobře prozkoumané a to díky dlouhodobému vynakládání nemalých finančních prostředků na extenzivní zkoumání a zajištění nerostného potenciálu státu. V současné době se situace v obou zemích zlepšuje, roste poptávka a kapacitní zajištění výrobních programů, předpokládá se i nadále růst cen vlastní produkce [3], [4] [5].

Pro účely této práce a ochranu citlivých dat podniků byla získaná data upravena tak, aby nebyla uvolněna citlivá data, ale zároveň aby byl zachován jejich smysl a charakter. Smyslem výpočtu regresních modelů a následné simulace bylo představit využití těchto nástrojů v praxi, a proto byl snížen počet vozidel při výpočtu a zjednodušen jejich popis.

## 1 Vymezení cíle disertační práce

Disertační práce je zaměřena na oblast těžebního průmyslu, konkrétněji na oblast optimalizace kolové dopravy v lomových provozech při výrobě drceného kameniva. Hlavním cílem a přínosem disertační práce je, že výsledky a závěry technicko - ekonomické možnosti optimalizace kolové dopravy v lomovém provozu a její aplikovatelnosti na vybraných provozech budou mít obecné využití pro všechny kamenolomy zabývající se těžbou stavebního kamene a cementářských surovin s dodržením všeobecně platných pravidel pro lomovou dopravu.

Hlavní cílem práce je tedy využití získaných výsledků optimalizace kolové dopravy a jejich možnost aplikace na jiné lomové provozy. Dílčí cíle disertační práce jsou rozpracovány v následujících bodech na obrázku 1-1.



Obrázek 1-1 Hlavní a dílčí cíle disertační práce rozpracované v jednotlivých bodech



**1. Analýza současného stavu těžebního průmyslu v lomovém provozu.**

Výsledkem provedené analýzy je identifikace současného stavu v těžebním průmyslu a současného stavu v lomovém provozu, včetně klasifikace zásob nerostných surovin. Součástí kapitoly je i ekonomická analýza, posouzení a zhodnocení současné situace podniků těžících nerostné suroviny v České a Slovenské republice.

**2. Lomový provoz a popis procesů kolové dopravy při výrobě drceného kameniva ve vybraných těžebních podnicích.**

Výsledkem je charakteristika vybraných těžebních podniků zabývajících se výrobou drceného kameniva a popis jejich procesů kolové dopravy. Zabývá se zde převozem rubaniny pomocí nákladních automobilů a dumperů od rozvalu k technologické lince a zpět k místu nakládání.

**3. Návrh optimalizace kolové dopravy v konkrétních lomových provozech.**

Pro splnění tohoto cíle jsou zpracovány informace a znalosti týkající se optimalizace kolové dopravy v lomovém provozu pro výrobu drceného kameniva z podniků Považská cementáreň, a. s. v kamenolomu Ladce - Butkov a v podniku DOBET, spol. s r.o. v kamenolomu Krhanice, které je poté možné využít jako bázi znalostí pro využití v obdobných typech provozů.

**4. Přínosy disertační práce k rozvoji oboru kolové dopravy v lomových provozech a přínosy do pedagogické oblasti.**

Výsledkem disertační práce jsou definované přínosy, které přispějí k rozvoji oboru kolové dopravy v lomových provozech zabývajících se výrobou drceného kameniva a přispějí také k přínosům do pedagogické oblasti.

**5. Ověření funkčnosti a aplikovatelnosti modelu a dílčích metodik v podmínkách reálné praxe.**

*V praxi byla ověřena aplikovatelnost navržené optimalizace kolové dopravy v lomovém provozu pro výrobu drceného kameniva a v rámci zpětné vazby bylo využito informací z ověřování k odstranění nedostatků a optimalizování výsledného návrhu. Praktické ověření funkčnosti a aplikovatelnosti návrhu a technik určených pro uvedenou optimalizaci kolové dopravy bude probíhat ve výše zmíněných provozech kamenolomů.*

Disertační práce kromě domácích a zahraničních literárních zdrojů pracuje s informacemi a znalostmi z podniků Považská cementáreň, a. s. v kamenolomu Latce - Butkov a v podniku DOBET, spol. s r.o. v kamenolomu Krhanice. Předpokladem disertační práce je, že výsledky a závěry této práce budou mít obecné využití pro všechny kamenolomy zabývající se výrobou drceného kameniva v České a Slovenské republice, ale i v jiných zemích Evropské unie.

## 2 Analýza současného stavu těžebního průmyslu

V této kapitole je zanalyzován současný stav těžebního průmyslu na území České a Slovenské republiky, neboť disertační práce je zaměřena na lokální problematiku kolové dopravy v lomovém provozu a těžba na území České a Slovenské republiky je spojena s místními zpracovatelskými podniky rovněž nacházející se na tomto území.

### 2.1 Surovinové zdroje České a Slovenské republiky

Podle [3] bylo v České republice roku 2012 registrováno cca 1 500 výhradních a 848 nevýhradních ložisek nerostných surovin s evidovanými zásobami. Počet těžených ložisek byl výrazně nižší – 495 výhradních a 209 nevýhradních. Ve zvláště chráněných územích přírody České republiky se dobývalo pouze 40 výhradních a 15 nevýhradních ložisek, tedy 8,1 % resp. 7,2 % z celkových počtů.

Podle [4] je na území Slovenské republiky evidovaných 621 výhradních ložisek s cca 16,5 mld. tun zásob nerostných surovin s podstatnou převahou nerudných surovin cca 12,5 mld. tun zásob. Energetické suroviny tvoří 91 výhradních ložisek s celkovými geologickými zásobami 1 151 mil. tun, z toho 470 mil. tun je vykazovaných jako bilanční zásoby. Zásoby stavebních surovin tvoří cca 2 516 mil tun.

### 2.2 Klasifikace zásob

Zásoby nerostných surovin jsou klasifikovány na základě úrovně geologického průzkumu a ekonomické proveditelnosti jejich těžby, a proto slouží jako podklad pro investiční plánování a technologické posouzení způsobu jejich těžby.

#### 2.2.1 Mezinárodní klasifikace zásob a zdrojů nerostných surovin

Podle [5] se mezinárodní systémy klasifikující zásoby a zdroje nejrychleji vyvíjely v poslední čtvrtině dvacátého století. V roce 2001 byly publikovány Evropské principy pro oznamování výsledků průzkumu nerostných surovin, zdrojů a zásob nerostných surovin European Code for Reporting of Mineral Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves [6]. Odpovídají oznamovacím standardům australské, kanadské, jihoafrické a dalších organizací

seskupených v Combined Reserves International Reporting Standards Committee, které se nyní označují jako Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards – CRIRSCO, což je podvýbor CMMI (Council of Mining and Metallurgical Industries).

Uvedené definice jsou v souladu s definicemi UNFC (United Nations Framework Classification) klasifikace OSN publikované UN-ECE v roce 1997. Tato klasifikace člení tak, jako např. klasifikace USA [8], své kategorie podle ekonomické dosažitelnosti v jednom směru do 3 skupin. Na členění podle stupně geologického poznání ale neužívá jedno kritérium (ověřenost podle množství uskutečněných technických prací), jak je obvyklé, ale dvě kritéria podle toho, ve které ze 4 fází průzkumu byla daná nerostná surovina vyhledána nebo ověřena.

Celkem tak v prostoru mezi osami E (ekonomické), F (feasibility – dosažitelnosti) a G (geologické) může být mechanicky stanoveno 36 kategorií, z nichž ale reálně existuje asi 10. Kategorie jsou označovány tříciferným kódem.

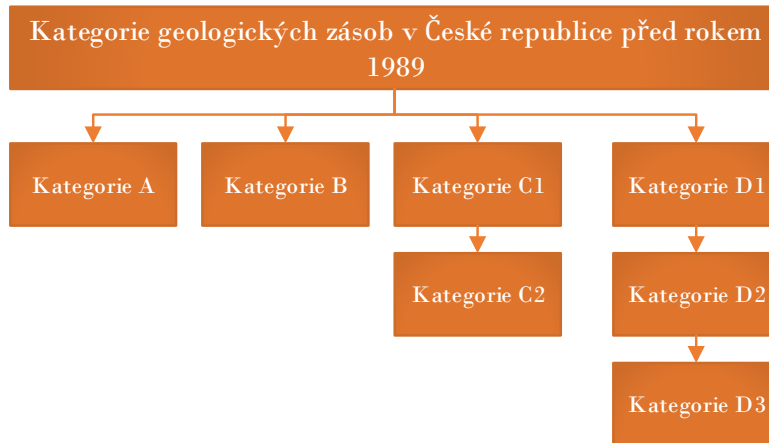
#### 2.2.2 Klasifikace zásob a zdrojů v České republice

V bývalém Československu byla po roce 1948 postupně přijímána klasifikace zásob nerostných surovin SSSR. V roce 1952 byla zřízena Komise pro klasifikaci zásob (KKZ) jako nejvyšší státní orgán, který přezkoumával kategorizaci a výpočty zásob všech druhů nerostných surovin mimo radioaktivních surovin. Geologické zásoby nerostných surovin se tak z počátku členily na dvě skupiny a jednotlivé kategorie [8].

Základní členění skupiny geologických zásob podle průmyslové využitelnosti členíme na bilanční a nebilanční:

- nebilanční zásoby nejsou dobyvatelné v současné době pro nízký obsah užitkových složek, malou mocnost ložiska, zvláště komplikované podmínky dobývání, nebo pro neznalost metody ekonomického zpracování daného typu suroviny, avšak mohou se považovat za využitelné v budoucnosti
- bilanční zásoby jsou dobyvatelné, vyhovují průmyslovému využití a báňsko-technickým podmínkám pro těžbu.

Geologické zásoby můžeme dále podle stupně prozkoumatelnosti ložiska jsme v minulosti členili do jednotlivých kategorií před rokem 1989 podle obrázku 2-1:



Obrázek 2-1 Kategorie geologických zásob v České republice před rokem 1989

Kategorie A – zde byly geologické zásoby podrobně prozkoumány a ohraničeny hornickými pracemi nebo vrty, anebo jejich kombinací. Úložní poměry, rozložení jakostních druhů užitečných složek v ložisku a technologické vlastnosti nerostné suroviny jsou známy natolik, že umožňují vypracovat způsob úpravy a zpracování suroviny. Byly určeny přírodní typy a průmyslové druhy nerostné suroviny. K zásobám A patřily ty části ložiska, kde úložné poměry, hydrogeologické a těžební podmínky byly známy natolik, že bylo možné vypracovat způsob otvírky ložiska.

Kategorie B – zde byly geologické zásoby prozkoumány a ohraničeny hornickými díly nebo vrty, nebo jejich kombinací v řidší síti než u kategorie A. Dále sem patřily zásoby ložisek přiléhající k blokům kategorie A, ověřené průzkumnými pracemi. Způsob uložení, přírodní typy a průmyslové druhy suroviny byly stanoveny bez znalosti jejich detailního rozmístění v ložisku. Jakost a technologické vlastnosti suroviny byly určeny v rozsahu, který dovoluje zásadní výběr způsobu zpracování. Hydrogeologické poměry a všeobecné zásady otevření ložiska jsou dostatečně objasněny.

Kategorie C1 – zde byly geologické zásoby zjištěny řídkou sítí vrtů nebo hornických děl, nebo jejich kombinací, dále zásoby, které přiléhají k zásobám kategorie A, B, byly z geologického hlediska odůvodněné. Patřily k nim také zásoby poměrně složitých ložisek s velmi nepravidelným rozložením užitkové složky, i když byla tato ložiska podrobně prozkoumána. Patřily sem zásoby ložisek částečně vydobytých metodami o malé výrubnosti. Úložné poměry, jakost, průmyslové druhy a technologie zpracování suroviny byly stanoveny na základě rozborů nebo laboratorních zkoušek vzorků, nebo na základě analogie s prozkoumanými ložisky podobného druhu. Hydrogeologické poměry a zásady otevření ložiska byly stanoveny zcela všeobecně.

Kategorie C2 – zde byly geologické zásoby předpokládané na základě geologických a geofyzikálních údajů, potvrzených ovzorkováním ložiska nerostné suroviny z výchozů nebo z ojedinělých vrtů či báňských děl. Dále zásoby přiléhající k zásobám kategorií A, B, C1, kde jsou k tomu geologické předpoklady.

Vypracování projektů včetně plánování investic do výstavby těžebních závodů se povolovalo na základě analýz bilančních zásob nerostných surovin nacházejících se v kategorii A+B+C1, které představovaly tedy zásoby způsobilé k průmyslovému využití.

Komise pro klasifikaci zásob zavedla v roce 1963 další kategorii nazvanou prognózní zásoby, kterou uveřejnila v novele svých Zásad pro klasifikaci zásob pevných nerostných surovin. Prognózní zásoby byly definovány jako neprozkoumané zásoby nerostných surovin, předpokládané na základě zákonitostí vzniku a rozmístění ložisek nerostných surovin a výzkumů, řešících geologickou stavbu a historii geologického vývoje zhodnocované oblasti.

Parametry pro vyhodnocení prognózních zásob (směrná délka, mocnost, průměrný obsah užitkových složek apod.) se stanovovaly podle geologických předpokladů nebo se odvodily. Prognózní zásoby, podle Zásad pro klasifikaci zásob pevných nerostných surovin, se nevedly v celostátní bilanci zásob. Sloužily jen jako podklad pro výhledové plánování geologického průzkumu. V roce 1968 Komise pro klasifikaci zásob inovovala definici prognózních zásob a

zavedla dělení geologických zásob na ověřené (průzkumem či těžbou) a předpokládané, čili prognózní.

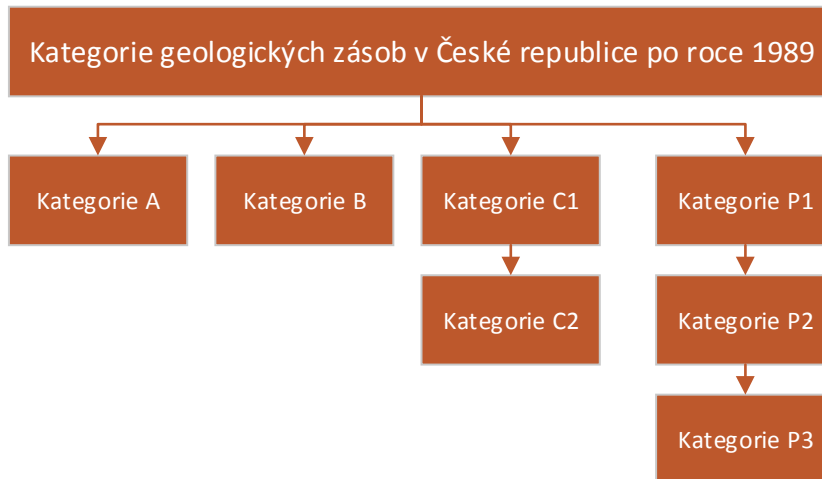
Prognózní geologické zásoby byly zásoby neověřené, ale předpokládal se jejich výskyt na základě geologických, geofyzikálních a jiných vědeckých poznatků. Jednalo se převážně o zásoby větších oblastí a útvarů, v ojedinělých případech o zásoby neprozkoumaných částí velkých struktur nebo ložisek. Zavedením kategorie prognózní zásoby se geologické zásoby označovaly jako total resources (celkové zdroje). Termín zdroje se ve slovníku geologů objevil až po roce 1989. V roce 1981 Český geologický úřad vydal Směrnici, ve které byly dosavadní prognózní zásoby rozděleny na kategorie D1, D2, D3. Prognózní zásoby kategorie D byly poté definovány takto:

Kategorie D1 – navazovaly na ověřené zásoby ložisek nerostných surovin, s nimiž tvořily jeden ložiskový celek. Stanovily se ve vymezených plochách a lze je kvantifikovat na základě pozitivního zjištění existence nerostné suroviny a její základní jakostní charakteristiky.

Kategorie D2 – představovaly územně samostatné ložiska nerostných surovin. Byly stanoveny ve vymezené ploše na základě pozitivního zjištění existence nerostné suroviny a její základní jakostní charakteristiky.

Kategorie D3 – prognózní zásoby této kategorie byly stanoveny na základě regionálního výzkumu. Existence nerostné suroviny v dané lokalitě nebyla dosud prokázána tak, aby bylo možno vymežit plochu jejího výskytu a provést kvantifikaci zásob.

Český geologický úřad vydal v říjnu 1989 Vyhlášku č. 121/1989 Sb., ve které redefinuje kategorie prognózních zásob, mění jejich označení a poprvé v České republice zavádí termín zdroje. Termín prognózní zdroje se od té doby používal místo termínu prognózní zásoby a nahradil tak původní kategorie novými s označením P1, P2, P3 podle obrázku 2-2:



Obrázek 2-2 Kategorie geologických zásob v České republice po roce 1989

Kategorie P1 – podkladem pro tuto kategorii byly výsledky geologického mapování, geofyzikálních, geochemických a jiných prací v prostoru možného výskytu prognózních zdrojů, kdy geologická extrapolace získaných dat vychází ze zjištění, popřípadě ověření části ložiska. V odůvodněných případech se do této kategorie zařadily i plochy s ojedinělými technickými pracemi, které nesplňovaly náležitosti pro zařazení do zásob kategorie C2. Množství a kvalita prognózních zdrojů této kategorie se odhadlo podle daného typu ložiska a jeho části se zjištěnými zásobami.

Kategorie P2 – byly předpokládáné zdroje nerostných surovin v pánvích, revírech a geologických regionech, kde již byla zjištěna ložiska stejného formačního a generačního typu. Přitom se vycházelo z pozitivního hodnocení ložiskových indicií a anomálií zjištěných při geologickém mapování a geofyzikálních, geochemických a jiných pracích, jejichž perspektivnost je v nezbytném případě potvrzena vrtem nebo povrchovými výkopovými pracemi. Odhad prognózních zdrojů předpokládaných ložisek a představa o tvaru a rozměrech těles, jejich složení a kvalitě vycházelo z analogie se známými ložisky stejného typu.

Kategorie P3 – byly zdroje nerostných surovin uvažované s ohledem na příznivé stratigrafické, litologické, tektonické a paleogeografické předpoklady zjištěné v hodnocení oblasti při geologickém mapování a analýzou geofyzikálních a geochemických údajů. Množství a kvalita prognózních zdrojů se odhadla podle předpokládaných parametrů



vývoje ložiska z analogie s podrobněji prozkoumanými oblastmi, kde byla zjištěna nebo ověřena ložiska stejného genetického typu. Prognózní zdroje nerostů v kategorii P3 se vyjadřovaly jen prognózní plochou.

Novela Horního zákona č. 541/1991 Sb. stanovila klasifikaci zásob (výhradního ložiska) podle prozkoumanosti na kategorie vyhledané zásoby a prozkoumané zásoby a podle podmínek využitelnosti na zásoby bilanční a zásoby nebilanční a podle přístupnosti na volné a vázané, což platí do dnešní doby.

### 2.2.3 Porovnání českého a mezinárodního systému klasifikací

Následující schéma a tabulka porovnávají klasifikace zásob a zdrojů České republiky s výše diskutovanými mezinárodními klasifikacemi. Je třeba poznamenat, že české klasifikace dosud jako zásoby označují nebilanční zásoby, tedy zásoby, které nejsou v současnosti dobytelné, což je terminologicky v rozporu s konceptem zásob jak je chápou standardní mezinárodně užívané klasifikace. V nich se za zásoby označuje pouze okamžitě těžitelná nebo pro těžbu bezprostředně připravovaná.

Tabulka 2-1 Porovnání českého a mezinárodního systému klasifikací

| Kód kategorie UNFC | Navržený název kategorie UNFC | Kategorie CMMI            | Česká kategorie do roku 1981                | Česká kategorie v letech 1981-1989          | Česká kategorie v letech 1989-1991          | Česká kategorie v roce 1991                         |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|---|---|---|---|
| 111                | Prowed Mineral Reserve        | Prowed Mineral Reserve    | Část těžitelné části A+B bilančních zásob   | Část těžitelné části A+B bilančních zásob   | Část těžitelné části A+B bilančních zásob   | Část těžitelné části prozkoumaných bilančních zásob |
| 121+122            | Probable Mineral Reserve      | Probable Mineral Reserve  | Část těžitelné části A+B+C bilančních zásob | Část těžitelné části A+B+C bilančních zásob | Část těžitelné části A+B+C bilančních zásob | Část těžitelné části prozkoumaných bilančních zásob |
| 123                |                               | Inferred Mineral Resource | C <sub>2</sub> bilanční zásoby              | C <sub>2</sub> bilanční zásoby              | C <sub>2</sub> bilanční zásoby              | Vyhledané bilanční zásoby                           |
| 211                | Feasibility Mineral Resource  | Measured Mineral Resource | A+B nebilanční zásoby                       | A+B nebilanční zásoby                       | A+B nebilanční zásoby                       | Část prozkoumaných nebilančních zásob               |

|         |                                 |                            |   |  |  |   |
|---------|---------------------------------|----------------------------|---|--|--|---|
| 221+222 | Prefeasibility Mineral Resource | Indicated Mineral Resource | C <sub>1</sub> nebilanční zásoby                          | C <sub>1</sub> nebilanční zásoby                       | C <sub>1</sub> nebilanční zásoby                       | Část prozkoumaných nebilančních zásob               |
| 223     |                                 | Inferred Mineral Resource  | C <sub>2</sub> nebilanční zásoby                          | C <sub>2</sub> nebilanční zásoby                       | C <sub>2</sub> nebilanční zásoby                       | Vyhledané nebilanční zásoby                         |
| 331     | Measured Mineral Resource       | Measured Mineral Resource  | A+B nebilanční zásoby                                     | A+B nebilanční zásoby                                  | A+B nebilanční zásoby                                  | Část prozkoumaných nebilančních zásob               |
| 332     | Indicated Mineral Resource      | Indicated Mineral Resource | C <sub>1</sub> nebilanční zásoby                          | C <sub>1</sub> nebilanční zásoby                       | C <sub>1</sub> nebilanční zásoby                       | Část prozkoumaných nebilančních zásob               |
| 333     | Inferred Mineral Resource       | Inferred Mineral Resource  | C <sub>2</sub> nebilanční zásoby + část prognózních zásob | C <sub>2</sub> nebilanční zásoby + část D <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> nebilanční zásoby + část P <sub>1</sub> | Vyhledané nebilanční zásoby                         |
| 334     | Reconnaissance Mineral Resource | neexistuje                 | Část prognózních zásob                                    | Část D <sub>1</sub> +D <sub>2</sub> +D <sub>3</sub>    | Část P <sub>1</sub> +P <sub>2</sub> +P <sub>3</sub>    | Část P <sub>1</sub> +P <sub>2</sub> +P <sub>3</sub> |

#### 2.2.4 Klasifikace zásob a zdrojů ve Slovenské republice

Klasifikaci zásob výhradních ložisek Slovenské republiky upravuje § 14 zákona číslo 44/1988 Sbírky ve znění pozdějších předpisů a vyhláška SGÚ číslo 6/1992 Sbírky o klasifikaci a výpočtu zásob výhradních ložisek. Zásoby výhradního ložiska podle stupně prozkoumanosti výhradního ložiska nebo jeho části a podle stupně znalostí jeho úložných poměrů, kvality, technologických vlastností a těžebních podmínek se klasifikují do kategorií ověřené zásoby (Z-1), pravděpodobné zásoby (Z-2) a předpokládané zásoby (Z-3). Z pohledu hospodářského využití se zásoby klasifikují na bilanční a nebilanční.

Bilanční zásoby jsou zásoby v současné době využitelné a vyhovující současným technickým, technologickým a ekonomickým podmínkám využití výhradního ložiska nebo jeho části. Nebilanční zásoby jsou zásoby v současné době nevyužitelné, jejich využitelnost se však s ohledem na očekávaný technický, technologický a ekonomický vývoj v budoucnu předpokládá.

Rozhodnutí o zařazení zásob výhradního ložiska nebo jeho části do bilančních nebo nebilančních zásob se provádí na základě podmínek využitelnosti zásob výhradních ložisek, které jsou souborem geologických, technických a ekonomických ukazatelů.

Podmínky hodnocení prognózních zdrojů nerostných surovin upravuje vyhláška Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky číslo 51/2008. Na základě hodnocení ložiskových indicií a anomálií geochemických a jiných prací a na základě analogie s jinými ložisky a oblastmi se prognózní zdroje nerostů člení na skupiny prognózních nerostů P1, P2, P3.

### 2.3 Právní rámec těžby surovinových zdrojů na území České republiky

Podle zákona č. 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů se dělí nerosty na vyhrazené a nevyhrazené. Přírodní nahromadění vyhrazených nerostů tvoří výhradní ložiska, která představují nerostné bohatství státu a jsou jeho vlastnictvím. Ložiska nevyhrazených nerostů (zejména štěrkopísků, stavebního kamene a cihlářských hlín) jsou součástí pozemku – ve smyslu § 7 horního zákona.

Novelou horního zákona z roku 1991 byla zrušena dřívější možnost rozhodnout o významných ložiskách nevyhrazených nerostů, že se jedná o ložiska výhradní. Rozhodnutí ústředních orgánů státní správy v této věci, která byla vydána před účinností novely, zůstávají podle přechodných ustanovení § 43 a 43a horního zákona v platnosti. Předmětná ložiska jsou i nadále ložisky výhradními, tj. ve vlastnictví státu, oddělená od vlastního pozemku [5].

Jakmile se průzkumem nalezne vyhrazený nerost v množství a jakosti, které umožňují důvodně očekávat jeho nahromadění, ohlásí organizace tuto skutečnost Ministerstvu životního prostředí, které vydá osvědčení o výhradním ložisku, které je vlastnictvím státu. Ministerstvo životního prostředí poté na základě vyhodnocení podkladů stanoví podle § 17 horního zákona chráněné ložiskové území.

Oprávnění k dobývání výhradního ložiska vzniká stanovením dobývacího prostoru. Podání návrhu na stanovení dobývacího prostoru musí předcházet souhlas Ministerstva životního prostředí, který může být vázán na splnění omezujících podmínek zohledňujících zájmy surovinové politiky státu a na uhrazení prostředků již vynaložených ze státního rozpočtu na geologické práce na ložisku. Přednost při získání předchozího souhlasu ke stanovení dobývacího prostoru má organizace, pro kterou byl průzkum proveden a pokud ji neuplatní, pak organizace, která se na průzkumu finančně podílela [9].

V případech, týkajících se ropy a zemního plynu platí poněkud odlišná pravidla vycházející z transponované směrnice EU.

Dobývací prostor se stanoví pouze organizacemi, které má od příslušného obvodního báňského úřadu vydáno oprávnění pro hornickou činnost. Řízení o stanovení probíhá v součinnosti s dotčenými orgány státní správy, zejména v dohodě s orgány životního prostředí, územního plánování a stavebním úřadem.

Návrh na stanovení dobývacího prostoru musí těžební společnost doložit zákonem stanovenou dokumentací. V řízení jsou řešeny vztahy k vlastníkům pozemků a vypořádání se střety zájmů chráněných zvláštními předpisy. Součástí podkladů je také vyhodnocení vlivu dobývání na životní prostředí (EIA).

Těžební společnost, které byl stanoven dobývací prostor, může zahájit těžební práce až na základě povolení hornické činnosti, vydané obvodním báňským úřadem. Povolení hornické činnosti podléhá správnímu řízení, při kterém se posuzují plány otvírky, přípravy a dobývání ložiska, včetně plánů na sanaci a rekultivaci po ukončení těžby. V odůvodněných případech může obvodní báňský úřad stanovení dobývacího prostoru a povolení hornické činnosti spojit do jediného správního řízení.

Výnos úhrady z vydobytých nerostů převádí obvodní báňský úřad z 25 % do státního rozpočtu České republiky, ze kterého budou tyto prostředky účelově použity k nápravě

škod na životním prostředí způsobených dobýváním výhradních i nevýhradních ložisek, a zbývajících 75 % do rozpočtu dotčených obcí [9].

#### 2.4 Právní rámec těžby surovinových zdrojů na území Slovenské republiky

Nerosty se podle zákona číslo 44/1988 Sbírky o ochraně a využití nerostného bohatství v znění pozdějších předpisů dělí na vyhrazené a nevyhrazené. Výhradní ložiska surovin jsou ve vlastnictví státu Slovenské republiky. Ložiska nevyhrazených nerostů, především stavební kámen, šterkopísky a cihlářské suroviny jsou součástí pozemků podle § 7 báňského zákona. Vyhledávání a průzkum ložiska výhradních nerostů ve smyslu zákona číslo 62/1988 Sb. o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů, může vykonávat fyzická nebo právnická osoba na základě geologického oprávnění.

Geologický průzkum ložisek nevyhrazeného nerostu mohou vlastníci pozemků vykonávat na svých pozemcích povrchovými pracemi bez geologického oprávnění podle § 4 odstavce 2 geologického zákona a to na základě kvalifikovaného odhadu. Jakmile během průzkumu nalezne výhradní nerost v rozsahu a kvalitě, které umožňují odůvodněné očekávání jeho nahromadění, vydá Ministerstvo životního prostředí Slovenské republiky osvědčení o výhradním ložisku [4].

Během dobývání výhradního ložiska je organizace povinna vytvářet finanční rezervu na vzniknuté báňské škody a na následnou sanaci a rekultivaci dotknutých území dobýváním ložiska. Výšku rezervy určí příslušný báňský úřad a čerpání této rezervy se provádí po dohodě s Ministerstvem životního prostředí Slovenské republiky [10].

#### 2.5 Ekonomická situace podniků těžících nerostné suroviny v České republice

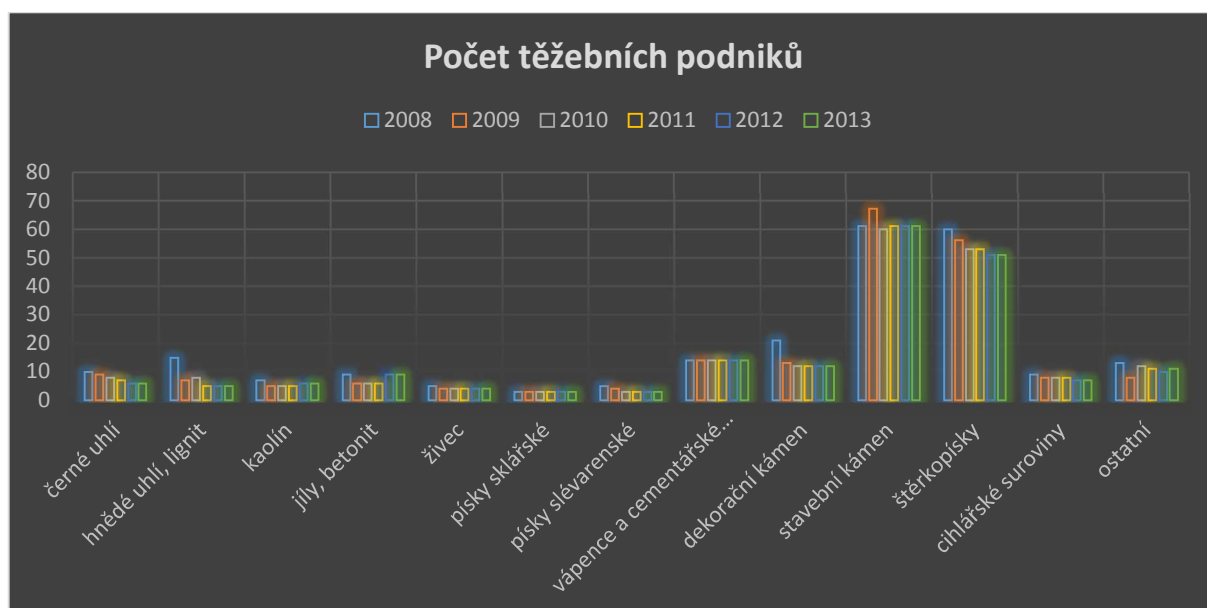
V současné době lze říci, že dochází ke snížení počtu podniků zabývajících se těžbou nerostných surovin. V průběhu let 2008 až 2010 došlo k rapidnímu poklesu jejich počtu, aby se následně v dalších letech tento stav stabilizoval.

Výkyv v počtu podniků v letech 2008 až 2010 je dán především v důsledku slučování podniků, ukončením činnosti podniků a vznikem nových podniků. Velký rozdíl je především

u těžby hnědého uhlí a lignitu, dekorativního kamene, štěrkopísků a jílu. Největší počet podniků je v současné době v oblasti těžby stavebního kamene a štěrkopísků a nejmenší počet podniků je u podniků zabývajících se těžbou sklářských písků viz. tabulka 2-2 a graf na obrázku 2-3.

Tabulka 2-2 Počet těžebních podniků v České republice z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

| Počet těžebních podniků v České republice |            |                    |        |               |       |                |                   |   |                   |                |             |                    |         |
|---|------------|--------------------|--------|---------------|-------|----------------|-------------------|---|-------------------|----------------|-------------|--------------------|---------|
| rok                                       | černé uhlí | hnědé uhlí, lignit | kaolín | jíly, betonit | živec | písky sklářské | písky slévarenské | vápence a cementářské suroviny, dolomit | dekorativní kámen | stavební kámen | štěrkopíský | cihlářské suroviny | ostatní |
| 2008                                      | 10         | 15                 | 7      | 9             | 5     | 3              | 5                 | 14                                      | 21                | 61             | 60          | 9                  | 13      |
| 2009                                      | 9          | 7                  | 5      | 6             | 4     | 3              | 4                 | 14                                      | 13                | 67             | 56          | 8                  | 8       |
| 2010                                      | 8          | 8                  | 5      | 6             | 4     | 3              | 3                 | 14                                      | 12                | 60             | 53          | 8                  | 12      |
| 2011                                      | 7          | 5                  | 5      | 6             | 4     | 3              | 3                 | 14                                      | 12                | 61             | 53          | 8                  | 11      |
| 2012                                      | 6          | 5                  | 6      | 9             | 4     | 3              | 3                 | 14                                      | 12                | 61             | 51          | 7                  | 10      |
| 2013                                      | 6          | 5                  | 6      | 9             | 4     | 3              | 3                 | 14                                      | 12                | 61             | 51          | 7                  | 11      |



Obrázek 2-3 Počet těžebních podniků v České republice z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

Podle tabulky 2-3 je zřejmé, že mezi největší podniky s vysokým počtem zaměstnanců můžeme zařadit podniky zabývající se těžbou černého a hnědého uhlí. Poklesy počtu pracovníků v oblasti těžby černého a hnědého uhlí jsou dány přirozenými úbytky a také organizačními změnami, kdy část pracovníků přešla do dalších podpůrných organizací, které

přímo nesouvisí s těžbou nerostných surovin. Z tabulky 2-3 a grafu na obrázku 2-4 je také patrné, že nejmenší počet pracovníků je v těžbě sklářských písků. Velmi vysoký úbytek pracovníků lze vyzorovat u těžby stavebního kamene, kdy klesla poptávka po této surovině zejména z důvodů snížené poptávky ve stavebnictví, především v oblasti budování infrastruktury.

Tabulka 2-3 Počet pracovníků v těžebním průmyslu z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

| Počet pracovníků v těžebním průmyslu v České republice |            |                    |        |               |       |                |                   |   |                 |                |             |                    |         |
|--|------------|--------------------|--------|---------------|-------|----------------|-------------------|---|-----------------|----------------|-------------|--------------------|---------|
| rok  | černé uhlí | hnědé uhlí, lignit | kaolín | jíly, betonit | živec | písky sklářské | písky slévarenské | vápence a cementářské suroviny, dolomit | dekorační kámen | stavební kámen | šterkopisky | cihlařské suroviny | ostatní |
| 2008   | 16 729     | 13 405             | 2 706  | 3 733         | 2 855 | 156            | 1 418             | 2 647                                   | 1 395           | 16 631         | 11 158      | 1 249              | 6 018   |
| 2009   | 14 568     | 10 844             | 2 272  | 3 184         | 2 358 | 144            | 1 059             | 2 529                                   | 641             | 9 959          | 4 636       | 1 011              | 5 100   |
| 2010   | 13 716     | 10 206             | 1 934  | 2 774         | 1 996 | 141            | 761               | 2 397                                   | 594             | 9 010          | 4 482       | 903                | 5 299   |
| 2011   | 13 351     | 9 523              | 1 983  | 2 805         | 1 995 | 147            | 778               | 2 356                                   | 575             | 8 430          | 4 343       | 827                | 5 284   |
| 2012   | 13 098     | 9 271              | 2 996  | 3 751         | 1 940 | 142            | 725               | 2 294                                   | 565             | 8 228          | 4 134       | 803                | 5 350   |
| 2013   | 12 970     | 9 178              | 3 024  | 3 798         | 1 901 | 135            | 745               | 2 374                                   | 652             | 8 425          | 4 385       | 825                | 5 431   |



Obrázek 2-4 počet pracovníků v těžebním průmyslu z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

V tabulce 2-4 jsou znázorněny tržby těžebních podniků v České republice, které nám charakterizují celkový výkon podniků těžících jednotlivé suroviny. Nejnižší hodnota tržeb je podle obrázku 2-5 u většiny podniků v roce 2009. V tomto roce se projevila finanční krize

naplno. Ovšem vzhledem ke snižování domácí i zahraniční poptávky, v navazujících výrobcích se u těžebních podniků krize projevila již ve druhé polovině roku 2008, proto v surovinách kombinujících těžbu a následnou výrobu byl pokles tržeb zaznamenán již v roce 2008.

Pokles v roce 2009 není dán pouze krizí, ale i dalšími faktory jakými jsou například přesun velké části tržeb podniků s offshorovou strukturou do zahraničí a jiných odvětví a změnou struktury podniků. Podle mého odhadu je pokles daný krizí rozdělen na pokles v samotné těžební činnosti (asi jedna třetina poklesu) a ve výrobní činnosti (dvě třetiny poklesu). V roce 2008 nejvyšší podíl na tržbách vykazovala těžba černého uhlí, stavebního kamene a štěrkopísků. V roce 2009 se na přední místa posunulo dobývání uhlí. Tato situace přetrvává do současnosti.

Tabulka 2-4 Tržby těžebních podniků v České republice v mil. z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

| Tržby těžebních podniků v České republice |            |                    |        |               |       |                |                   |   |                 |                |             |                    |         |
|---|------------|--------------------|--------|---------------|-------|----------------|-------------------|---|-----------------|----------------|-------------|--------------------|---------|
| rok                                       | černé uhlí | hnědé uhlí, lignit | kaolín | jíly, betonit | živec | písky sklářské | písky slévarenské | vápence a cementářské suroviny, dolomit | dekorační kámen | stavební kámen | štěrkopísky | cihlářské suroviny | ostatní |
| 2008                                      | 51 166     | 30 849             | 5 829  | 7 203         | 5 403 | 875            | 2 726             | 12 028                                  | 1 696           | 49 852         | 41 385      | 4 596              | 11 673  |
| 2009                                      | 31 223     | 29 574             | 4 530  | 5 433         | 4 327 | 627            | 1 830             | 10 032                                  | 560             | 17 622         | 13 142      | 3 463              | 9 078   |
| 2010                                      | 44 464     | 26 559             | 4 357  | 5 264         | 4 117 | 665            | 1 682             | 9 144                                   | 560             | 18 348         | 12 972      | 2 941              | 9 386   |
| 2011                                      | 44 991     | 26 513             | 4 688  | 5 555         | 4 391 | 656            | 1 681             | 9 549                                   | 483             | 20 327         | 12 867      | 3 406              | 9 475   |
| 2012                                      | 36 074     | 25 872             | 7 034  | 8 240         | 4 275 | 660            | 1 638             | 8 936                                   | 517             | 19 542         | 11 937      | 3 097              | 13 199  |
| 2013                                      | 38 044     | 26 715             | 7 601  | 8 450         | 4 221 | 680            | 1 698             | 9 105                                   | 604             | 21 425         | 12 851      | 3 401              | 15 087  |





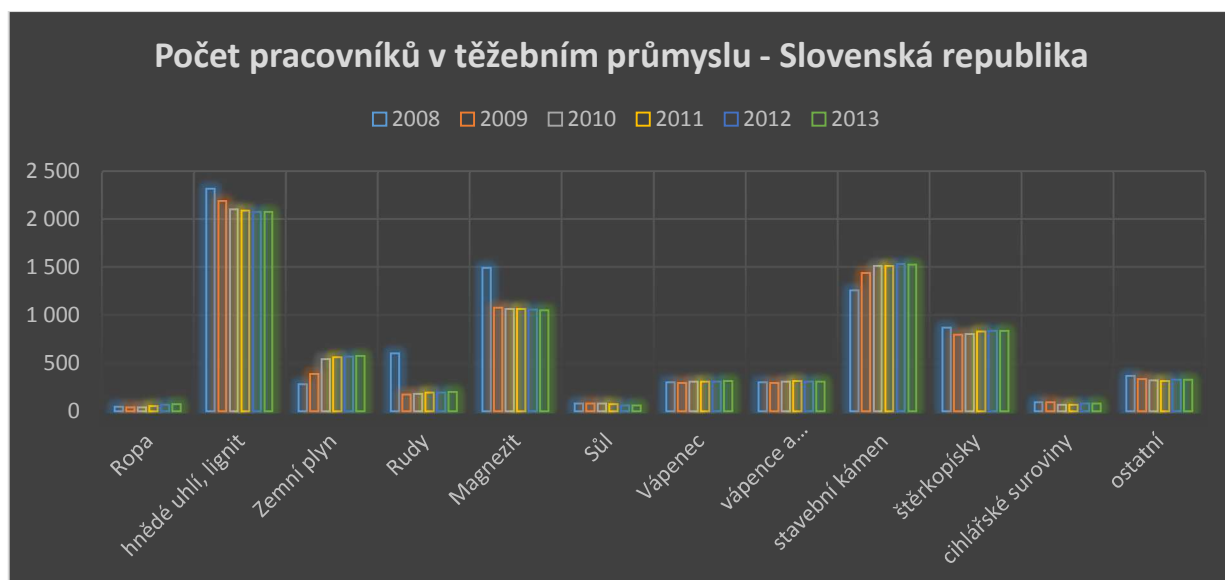
Obrázek 2-5 Tržby těžebních podniků v České republice z dat ČSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

Z uvedených grafů a tabulek v podkapitole Ekonomická situace podniků těžících nerostné suroviny je patrné, že během jednoho roku došlo k rapidnímu poklesu poptávky po těžných surovinách. Pro lokální suroviny jako je stavební kámen došlo v tomto odvětví ke snížení tržeb a počtu pracovníků o více jak polovinu, což představuje velký zásah do struktury podnikání tohoto odvětví, neboť počty podniků zabývajících se těžbou stavebního kamene zůstaly stejné. Je tedy zřejmé, že se omezil tok investic do tohoto odvětví a muselo se přistoupit k systematické racionalizaci výroby a snižování nákladů spojených s provozem.

**2.6 Ekonomická situace podniků těžících nerostné suroviny ve Slovenské republice**  
V současné situaci lze říci, že dochází ke stabilizaci lidských zdrojů u těžebních podniků na území Slovenské republiky. V průběhu let 2008 – 2013 došlo v oblasti těžby stavebního kamene k růstu počtu pracovníků, který je dán především poptávkou po této surovině z důvodů budování silniční infrastruktury na Slovensku. Největší počet pracovníků je v současné době v oblasti těžby hnědého uhlí a nejmenší počet pracovníků je u podniků zabývajících se těžbou soli viz. tabulka 2-5 a graf na obrázku 2-6.

Tabulka 2-5 Počet pracovníků v těžebním průmyslu – Slovenská republika z dat SSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

| Počet pracovníků v těžebním průmyslu - Slovenská republika |      |                    |            |      |          |     |         |   |                |             |                    |         |
|--|------|--------------------|------------|------|----------|-----|---------|---|----------------|-------------|--------------------|---------|
| rok  | Ropa | hnědé uhlí, lignit | Zemní plyn | Rudy | Magnezit | Sůl | Vápenec | vápence a cementářské suroviny, dolomit | stavební kámen | štěrkopísky | cihlařské suroviny | ostatní |
| 2008   | 45   | 2 313              | 278        | 604  | 1 490    | 84  | 301     | 301                                     | 1 253          | 867         | 94                 | 365     |
| 2009   | 43   | 2 182              | 386        | 177  | 1 073    | 78  | 293     | 293                                     | 1 436          | 794         | 92                 | 334     |
| 2010   | 44   | 2 097              | 541        | 183  | 1 065    | 81  | 305     | 305                                     | 1 508          | 802         | 69                 | 322     |
| 2011   | 54   | 2 084              | 564        | 195  | 1 062    | 75  | 309     | 314                                     | 1 511          | 831         | 68                 | 318     |
| 2012   | 65   | 2 072              | 571        | 192  | 1 057    | 62  | 311     | 309                                     | 1 529          | 834         | 78                 | 325     |
| 2013   | 76   | 2 070              | 577        | 201  | 1 052    | 60  | 314     | 305                                     | 1 521          | 835         | 84                 | 331     |



Obrázek 2-6 počet pracovníků v těžebním průmyslu – Slovenská republika z dat SSÚ a výročních správ společností - vlastní zpracování

## 2.7 Kamenolomy, jejich historie a vývoj

Využití kamene jako nástroje existuje v lidském životě již od dob pravěkých, kdy se začaly vyrábět první kamenné nástroje v podobě pěstních klínů. Později byly nástroje postupně zdokonalovány pro lov a obživu, například jako hrot oštěpu nebo mlýnský kámen. Od dob starověkého Egypta, Řecka a Číny byl kámen hojně využíván ke stavbě kamenných cest a chrámů a jeho těžba probíhala v prvních primitivních dolech. Nejznámější evropskou historickou kamennou stavbou je dodnes Stonehenge na území dnešní Anglie.

U každé tvrže dodnes najdeme opuštěný lom nebo jeho pozůstatky, ve kterých byl stavební kámen lámán, zejména kvádrový pískovec. Kvádrový pískovec se také užíval jako noblesní přírodní kámen pro sochařské účely kameníků a architektů. Těchto pískovců se užívalo i pro stavbu tvrdých silnic jako stavebního štětového kamene. Takto byla postavena silnice z Prahy do Vídně po skončení Napoleonových válek a mnoha stovek kilometrů cest v českých zemích, stejně jako mnoho železničních tratí v poslední třetině 19. století.

S organizací a částečnou mechanizací těžby a zpracováním kamene v podobě, jaká se blíží dnešnímu chápání, se setkáváme až koncem 19. století a začátkem 20. století, kdy prudký rozvoj stavebnictví, spojený se zaváděním nových technologií jako bylo použití asfaltu a betonu, si začal vynucovat jak zvyšování, tak zkvalitňování těžby a zpracování kameniva. Pro ulehčení práce se stavěly v lomech úzkokolejné dráhy a používaly se jednoduché stroje.

Zvýšená poptávka po výrobcích z kamenoprůmyslu nastala po skončení druhé světové války, protože bylo nutné obnovit poničenou infrastrukturu, budovy a nastartovat ekonomický růst. Z důvodů chybějících lidských zdrojů po druhé světové válce se i tato oblast kamenoprůmyslu potýkala s nedostatkem kvalifikovaných pracovních sil i s problémy s financováním provozu. V únoru 1948 byl veškerý průmysl znárodněn včetně těžby a zpracování kamene. Potřeby poválečné obnovy a budovatelské plány v následujících letech vedly k rozvoji stavebnictví, což sebou nutně neslo i zvýšenou poptávku po vstupních surovinách včetně kameniva.

Tato potřeba zavdala podnět k racionalizaci a zvýšení objemu výroby a znamenala investice do její intenzifikace a mechanizace. V lomech se začaly ve větší míře objevovat bagry, nákladní auta, výkonnější drticí a třídící technika. Začaly se také používat komorové odstřely, které umožňovaly uvolňovat podstatně větší objemy horniny. Současně byla zakládána odborná učiliště, která vychovávala pracovníky pro různé profese v oboru kamenoprůmyslu.

Oblast kamenoprůmyslu stejně tak, jako řada dalších oborů, prošla postupným procesem vývoje. Postupně docházelo k mechanizaci a byl stále zvyšován výkon a účinnost strojů. Milníkem v tomto oboru se stalo postupné využívání elektroniky při ovládní strojů a zavádění výpočetní techniky k řízení celých výrobních procesů. Současné způsoby těžby a zpracování kameniva jsou ve stále větší míře ovlivňovány rostoucími nároky na ochranu životního prostředí.

Po druhé světové válce s nárůstem spotřeby kamene byly zaváděny komorové odstřely, kde princip odstřelu spočívá v detonaci trhaviny uložené ve vyhloubené štole s komorami. Při komorovém odstřelu dochází k uvolnění značných objemů těžené suroviny. Mezi negativa tohoto způsobu těžby patří, že potřebná výška těžební stěny dosahuje i několik desítek metrů, mohutné exploze koncentrovaně uložené trhaviny vyvolávají značné otřesy, často je potřebné dodatečné rozpojování skalních bloků sekundárními odstřely a bezpečnostní rizika spojená s těžbou suroviny zpod vysokých stěn.

Vzhledem k potřebě eliminovat výše zmíněná rizika došlo na konci 20. století k postupnému nahrazení komorových odstřelů odstřely clonovými, které výše uvedené nedostatky odstraňují. Jejich podstata spočívá v rozpojení kamene detonací trhaviny uložené ve svislých vrtech, doplněných podle potřeby horizontálními vývrty v patě těžební stěny.

Také transport suroviny z rozvalu k jejímu dalšímu zpracování doznal velkých změn. Ruční nakládka do kolejových vozíků a veškerá ruční práce byla nahrazena rýpadly a nákladními automobily. Proces úpravy kameniva drcením a tříděním v závislosti na požadovaném frakčním složení a kvalitě dnes prochází několika stupni drcení. Primární drcení je zajišťováno čelistovými drtiči doplněnými odhliňovači. Další stupně drcení probíhají v kuželových drtičích. Rostoucím požadavkům zejména na přesnost třídění jednotlivých zařízení musely být uzpůsobeny třídící zařízení. Změnila se také doprava mezi jednotlivými výrobními uzly, která je v současné době zajišťována pásovými dopravníky. Celý proces úpravy kameniva a třídění je řízen elektronicky [12].

### 2.7.1 Vývoj na trhu u drceného kameniva

Drcené kamenivo představuje jednu z nejdostupnějších přírodních zdrojů a hlavní základní surovinu pro stavební průmysl. Doprava tvoří hlavní podíl na celkové ceně drceného kameniva. Kvůli vysokým přepravním nákladům bývá drcené kamenivo stále prodáváno jako lokální zdroj. Úspory z velkovýroby, které by mohly být realizovány, pokud by menší počet větších provozů obsluhoval rozsáhlejší odbytové oblasti, by pravděpodobně byly vyrovnány zvýšenými dopravní náklady. Budoucí poptávka po drceném kamenivu bude nadále závislá na růstu stavební aktivity.

Těžební průmysl drceného kameniva je vysoce konkurenční a vyznačuje se množstvím provozoven sloužících místním nebo oblastním trhům. Výrobní náklady jsou stanovené hlavně cenou pracovní síly, vybavení, energie a vody, náklady na splnění bezpečnostních předpisů a předpisů na ochranu životního prostředí. Tyto náklady se liší v závislosti na zeměpisné lokalizaci, charakteru ložiska a množství a druhu produktů.

Poptávka po drceném kamenivu je většinou dána úrovní stavební aktivity v dané lokalitě, a z toho plynoucí poptávce po stavebních surovinách. Většina drceného kameniva je využívána jako podkladní vrstva vozovky nebo její povrchová vrstva, dále jako makadam, záhozový materiál a železniční štěrk. Do cementového a živičného betonu při výstavbě a opravě dálnic a silnic a v bytové a nebytové výstavbě se využívá drcené kameniva s pojivem. Další významné použití zahrnuje výroba cementu a vápna.

### 2.7.2 Vývoj cen drceného kameniva

Tato podkapitola zahrnuje porovnání vývoje cen drceného kameniva u vybraných států Evropské unie v letech 2008 – 2014 a také srovnání s cenami trhu USA. Do analýzy byly zařazeny země Rakousko, Česko, Polsko, Slovensko, Německo, Maďarsko, Velká Británie a Francie [11].

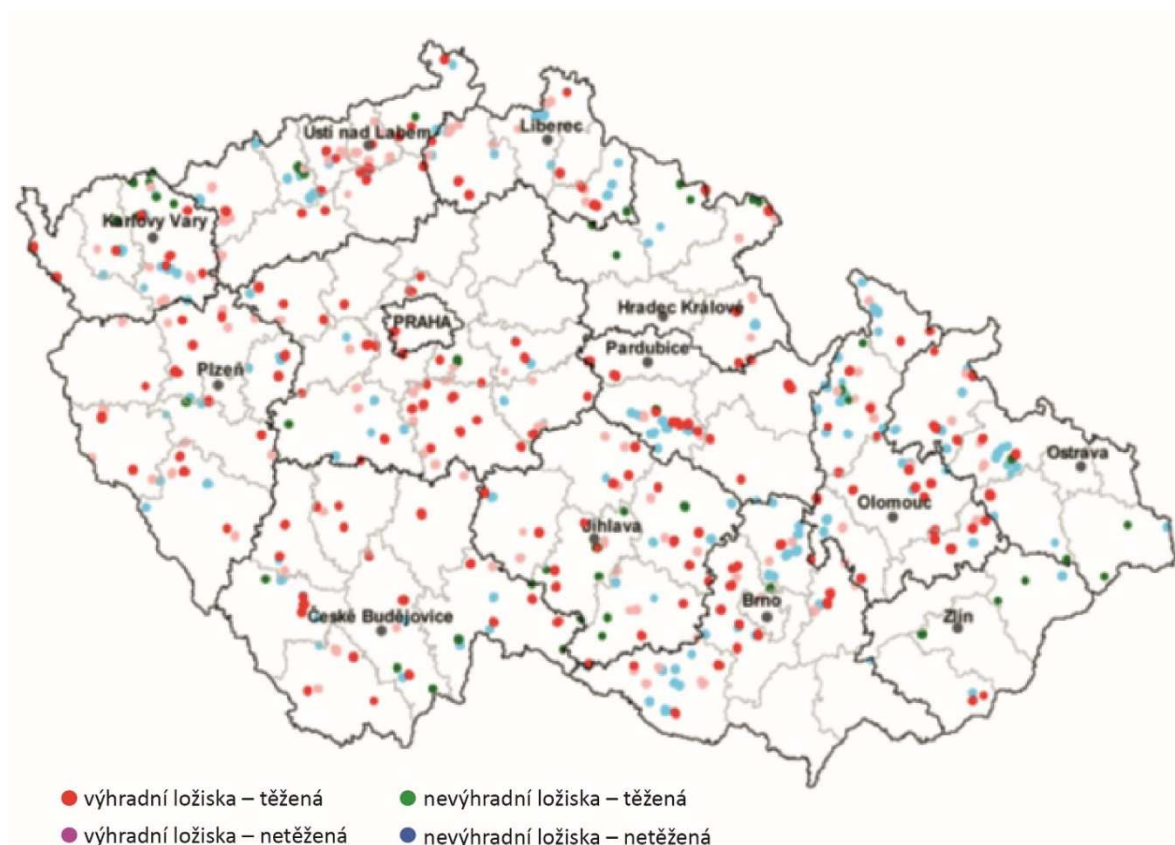
Tabulka 2-6 Ceny drceného kameniva v různých státech Evropské unie v letech 2008 – 2014 EUR·t<sup>-1</sup> (zdroj: vlastní výpočet)

| Země            | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rakousko        | 12,8  | 10,7  | 10,52 | 10,36 | 10,2  | 10,4  | 10,7  |
| Česká republika | 10,72 | 10,93 | 10,48 | 10,88 | 11    | 11,2  | 11,35 |
| Polsko          | 7,3   | 9,8   | 9,06  | 8,3   | 7,6   | 7,73  | 7,82  |
| Slovensko       | 6,7   | 9,1   | 8,1   | 8,6   | 8,8   | 8,7   | 8,9   |
| Německo         | 11,3  | 10,1  | 12,3  | 14,5  | 13,3  | 13,62 | 13,78 |
| Velká Británie  | 12,6  | 12,8  | 13,1  | 13,7  | 13,6  | 13,75 | 13,78 |
| Francie         | 6,9   | 7,1   | 7,2   | 7,1   | 7     | 7,19  | 7,22  |
| Maďarsko        | 11,6  | 11,8  | 12,2  | 12,5  | 14,7  | 14,75 | 14,82 |
| Průměr          | 9,99  | 10,29 | 10,37 | 10,74 | 10,78 | 10,92 | 11,05 |

Z uvedených dat v tabulce 2-6, je zřejmé, že ceny ve většině pozorovaných případů se u drceného kameniva příliš neměnily. Žádná z uvedených zemí, nevykazuje extrémní cenové výkyvy. Nejvyšší zvýšení cen zaznamenalo Slovensko. Ceny ve Francii a Polsku jsou však třetí nejnižší. Ceny v České republice se moc neměnily. Rostoucí trend vývoje cen na evropských trzích je patrný z rostoucí hodnoty průměrů cen vybraných členských zemí Evropské unie za daná období.

### 2.7.3 Evidovaná ložiska drceného kameniva na území České republiky

Na území České republiky se nachází hustá síť evidovaných ložisek stavebního kamene pro výrobu drceného kameniva. Na obrázku 2-7 jsou znázorněny výhradní a nevýhradní ložiska drceného kameniva.



Obrázek 2-7 Evidovaná ložiska drceného kameniva na území České republiky k roku 2012 (zdroj: Statistická ročenka nerostných surovin, Česká geologická služba, 2013)

V tabulce 2-7 jsou uvedeny souhrnná data o vývoji výhradních ložisek, včetně stavu zásob v jednotlivých letech a těžby výhradních ložisek na území České republiky.

Tabulka 2-7 Výhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba v České republice – vlastní zpracování

| Výhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba v České republice |         |         |         |         |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rok  | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
| Počet ložisek celkem   | 319     | 317     | 318     | 320     | 319     | 318     | 320     |
| Výhradní ložiska těžená  | 165     | 166     | 164     | 165     | 170     | 172     | 174     |
| Zásoby celkem, tis. m <sup>3</sup>                               | 2 290   | 2 346   | 2 392   | 2 392   | 2 392   | 2 388   | 2 385   |
| bilanční prozkoumané   | 511     | 363     | 813     | 813     | 105     | 875     | 678     |
| bilanční vyhledané   | 1 138   | 1 153   | 1 156   | 1 157   | 1 155   | 1 154   | 1 154   |
| nebilanční   | 025     | 009     | 294     | 255     | 910     | 878     | 425     |
| vytěžitelné  | 1 017   | 1 043   | 1 089   | 1 090   | 1 091   | 1 092   | 1 091   |
| těžba výhradního ložiska tis. m <sup>3</sup>                     | 433     | 741     | 355     | 044     | 875     | 025     | 954     |
|  | 135 053 | 149 613 | 147 164 | 144 806 | 144 173 | 144 036 | 143 962 |
|  | 664 653 | 718 922 | 715 142 | 717 064 | 715 299 | 714 985 | 714 764 |
|  | 14 799  | 13 947  | 12 350  | 12 299  | 10 950  | 10 025  | 9 987   |

V tabulce 2-8 jsou uvedena souhrnná data o vývoji nevýhradních ložisek, včetně stavu zásob v jednotlivých letech a těžby nevýhradních ložisek na území České republiky.

Tabulka 2-8 Nevýhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba v České republice – vlastní zpracování

| Nevýhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba v České republice |         |         |         |         |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rok  | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
| Počet ložisek celkem   | 210     | 215     | 213     | 214     | 219     | 221     | 223     |
| Nevýhradní ložiska těžená  | 47      | 50      | 48      | 47      | 47      | 46      | 46      |
| Zásoby celkem, tis. m <sup>3</sup>                                 | 1 036   | 1 038   | 1 011   | 1 019   | 1 029   | 1 031   | 1 032   |
|  | 450     | 869     | 792     | 574     | 457     | 254     | 147     |
| bilanční prozkoumané   | 45 616  | 45 772  | 43 376  | 43 075  | 46 617  | 46 087  | 46 012  |
| bilanční vyhledané   | 910 512 | 912 925 | 888 377 | 892 905 | 899 291 | 892 354 | 892 287 |
| nebilanční   | 80 322  | 80 172  | 80 039  | 83 594  | 83 459  | 83 213  | 83 187  |
| vytěžitelné  | 34 910  | 34 710  | 36 000  | 46 300  | 43 500  | 42 980  | 42 450  |
| těžba výhradního ložiska<br>tis. m <sup>3</sup>                    | 1 600   | 1 350   | 1 450   | 1 300   | 1 100   | 1 092   | 1 056   |

#### 2.7.4 Evidovaná ložiska drceného kameniva na území Slovenské republiky

Slovenská republika je bohatá na ložiska stavebního kamene, který se vyskytuje v různých geologických formacích. Ve většině případů jde o horniny intenzivně tektonicky porušené, rozpukané a zvětralé, vhodné zejména na výrobu drceného kameniva. Na území Slovenské republiky je spotřeba drceného kameniva vykryta domácí těžbou. Zahraniční obchod se realizuje v zanedbatelném rozsahu. V tabulce 2-9 jsou uvedena souhrnná data o vývoji výhradních ložisek, včetně stavu zásob v jednotlivých letech a těžby výhradních ložisek na území Slovenské republiky [12].

Tabulka 2-9 Výhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba ve Slovenské republice – vlastní zpracování

| Nevýhradní ložiska, jejich počet, zásoby a těžba ve Slovenské republice |         |         |         |         |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rok   | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
| Počet ložisek celkem  | 132     | 133     | 130     | 128     | 127     | 125     | 126     |
| Výhradní ložiska těžená   | 82      | 87      | 83      | 82      | 82      | 81      | 80      |
| Zásoby celkem, tis. m <sup>3</sup>                                      | 760 557 | 775 874 | 751 180 | 750 041 | 748 147 | 747 098 | 746 311 |
| bilanční (Z-1) + (Z-2)  | 530 889 | 540 631 | 520 494 | 517 147 | 515 031 | 511 632 | 509 168 |
| bilanční (Z-3)  | 225 238 | 228 076 | 223 524 | 220 354 | 217 984 | 216 031 | 214 963 |
| nebilanční  | 4 420   | 7 167   | 7 162   | 7 052   | 6 987   | 6 814   | 6 762   |
| těžba výhradního ložiska tis. m <sup>3</sup>                            | 6 054   | 5 642   | 5 522   | 5 502   | 5 395   | 5 284   | 5 187   |

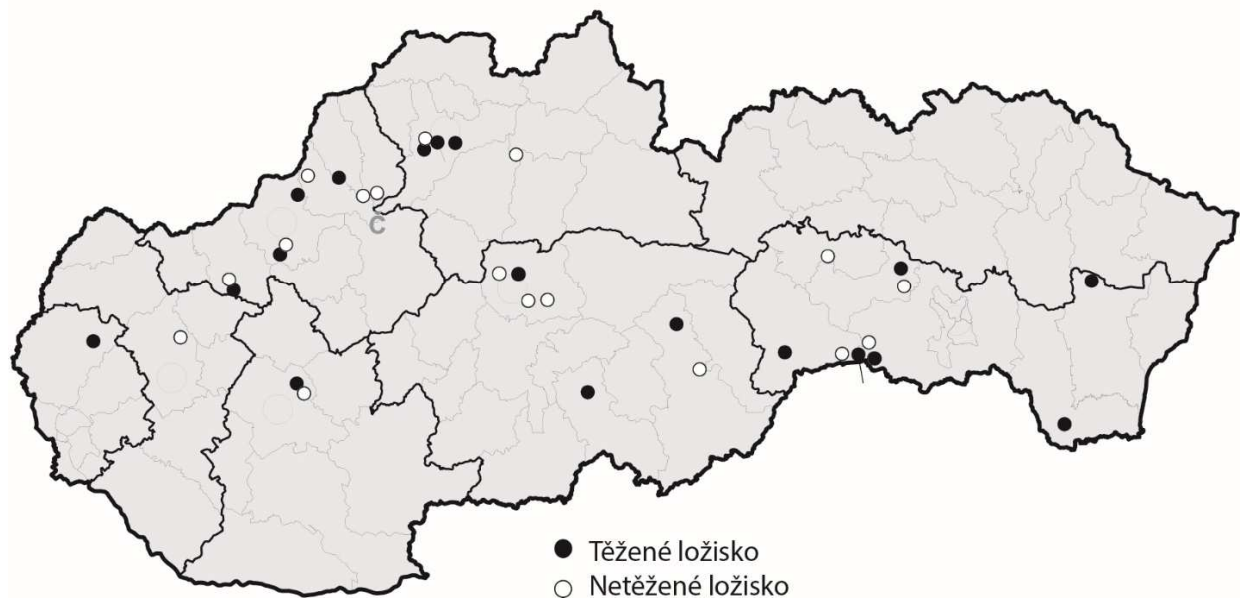


### 2.7.5 Evidovaná ložiska vápence a slínů na území Slovenské republiky

Na Slovensku jsou ložiska vápence hojně rozšířené. Největší význam mají ložiska vysokopecního vápence středního a pozdního triasu, méně jury a mladší křídý. Z triasových vápenců jsou nejrozšířenější wettersteinské (světlé) a gutensteinské (tmavé) vápence [9], [13], [8]. Spotřeba vápence je na Slovensku krytá v plném rozsahu domácí těžbou.

Ložiska sialitických surovin se vzhledem k jejich použití obvykle vyhledávají v blízkosti ložisek vápence, respektive v blízkosti cementárny jako je například Rohožník - Konopiská, Sološnica - Hrabník, Horné Srnie, Včeláre, Ladce - Butkov) [14]. Na obrázku 2-8 je přehled těžených a netěžených ložisek vápence.

Evidovaná ložiska vápence a slínů na území Slovenské republiky



Obrázek 2-8 Evidovaná ložiska vápence a slínů na území Slovenské republiky

V tabulce 2-10, 2-11, 2-12, 2-13 jsou uvedena souhrnná data o vývoji ložisek vysokopecního vápence, ostatního vápence, slínu a sialitických surovin, včetně jejich stavu zásob v jednotlivých letech a jejich těžby na území Slovenské republiky.

Tabulka 2-10 Vysokopecní vápenec - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování

| Vysokopecní vápenec - jeho zásoby a těžba na Slovensku |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rok  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  |
| Počet ložisek celkem                                   | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    | 10    |
| Ložiska těžená   | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
| Zásoby celkem, mil. t                                  | 3 357 | 3 355 | 3 353 | 3 348 | 3 336 | 3 325 | 3 321 |
| bilanční (Z-1) + (Z-2)                                 | 295   | 292   | 291   | 290   | 288   | 285   | 284   |
| bilanční (Z-3)   | 3 052 | 3 052 | 3 052 | 3 052 | 3 052 | 3 052 | 3 052 |
| nebilanční   | 11    | 11    | 11    | 11    | 11    | 11    | 11    |
| Těžba mil. t   | 2,5   | 2,1   | 2,0   | 2,0   | 2,1   | 2,2   | 2,2   |

Tabulka 2-11 Ostatní vápenec - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování

| Ostatní vápenec - jeho zásoby a těžba na Slovensku |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rok  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  |
| Počet ložisek celkem                               | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    | 30    |
| Ložiska těžená                                     | 13    | 13    | 13    | 13    | 13    | 13    | 13    |
| Zásoby celkem, mil. t                              | 2 303 | 2 298 | 2 293 | 2 290 | 2 872 | 2 854 | 2 831 |
| bilanční (Z-1) + (Z-2)                             | 826   | 821   | 817   | 814   | 811   | 808   | 802   |
| bilanční (Z-3)                                     | 1 313 | 1 313 | 1 313 | 1 313 | 1 313 | 1 313 | 1 313 |
| nebilanční   | 164   | 164   | 164   | 164   | 164   | 164   | 164   |
| Těžba mil. t                                       | 5,9   | 4,7   | 4,9   | 4,8   | 4,9   | 5,1   | 5,2   |

Tabulka 2-12 Slín - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování

| Slín - jeho zásoby a těžba na Slovensku |         |         |         |         |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rok                                     | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
| Počet ložisek celkem                    | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       | 8       |
| Ložiska těžená                          | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       |
| Zásoby celkem, kt                       | 167 783 | 167 352 | 166 921 | 166 574 | 166 287 | 166 109 | 165 845 |
| bilanční (Z-1) + (Z-2)                  | 91 663  | 91 427  | 91 174  | 90 874  | 90 521  | 90 298  | 90 087  |
| bilanční (Z-3)                          | 73 868  | 73 673  | 73 495  | 73 254  | 73 064  | 72 975  | 72 841  |
| nebilanční                              | 2 252   | 2 252   | 2 252   | 2 252   | 2 252   | 2 252   | 2 252   |
| Těžba kt                                | 566     | 431     | 431     | 431     | 428     | 430     | 432     |

Tabulka 2-13 Sialitická surovina - jeho zásoby a těžba na Slovensku – vlastní zpracování

| Sialitická surovina - jeho zásoby a těžba na Slovensku |         |         |         |         |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rok  | 2008    | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
| Počet ložisek celkem                                   | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       | 5       |
| Ložiska těžená   | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       |
| Zásoby celkem, kt                                      | 122 635 | 122 489 | 122 384 | 122 365 | 122 351 | 122 346 | 122 341 |
| bilanční (Z-1) + (Z-2)                                 | 70 241  | 70 095  | 69 990  | 69 821  | 69 798  | 69 776  | 69 745  |
| bilanční (Z-3)   | 44 378  | 44 378  | 44 378  | 44 378  | 44 378  | 44 378  | 44 378  |
| nebilanční   | 8 016   | 8 016   | 8 016   | 8 016   | 8 016   | 8 016   | 8 016   |
| Těžba kt   | 217     | 143     | 105     | 103     | 105     | 106     | 109     |

### 2.7.6 Technologie těžby hornin v kamenolomu

Žuly, diority, porfyry, diabasy, spility, čediče, andezity jsou nejčastější zdroje nerostných surovin pro výrobu drceného kameniva díky svým fyzikálně mechanickými, chemickými a technologickými vlastnostmi. Technologie těžby hornin v kamenolomech se sestává z procesu rozpojování (vrtací a trhací práce, resp. rozrývání horniny), nakládání rubaniny z rozvalu a technologické dopravy. Technologie procesů a typy strojů a zařízení u těžby v kamenolomu při výrobě drceného kameniva jsou popsány v tabulce 2-14.

Tabulka 2-14 Technologie a typy strojů a zařízení u těžby v kamenolomu při výrobě drceného kameniva – vlastní zpracování

| Technologie a typy strojů a zařízení u těžby v kamenolomu při výrobě drceného kameniva |   |
|--|---|
| Proces   | Typ strojů a zařízení   |
| Skrývkové práce  | Buldozery, rozrývače, skrejpry<br>Lopatová rýpadla lanová, hydraulická<br>Rýpadla s vlečným korečkem<br>Terénní nákladní automobily |
| Rozpojování hornin   | Vrtací soupravy, vrtací kladiva<br>Trhaviny, nabíjecí zařízení<br>Rozrývače, buldozery<br>Hydraulická kladiva                       |
| Nakládání rubaniny   | Lopatová rýpadla<br>Lopatové nakladače<br>Rýpadla s vlečným korečkem  |
| Technologická doprava rubaniny   | Terénní nákladní automobily typu dumper<br>Jednoosé tahače<br>Pásové dopravníky – stěnové<br>Visuté lanovky, Skipy, Skluzy, Sýpy    |

## 2.8 Dopravní řád nekolejových vozidel v České a Slovenské republice

Každá organizace je povinná vypracovat dopravní řád. Na vnitrozávodní dopravní řád nekolejových vozidel se vztahují pravidla silničního provozu dle zák. č.361/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů, v návaznosti na vyhlášku č. 478/2000 Sb., zák. č. 56/2001 Sb. a zák. č. 168/1999 Sb. Dále pak nařízení vlády č.168/2002 Sb. kterým se stanoví organizace práce a pracovních postupů, které je zaměstnavatel povinen zajistit při provozování dopravy dopravními prostředky.

Dopravní řád je provozním předpisem ve smyslu ustanovení § 5 a § 159 vyhlášky č. 26/1989 Sb. v platném znění. Při zpracování je použito i dalších ustanovení vyhl. č. 26/1989 Sb. a dále ustanovení zákona o pozemních komunikacích č.13/1997 Sb.

Pro Slovenskou republiku se pravidla silničního provozu řídí podle zákona č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Paragrafem § 51 se stanovují podmínky pro přepravu nákladu. Dále pak směrnice Rady 91/439/EHS, Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2008/96/ES, Smernica Rady 2008/96/ES a Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov. Pro hornickou činnost a činnost prováděnou hornickým způsobem platí vyhláška SBÚ č. 29/1989 Sb. Touto vyhláškou se řídí i dopravní řád v lomových provozech na území Slovenské republiky

V souvislosti s dopravním řádem jsou zpracované pokyny pro obsluhu a údržbu vozidla (návod na obsluhu od výrobce), havarijních plánů, zabezpečení objektů, součástí dokumentace je prezenční listina dokladující seznámení všech pracovníků organizace s tímto dopravním řádem, schválení dopravního řádu, včetně rozmístění dopravního značení v dobývacím prostoru.

Dopravní řád je platný pro všechny pracovníky organizace i pro dodavatelské organizace, které se s vědomím organizace pohybují se v areálu lomů. Dopravu v lomu je oprávněn řídit jen závodní lomu nebo technický dozor, popř. pracovník jimi určený. Dopravní řád je platný dnem schválením závodním lomu.

### 3 Lomový provoz a popis procesů kolové dopravy při výrobě drceného kameniva ve vybraných těžebních podnicích.

V této kapitole jsou popsány základní procesy těžby v lomovém provozu, protože v lomařství se pod pojmem těžba zpravidla rozumí souhrn všech prací spojených s rozpojováním hornin a nakládáním rubaniny, její dopravou a následnou úpravou. Dále je zde popsána stručná charakteristika kolových vozidel, které se využívají v lomovém provozu, a také je zde popsána stručná charakteristika vybraných těžebních podniků.

#### 3.1 Otvírka lomu

Lomové dobývání představuje způsob dobývání, při němž se ložisko užitkového nerostu dobývá z povrchu zemského buď po odklizu nadloží, nebo i bez odklizu nadloží. K otvírkovým pracím lomu patří všechna opatření a činnosti sloužící k přípravě těžby užitkového nerostu z nového lomu, popřípadě z jeho části. Otvírku můžeme podle [5] charakterizovat následujícími způsoby jako:

- vytvoření volného dobývacího prostoru pro vlastní otvírku a její okolí a vytvoření volného prostoru pro příslušná zařízení jako jsou správní budovy, sociální zařízení, inženýrské sítě aj. a spojovací dráhu, což je spojeno se získáním nezastavěných a zastavěných pozemků a přeložkami vodních toků a nádrží;
- vybudování odvodňovacích zařízení nutných před zahájením otvírkových prací.
- vybudování skrývkových výjezdů;
- odstranění skrývky v otvírkovém poli;
- vybudování uhelných výjezdů a odvodňovacího systému na dně lomu;
- vybudování uhelných spojovacích drah k místům zpracování nebo přímé spotřeby;
- vybudování výsypek, dopravních cest a zařízení na výsypce [15].

Otvírkové práce jsou ukončeny se zahájením pravidelného provozu a dosažením plánované těžby. Trvání otvírky dolu je podle zkušeností několik let a závisí na velikosti plánovaného lomu [5].

### 3.1.1 Ohraničení lomového pole a jeho životnost

Ohraničení lomového pole můžeme rozdělit na přirozené nebo umělé. Přirozené ohraničení lomového pole nastává tehdy, můžeme-li ložisko při menší rozloze dobývat jedním lomem v celém rozsahu. Při větší rozloze ložisek by měla hranice lomového pole určena rentabilitou těžby, čili polohou nejjakostnějšího užitkového nerostu, nadměrnou mocností nadloží, přítomností velkých toků nebo nádrží, jejichž přeložky by měly negativní vliv na celkové výrobní náklady těžby.

Dalším atributem určující umělou hranici lomového pole podle [15] jsou maximální délka řezu, tektonika ložiska, blízkost minerálních léčivých pramenů, fyzikálně mechanické vlastnosti nadloží atd.

Životnost lomového prostoru je dána obsahem užitkového nerostu a plánovanou těžbou v tomto prostoru a jeho životnost by neměla být kratší než 15 let, aby se vložené investice do otvírkových prací, technického a sociálního vybavení a vybudování inženýrských sítí vrátila [16].

### 3.1.2 Otvírka zářezem

Zářezy umožňují dopravní spojení mezi povrchem a dobývaným ložiskem nebo otvírají přístup z jedné části ložiska ke druhé části ložiska. Jsou určeny pro průjezd nebo umístění dopravních zařízení. Jejich sklon a příčné rozměry musí odpovídat druhu použité dopravy. Obecně platí pravidlo, že při volbě zářezu přihlížíme k tomu aby

- užitkový nerost mohl být dobýván co nejdříve,
- co nejmenší množství odklizu muselo být umístěno na vnější výsypce,
- provedení otvírky nebylo spojeno se zvýšenými náklady,
- dopravní cesty na odklíz byly co nejkratší,
- otvírka lomu nebyla ohrožena povrchovými vodami a stržemi.

Otvírkové zářezy mohou být provedeny v různých variantách podle toho, zdali je zářez umístěn uvnitř nebo vně dolového pole. Otvírkové zářezy tak můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. Vnitřní zářezy se vedou obvykle po ukloněném podloží ložiska nebo ve svazích lomu.

Při otvírce lomu s ložisky nerostných surovin šikmo uložených proto využíváme vnitřní zářezy, což má za důsledek, že porubní fronty postupují navzájem rovnoběžně. Velkou nevýhodou tak je, že u kolejové dopravy je nutné přestavovat oblouky kolejí po každém projetí rýpadla celou délkou porubní fronty o šířku odebraného pruhu zeminy v řezu [15].

Naproti tomu u ložisek umístěných horizontálně a mírně ukloněných je podle [1] vhodné využít otvírku vnějším zářezem. Tento způsob je velmi vhodný s vazbou na pásovou dopravu při hluboce uloženém ložisku užitkového nerostu a také, když má ložisko tvar protáhlého obdélníku. Kolejová doprava je u tohoto druhu otvírky pro hluboce uložené ložisko nevhodná vzhledem k malé stoupavosti této trakce a paralelnímu postupu front s uvedenými nevýhodami spojenými s přestavbami oblouků. Faktor malé stoupavosti kolejové dopravy má velký vliv na kubaturu vnějšího zářezu, což ve svém důsledku vede ke zvýšeným investičním nákladům.

Podle [17] je pro ložisko horizontálně a mírně ukloněné nepravidelného tvaru s nehluboko uloženým ložiskem užitkového nerostu vhodná otvírka vnějším zářezem s vějířovitým postupem porubních front, vázaná obvykle na kolejovou dopravu.

### 3.1.3 Otvírka hruškou

U větší mocnosti nadloží znamenají přímé zářezy umístěné vně ložiska velké investiční náklady. Zářezů vnitřních nelze použít, protože by vázaly značnou část užitkového nerostu v lomovém poli. Jedinou vhodnou otvírkou pro horizontální a mírně ukloněné sloje s větší mocností nadloží s využitím kolejové dopravy je otvírková hruška. Její parametry závisí na mocnosti nadloží a sloje.

Minimální délka hrušky je dána maximálním přípustným klesáním k nejnižšímu řezu a minimální šířka hrušky je určena rozměry pracovních plošin, velikostmi horizontálních průmětů svahů jednotlivých řezů a nejmenším přípustným poloměrem oblouku kolejí na nejnižším řezu. Přemostěním výjezdu a založením vnitřní výsypky se dosáhne konečné fáze otvírky lomu [15].

#### 3.1.4 Otvírka kamenolomu

U otvírky kamenolomů se vyskytují určitá specifika, protože tato užitková ložiska jsou obvykle situována v kopcovitém reliéfu krajiny a vyznačují se nepravidelným obvodem a složitým tvarem, tektonickými poruchami, proměnlivým obsahem i jakostí užitkového nerostu a nadložních hornin, velkým rozdílem výšek horní a spodní hranice dolového pole a značnou pevností hornin.

Při volbě způsobu otvírky kamenolomu mají rozhodující význam půdorysné rozměry lomu a jeho hloubka, reliéf povrchu, množství přepravovaných hornin z lomu, mocnost užitkového nerostu a skrývky, parametry uložení vrstev hornin, objemy hlavních báňských a přípravných prací v etapě těžby, způsob dopravy horniny, životnost ložiska atd. Na způsob založení lomů mají vliv tvar a povrch území, a proto lze z tohoto hlediska rozlišit základní možnosti otvírek kamenolomů ve svahovém terénu otvírky stěnových lomů a v rovinném plochém útvaru otvírky jámových lomů [12].

U stěnových kamenolomů se prudce zvyšují lomové stěny a je nutné otvírat nové etáže a vytvářet dlouhé příjezdné komunikace. Dále je důležité vzít v potaz blízká osídlená území, protože používané trhací práce velkého rozsahu mohou narušit nebo poškodit veřejný nebo soukromý majetek jako jsou inženýrské sítě, infrastruktura dopravy, přilehlé objekty atd. Zvláště u lokalit zakládáných ve vyšších polohách je nutné počítat i s povětrnostními vlivy a situovat tak těžební stěny vzhledem ke světovým stranám, hlavně v blokové těžbě. Výhodu představuje transport vytěžené horniny, který je obvykle svážen směrem dolů od těžby a také snadné odvodnění etáží [17].

Otvírka u jámových kamenolomů je mnohem jednodušší z důvodu snadného přístupu v rovině okolního terénu a to včetně vedení zářezu. Mnohem náročnější je zde systém odvodňování povrchové a podzemní vody a technologická doprava vytěžené horniny, kdy je nutné překonávat značná stoupání, hlavně u hlubokých lomů. U velkých převýšení se používají svážné výtahy, skipy a jeřáby.



Pro podmínky otvírek kamenolomů všech typů je důležité dosáhnouti efektivního vytěžení a maximálního využití suroviny se současným zachováním rázu krajiny [18].

### 3.2 Výsypkové hospodářství lomu

Pro úspěšný a plynulý provoz na lomu je v rámci otvírky lomu klíčové založení vhodných výsypek. Při zvolení vhodného způsobu stavby výsypky je nutné přihlížet k fyzikálně-mechanickým vlastnostem zemin a dostatečnému prostoru pro její realizaci, která bude zajišťovat její stabilitu a bezporuchový provoz. Důkladné odvodnění podloží výsypky je rozhodujícím prvkem stability výsypky. Podle umístění rozlišujeme výsypky vnější a vnitřní.

V první fázi výstavby lomu podle [3] přicházejí v úvahu pouze vnější výsypky, tzv. odvaly, které jsou zakládány na vyprojektovaných místech obvykle poblíž lomu nad původním terénem jako převýšené výsypky anebo se umísťují do jiného opuštěného lomu. Vnější výsypky komplikují organizaci provozu lomu a zvyšují provozní náklady na jednotku vytěžené užitkové suroviny, jako jsou vzdálenost a stoupání nad povrch.

Jednotlivé stupně vnitřní výsypky se ve vytěženém prostoru mohou postupně zakládat teprve po uvolnění dostatečného prostoru vlastní těžbou. Na dně lomu se zakládá první výsypkový stupeň v takové vzdálenosti od posledního řezu užitkové suroviny, aby nebyl ohrožen provoz na tomto řezu a narušeno odvodňování lomu. S postupující dobývací frontou užitkové suroviny se současně tvoří prostor pro postup výsypkové fronty a dále se postupně vytvářejí další výsypkové stupně. V kamenolomech se složiště odklizových hmot označuje jako odvaly, které mají objem řádově v desetitisících m<sup>3</sup>, u velkých uhelných lomů je kapacita výsypky milióny až miliardy m<sup>3</sup>.

Fáze otvírky lomu končí založením prvního stupně vnitřní výsypky ve vytěženém prostoru kromě ložisek strmě a šikmo uložených a kamenolomů. Mechanizace zakládání na výsypkách a odvalech lomů a provozoven těžcích nerostné stavební suroviny je vcelku jednoduchá. Na většině lokalit jsou těžebními, resp. nakládacími mechanismy lopatová rýpadla či kolové nakladače a odvozovými prostředky jsou nákladní automobily, dumpery či trucky [12].

Tyto kolové prostředky dopraví odklizové hmoty na odval a sklopením korby a přímým výsypem zakládají při horní hraně odvalu či výsypky. Na obrázku 3-1 je zobrazen princip nakládání kolové dopravy v lomech 100 tunovým kolovým nakladačem a 90 tunovým Dumprem. Nerovnosti a hromady na plošině výsypky či odvalu urovnávají buldozery či gradery jako zakládací zařízení.



Obrázek 3-1 Nakládání vytěžené horniny kolovým nakladačem na dump

Na větších a velkých těžebnách mohou být hmoty zakládány podobně jako na velkých uhelných či rudných lomech, při kolejové nebo pásové dopravě i lopatovými rýpadly či menšími kolejovými nebo pásovými zakladači (viz kapitola o technologii dobývání a dopravy).

### 3.3 Systémy lomového dobývání

Systémy lomového dobývání se skládají z komplexu odklizových, těžebních, zakládacích a pomocných prací, které se realizují v nejrozmanitějších teologicko-úložních podmínkách.

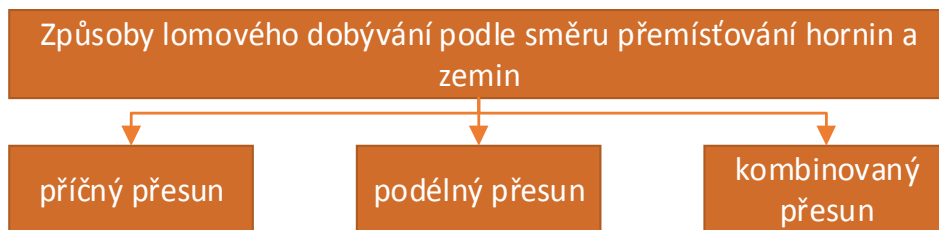
Podle [12] můžeme základní klasifikaci systémů lomového dobývání rozdělit podle směru a způsobu přemísťování skrývky, které určují hlavní parametry způsobu lomového dobývání.

Mezi hlavní parametry způsobu dobývání patří:

- dobývaná mocnost skrývky a počet řezů,
- šířka pracovních plošin, nutné pracovní ústupky,

- postup přemísťování a rychlost postupu fronty,
- množství uvolněných zásob užitečného nerostu aj.

Podle směru přemísťování hornin a zemin rozdělujeme způsoby lomového dobývání na příčný přesun zemin (napříč lomem), podélný přesun zemin (frontální podél řezů), kombinovaný přesun (vyšší řezy podélným způsobem, poslední příčným přesunem), které je zobrazeno na obrázku 3-2. Podle [3] jsou způsoby s podélným přemísťováním horniny technologicky složitější a ekonomicky náročné.



Obrázek 3-2 Způsoby lomového dobývání podle směru přemísťování hornin a zemin

U systému s příčným přemísťováním nadložních hornin (jedná se o bez dopravní systémy) jsou nadložní hmoty přemísťovány napříč lomem do vyrubaných prostorů na vnitřní výsypku. Rozeznáváme následující systémy:

- systém s přímým překládáním nadložních hornin,
- systémy s několikerým překládáním nadložních hornin,
- systémy s použitím skřývkových mostů,
- systémy kombinované (rýpadlo-zakladač; rýpadlo-pásový vůz-zakladač aj.),

Jednotlivé systémy lomového dobývání se ve své podstatě liší způsobem provádění odklizových prací. Ve vlastním dobývání užitečných nerostů nalézáme jen malé odlišnosti. Při technologickém procesu zpracování hornin podle [3] rozlišujeme 4 základní fáze, které jsou podle obrázku 3-3 fáze rozpojování, nakládání, transport, ukládání odklizu na výsypkách či odvalech nebo zpracování hmoty třídačem atd.



Obrázek 3-3 Čtyři základní fáze při technologickém procesu zpracování hornin

Rozpojování zemin a hornin probíhá strojně využitím rýpadel. Při větším měrném rypném odporu než 120 KN/m se rozpojování provádí pomocí trhacích prací. Clonové a plošné odstřely se používají u pevných hornin, kde nadloží tvoří pískovce, prachovce, slepence, jílovce atd., například u těžby černého uhlí [17] [20].

Po rozpojení horniny přichází na řadu proces nakládání využitím dobývacích a nakládacích strojů a zařízení. Strojním rozpojováním se dobývání provádí lopatovými rýpadly, rýpadly s vlečnými korečky (dreglajny), kolesovými a korečkovými rýpadly, ev. zemními stroji s rozrývacím zařízením.

Transport rozpojené horniny z místa dobývání na výsypku nebo odval probíhá pomocí kolejové, pásové, kolové nebo speciální (škrabáky, hydraulicky, aj.) dopravy.

Fáze ukládání hmot na výsypkách nebo odvalech se provádí pomocí zakládacích strojů nebo zakládacích zařízení (zemní stroje – buldozery, gradery, lopatová rýpadla, dreglajny, skrývkové mosty, zakladače). Fáze zpracování hmot probíhá v třídících a zpracovatelských výrobních linkách.

#### 3.4 Mechanizace dobývacích prací při lomovém dobývání

Technika v podobě dobývacích strojů, nakladačů a nákladových vozidel na lomových provozech obvykle vytváří systém kooperace. V podmínkách velkých uhelných, rudných a nerudných lomů pracují velké dobývací stroje dosahující velkých výkonností a vysoké produktivity práce [5].

#### 3.5 Doprava na lomech

Doprava v lomech je jedním ze základních úkolů v rámci transportního systému dobývání a zároveň rozhodující technologickou fází těžebního procesu. Hlavní funkcí technologické

dopravy je přesun vytěžených skrývkových hmot na místo zakládání a přepravení užitkových surovin na další zpracování či přímo k odbytu. Dopravní systém, volba dopravních cest a organizace technologické dopravy jsou na lomových provozech rozhodujícím faktorem, který má vliv na efektivnost povrchového dobývání. Stoupající požadavky na těžbu užitkových surovin a přechod do stále horších těžebních podmínek mají za následek zvýšení náročnosti přesunu těžných hmot [1].

Technologická doprava na lomech je určitý komplex zařízení sestávající z vlastního dopravního zařízení, doplňkové a pomocné mechanizace včetně prostředků pro zařízení a ovládání. Charakteristické pro dopravní systémy jsou podmínky, za kterých je prováděno stálé přemísťování dopravních tras se změnou nakládacích a vykládacích míst, překonávání větších sklonů, dopravních výšek a vzdáleností. Mezi charakteristické zvláštnosti dopravy ve velkých lomech patří:

- velký objem přepravovaných hmot,
- nutné přemísťování dopravních cest v čase i prostoru v důsledku postupu porubní fronty a výsypných front,
- nutná vysoká odolnost dopravních prostředků i dopravních tratí (cest) v důsledku provozních podmínek (kusovitost a velký objem přepravovaných hmot).

Na volbu vhodného způsobu dopravy v lomu mají vliv následující faktory:

- dobývací a zakládací stroje,
- objem přepravovaných hornin,
- životnost lomu,
- dopravní vzdálenost a směr pohybu hmot,
- úložní poměry a způsob otvírky ložiska,
- vlastnosti dopravovaných hornin,

- výkony a technické parametry dopravního zařízení,
- klimatické podmínky [12].

Vedle těchto hlavních faktorů třeba vzít v úvahu cenu dopravního zařízení, podmínky vybudování a organizace opravárenské základny a její náklady, zabezpečení dopravy energií a její náklady, specifické místní a přírodní podmínky.

Všeobecně lze rozdělit dopravu podle způsobu na cyklickou a kontinuální. Druhy technologické dopravy nejčastěji používané pro podélné přemísťování těžných hmot na lomových provozech jsou:

- kolejová,
- pásová,
- kolová [16].

### 3.5.1 kolejová doprava

Kolejová doprava na lomech obvykle zajišťuje odvoz skrývkových hornin a zemin z dobývacích řezů na výsypku, odvoz užitkového nerostu do úpraven, na skládky (zásobníky) velkých spotřebitelů nebo do předávacích stanic veřejné dopravy a obsluha všech technických zařízení lomů (přeprava pomocných materiálů, náhradních dílů apod.). Provoz kolejové dopravy je určen technickými parametry dopravního zařízení obvykle lokomotiv, dále nákladními vagóny, zabezpečovacím zařízení, trakcí, dopravní vzdáleností, stoupáním a zahnutím tratí, samotnou organizací nakládky a vykládky transportovaných hmot atd.

Mezi technické vybavení a zařízení pro provoz kolejové dopravy na lomech patří všechna stálá i pohyblivá zařízení, která jsou potřebná pro provoz, stavbu i pro udržování provozu důlních drah. Jedná se zejména o tratě s kolejemi účelně uspořádanými pro zajištění největší výkonnosti při dobývání, dopravě a zakládání, vhodně rozvětvenými v dopravních a k odstavování pro opravy a čistění, bezpečnostní zařízení – sdělovací a zabezpečovací pro zajištění jízd vlaků, stavby a zařízení lokomotivního a vozového hospodářství i pro

zásobování elektrickou energií, trakční vozidla, vozy, dílny a zařízení pro údržbu tratí a bezpečnostních zařízení. Je nutné mít na paměti, že dobře vybudovaný systém kolejí na lomech je základním předpokladem spolehlivé funkce celého lomu [17].

Podle druhu pohonu se dnes používají elektrické lokomotivy a pro speciální použití (většinou jako stroje pomocné) dieselové (dieselektrické) lokomotivy. Od elektrických lokomotiv na lomech se vyžaduje velká tažná síla, časté rozjezdy, průjezdnost malými oblouky i po špatné koleji, možnost elektrodynamického brzdění při úpadní jízdě, nejméně dva stupně hospodárných rychlostí v obou směrech, možnost zvukové signalizace, pomalá jízda a dálkové řízení lokomotivy pod rýpadlem apod.

Pro přepravu skrývky se používá velkoprostorových samovýsypných vozů jednostranně sklopných natočením korby a pro dopravu uhlí tzv. sedlových vozů se střeovitým dnem s oboustranným vyprazdňováním většinou na rošt zásobníků.

### 3.5.2 Pásová doprava

Díky značným technickým a technologickým výhodám je pásová doprava na lomech značně rozšířena a to z důvodů vysoké dopravní výkonnosti, nízkým provozním nákladům, vysoké produktivitě a vysoké přepravní rychlosti. Mezi její nevýhody patří snižování provozní spolehlivosti s rostoucí dopravní vzdáleností, vysoká pořizovací cena a malá variabilita související s výkonem těžby horniny v lomu.

Podle konstrukce a použití dělíme lomové pásové dopravníky na dopravníky stabilní přemístitelné. Stabilní dopravníky jsou určeny k přepravě hmot na velké vzdálenosti, spojující porubní a zakládací frontu. Přemísťují se demontáží a opětnou montáží. V běžné délce jsou zakotveny na betonových prefabrikovaných pražcích nebo na betonových patkách na terénu. U přemístitelných dopravníků jsou odklizové hmoty shazovacím vozem dopraveny k zakladači. Nejobvyklejšími pohyblivými dopravníky jsou porubní dopravníky, které jsou uloženy ve sklonu odpovídajícímu pracovnímu sklonu pracovní plošiny, a jejich

konstrukční řešení umožňuje přemísťování ve směru postupu porubní fronty. Tyto dopravníky se přemísťují včetně přesunu poháněcí a vratné stanice [5].

Pásová doprava, představuje komplexní transportní systém pro podélné přemísťování vytěžených hmot. Pásová doprava se skládá z pásových dopravníků, technologického příslušenství, doplňkového zařízení, pomocné mechanizace, rozvodu elektrické energie, atd. [16].

Technologie příslušenství pásových dopravníků zahrnuje přemístitelné násypky nebo násypné vedení, shazovací vozy, pásové rezervy umožňující zkrácení nebo prodloužení dopravníku, pásové vozy a pásové mosty, drtiče a předtřídiče, podavače, vyhrnovací zařízení nebo rozdělovací stanice. Mezi pomocná zařízení pro provoz a údržbu pásových dopravníků můžeme zahrnout překladače pro přesun pásových dopravníků, zařízení pro čištění prostoru pod a okolo pásových dopravníků, zařízení pro čištění bubnů, obrácení pásma, zařízení pro údržbu, spojování a výměnu pryžových pásů, zařízení pro výměnu a opravu nosných válečků.

### 3.5.3 Kolová doprava

Kolová doprava je v současné době nejpoužívanějším druhem dopravy v kamenolomech pro převoz rubaniny od těžební stěny k drtiči. Dále je možno této dopravy použít všude tam, kde se jedná o dopravu omezeného množství vytěženého materiálu na krátké vzdálenosti a kde by investice na jinou dopravu nebyly rentabilní z důvodu malé životnosti ložiska [15].

Kolová technologická doprava je velmi operativní a variabilní, umožňuje se přizpůsobit různým postupům těžební fronty a selektivnímu odvozu vybraných kategorií hornin a zemin. Trend vývoje v oblasti kolové dopravy směřuje ke stále větším kapacitám nosnosti kolových vozidel. Tato doprava může být kombinována s dopravou dopravníky nebo spádovou dopravou. Mezi nevýhody kolové dopravy v lomech patří malá přepravní



výkonnost daná obsahem korby, nízká produktivita práce a vysoké provozní náklady, nízká životnost a vysoké nároky na údržbu kolových vozidel.

Při projektování dopravní infrastruktury pro kolovou dopravu je podle [17] nutné vzít v úvahu kvalitu a charakter vozovek, zejména pokud se v lomu pracuje nepřetržitě celý rok a vozovky musí zajišťovat průjezdnost vozidel i za zhoršených klimatických podmínek, hlavně v zimních měsících. Úseky výjezdových tras z lomu se obvykle budují jako zpevněné dvoupruhové vozovky nejčastěji jako panelové. Na obrázku 3-4 je ukázka vybudované dopravní infrastruktury v kamenolomu.



Obrázek 3-4 Vybudovaná dopravní infrastruktura v kamenolomu

K zajištění plynulého provozu kolové dopravy na lomech je nutné při projektování vzít v úvahu i projektování potřebné mechanizace pro výstavbu přemístitelných vozovek na těžebních řezech i výsypkových etážích jak jsou buldozery, skrejpry, autojeřáby, podvalníky pro přemísťování panelových nebo roštových vozovek, kropicí vozy, vozy s pluhem pro zabezpečování spolehlivé průjezdnosti v zimním období [12].

Kapacita automobilové dopravy je určena objemem korby vozidla, jízdni dobou (max. rychlost, dopravní vzdálenost, čekání vozidla aj.), manipulačními časy (plnění a vyprazdňování korby) a nosností vozidla, která je dána vzorcem:

$$V_l = \frac{G \cdot k_n}{\delta \cdot \kappa} \quad (1)$$

Kde:

$V_l$  = objem lopaty [ $m^3$ ]

$G$  = nosnost auta [ $t$ ]

$k_n$  = koeficient nakypření

$\delta$  = objemová hmotnost těživa v rostlém stavu [ $t \cdot m^{-3}$ ]

$\kappa$  = poměr mezi nosností auta a hmotností těživa v lopatě obvykle  $\kappa \in \{3; 7\}$

Pro výpočet výkonnosti automobilové dopravy využijeme vzorec pro stanovení počtu potřebných vozidel přiřazených k jednomu rýpadlu:

$$n = \frac{T_c}{t_n} \quad (2)$$

Kde:

$n$  = počet vozidel [ $ks$ ]

$T_c$  = celková doba dopravního cyklu [ $min$ ]

$t_n$  = doba nakládky [ $min$ ]

Celková doba dopravního cyklu je pak dána vztahem:

$$T_c = t_n + t_l + t_v + t_{\check{c}} + t_m + t_z \quad (3)$$

Kde:

$t_n$  = doba nakládky [ $min$ ]

$t_l$  = doba jízdy plného vozidla [ $min$ ]

$t_v$  = doba vyklápění vozu [*min*]

$t_{\xi}$  = doba čekání při nakládce a vyklápění [*min*]

$t_m$  = doba manévrovacích operací [*min*]

$t_z$  = doba jízdy prázdného vozidla [*min*]

Doba nakládky je dána vztahem:

$$t_n = \frac{V_A \cdot 60}{Q_{tech} \cdot k_n} \quad (4)$$

Kde:

$V_A$  = objem korby vozidla [ $m^3$ ]

$Q_{tech}$  = technická výkonnosti rýpadla [ $m_{rz}^3 \cdot h^{-1}$ ]

$k_n$  = koeficient nakypření

Technická výkonnost rýpadla je dána vzorcem:

$$Q_{tech} = Q_{teor} \cdot \frac{k_p}{k_n} \quad (5)$$

Kde:

$Q_{teor}$  = teoretická výkonnost rýpadla [ $m_{rz}^3 \cdot h^{-1}$ ]

$k_p$  = koeficient plnění lopaty

$k_n$  = koeficient nakypření

Teoretická výkonnost rýpadla je dána vzorcem:

$$Q_{teor} \cdot V_l \cdot 60 \cdot n \quad (6)$$

Kde:

$V_l$  = objem lopaty [ $m^3$ ]

$n$  = počet výsypů za minutu

Pro stanovení počtu potřebných transportních prostředků k zabezpečení výkonnosti rýpadla (nakladače) platí podobné vztahy jako pro kolejovou dopravu. Podle [17] je povinností těžební organizace také sestavit pro automobilovou dopravu provozní a dopravní řád, v němž musí být řešeny specifické podmínky bezpečnosti při dopravě (např. stanovení max. dopravní rychlosti, max. dovolené stoupání a zakřivení vozovek, max. dovolené zatížení vozidel, signály při plnění a vyprazdňování vozidla, jízda za snížené viditelnosti, optické nebo jiné návěští apod.). Dovolенý úklon komunikací v lomech je 12 až 15 %, výjimečně 20 % pro jízdu prázdným vozidlem a 7 až 10 % pro jízdu naloženým vozidlem.

### 3.6 Přehled strojů pro zemní a meliorační práce

V této části práce je pozornost věnována konstrukční koncepci vozidel, které jsou využívány jako dopravní a nákladní prostředky v kamenolomu pro těžbu drceného kameniva.

#### 3.6.1 Dozery

Dozer je samohybný pásový nebo kolový traktor používaný na vynakládání tlačné nebo tažné síly prostřednictvím namontovaného dozerového pracovního zařízení obvykle radlicí. Tento stroj může nést i další pracovní zařízení jako je rozrývač, naviják nebo tažný závěs. Základní traktor je vybaven potřebnými montážními komponenty pro připevnění jednoho nebo několika pracovních zařízení. Hlavní pracovní zařízení tvoří tlačná ramena, radlice a mechanismus jejího ovládání. V zadní části stroje bývá umístěno rozrývací zařízení s příslušným počtem rozrývacích zubů, naviják a bočně výkyvný nebo pevný závěs pro tažení přívěsů a tažených pracovních mechanismů. Základní rozměry a parametry dozerů jsou uvedené v tabulce 3-1.

Tabulka 3-1 Základní parametry dozerů

| Základní parametry                                 | Označení | Jednotka         |
|--|----------|------------------|
| Výkon motoru                                       | $P_e$    | $kW$             |
| Maximální rychlost pojezdu                         | $v$      | $m \cdot s^{-1}$ |
| Provozní hmotnost                                  | $G_p$    | $kg$             |
| Tažná síla podvozku                                | $F_p$    | $kN$             |
| Maximální výkon motoru při otáčkách                | $P$      | $kW$             |
| Objemová kapacita radlice                          | $V_u$    | $m^3$            |
| Objem palivové nádrže                              | $V_{pn}$ | $l$              |
| Měrná spotřeba paliva při nepřetržité práci stroje | $S_{mp}$ | $l \cdot h^{-1}$ |

Pracovní proces dozerů je dán tvarem a funkcí radlice, která má tvar zakřivené desky se schopností horninu odřezávat, hrnout na kratší vzdálenosti a případně zároveň rozprostírat. Největších výkonností dosahují dozery při práci v lehkých horninách, při hrnutí horniny do vzdálenosti nepřevyšující 60 metrů. Na větších vzdálenostech již dochází ke ztrátám horniny podél boků radlice. Odřezávaná hornina se při těžení hromadí před radlicí až do okamžiku jejího zaplnění. Má-li radlice správný tvar, dochází u těžené horniny k odvalovacímu pohybu po čelní ploše radlice. Odvalovací pohyb, který přispívá k zvětšení množství hrnuté horniny, nastává pouze v soudržných horninách.

### 3.6.2 Nakladače

Nakladače jsou samohybné pásové nebo kolové stroje s integrovanou vpředu namontovanou nosnou konstrukcí lopaty a pákovou soustavou, která prostřednictvím pohybu stroje zvedá, přepravuje a vysypává materiál. Moderní nakladače s výkonem nad 100 kW se řadí mezi stroje pro zemní práce, protože mohou horninu nejen nakládat, ale i těžít a přepravovat. Samotný stroj je vybaven montážními úchytkami a spojovacími prvky pro připevnění pracovního zařízení. Lopata nakladače je složena z hlavních částí - řezná hrana, zub lopaty, boční řezná hrana lopaty, rohová řezná hrana lopaty, táhlo lopaty, čep otočného uložení závěsu lopaty. Nakladače můžeme rozdělit podle nosnosti:

- malé - s nosností do 5 kN (500 kg),
- lehké - od 5 kN do 20 kN,

- střední - 20 - 50 kN,
- těžké - 50 - 100 kN,
- velmi těžké - nad 100 kN.

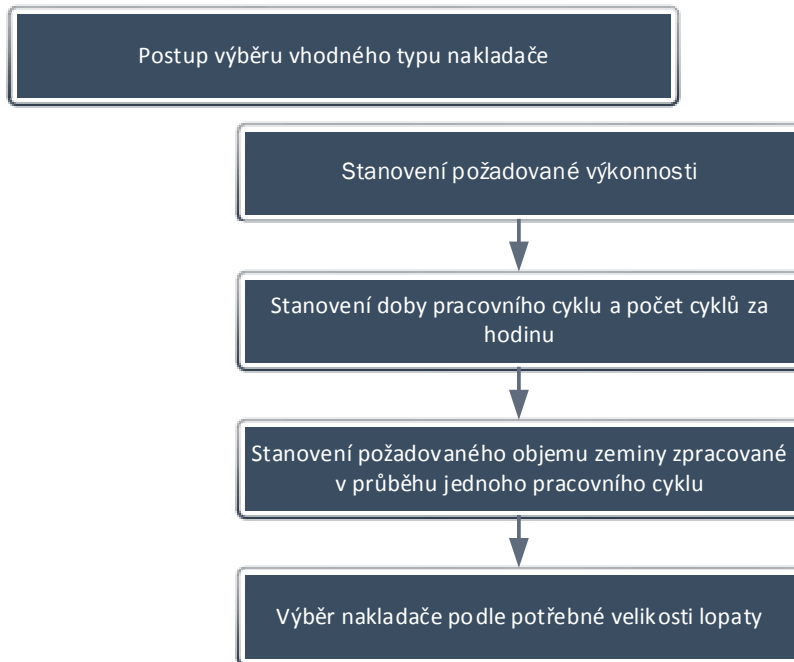
Pracovní zařízení nakladače by mělo při těžení i nakládání zabezpečit nastavení lopaty do vhodné polohy pro těžení horniny a pro nabírání horniny a umožnit tak její maximální využití. Kromě požadavku na maximální využití lopaty se od pracovního zařízení vyžaduje příznivé rozložení hmotnosti nakladače při práci, efektivní využití činných ploch přímočarých hydromotorů, ochrana hydraulických prvků před znečištěním, krátké vedení hydraulického potrubí, rychlé a úplné vysypání lopaty.

Mezi základní parametry nakladačů patří parametry strojového spodku. Základním požadavkem je pracovní schopnost nakladače vyvinout dostatečnou adhezní sílu potřebnou pro těžení horniny. Měřítkem je tedy měrný rypný odpor na lopatě vztažený na běžný metr řezné hrany nebo na  $m^2$  plochy odebírané hmoty. Další technické parametry nakladačů jsou uvedeny v tabulce 3-2.

Tabulka 3-2 Technické parametry nakladačů

| Technické parametry                               | Označení         | Jednotka          |
|---|------------------|-------------------|
| Výkon motoru na $m^3$ objemu lopaty               | $P_N$            | $kW \cdot m^{-3}$ |
| Hmotnost nakladače na $m^3$ objemu lopaty         | $V_N$            | $kg \cdot m^{-3}$ |
| Řezná síla na břitu lopaty na $m^3$ objemu lopaty | $\check{R}_{FL}$ | $kN \cdot m^{-3}$ |
| Maximální nosnost                                 | $M_N$            | $t$               |
| Trhací síla                                       | $F_T$            | $kN$              |

Při výběru vhodného typu nakladače je vhodné postupovat podle navrženého schématu na obrázku 3-5.



Obrázek 3-5 Postup výběru vhodného typu nakladače

Požadovanou výkonnost je možné získat dělením celkového objemu horniny, kterou je nutno zpracovat a celkové doby, která je pro práci k dispozici. Stanovení doby pracovního cyklu znamená upravit dobu teoretického pracovního cyklu časovými hodnotami.

### 3.6.3 Skrejpry

Skrejpry jsou to stroje s cyklickým způsobem práce, které v sobě zahrnují 5 různých zemních strojů. Jedná se o rýpadlo, které rozpojuje a nakládá horninu, nakladač, který nakládá rozpojenou horninu, dumph, který převáží horninu na vzdálenost 100 až 1500 m, dozer, který rozprostírá horninu v určité vrstvě a válec, který navrstvenou horninu zhutňuje.

Pracovní proces skrejprů je tak složen z těžby, přepravy, rozprostírání horniny a jejího urovnání a hutnění horniny pojezdem po rozprostřené hornině. Skrejpry se používají především pro skrývkové a zemní práce na velkých plochách, to je převážně při stavbách dálnic, silnic, letišť, při výstavbě teras, při provádění zářezů a náspů, při skrývkách a úpravách rozměrných ploch poldrů.

Mezi hlavní výhody skrejprů patří spojení procesů těžení, nakládání, přepravy, rozprostírání a hutnění horniny. Skrejpry jsou konstrukčně jednoduché a snadno ovladatelné a dosahují vyšší výkonnosti při odvozu horniny než by tomu bylo při nasazení jednoúčelových zemních strojů.

Snadno se přemísťují z jednoho pracoviště na druhé a můžeme jimi docílit vyšší přesnosti při těžbě, než je tomu u rýpadel.

Mezi hlavní nevýhody pak patří omezený pohyb díky svým rozměrům a hmotnosti po běžných komunikacích. Skrejpr nemůže těžít horniny vyšší třídy rozpojitelnosti a horniny lepidivé a s vysokým obsahem vody a nemůže pracovat v horninách s obsahem velkých balvanů. U použití skrejprů jsou kladeny vysoké nároky na provoz a údržbu cest a tras, čerpání pohonných hmot a míjení skrejprů na úzkých místech trasy.

#### 3.6.4 Grejdry

Grejdry jsou stroje na kolovém podvozku opatřené radlicí, která je umístěna mezi přední a zadní nápravou a lze ji natáčet v rovině horizontální, naklánět, zvedat a vysouvat mimo stroj. Vedle základního pracovního mechanismu, je grejdr vybaven ještě pomocným pracovním zařízením, tedy radlicí jako dozer, která je umístěna před přední nápravou. Také bývá vybaven rozrývačem, který nakypřuje zhutnělé horniny. Vybavení grejdrů a možnost různého nastavení pracovních zařízení z něho dělá univerzální stroj, určený pro práci v zeminách nesoudržných a sypkých. Není však schopen přesouvat větší množství materiálu ve směru jízdy na delší vzdálenosti.

Grejdry jsou využívány při údržbě a stavbě cest, skladovacích ploch, letišť, údržbě cest v lomech, při dokončovacích pracích před hutněním, při čištění cest od nánosů bláta na stavbě nebo po živelních událostech. Dokáží velmi dobře odklízet velké vrstvy sněhu na silnici, srovnávat vyjeté koleje na nezpevněných cestách, vytvářet odtokové žlaby, rozšiřovat cesty do stran a srovnávat povrch bočních svahů běžných sklonů.



### 3.6.5 Dumpery

Dumpr je stroj na kolovém nebo pásovém podvozku s vlastním pohonem, vybavený otevřenou korbou, který přepravuje a vysypává, nebo rozprostírá materiál. Nakládání do korby dumperu musí být prováděno nakladači. Dumpery jsou používány převážně pro odvoz materiálu v lomech, dolech a na velkých stavbách. Vyznačují se mohutností celého stroje a velkým objemem korby. Podvozek dumprů je konstruován pro obtížné terénní podmínky a neupravené odvozní cesty. Tyto stroje jsou určeny pro odvoz materiálu s malými náklady na tunu odvezeného materiálu.

Dumpery se využívají na stavbách většího rozsahu, na odvoz velkého objemového množství materiálu jednou jízdou po nezpevněných cestách. Odvozu horniny např. kameniva k dalšímu zpracování a využití a odvozu horniny na dočasné skládky. Dumpery je možné využít pro přepravu vlhké horniny při nízkých teplotách, například naplavenin při povodních nebo lepidých hornin při budování melioračních staveb.

Mezi hlavní výhody používání dumprů patří schopnost transportovat velký objem materiálu při jedné jízdě na velkou vzdálenost bez ohledu na povětrnostní podmínky. Dumpery jsou uzpůsobeny k překonávání příkrých stoupání a klesání díky vysokému výkonu motoru a konstrukci převodovky. Díky velkým průměrům kol a širokým pneumatikám jsou schopny pohybovat se po zpevněných i nezpevněných komunikacích. Vyhřívaná korba dumprů eliminuje přimrzání přepravních hmot a díky speciálnímu tvaru a tloušťce dna korby do „V“, která zabraňuje průrazu a otěru, může přepravovat i kamenivo.

Hlavními nevýhodami používání dumprů je omezený pohyb po běžných komunikacích a nutnost zpevňování komunikací například mostků při přepravě velké hmotnosti těžené horniny dumprem.

V současné době je největším dvounápravovým dumprem Liebherr T 282B, který je na obrázku 3-6 vyráběný německou firmou Liebherr v závodě společnosti v americkém městě Newport News. Stroj byl navržen v roce 2004, jako následník modelu T 282. Liebherr T 282

B je poháněn systémem kombinujícím dieselový a elektrický pohon. Jeho pohonná jednotka váží v nejsilnější verzi 10 tun a poskytuje výkon 2722 kW (3650 koní). Přidružený alternátor poskytuje proud pro dva elektrické motory Liebherr/Siemens (SIMINE TR) pohánějící zadní nápravu. Uveze až 400 tun přepravní hmoty.



Obrázek 3-6 Dumpr Liebherr T 282B

### 3.7 Kamenolom Ladce - Butkov

Považská cementárna v Ladce s lomem Butkov je nejstarší cementárnou na Slovensku na výrobu portlandského cementu. V současnosti je jednou z nejmodernějších provozů. Technologickými linkami i ochranou životního prostředí je na úrovni vyspělých evropských cementáren. Považská cementárna Ladce se zařadila mezi 10 společností, které za své originální výrobky nebo služby získaly certifikát Slovak Gold 2008.

Z geomorfologického hlediska se území nachází ve Fatransko-tatranské oblasti, v celku Strážovské vrchy, oddílu Trenčianská vrchovina a v pododdíle Butkovské soutěsky. Strážovské vrchy jsou morfologicky členitým pohořím (pahorkatiny, vrchoviny, hornatiny) odrážejícím složitou geologickou stavbu. Území budované horninami ve flyšových vývoji má průměrný sklon svahů, je rozčleněno soustavou hlubokých erozních rýh a ve spodních částech svahů je postihováno sesouváním a stékáním (sesuvy a zemní proudy).

Nadmořské výšky dosahují jen kolem 350 m n. m. Svahy tvořené vápencovými komplexy mají sklony až do 40° (např. Butkov) a strmější modelovaný reliéf bez významnějších projevů hloubkové eroze a svahových deformací. Geomorfologicky patří dotčené území k bradlu, které je protáhlé ve směru východ - západ s nejvyšší kótou Butkov (764,6 m n. m.). Povrch je velmi členitý, strmý, svah budovaný vápenci klesá od jihu k severu až po úpatí vápencových útesů 15 až 20 m vysokých, odtud až po severní hranici dotčeného území je sklon svahu mírnější a rovnoměrnější, tvořený slínem a slínovci.

Dotčené území má nadmořskou výšku od 424,5 do 708 m n. m. Severozápadně od dotčeného území se rozprostírá Ilavská kotlina, která se táhne v nivě řeky Váh SV-JZ směrem. Na formování kotliny má velký podíl eroze. Ilavská kotlina patří ke kotlinám nížinného stupně, které nepřesahují nadmořskou výšku 300 m (např. Ladce - 250 m n. m., Beluša - 251 m n. m.). Vyznačuje se poměrně jednoduchým složením a reliéfem s neogenními sedimenty a různorodými kvarténními uloženiny.

### 3.7.1 Stav zásob ložiska Ladce - Butkov

Ložisko cementářských surovin bylo prověřeno v několika etapách geologickým průzkumem. Na základě výsledků geologicko-průzkumných prací byly zásoby suroviny ověřeny v roce 1965 a schváleny výměrem KKZ 541-05 / 34/66 ze dne 6. 7. 1966. V letech 1985-1986 byly provedeny geologicko-průzkumné práce s výpočtem zásob k 31. 7. 1986. V červnu 1991 byl na základě průzkumu z ražení šachty a geofyzikálních měření stability masivu proveden nový přepočet zásob na ložisku, který zároveň stanovil závěrný svah lomu na 51°, čímž byla část zásob vázaných převedena do kategorie zásob volných. Ve smyslu Vyhlášky SGU č. 6/1992 Sb. byly zásoby přehodnoceny a zařazeny do kategorií Z k 30. 4. 1994. Nový výpočet zásob k 31. 12. 2006 byl převeden na základě výsledků průzkumu.

Metodika výpočtu zásob vycházela z podmínek využitelnosti zásob ložiska určených Považskou cementárnou Ladce ze dne 15. 5. 2003. Ověřené a vytěžitelné zásoby jsou zobrazeny v tabulce 3-3. V rámci průzkumu byly vypočteny i vytěžitelné zásoby podložních křemičitých vápenců s polohami vápnitých pískovců v množství 153 600 m<sup>3</sup>. Vytěžitelné

zásoby jsou zásoby celkové po odečtení zásob, které jsou vázány na základě dobytelnosti stanovené v generálním sklonu hornin: pro vápence 51 st. a pro slíny 46 st.

Tabulka 3-3 Stav ověřených a vytěžitelných zásob

| Suroviny             | Ověřené zásoby [kt] | Vytěžitelné zásoby [kt] |
|----------------------|---------------------|-------------------------|
| Vápenec spolu        | 85 828              | 64 056                  |
| Slíny včetně skrývky | 26 853              | 20 663                  |
| Zásoby celkem        | 112 681             | 84 719                  |

Rozhodnutí o schválení zásob výhradního ložiska kamenolomu Ladce - Butkov bylo vydané MŽP SR v Bratislavě dne 28. 11. 2007 (poř. č.: 01/09/2007, číslo: 12371/2007-9.1). Schválené byly vypočítané zásoby vápence a slínu (cementářské suroviny) v rozsahu: geologické zásoby celkem 333 530 kt, z toho nové zásoby 3 112 681 kt a původní zásoby 4 220 849 kt. V roce 2007 bylo v lomě vytěžených 1 118 kt suroviny, z toho 998 kt vápence a 120 kt slínu. Na obrázku 3-7 je leteckým pohledem vyfocen Kamenolom Ladce – Butkov.



Obrázek 3-7 Kamenolom Ladce – Butkov

### 3.7.2 Hydrogeologická charakteristika ložiska

Do ložiska infiltrují jen atmosférické srážky. Infiltrační oblast je shodná s plošným rozsahem ložiska. Ložisko se nachází nad erozní bází, bez povrchových vod v jeho blízkém okolí.

### 3.7.3 Petrografické a hydrogeologické vlastnosti

Ložiskové karbonátové horniny jsou dobře propustné, avšak nezvodněné. Propustnost je puklinová až puklinovo-krasová. Na ložisku nebyla zastižena spojitá hladina podzemní vody. Určitou akumulaci podzemních vod lze očekávat na styku karbonátů se slínovými horninami. Tektonické poměry nemají z hlediska hydrogeologie a exploatace ložiska větší význam.

### 3.7.4 Přepravní vzdálenosti v lomu Butkov

Přepravní vzdálenosti z jednotlivých etáží v tabulce 3-4 jsou uvedeny od začátku vstupu jednotlivé etáže k násypce do drtiče. Poslední odstavec představuje vzdálenost těžby od vstupu na vybranou etáž.

Tabulka 3-4 Přepravní vzdálenosti v lomu Butkov

| Vstup na etáž číslo  | Nadmořská výška<br>[m n. m] | Vzdálenost [m] | Od vstupu etáže<br>k těžebnímu místu [m] |
|----------------------|-----------------------------|----------------|--|
| drtič                | 350                         | 0              |  |
| 2b etáž stará cesta  | 385                         | 800            | 200                                      |
| 2 etáž slín          | 363                         | 200            | 100                                      |
| 3 etáž               | 405                         | 500            | 200                                      |
| 3 etáž kompresorovna | 415                         | 800            |  |
| 4 etáž               | 435                         | 1000           | 100                                      |
| 4 etáž stará cesta   | 445                         | 1100           |  |
| 5 etáž               | 460                         | 1300           |  |
| 6 etáž               | 480                         | 1600           |  |
| 7 etáž               | 505                         | 1900           | 100                                      |
| 8 etáž               | 530                         | 2300           | 500                                      |
| 9 etáž               | 550                         | 2500           | 300 + 200                                |
| 10 etáž              | 565                         | 2700           | 600                                      |
| 12 etáž nad drtičem  | 610                         | 3300           |  |

|                        |     |      |     |
|------------------------|-----|------|-----|
| <b>13 etáž</b>         | 630 | 3800 | 300 |
| <b>14 etáž</b>         | 645 | 4000 | 400 |
| <b>15 etáž</b>         | 650 | 4100 | 500 |
| <b>15 etáž závěrná</b> | 680 | 4600 |     |

### 3.7.5 Seznam vozidel pro kolovou dopravu v lomu Butkov

V lomu Butkov se v současné době používají následující kolové dopravní prostředky uvedené v tabulce 3-5. V tabulce 3-5 je dále uvedeno ekonomické vyhodnocení a porovnání za rok 2014 jednotlivých vozidel, nakladačů a ostatních vozidel.

Tabulka 3-5 Ekonomické vyhodnocení a porovnání vozidel za rok 2014

| Ekonomické vyhodnocení a porovnání za rok 2014 |       |         |         |        |           |            |                      |                    |                      |                   |                |             |           |
|--|-------|---------|---------|--------|-----------|------------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------------|-------------|-----------|
| Vozidlo  | mth   | km      | tuny    | Nafta  | Spotřeba  |            | Generální opravy (€) | Servis vlastní (€) | Servis dodavatel (€) | Údržba celkem (€) | Pneumatiky (€) | Náklady (€) |           |
|  |       |         |         |        | Ø / 1 mth | Ø / 1 tunu |                      |                    |                      |                   |                | na 1 mth    | na 1 tunu |
| Komatsu HD 405 v.č. 2127                       | 2 156 | 35 960  | 238 134 | 63 255 | 29,45     | 0,27       | 18 357,60            | 29 627,24          | 5 479,60             | 53 464,44         | 18 989,90      | 63,83       | 0,58      |
| Volvo A 35 C v.č. 4676                         | 1 108 | 14 350  | 108 800 | 22 580 | 21,24     | 0,26       | 0,00                 | 7 144,79           | 5 893,17             | 13 037,96         | 0,00           | 32,76       | 0,33      |
| CAT 775  | 2 222 | 30 965  | 471 351 | 81 295 | 36,53     | 0,18       | 0,00                 | 1 455,09           | 17 766,66            | 19 221,75         | 24 785,76      | 57,49       | 0,27      |
| CAT 772  | 2 038 | 302 202 | 261 140 | 71 806 | 35,53     | 0,28       | 0,00                 | 22 366,05          | 11 214,70            | 33 580,75         | 25 534,80      | 65,30       | 0,51      |
|  |       |         |         |        |           |            |                      |                    |                      |                   |                |             |           |
| Nakladač                                       | mth   | km      | tuny    | Nafta  | Spotřeba  |            | Generální opravy (€) | Servis vlastní (€) | Servis dodavatel (€) | Údržba celkem (€) | Pneumatiky (€) | Náklady (€) |           |
|  |       |         |         |        | Ø / 1 mth | Ø / 1 tunu |                      |                    |                      |                   |                | na 1 mth    | na 1 tunu |
| Volvo L 350 F v.č. 1540                        | 2 025 | x       | 558 700 | 70 030 | 38,03     | 0,13       | 0,00                 | 3 439,79           | 8 034,45             | 11 474,24         | x              | 41,29       | 0,15      |
| Volvo L 350 F v.č. 1143                        | 1 875 | x       | 516 600 | 57 190 | 30,21     | 0,11       | 5 166,18             | 3 211,11           | 20 796,43            | 29 173,72         | x              | 46,98       | 0,17      |
| Komatsu WA 600-3                               | 823   | x       | 117 080 | 37 070 | 36,98     | 0,27       | 10 831,61            | 17 628,75          | 19 721,76            | 48 182,12         | x              | 104,94      | 0,74      |
| Dressa 560 C                                   | 979   | x       | 69 490  | 27 546 | 29,23     | 0,49       | 0,00                 | 9 825,27           | 159,41               | 9 984,68          | x              | 39,18       | 0,55      |
|  |       |         |         |        |           |            |                      |                    |                      |                   |                |             |           |
| Ostatní  | mth   | km      | tuny    | Nafta  | Spotřeba  |            | Generální opravy (€) | Servis vlastní (€) | Servis dodavatel (€) | Údržba celkem (€) | Pneumatiky (€) | Náklady (€) |           |
|  |       |         |         |        | Ø / 1 mth | Ø / 1 tunu |                      |                    |                      |                   |                | na 1 mth    | na 1 tunu |
| Komatsu D 65 Ex 12                             | 657   | x       | x       | 12 805 | 19,49     | x          | 0,00                 | 2 356,83           | 176,85               | 2 533,68          | x              | 23,93       | x         |
| Atlas Copco Roc L6                             | 562   | 28 895  | x       | 19 025 | 33,85     | 0,94       | 0,00                 | 14 913,91          | 11 870,92            | 26 784,83         | x              | 82,53       | 1,61      |
| Komatsu WB97R                                  | 758   | x       | 0       | 14 505 | 18,98     | x          | 5 597,81             | 5 095,51           | 8 305,93             | 18 999,25         | x              | 44,77       | x         |
| Case 1288 NLC                                  | 501   | x       | x       | 2 986  | 5,96      | x          | 0,00                 | 348,53             | 1 449,45             | 1 797,98          | 0,00           | 9,73        | x         |

### 3.8 Kamenolom Krhanice

Ložisko se nachází cca 0,7 km severozápadně od obce Krhanice v okrese Benešov, v zalesněné elevaci Slazy (kóta 366) na pravém břehu Sázavy za silnicí Týnec n. Sázavou v katastrálním území obce Krhanice. Kamenolom Krhanice leží v jedné z nejznámějších lomařských oblastí České republiky v oblasti posázavské a požárské žuly. Těžba i zpracování kamene zde má dlouhodobou a bohatou tradici. V minulosti zde byla provozována i ušlechtilá kamenická výroba, která však asi před desíti lety byla úplně zastavena z důvodu snížení odbytu kostek a haklíku a v neposlední řadě i z důvodu snížení kvality suroviny

v důsledku souběžně prováděných komorových a clonových odstřelů, jež narušily kvalitu blokově těžené suroviny.

### 3.8.1 Geologická, petrografická a hydrogeologická charakteristika ložiska

Výhradní ložisko Krhanice se nachází v katastrálním území obce Krhanice 14,5 km severně od trati u železniční stanice Krhanice, v okrese Benešov, ve středočeském kraji. Na železniční trať je napojena vlečka do lomu. Vjezd do lomu je ze státní silnice II. třídy Jílové – Týnec nad Sázavou přes nechráněný železniční přejezd.

Geologický průzkum na výhradním ložisku Krhanice byl proveden Geologickým průzkumem n. p. Praha, závod České Budějovice, v roce 1963. Z hlediska regionálně-geologického členění náleží výhradní ložisko granodioritu Krhanice ke středočeskému plutonu. Na ložisku jsou zastoupeny dva základní typy hornin. Jsou to jednak relativně starší granodiority sázavského typu, které byly rozlámány a jimiž pak pronikly mladší granodiority požárského typu.

Granodiority požárského typu jsou proto zastoupeny ve svrchních partiích ložiska. Granodiority sázavského typu jsou biotiticko-amfibolické až amfibolicko-biotitické, tmavší barvy (modrošedé), charakteristického kropenatého vzhledu a většinou hrubozrnné. Hornina je diferencována ve značném rozmezí, od žul až po diority, s převládajícími granodiority a křemennými diority. Granodiority požárského typu jsou biotitické, světlejší (modrošedé až bělošedé), středně zrnité (průměrná velikost zrna je menší než 3,3 mm). Horninu tvoří většinou biotitická žula se stejnou zrnitostí.

Hlavní ložisková výplň ze svrchních partií se vlivem zvětrávacích procesů rozkládá a rozpadá. Vytváří tak kvartérní zvětralinový plášť různé mocnosti a charakteru. U sázavského typu je rozpad horniny balvanitý (oblé tvary), který se v terénu jeví v podobě balvanitých moří. Požárský typ naproti tomu intenzivně větrá pouze podél puklin, v nejsvrchnějších vrstvách se hornina rozpadá na písek. Mocnost zvětrávacích produktů je kolísavá. V nižších částech svahu k nim přistupuje materiál eluviálního rozpadu. Granodiority sázavského typu jsou

méně intenzivně rozpukány. Pukliny mají značný rozptyl jak ve sklonu, tak i v úklonu. Jediný výrazný systém tvoří pukliny, hornina se podle těchto puklin špatně odděluje.

Tyto pukliny mají obecný směr SSZ-JJV ( $150^{\circ}$ ) s úklonem  $85^{\circ}$  k JZ. Poměrně dobře jsou vyvinuty ložní pukliny (vyznačují se jen mírným sklonem nebo jsou vodorovné) s úklonem  $0-15^{\circ}$  k SV. Granodiority požárského typu mají pukliny uspořádané daleko pravidelněji, vcelku symetricky ke směru SZ-JV. Převládají pukliny strmých úklonů. Nejvýraznější je maximum puklin Q obecného směru SSZ-JJV ( $150^{\circ}$ ).

Z hlediska hydrogeologické charakteristiky bylo výhradní ložisko Krhanice klasifikováno jako ložisko s velmi jednoduchými hydrogeologickými poměry. Leží v celém svém rozsahu vysoko nad místní erozivní bází. Erozivní báze je dána úrovní hladiny vody řeky Sázavy (cca 240 m n. m.), která protéká cca 50 m jižně od lomu. Morfologicky je příznivě utvářeno svahy k JZ a JV, eventuálně SV, takže srážkové vody mohou snadno stékat mimo těžební prostor. Podzemní voda nebyla žádným důlním dílem zastižena.

### 3.8.2 Stav zásob

Výpočet zásob výhradního ložiska Krhanice byl proveden na základě výsledků geologického průzkumu, který provedl Geologický průzkum n. p. Praha, závod České Budějovice. Navržené bloky zásob kategorie B, C<sub>1</sub> a C<sub>2</sub> byly schváleny usnesením KKZ č. j. 1184-05/75-64 ze dne 13. 10. 1964 v následujícím rozsahu uvedeném v tabulce 3-6 a 3-7. Kamenolom Krhanice je zobrazen na obrázku 3-8.

Tabulka 3-6 Bilanční zásoby kamenolomu Krhanice

| Kategorie      | Číslo bloků | Objem zásob (m <sup>3</sup> ) |
|----------------|-------------|-------------------------------|
| B              | 1a, 1b      | 2 908 000                     |
| C <sub>1</sub> | 2a          | 2 592 000                     |
| Celkem         |             | 5 500 000                     |



Tabulka 3-7 Bilanční zásoby prozkoumané kamenolomu Krhanice

| Bilanční zásoby v kamenolomu Krhanice |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Prozkoumané zásoby bilanční volné     | 3 791 000 m <sup>3</sup> |
| Vyhledané zásoby bilanční volné       | 0 m <sup>3</sup>         |
| Bilanční zásoby celkem                | 3 791 000 m <sup>3</sup> |



Obrázek 3-8 Kamenolom Krhanice

Dobývání výhradního ložiska Krhanice je v současné době prováděno stěnovým lomem se 4 těžebními řezy. Pracovní plošiny jednotlivých těžebních řezů jsou na těchto výškových úrovních:

- těžební řez - 340 m n. m.
- těžební řez - 324 m n. m.
- těžební řez - 304 m n. m.
- těžební řez - 280 m n. m.

Hornina je dobývána povrchovou metodou ve stěnovém lomu se 4 těžebními řezy. Skryvka nadloží je odstraňována dlouhodobě používanou a ověřenou povrchovou strojní metodou (např. dozery, plazovým lopatovým rypadlem). Dozerem lze provádět skryvkové práce

hrnutím na deponii za vnější hranicí bloků zásob, plazovým lopatovým rypadlem odtěžením a naložením skryvkové zeminy na nákladní automobily s následným odvozem na místo uložení na odval nebo deponii.

Primární rozpojování horniny ze skalního masívu je prováděno trhacími pracemi velkého rozsahu - clonovými odstřely, případně plošnými odstřely. Z rozvalu je rozpojená hornina těžena povrchovým těžebním strojem, plazovým rypadlem nebo kolovým nakladačem. Kolovým nakladačem je poté nakládána na dopravní prostředky, např. nákladní automobily. Dopravními prostředky je odtěžená surovina dopravena ke vstupu do stávající úpravárenské linky a je nasypána do násypky primárního drtiče. Sekundární rozpojování případných nadměrných kusů horniny je prováděno pomocí hydraulického kladiva a bourací koule. Ve výjimečném případě je použito příložných náloží nebo náloží ve vývrtech.

Doprava suroviny ke vstupu do úpravárenské linky (násypka primárního drtiče) je prováděna kolovou dopravou po stávajících a případně upravených lomových cestách se zpevněným povrchem, podélným sklonem do 80 (cca 14%), šířkou 6 m a poloměrem zatáčení v oblouku minimálně 20 m. Pro snížení prašnosti v obdobích sucha budou lomové cesty kropeny vodou.

## 4 Návrh optimalizace kolové dopravy v konkrétních lomových provozech

Tato kapitola s názvem návrh optimalizace kolové dopravy v konkrétních lomových provozech je zaměřena na vytvoření modelů optimalizace kolové dopravy a posouzení možných investic v konkrétních lomových provozech a to v lomech Butkov a Krhanice. Součástí kapitoly je predikce vývoje stavebnictví v České a Slovenské republice v horizontu dvou let z důvodů silné korelace stavebnictví a kamenoprůmyslu. Díky získanému odhadu vývoje stavebnictví v České a Slovenské republice, můžeme odhadnout trend vývoje kamenoprůmyslu a navrhnout tak potřebnou optimalizaci kolové dopravy a investic v konkrétních lomových provozech při výrobě drceného kameniva.

### 4.1 Predikce vývoje stavebnictví v České republice

Současná situace v odvětví stavebnictví, jež je hlavním odběratelem drceného kameniva, je složitá, ubývá zakázek, především státních a to hlavně z důvodu úsporné politiky státu. Finanční krize oblast stavebnictví postihla sice později díky dobíhající realizací staveb, ale zato mnohem tvrdším způsobem. V resortu stavebnictví, dochází k propouštění z důvodu snížené poptávky, nabídkové ceny jsou tak často podhodnocovány a vítěz výběrového řízení s takto získanou podhodnocenou zakázkou obvykle přenáší svá rizika na dodavatele. Politika úspor a snížené poptávky po stavebních hmotách přivádí těžaře do nelehké situace.

Díky snížené poptávce musí výrobci provádět optimalizace procesů a počtu pracovníků. Situace je lepší pouze jen na několika lokalitách, kde v okolí dobíhají stavební akce vesměs vodohospodářského charakteru, které financuje stát a EU. Díky nastartování modernizace dálnice D1 se poptávka po stavebních hmotách drceného kameniva stabilizovala.

Pro odhad vývoje průmyslu zabývající se těžbou a zpracováním drceného kameniva je použita predikce vývoje stavebnictví pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání a následné simulace očekávané hodnoty metodou Monte Carlo, která je provedena z dat z ČSÚ na základě meziročních indexů stavební produkce za kalendářní měsíc. Tím se rozumí index růstu stavební produkce za daný kalendářní měsíc vztažený k základnímu období roku

2010. Cílem predikce je vytvořit výhled vývoje stavební produkce na dobu 25 měsíců a z něj odvodit vývoj produkce drceného kameniva. Predikce bude řešena pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání.

#### 4.1.1 Časové řady

Časovou řadou rozumíme posloupnost hodnot ukazatelů, měřených v určitých časových intervalech. Tyto intervaly jsou zpravidla rovnoměrné (ekvidistantní), a proto je můžeme zapsat následujícím způsobem:

$y_1, y_2, \dots, y_n$  neboli  $y_t, t = 1, \dots, n$ , kde  $y$  značí analyzovaný ukazatel,  $t$  je časová proměnná s celkovým počtem pozorování  $n$ .

Časové řady členíme podle charakteru ukazatele:

- *okamžikové* - hodnota ukazatele k určitému okamžiku  $t$  (např. počet evidovaných uchazečů),
- *intervalové* - velikost sledovaného ukazatele závisí na délce intervalu, za který je sledován (např. měsíční náklady na rekvalifikace).

#### Základní metody a postupy k analýze časových řad [18]:

- dekompozice časové řady - rozkládá časovou řadu na trendovou, cyklickou, sezónní a nesystematickou složku a zabývá se identifikací i modelováním zejména systematických složek, především trendové a sezónní složky.
- Boxova-Jenkinsova metodologie - bere v úvahu při konstrukci modelu časové řady reziduální složku, která může být tvořena korelovanými (závislými) náhodnými veličinami. Boxova-Jenkinsova metodologie tedy nejen může zpracovávat časové řady s navzájem závislými pozorováními, ale dokonce těžiště jejich postupu spočívá právě ve vyšetřování těchto závislostí neboli tzv. korelační analýze.
- Lineární dynamické modely - jsou zpravidla příčinné (kauzální) modely, kde je vysvětlovaná proměnná  $y_t$  popisována vývojem svých zpožděných hodnot či dalších vysvětlujících faktorů. Rozdíl od modelu Box-Jenkinse spočívá v tom, že zde kromě popisované časové řady a bílého šumu vystupují ještě další časové řady – příčinné faktory.

- Spektrální analýza časových řad má na rozdíl od předcházejících tří případů odlišný přístup spočívající v tom, že se zkoumaná časová řada považuje za směs sinusových a kosinusových křivek s různými amplitudami a frekvencemi. Často se rovněž hovoří o tzv. fourierovské analýze. Pomocí speciálních statistických nástrojů se zjišťuje obraz o intenzitě zastoupení jednotlivých frekvencí v časové řadě (tzv. spektrum řady).

U dekompozice časové řady se vychází z předpokladu, že každá časová řada může obsahovat čtyři složky:

- trend ( $Tr_t$ ),
- sezónní složku ( $Sz_t$ ),
- cyklickou složku ( $C_t$ )
- náhodnou složku ( $E_t$ ).

Provádění rozkladu (dekompozice) si klade za cíl snadněji identifikovat pravidelné chování časové řady než původní nerozložené rady. Vlastní dekompozice časové řady může zahrnovat formu aditivní nebo multiplikativní.

Aditivní dekompozice má tvar:

$$y_t = Tr_t + C_t + Sz_t + E_t \quad (7)$$

Multiplikativní forma má tvar:

$$y_t = Tr_t \cdot C_t \cdot Sz_t \cdot E_t \quad (8)$$

Po aditivní dekompozici jsou jednotlivé složky časové řady ve stejných měrných jednotkách jako původní řada. Aditivní dekompozice se používá v případě, že variabilita hodnot časové řady je přibližně konstantní v čase. Pro multiplikativní dekompozici je trendová složka časové řady ve stejných měrných jednotkách jako původní časová řada, ale ostatní složky (cyklická, sezónní, nesystematická) jsou v relativním vyjádření.

Tento způsob dekompozice se používá v případě, že variabilita časové řady roste v čase, nebo se v čase mění. Klasická analýza časových řad předpokládá, že trendová funkce má v

čase konstantní parametry. V delším časovém období je tento předpoklad nereálný, proto je vhodné využívat adaptivní techniky, jako je metoda klouzavých průměrů nebo exponenciálního vyrovnávání.

### **Exponenciální vyrovnání**

Metody exponenciálního vyrovnávání jsou velice často a s úspěchem v praxi používané metody k analýze časových řad. Je vhodné zejména pro krátkodobou predikci trendu. Metoda exponenciálního vyrovnávání je založena na všech předchozích pozorováních, přičemž jejich váha ( $w$ ) směrem do minulosti klesá podle **exponenciální** funkce:  $w_t = (1 - \alpha) \cdot \alpha^{n-t}$ , kde  $n$  je počet pozorování a  $\alpha$  je vyrovnávací konstanta v intervalu (0;1). Intenzita zapomínání, vyjádřená velikostí alfy, se stanoví na základě charakteru časové řady. Hledá se taková hodnota, u které je nejmenší hodnota MSE (Mean Square Error) [18].

Jednoduché exponenciální vyrovnávání, se používá pro nesezónní časové řady s lokálně konstantním trendem. Zobecněním této metody dostáváme nejdříve dvojitě a dále trojitě exponenciální vyrovnávání pro nesezónní časové řady s lokálně lineárním respektive kvadratickým trendem. Pro využití nesezónní časové řady s lokálně lineárním trendem byla navržena Holtova metoda. Holt-Wintersova metoda si navíc poradí i se sezónními časovými řadami [18].

Existuje ještě mnoho dalších metod, avšak pro stanovení predikce vývoje bazického indexu v uvedeném příkladu užití predikce časové řady se omezím pouze na nesezónní časové řady s lokálně lineárním trendem, k jejichž předpovídání se používají metoda dvojitěho exponenciálního vyrovnávání (neboli Brownova metoda) a Holtova metoda [19].

### **Druhy exponenciální vyrovnání:**

- *prvního stupně* – nejjednodušší způsob vyrovnání, lze použít na časové řady, které nevykazují trend,

- *druhého stupně* – používáme v případě, kdy lze předpokládat, že v krátkém období bude mít trendová složka lineární formu,
- *třetího stupně* – používáme v případě, kdy lze předpokládat, že v krátkém období se bude trendová složka pohybovat po parabole.

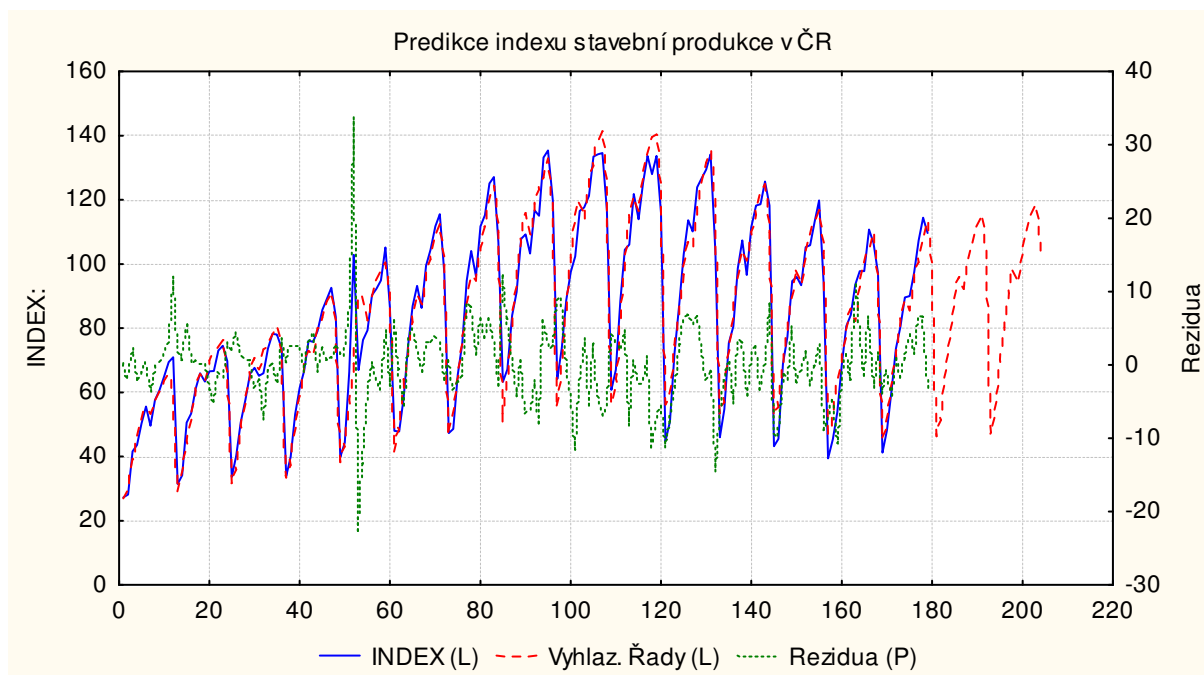
#### 4.1.2 Predikce vývoje stavební produkce v České republice pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání

Cílem predikce je vytvořit výhled vývoje stavební produkce na dobu 25 měsíců. Vstupní údaje jsou uvedeny v tabulce 4-1, která byla získána zpracováním údajů z Českého statistického úřadu.

Tabulka 4-1 Vstupní data pro predikci vývoje stavební produkce ČR, rok 2010 = 100

| rok  | leden | únor | březe<br>n | duben | květe<br>n | červe<br>n | červe<br>nec | srpen | září  | říjen | listop<br>ad | prosi<br>nec | Průměr |
|------|-------|------|------------|-------|------------|------------|--------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------|
| 2000 | 27,2  | 28,2 | 41,6       | 43,6  | 50,3       | 55,5       | 49,5         | 57,6  | 60,7  | 64,7  | 69,5         | 71           | 51,6   |
| 2001 | 31,5  | 34,1 | 50,6       | 53,4  | 61,1       | 65,9       | 63,4         | 66,5  | 66,6  | 73    | 74,5         | 69,7         | 59,2   |
| 2002 | 33,6  | 40,3 | 50,7       | 57,9  | 65,7       | 67,6       | 65,1         | 65,9  | 73,6  | 78,2  | 78           | 73,7         | 62,5   |
| 2003 | 33,8  | 39,9 | 53,2       | 61,4  | 66,7       | 76,2       | 75,7         | 79,1  | 85,7  | 89,1  | 92,6         | 83,5         | 69,7   |
| 2004 | 39,8  | 44,3 | 66,3       | 102,8 | 66,9       | 76,4       | 79,4         | 90,3  | 92,2  | 94,9  | 105,1        | 86,5         | 78,7   |
| 2005 | 48    | 47,8 | 58,3       | 74,6  | 86,9       | 93,2       | 86,3         | 99,4  | 104,5 | 111,7 | 115,5        | 97,1         | 85,3   |
| 2006 | 47,3  | 48,6 | 65,5       | 75,1  | 94,7       | 104,1      | 96,1         | 111,7 | 115,2 | 125,1 | 127,1        | 106,7        | 93,1   |
| 2007 | 63,3  | 67,1 | 84         | 91,3  | 107,9      | 109,3      | 103,3        | 116,8 | 115   | 133,2 | 135,4        | 120          | 103,9  |
| 2008 | 64,2  | 73,7 | 88,7       | 97,5  | 102,4      | 116,5      | 117,6        | 121,2 | 133,5 | 134,2 | 134,5        | 116,7        | 108,4  |
| 2009 | 60,7  | 67,1 | 88,5       | 104,4 | 106,1      | 121,8      | 114          | 125,3 | 133,7 | 128   | 133,7        | 115,9        | 108,3  |
| 2010 | 44,8  | 50,9 | 72         | 87,4  | 103,1      | 113,6      | 110,2        | 124   | 126,7 | 129,4 | 134,2        | 103,7        | 100    |
| 2011 | 46    | 54,8 | 75,5       | 80,5  | 98,7       | 107,4      | 96,6         | 111,5 | 118,2 | 118,6 | 125,7        | 118,2        | 96     |
| 2012 | 43,3  | 45,5 | 68,8       | 77,4  | 94,7       | 96         | 93,4         | 105,3 | 105,8 | 113,1 | 119,8        | 94,4         | 88,1   |
| 2013 | 39,4  | 45,3 | 53,9       | 68,8  | 80,7       | 84,1       | 93,6         | 97,8  | 97,8  | 110,8 | 106,6        | 97,2         | 81,3   |
| 2014 | 41,2  | 48,2 | 60,3       | 73,6  | 80,4       | 89,6       | 90           | 97,4  | 107,3 | 114,4 | 109,7        |              | 84,2   |

Na základě uvedených dat bylo pro predikci indexu stavební produkce použito dvojité exponenciální vyrovnání s lineárním trendem trendové složky – tedy aditivní model. Pro predikci časové řady je použit program STATISTICA 7. Na obrázku 4-1 je tak uvedena predikce časové řady indexu stavební produkce na 25 měsíců pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání. Predikované hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4-2.



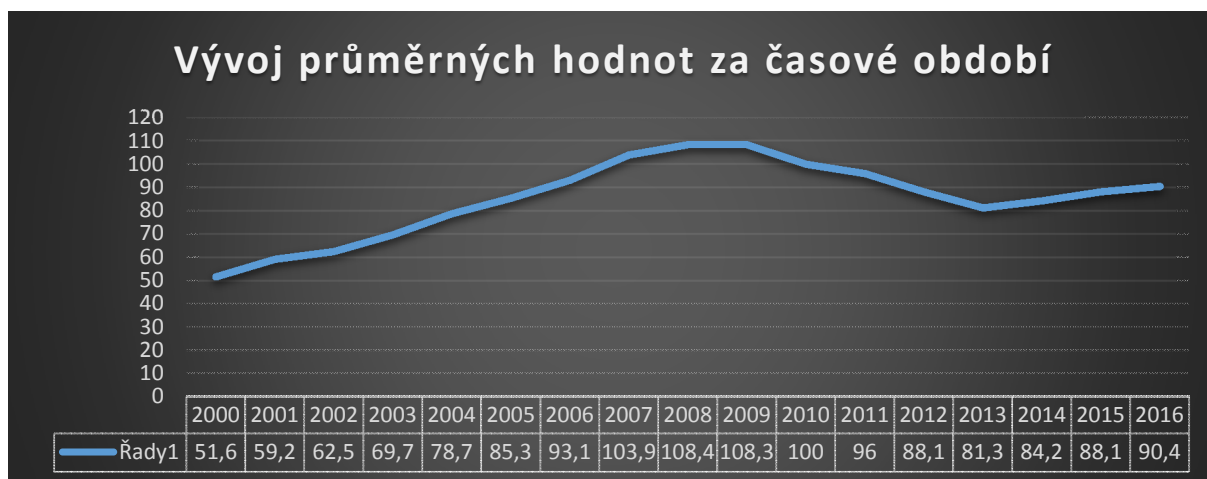
Obrázek 4-1 Zpracovaný odhad predikce časové řady pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání v programu STATISTICA 7 indexu stavební produkce v ČR

Tabulka 4-2 Predikované hodnoty časové řady pomocí exponenciálního vyrovnání - ČR

| Predikce časové řady vývoje bazického indexu pomocí exponenciálního vyrovnání v STATISTICA 7 |       |      |            |       |            |            |              |       |       |       |              |         |        |
|--|-------|------|------------|-------|------------|------------|--------------|-------|-------|-------|--------------|---------|--------|
| rok  | leden | únor | březe<br>n | duben | květe<br>n | červe<br>n | červe<br>nec | srpen | září  | říjen | listop<br>ad | prosinc | Průměr |
| 2000   | 27,2  | 28,2 | 41,6       | 43,6  | 50,3       | 55,5       | 49,5         | 57,6  | 60,7  | 64,7  | 69,5         | 71      | 51,6   |
| 2001   | 31,5  | 34,1 | 50,6       | 53,4  | 61,1       | 65,9       | 63,4         | 66,5  | 66,6  | 73    | 74,5         | 69,7    | 59,2   |
| 2002   | 33,6  | 40,3 | 50,7       | 57,9  | 65,7       | 67,6       | 65,1         | 65,9  | 73,6  | 78,2  | 78           | 73,7    | 62,5   |
| 2003   | 33,8  | 39,9 | 53,2       | 61,4  | 66,7       | 76,2       | 75,7         | 79,1  | 85,7  | 89,1  | 92,6         | 83,5    | 69,7   |
| 2004   | 39,8  | 44,3 | 66,3       | 102,8 | 66,9       | 76,4       | 79,4         | 90,3  | 92,2  | 94,9  | 105,1        | 86,5    | 78,7   |
| 2005   | 48    | 47,8 | 58,3       | 74,6  | 86,9       | 93,2       | 86,3         | 99,4  | 104,5 | 111,7 | 115,5        | 97,1    | 85,3   |
| 2006   | 47,3  | 48,6 | 65,5       | 75,1  | 94,7       | 104,1      | 96,1         | 111,7 | 115,2 | 125,1 | 127,1        | 106,7   | 93,1   |
| 2007   | 63,3  | 67,1 | 84         | 91,3  | 107,9      | 109,3      | 103,3        | 116,8 | 115   | 133,2 | 135,4        | 120     | 103,9  |
| 2008   | 64,2  | 73,7 | 88,7       | 97,5  | 102,4      | 116,5      | 117,6        | 121,2 | 133,5 | 134,2 | 134,5        | 116,7   | 108,4  |
| 2009   | 60,7  | 67,1 | 88,5       | 104,4 | 106,1      | 121,8      | 114          | 125,3 | 133,7 | 128   | 133,7        | 115,9   | 108,3  |
| 2010   | 44,8  | 50,9 | 72         | 87,4  | 103,1      | 113,6      | 110,2        | 124   | 126,7 | 129,4 | 134,2        | 103,7   | 100    |
| 2011   | 46    | 54,8 | 75,5       | 80,5  | 98,7       | 107,4      | 96,6         | 111,5 | 118,2 | 118,6 | 125,7        | 118,2   | 96     |
| 2012   | 43,3  | 45,5 | 68,8       | 77,4  | 94,7       | 96         | 93,4         | 105,3 | 105,8 | 113,1 | 119,8        | 94,4    | 88,1   |
| 2013   | 39,4  | 45,3 | 53,9       | 68,8  | 80,7       | 84,1       | 93,6         | 97,8  | 97,8  | 110,8 | 106,6        | 97,2    | 81,3   |
| 2014   | 41,2  | 48,2 | 60,3       | 73,6  | 80,4       | 89,6       | 90           | 97,4  | 107,3 | 114,4 | 109,7        | 98,5    | 84,2   |
| 2015   | 46,3  | 51,4 | 68,4       | 78,2  | 88,6       | 95,9       | 92,2         | 101,7 | 106,2 | 111,7 | 115,2        | 101,1   | 88,1   |
| 2016   | 47,5  | 52,7 | 70,2       | 80,2  | 90,9       | 98,4       | 94,6         | 104,4 | 108,9 | 114,5 | 118,2        | 103,7   | 90,4   |



Z výsledných predikovaných hodnot (predikované hodnoty představují časový úsek od 1. 12. 2014 do 1. 12. 2016) uvedených v tabulce 4-2 a z obrázku 4-2 lze usuzovat, že stavební produkce bude v příštích měsících pomalu stoupat, což může mít za důsledek růst poptávky po těžebních hmotách, zejména drceného kameniva.



Obrázek 4-2 Vývoj průměrných hodnot za časové období v ČR

#### 4.1.3 Simulace Monte Carlo a Latin Hypercube Sampling

Mezi nejužívanější simulační techniky, patří simulace Monte Carlo a simulace Latin Hypercube Sampling. Simulace Monte Carlo patří mezi běžně užívané nástroje kvantitativní analýzy, o čemž svědčí i množství publikací věnované této metodě. Metoda Monte Carlo byla formulována již ve 40. letech 20. století a svého využití se dočkala ještě v průběhu druhé světové války. Jejím zakladatelem byl Stanislaw Marcin Ulam a John von Neumann [20].

Simulace Monte Carlo se běžně užívá k hodnocení rozsahu možných výsledků a relativní četnosti hodnot v tomto rozsahu pro kvantitativní ukazatele jako jsou doba trvání, náklady, výrobní kapacita, poptávka aj. Její využití je vhodné zejména pro účely rozšíření konvenčních analytických modelů o nejistotu a pravděpodobnostní výpočty.

Princip metody simulace je následující. Nejdříve se stanoví model, který co nejlépe vystihuje chování daného systému. Model se pak mnohokrát (často i 10 000 krát) aplikuje

s použitím náhodných čísel stanovených v daném rozsahu a typu pravděpodobnostního rozdělení pro konkrétní chování daného systému. Náhodné vstupní veličiny jsou u simulace Monte Carlo reprezentovány sadou deterministických čísel, tzv. realizací či vzorků. Náhodný problém je pak převeden na několik deterministických úloh, které se řeší daleko snadněji. Vstupní realizace jsou použity pro získání vzorků odezvy, které mohou poskytnout požadovanou statistickou či pravděpodobnostní informaci o odezvě.

Simulace Monte Carlo je robustní, snadno použitelná a obecně rychlejší než plně pravděpodobnostní přístupy, a proto je často používána pro řešení náhodných problémů a pro ověřování jiných metod analýzy.

Obecně bývá simulace Monte Carlo používána k posuzování buď celého rozdělení výsledků, které by mohly nastat, nebo klíčových ukazatelů z rozdělení (např. pravděpodobnost stanoveného výsledku). Velmi dobré využití má tato simulace v oblasti investičních projektů typů staveb, protože tyto projekty mají obvykle složitou strukturu a velký počet aktivit. Je zde významná návaznost velkého počtu aktivit a dají se lépe predikovat náhodné jevy (počasí, spolehlivost dodavatelů). Jako výsledky z provedené simulace Monte Carlo jsou obvykle prezentovány tyto dva základní výstupy:

- Histogram, který ukazuje rozsah možných výsledků a zejména kolikrát byl výsledek dosažen.
- S-křivka, která zobrazuje rozsah možných výsledků proti kumulativní pravděpodobnosti dosažení dané hodnoty.

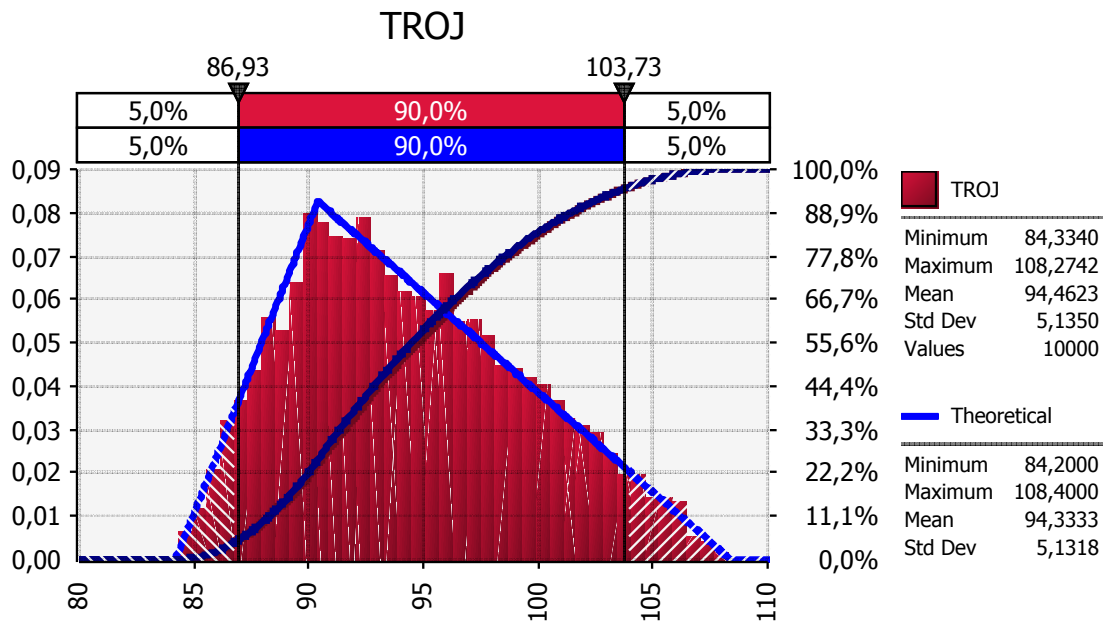
#### 4.1.4 Simulace vývoje indexů stavební produkce v ČR metodou Monte Carlo

Pro simulaci odhadu vývoje indexů stavební produkce byla využita simulace Monte Carlo s níže stanovenými hodnotami uvedenými v tabulce 4-3 pro minimální (MIN), nejpravděpodobnější (N) a maximální hodnotu (MAX). Při výpočtu je hodnota MIN (84,2) stanovena jako průměrná hodnota indexu stavební produkce za rok 2014, hodnota N (90,4) jako průměrná hodnota indexu stavební produkce za rok 2016 a hodnota MAX (108,4) jako nejvyšší průměrná hodnota indexu za sledované období, čili za rok 2008.

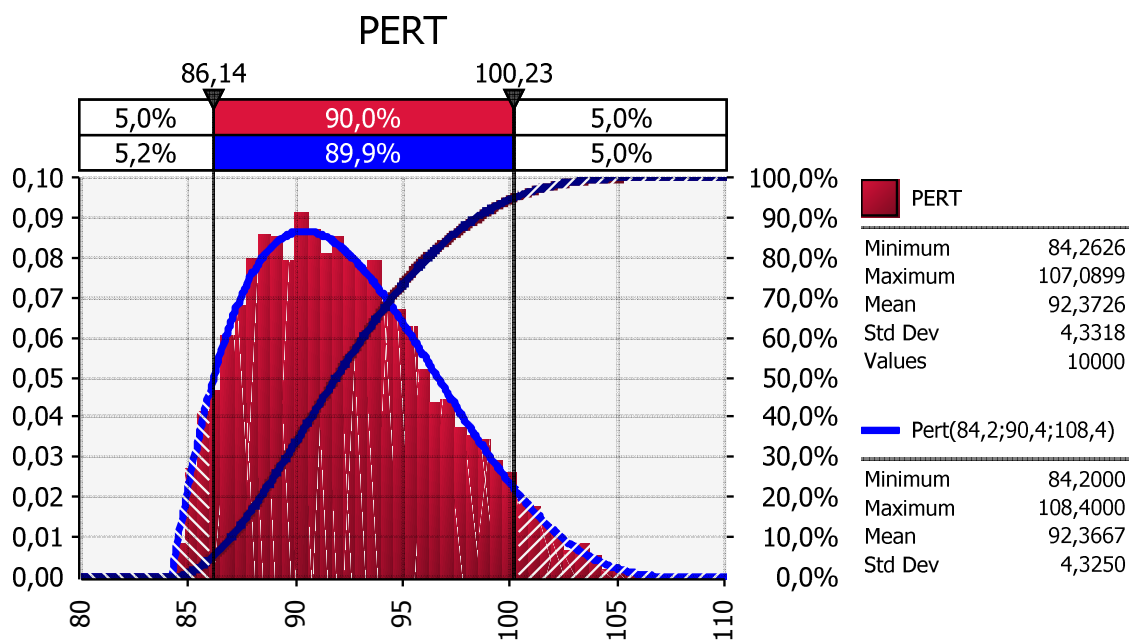
Tabulka 4-3 Vypočtené indexy - ČR

| MIN  | N    | MAX   |
|------|------|-------|
| 84,2 | 90,4 | 108,4 |

Následně je provedena simulace odhadu indexu stavební produkce v prostředí MS EXCEL 2010 programem @RISK pomocí trojúhelníkového – obrázek 4-3 a PERT rozdělení – obrázek 4-4. Varianty minimální (MIN), nejpravděpodobnější (N), maximální (MAX) jsou uvedeny v předešlé tabulce.



Obrázek 4-3 Odhad indexu stavební produkce ČR pomocí trojúhelníkového rozdělení



Obrázek 4-4 Odhad indexu stavební produkce ČR pomocí PERT rozdělení

Z grafu je patrné, že ke konci roku 2016 můžeme odhadovat vývoj indexu stavební produkce podle trojúhelníkového rozdělení v intervalu <5%; 95%> od 86,93 až 103,73 a podle rozdělení PERT v intervalu <5%; 95%> od 86,14 až 100,23.

Takto velký rozdíl je u obou typů rozdělení způsoben délkou časového intervalu predikce, která činí 25 měsíců a momentální ekonomickou situací, z které predikce vychází. Vzhledem k současnému ekonomickému vývoji České republiky a zemí eurozóny, růstu cen vstupních surovin a nejistoty v oblasti finanční stability měny. Doporučuji stanovit index stavební produkce v České republice o očekávanou hodnotu, která byla získána simulací Monte Carlo trojúhelníkového (94,5) nebo PERT (92,4) rozdělení.

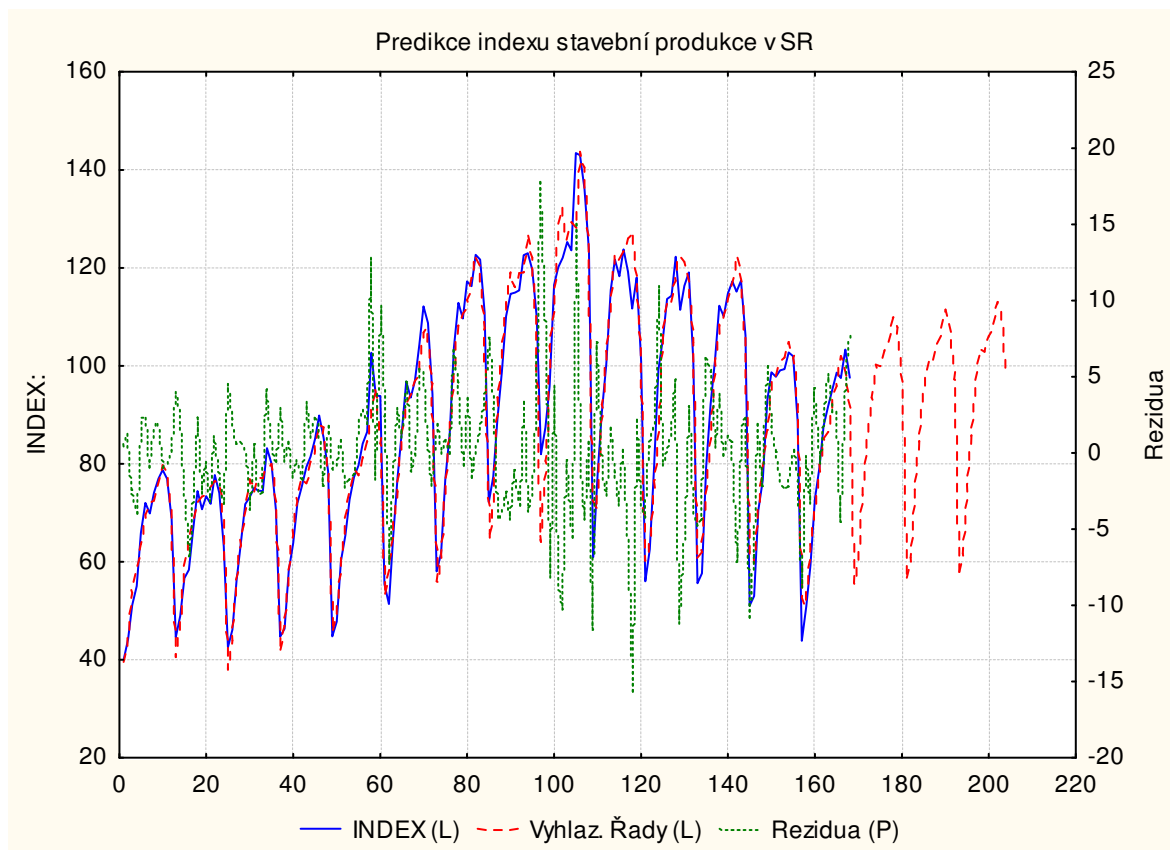
#### 4.1.5 Predikce vývoje stavební produkce ve Slovenské republice pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání

Cílem predikce je vytvořit výhled vývoje stavební produkce na dobu 36 měsíců, protože ještě nejsou uvedeny data za rok 2014. Vstupní údaje jsou uvedeny v tabulce 4-4, která byla získána zpracováním údajů ze Slovenského statistického úřadu.

Tabulka 4-4 Vstupní data pro predikci vývoje stavební produkce SR, rok 2010 = 100

| rok  | leden | únor | březen | duben | květen | červen | červenec | srpen | září  | říjen | listopad | prosinec | Průměr |
|------|-------|------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|--------|
| 2000 | 40,0  | 44,2 | 51,2   | 55,0  | 65,9   | 72,0   | 69,9     | 74,1  | 77,0  | 78,7  | 76,9     | 68,8     | 64,5   |
| 2001 | 44,6  | 48,9 | 56,7   | 58,4  | 66,4   | 74,4   | 70,7     | 73,4  | 71,9  | 77,7  | 74,1     | 63,2     | 65,0   |
| 2002 | 42,5  | 46,1 | 56,2   | 64,2  | 71,8   | 73,2   | 75,1     | 74,5  | 74,5  | 83,2  | 80,1     | 70,5     | 67,7   |
| 2003 | 44,8  | 46,4 | 58,2   | 63,9  | 72,0   | 75,5   | 79,4     | 81,4  | 85,1  | 89,9  | 85,3     | 78,5     | 71,7   |
| 2004 | 44,8  | 47,8 | 60,2   | 65,4  | 72,7   | 77,3   | 79,7     | 84,1  | 86,6  | 102,6 | 94,0     | 93,8     | 75,7   |
| 2005 | 55,4  | 51,4 | 65,0   | 77,3  | 86,4   | 96,8   | 93,5     | 96,9  | 104,3 | 112,1 | 108,8    | 94,3     | 86,8   |
| 2006 | 58,0  | 61,7 | 76,7   | 86,3  | 103,7  | 112,8  | 109,6    | 117,3 | 116,3 | 122,7 | 121,7    | 110,9    | 99,8   |
| 2007 | 72,1  | 77,4 | 89,2   | 98,9  | 110,1  | 114,7  | 114,9    | 115,4 | 122,6 | 123,0 | 119,6    | 109,7    | 105,6  |
| 2008 | 81,9  | 87,5 | 95,8   | 116,5 | 120,1  | 122,1  | 125,3    | 123,6 | 143,4 | 143,0 | 136,2    | 123,4    | 118,2  |
| 2009 | 60,9  | 77,9 | 90,4   | 100,3 | 115,5  | 121,7  | 118,3    | 123,8 | 119,2 | 111,7 | 118,0    | 100,9    | 104,9  |
| 2010 | 56,0  | 62,6 | 78,8   | 99,2  | 105,5  | 113,6  | 114,3    | 122,2 | 111,4 | 116,3 | 119,0    | 101,0    | 100,0  |
| 2011 | 55,6  | 57,6 | 79,2   | 92,2  | 101,3  | 112,2  | 110,1    | 114,8 | 117,2 | 115,2 | 117,4    | 106,2    | 98,3   |
| 2012 | 51,0  | 53,0 | 70,5   | 76,6  | 92,9   | 98,7   | 97,8     | 99,1  | 99,3  | 102,7 | 101,9    | 88,6     | 86,0   |
| 2013 | 43,9  | 50,9 | 59,3   | 72,9  | 79,2   | 87,7   | 91,7     | 95,1  | 98,6  | 97,5  | 103,3    | 97,6     | 81,5   |

Na základě uvedených dat bylo pro predikci indexu stavební produkce použito dvojitě exponenciální vyrovnání s lineárním trendem trendové složky – tedy aditivní model. Pro predikci časové řady je stejně jako u předchozího výpočtu použit program STATISTICA 7. Na obrázku 4-5 je tak uvedena predikce časové řady indexu stavební produkce na 36 měsíců pomocí dvojitě exponenciálního vyrovnání. Predikované hodnoty pomocí dvojitě exponenciálního vyrovnání jsou uvedeny v tabulce 4-5.



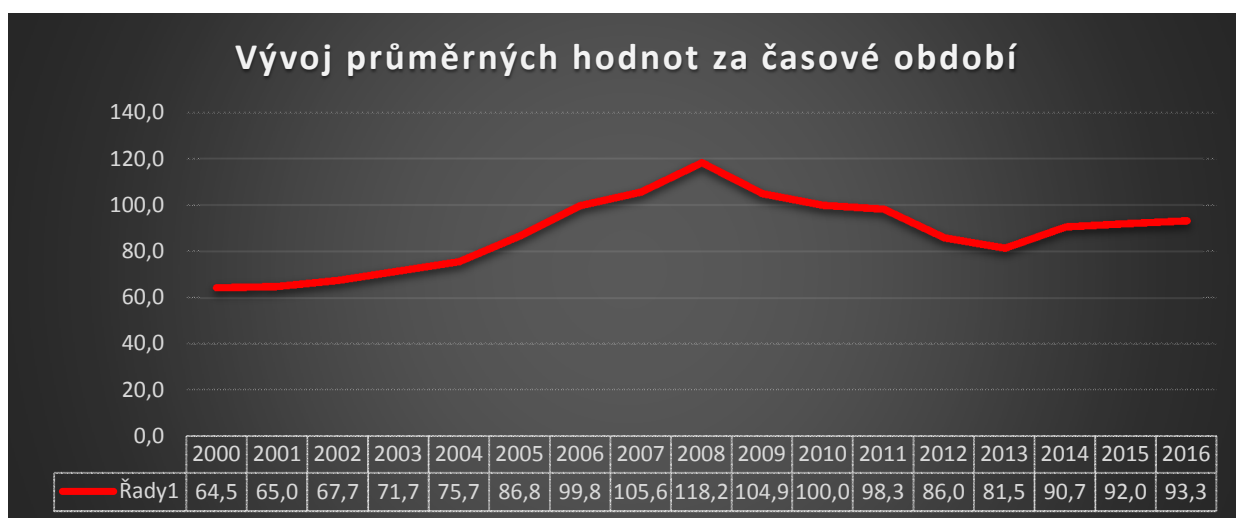
Obrázek 4-5 Zpracovaný odhad predikce časové řady pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání v programu STATISTICA 7 indexu stavební produkce v SR

Tabulka 4-5 Predikované hodnoty časové řady pomocí exponenciálního vyrovnání - SR

| Predikce časové řady vývoje bazického indexu pomocí exponenciálního vyrovnání v STATISTICA 7 |       |      |            |       |            |            |              |       |       |       |              |              |        |
|--|-------|------|------------|-------|------------|------------|--------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------|
| rok  | leden | únor | březe<br>n | duben | květe<br>n | červe<br>n | červe<br>nec | srpen | září  | říjen | listop<br>ad | prosi<br>nec | Průměr |
| 2000   | 40,0  | 44,2 | 51,2       | 55,0  | 65,9       | 72,0       | 69,9         | 74,1  | 77,0  | 78,7  | 76,9         | 68,8         | 64,5   |
| 2001   | 44,6  | 48,9 | 56,7       | 58,4  | 66,4       | 74,4       | 70,7         | 73,4  | 71,9  | 77,7  | 74,1         | 63,2         | 65,0   |
| 2002   | 42,5  | 46,1 | 56,2       | 64,2  | 71,8       | 73,2       | 75,1         | 74,5  | 74,5  | 83,2  | 80,1         | 70,5         | 67,7   |
| 2003   | 44,8  | 46,4 | 58,2       | 63,9  | 72,0       | 75,5       | 79,4         | 81,4  | 85,1  | 89,9  | 85,3         | 78,5         | 71,7   |
| 2004   | 44,8  | 47,8 | 60,2       | 65,4  | 72,7       | 77,3       | 79,7         | 84,1  | 86,6  | 102,6 | 94,0         | 93,8         | 75,7   |
| 2005   | 55,4  | 51,4 | 65,0       | 77,3  | 86,4       | 96,8       | 93,5         | 96,9  | 104,3 | 112,1 | 108,8        | 94,3         | 86,8   |
| 2006   | 58,0  | 61,7 | 76,7       | 86,3  | 103,7      | 112,8      | 109,6        | 117,3 | 116,3 | 122,7 | 121,7        | 110,9        | 99,8   |
| 2007   | 72,1  | 77,4 | 89,2       | 98,9  | 110,1      | 114,7      | 114,9        | 115,4 | 122,6 | 123,0 | 119,6        | 109,7        | 105,6  |
| 2008   | 81,9  | 87,5 | 95,8       | 116,5 | 120,1      | 122,1      | 125,3        | 123,6 | 143,4 | 143,0 | 136,2        | 123,4        | 118,2  |
| 2009   | 60,9  | 77,9 | 90,4       | 100,3 | 115,5      | 121,7      | 118,3        | 123,8 | 119,2 | 111,7 | 118,0        | 100,9        | 104,9  |
| 2010   | 56,0  | 62,6 | 78,8       | 99,2  | 105,5      | 113,6      | 114,3        | 122,2 | 111,4 | 116,3 | 119,0        | 101,0        | 100,0  |
| 2011   | 55,6  | 57,6 | 79,2       | 92,2  | 101,3      | 112,2      | 110,1        | 114,8 | 117,2 | 115,2 | 117,4        | 106,2        | 98,3   |
| 2012   | 51,0  | 53,0 | 70,5       | 76,6  | 92,9       | 98,7       | 97,8         | 99,1  | 99,3  | 102,7 | 101,9        | 88,6         | 86,0   |

|      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |      |      |
|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 2013 | 43,9 | 50,9 | 59,3 | 72,9 | 79,2 | 87,7  | 91,7  | 95,1  | 98,6  | 97,5  | 103,3 | 97,6 | 81,5 |
| 2014 | 55,7 | 60,0 | 73,7 | 83,4 | 93,6 | 100,3 | 100,0 | 103,1 | 105,1 | 109,9 | 107,8 | 95,9 | 90,7 |
| 2015 | 56,5 | 60,9 | 74,8 | 84,6 | 94,9 | 101,7 | 101,4 | 104,6 | 106,6 | 111,5 | 109,4 | 97,2 | 92,0 |
| 2016 | 57,3 | 61,7 | 75,8 | 85,8 | 96,3 | 103,2 | 102,8 | 106,0 | 108,1 | 113,1 | 110,9 | 98,6 | 93,3 |

Z výsledných predikovaných hodnot (predikované hodnoty představují časový úsek od 1. 1. 2014 do 1. 12. 2016) uvedených v tabulce 4-5 a z obrázku 4-6 lze usuzovat, že stavební produkce bude v příštích měsících pomalu růst, což může mít za důsledek růst poptávky po drceném kamenivu a cementu z důvodů budování dopravní infrastruktury na Slovensku.



Obrázek 4-6 Vývoj průměrných hodnot za časové období v SR

#### 4.1.6 Simulace vývoje indexů stavební produkce v SR metodou Monte Carlo

Pro simulaci odhadu vývoje indexů stavební produkce byla využita simulace Monte Carlo s níže stanovenými hodnotami uvedenými v tabulce 4-6 pro minimální (MIN), nejpravděpodobnější (N) a maximální hodnotu (MAX). Při výpočtu je hodnota MIN (90,7) stanovena jako průměrná hodnota indexu stavební produkce za rok 2014, hodnota N (93,3) jako průměrná hodnota indexu stavební produkce za rok 2016 a hodnota MAX (98,3) jako průměrná hodnota indexu za sledované období, čili za rok 2011.

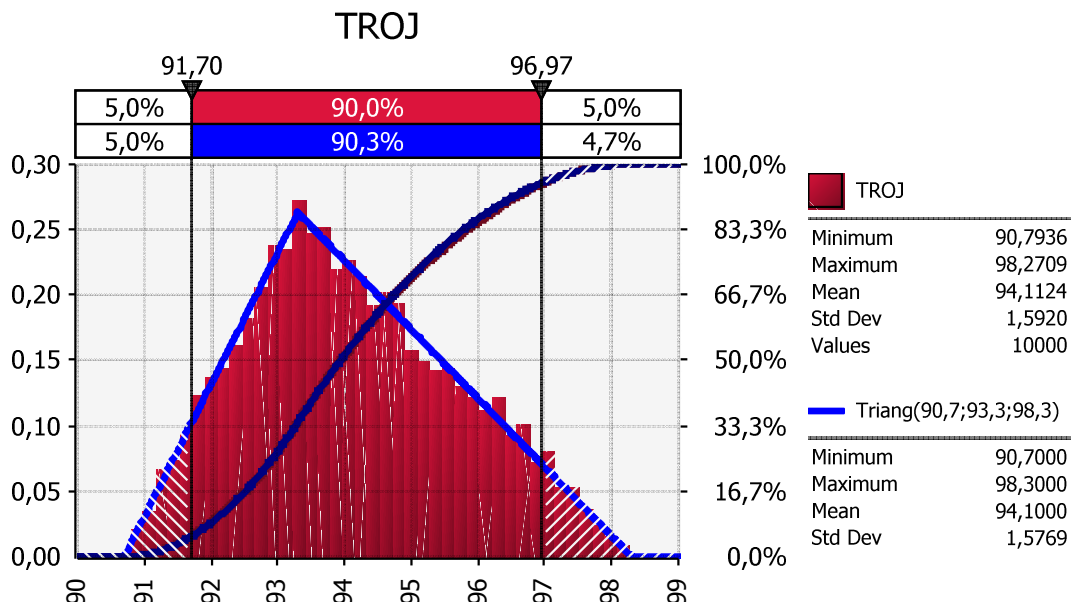
Tabulka 4-6 Vypočtené indexy - SR

| MIN  | N    | MAX  |
|------|------|------|
| 90,7 | 93,3 | 98,3 |

Následně je provedena simulace odhadu indexu stavební produkce v prostředí MS EXCEL 2010 programem @RISK pomocí trojúhelníkového – obrázek 4-7 a PERT rozdělení – obrázek 4-8. Varianty minimální (MIN), nejpravděpodobnější (N), maximální (MAX) jsou uvedeny v předešlé tabulce.

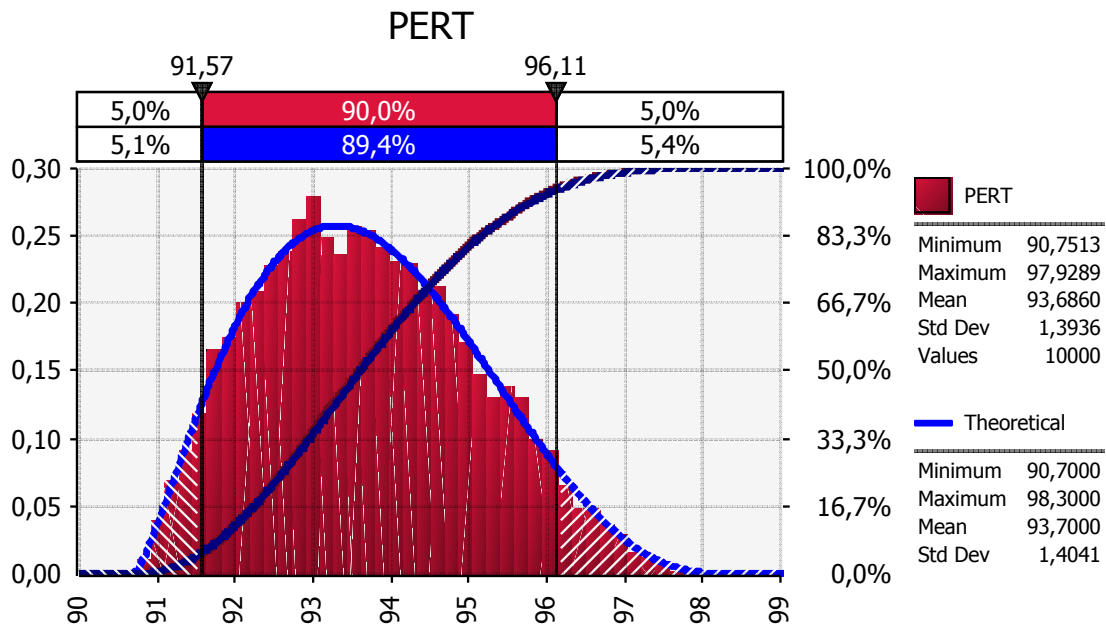
Metoda vyhodnocení a kontroly programu (Program Evaluation and Review Technique – PERT) patří mezi další významné metody odhadu a predikce. Podle [19] tak na rozdíl od metody CPM (Critical Path Method) předpokládá, že výslednou hodnotu není možné přesně stanovit a považuje ji za náhodnou veličinu definovanou v intervalu, ve kterém se výsledná hodnota bude nacházet – jedná se tedy o metodu stochastickou.

Tato metoda ve spojení se simulačními technikami dokáže kvantitativně odpovědět na otázky týkající se pravděpodobnosti dodržení, zkrácení nebo překročení dané hodnoty za podmínek nejistoty.



Obrázek 4-7 Odhad indexu stavební produkce SR pomocí trojúhelníkového rozdělení





Obrázek 4-8 Odhad indexu stavební produkce SR pomocí PERT rozdělení

Z grafu je patrné, že ke konci roku 2016 můžeme odhadovat vývoj indexu stavební produkce podle trojúhelníkového rozdělení v intervalu <5%; 95%> od 91,7 až 96,97 a podle rozdělení PERT v intervalu <5%; 95%> od 91,57 až 96,11.

Vzhledem k současnému ekonomickému vývoji Slovenské republiky a zemí eurozóny, růstu cen vstupních surovin a inflačnímu cílování Evropské centrální banky. Doporučuji stanovit index stavební produkce ve Slovenské republice o očekávanou hodnotu, která byla získána simulací Monte Carlo trojúhelníkového (94,1) nebo PERT (93,7) rozdělení.

#### 4.2 Optimalizace vybraného procesu lomové dopravy v kamenolomu Ladce – Butkov

V této podkapitole budou provedeny dílčí návrhy metodik, které budou uplatnitelné při různých postupech optimalizace kolové dopravy a bude možné je využít jako bázi znalostí pro řízení obdobných situací v jiných podnicích se stejným zaměřením nejen v kamenolomu Ladce - Butkov.

#### 4.2.1 Výpočet výkonnosti nakladače, doby nakládky a počtu vozidel pro daný typ nakladače

Pro optimalizaci kolové dopravy na lomu Butkov byl vybrán nakladač VOLVO L 350 F v. č. 1540 a byly vypočteny potřebné výkonnosti nakladače, z kterých je následně odvozena potřeba vozidel pro odvoz horniny získané clonovým odstřelem z 15 etáže lomu. Těžební, technickou a teoretickou výkonnost nakladače VOLVO L 350 F v. č. 1540 vypočteme z dat u vedených v tabulce 3-5 pomocí vzorců:

$$Q_{t\dot{z}eb} = \frac{\text{vyt\dot{z}ezen\acute{e} tuny}}{\text{montohodiny}} = \frac{558\,700}{2025} = 276 [t \cdot h^{-1}]$$

$$Q_{t\dot{z}eb} = \frac{m}{\rho} = \frac{276000}{2200} = 125,4 [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$Q_{tech} = \frac{Q_{t\dot{z}eb}}{k_{\check{c}f}} = \frac{125,4}{2025 \cdot 2728^{-1}} = 167,2 [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$Q_{teor} = Q_{tech} \cdot \frac{k_n}{k_p} = 167,2 \cdot \frac{1,4}{1} = 234,1 [m^3 \cdot h^{-1}]$$

Pro výpočet výkonnosti kolové dopravy nákladními vozidly KOMATSU HD405 s objemem korby 27,3 m<sup>3</sup> využijeme vzorců pro stanovení počtu potřebných vozidel přiřazených k nakladači VOLVO L 350 F v. č. 1540. Celková doba dopravního cyklu je pak dána vztahem:

$$T_c = t_n + t_l + t_v + t_{\check{c}} + t_m + t_z = 25 [min]$$

Doba nakládky je dána vztahem:

$$t_n = \frac{V_A \cdot 60}{Q_{tech} \cdot k_n} = \frac{27,3 \cdot 60}{167,2 \cdot 1,4} \cong 7 [min]$$

Počet vozidel přiřazených k nakladači vypočteme podle vztahu:

$$n = \frac{T_c}{t_n} = \frac{25}{7} = 3,6 [ks]$$

Z výsledného výpočtu je patrné, že pro těžbu v 15 etáži lomu, kdy celková doba dopravního cyklu trvá průměrně 25 minut je potřeba využít 3 vozidla typu KOMATSU HD405 s přepravní kapacitou 40 tun a jedno pomocné vozidlo s nižší objemovou kapacitou korby.

Dále zde bude pro porovnání proveden výpočet pro užití dumpu KOMATSU HD465, které těžební podnik zamýšlel zakoupit. Pro výpočet výkonnosti kolové dopravy nákladními vozidly KOMATSU HD465 s objemem korby 34,2 m<sup>3</sup> využijeme vzorců pro stanovení počtu potřebných vozidel přiřazených k nakladači VOLVO L 350 F v. č. 1540. Celková doba dopravního cyklu je pak dána vztahem:

$$T_c = t_n + t_l + t_v + t_{\xi} + t_m + t_z = 28 \text{ [min]}$$

Doba nakládky je dána vztahem:

$$t_n = \frac{V_A \cdot 60}{Q_{tech} \cdot k_n} = \frac{34,2 \cdot 60}{167,2 \cdot 1,4} \cong 9 \text{ [min]}$$

Počet vozidel přiřazených k nakladači vypočteme podle vztahu:

$$n = \frac{T_c}{t_n} = \frac{28}{9} = 3,11 \text{ [ks]}$$

Z výsledného výpočtu je patrné, že pro těžbu v 15 etáži lomu, kdy celková doba dopravního cyklu trvá průměrně 28 minut je potřeba využít 3 vozidla typu KOMATSU HD465 s přepravní kapacitou 40 tun.

Výpočty v jednotlivých vzorcích uvažují stoprocentní využití nakladače, což v samotném těžebním provozu není možné docílit, např. kvůli poruchovosti zařízení a strojů, lidskému faktoru, údržbám strojů atd., a proto jsou výsledky přepravních vozidel typu dump tak velké.

#### 4.2.2 Vytvoření směrného plánu motohodin vybraného typu nákladního vozidla

Pro vytvoření a optimalizaci směrného plánu motohodin vybraného typu nákladního vozidla KOMATSU HD405 se vyšlo ze získaných a sledovaných dat z roku 2014. Hlavní sledovaná data pro vytvoření směrného plánu motohodin představovala sledované najeté kilometry vozidla, přepravní hmotnost za daný kalendářní měsíc vozidlem, spotřeba paliva a sledované motohodiny za daný kalendářní měsíc. Pro stanovení směrného plánu byla na

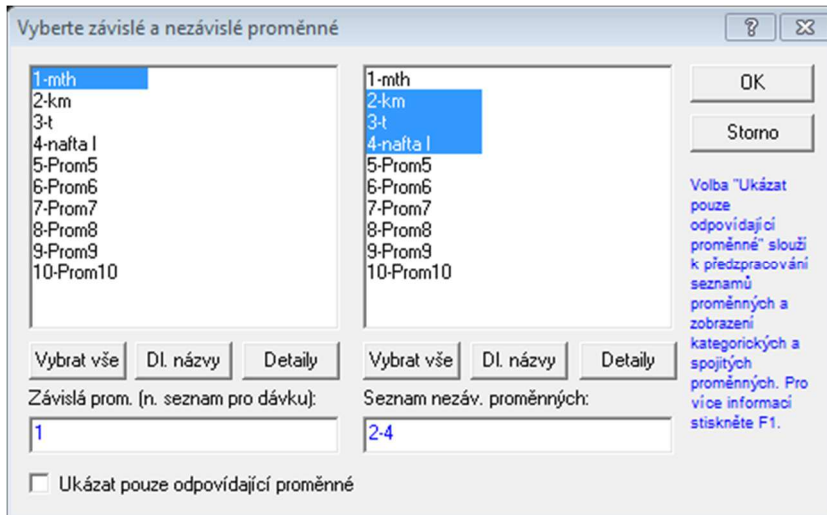
základě získaných dat uvedených v tabulce 4-7 vytvořena vícerozměrná regresní funkce, z které byl následně zadáním plánovaných hodnot směrného plánu získán sumární počet motohodin na rok 2015.

Průměrná spotřeba paliva jednoho litru nafty na jednu tunu přepravní hmoty za rok 2014 byla  $0,27 \text{ l}\cdot\text{t}^{-1}$ . Průměrná spotřeba paliva jednoho litru nafty na jednu motohodinu za rok 2014 byla  $30 \text{ l}\cdot\text{mth}^{-1}$ . Bližší údaje jsou uvedeny v tabulce 4-7. V měsíci únoru probíhala generální oprava vozidla.

Tabulka 4-7 Souhrn naměřených dat pro KOMATSU HD405 za rok 2014

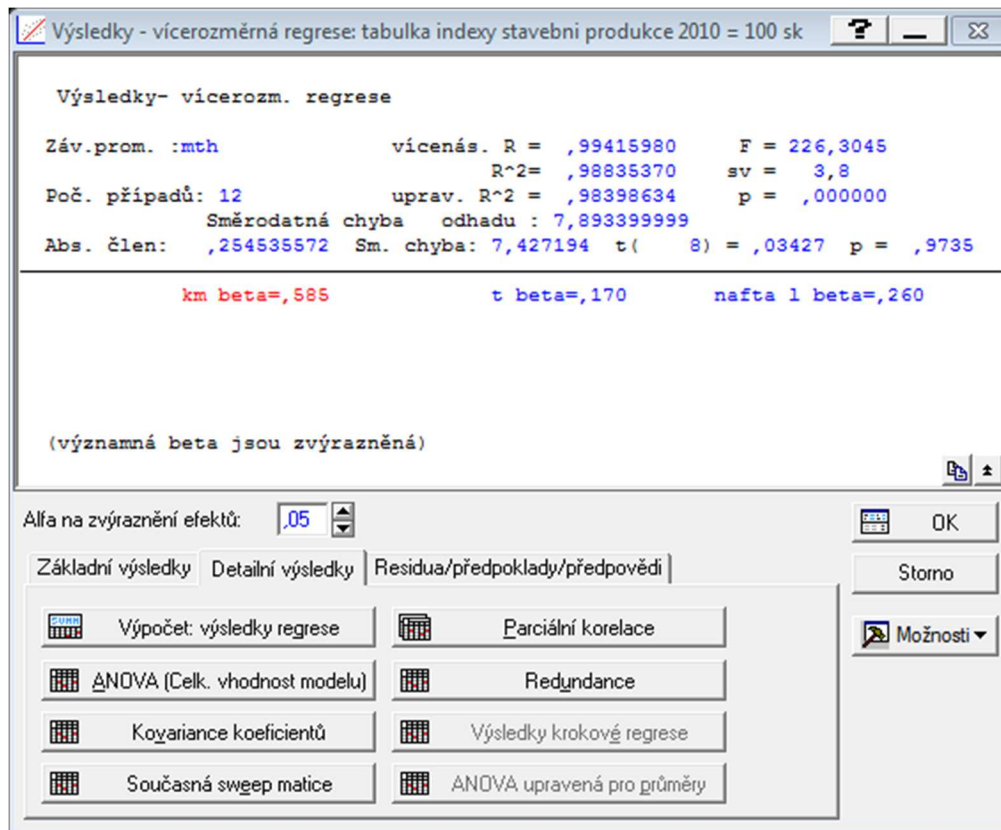
| KOMATSU HD405 - 2014 |                          |                         |                      |               |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------|---------------|
|                      | Počet motohodin<br>[mth] | Počet kilometrů<br>[km] | přeprava mat.<br>[t] | palivo<br>[l] |
| leden                | 167                      | 2 620                   | 20 982               | 5 085         |
| únor                 | 3                        | 12                      | 0                    | 0             |
| březen               | 128                      | 2 044                   | 17 355               | 3 900         |
| duben                | 185                      | 2 914                   | 27 378               | 5 135         |
| květen               | 211                      | 3 640                   | 22 815               | 6 545         |
| červen               | 216                      | 3 700                   | 22 659               | 6 055         |
| červenec             | 219                      | 3 795                   | 20 085               | 6 425         |
| srpen                | 193                      | 3 350                   | 18 603               | 5 620         |
| září                 | 201                      | 3 397                   | 20 943               | 5 355         |
| říjen                | 182                      | 3 338                   | 19 617               | 5 850         |
| listopad             | 230                      | 3 530                   | 23 868               | 6 585         |
| prosinec             | 221                      | 3 620                   | 23 829               | 6 700         |
| <b>celkem</b>        | <b>2 156</b>             | <b>35 960</b>           | <b>238 134</b>       | <b>63 255</b> |
| <b>průměr</b>        | <b>180</b>               | <b>2 997</b>            | <b>19 845</b>        | <b>5 271</b>  |

Pro nalezení vícerozměrného regresního modelu využijeme opět programu Statistica 7, kde v menu aplikace zvolíme nabídku vícerozměrná regrese a aktivujeme kartu detailní nastavení a nastavíme proměnné podle obrázku 4-9. Kdybychom chtěli vytvořit prostý lineární model, označíme v pravém sloupci pouze jedinou nezávisle proměnnou.



Obrázek 4-9 Výběr závisle a nezávisle proměnné

Potvrdíme tlačítkem OK a poté na kartě detailní nastavení zaškrtneme volbu další možnosti (kroková nebo hřeben. regrese). Po stisknutí tlačítka OK zkontrolujeme, zda je nastavena standardní metoda a jeli absolutní člen zahrnut v modelu. Po dalším stisknutí OK se nám otevře okno výsledky vícerozměrné regrese podle obrázku 4-10.



Obrázek 4-10 Výsledky vícerozměrné regrese

Vybereme katru základní výsledky a v ní stiskneme tlačítko výpočet: výsledky regrese a objeví se nám výstupní sestava podle obrázku 4-11.

Výsledky regrese se závislou proměnnou : mth (tabulka indexy stavebni produkce 2010 = 100)

R= ,99415980 R2= ,98835370 Upravené R2= ,98398634  
F(3,8)=226,30 p<,00000 Směrod. chyba odhadu : 7,8934

| N=12     | Beta     | Sm.chyba beta | B        | Sm.chyba B | t(8)     | Úroveň p |
|----------|----------|---------------|----------|------------|----------|----------|
| Abs.člen |          |               | 0,254536 | 7,427194   | 0,034271 | 0,973501 |
| km       | 0,584775 | 0,210434      | 0,034102 | 0,012272   | 2,778900 | 0,023965 |
| t        | 0,169622 | 0,086256      | 0,001554 | 0,000790   | 1,966491 | 0,084803 |
| nafta l  | 0,260488 | 0,236034      | 0,008798 | 0,007972   | 1,103607 | 0,301851 |

Obrázek 4-11 Výsledky regrese se závisle proměnnou KOMATSU HD405

V její horní polovině je řada užitečných informací. Pro nás jsou nejdůležitější hodnoty R (vícenásobný koeficient korelace) a  $R^2$  (vícenásobný koeficient determinace). Pokud porovnáme totální koeficienty determinace v modelech s různým počtem proměnných, použijeme k tomuto účelu nezkreslený odhad totálního koeficientu determinace (upravený  $R^2$ ).

Ve výstupní sestavě vícerozměrného regresního modelu jsou pro jeho vytvoření důležité hodnoty uvedené ve sloupci B, jedná se o koeficienty proměnných, jejichž název je uveden v prvním sloupci nalevo. Podle uvedených koeficientů na obrázku 4-11 můžeme sestavit regresní model v podobě:

$$y' = 0,254536 + 0,034102 \cdot x_1 + 0,001554 \cdot x_2 + 0,008798 \cdot x_4,$$

vícenásobný koeficient korelace  $R = 0,99415980$ ,

vícenásobný koeficient determinace  $R^2 = 0,98835370$

Čísla ve sloupci úroveň  $p$  značí nejmenší hladiny významnosti, pro které lze zamítnout hypotézu o nulových hodnotách regresních koeficientů, tj. výsledky testů  $H_0: \beta_i = 0$ . Hodnoty ve sloupci  $t(8)$  jsou pak hodnoty testovacích kritérií.

Hodnota testového kritéria  $F_{(3;8)} = 226,3045$  neleží v kritickém oboru testování. Test je tedy statistický významný a model lze považovat za vhodný.

Na základě získaného regresního modelu můžeme s použitím simulačních technik údajů stanovených směrným plánem vypočítat odhadovaný počet motohodin na rok 2015 následujícím způsobem uvedeném v dalším odstavci.

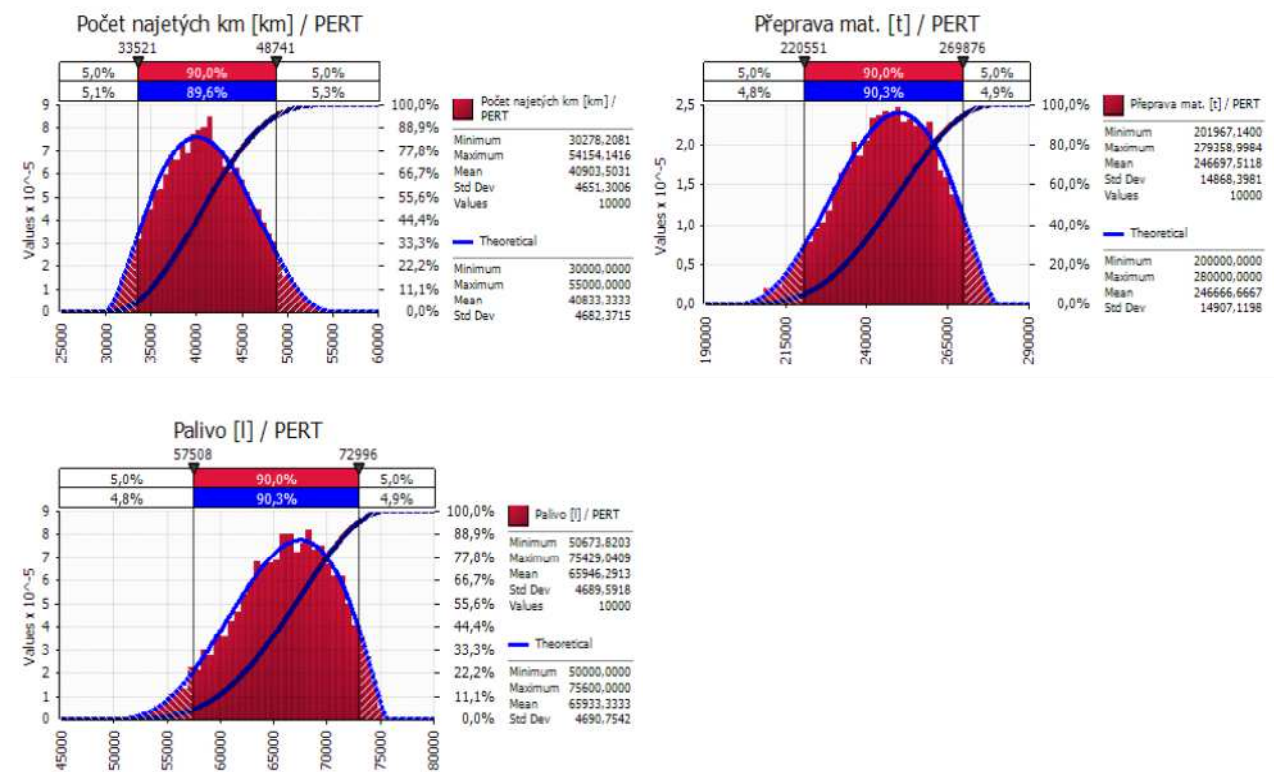
Pro simulaci směrného plánu motohodin vozidla KOMATSU HD405 na rok 2015 byla využita simulace Monte Carlo a metoda PERT s níže stanovenými hodnotami pro minimální (MIN), nejpravděpodobnější (N) a maximální hodnotu (MAX) uvedenými v tabulce 4-8.

Tabulka 4-8 Směrný plán pro rok 2015

| Směrný plán 2015 KOMATSU HD405 |         |         |         |                |
|--------------------------------|---------|---------|---------|----------------|
|                                | MIN     | N       | MAX     | PERT           |
| Počet najetých km [km]         | 30 000  | 40 000  | 60 000  | <b>41 667</b>  |
| Přeprava mat. [t]              | 200 000 | 250 000 | 280 000 | <b>246 667</b> |
| Palivo [l]                     | 50 000  | 67 500  | 75 600  | <b>65 933</b>  |
| motohodiny [mth]               | 1 774   | 2 347   | 2 976   | <b>2 356</b>   |

Graf simulací PERT metodou Monte Carlo s počtem 10 000 iterací a vložené distribuční funkce jsou uvedeny na obrázku 4-12.





Obrázek 4-12 Simulované hodnoty PERT pomocí metody Monte Carlo u KOMATSU HD405

Při výpočtu je hodnota MIN (1774) stanovena jako minimální hodnota motohodin získaná z výpočtu regresního modelu dosazením hodnot ve sloupci MIN uvedených v tabulce 4-8.

$$y_{MIN} = 0,254536 + 0,034102 \cdot 30\,000 + 0,001554 \cdot 200\,000 + 0,008798 \cdot 50\,000 = 1\,774 \text{ [mth]}$$

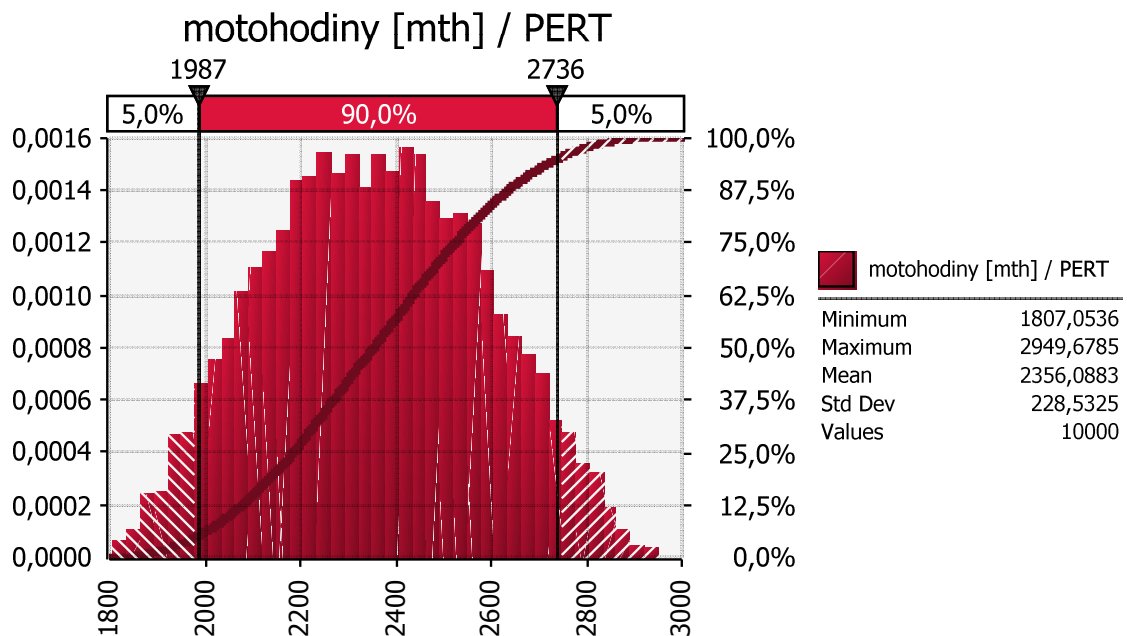
Hodnota N (2347) je získána z výpočtu regresního modelu dosazením hodnot ve sloupci N uvedených v tabulce 4-8.

$$y_N = 0,254536 + 0,034102 \cdot 40\,000 + 0,001554 \cdot 250\,000 + 0,008798 \cdot 67\,500 = 2\,347 \text{ [mth]}$$

Hodnota MAX (2976) jako nejvyšší hodnota je získána z výpočtu regresního modelu dosazením hodnot ve sloupci MAX uvedených v tabulce 4-8.

$$y_{MAX} = 0,254536 + 0,034102 \cdot 55\,000 + 0,001554 \cdot 280\,000 + 0,008798 \cdot 75\,600 = 2\,976 \text{ [mth]}$$

Očekávané hodnoty získané výpočtem pomocí metody PERT jsou uvedeny v tabulce 4-8 ve sloupci PERT, kde je i výsledný očekávaný výsledek 2 356 [mth] pro stanovení směrného plánu motohodin vozidla KOMATSU HD405. Na obrázku 4-13 je provedena simulace regresního modelu PERT motohodin metodou Monte Carla s 10 000 iteracemi se zadanými parametry MIN, N, MAX.

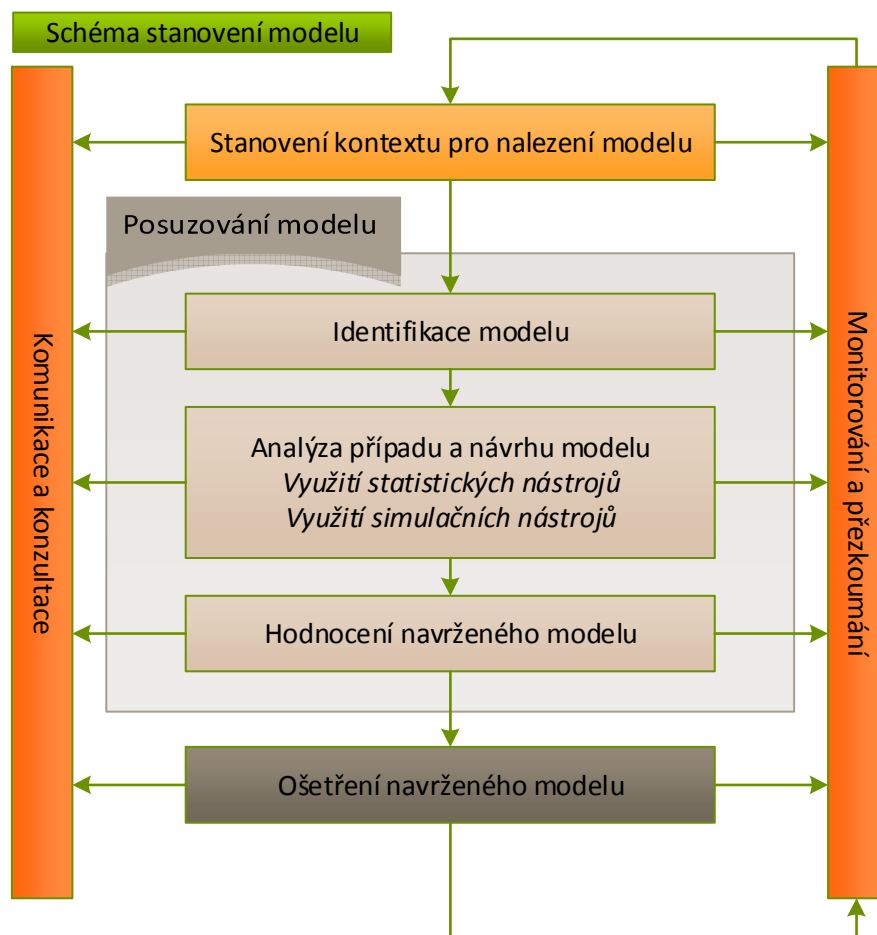


Obrázek 4-13 Simulace regresního modelu PERT motohodin pomocí metody Monte Carlo u vozidla KOMATSU HD405

Od získaného výsledku počtu motohodin daného vozidla se odvíjí vytvoření servisního plánu údržby a plánu generální opravy vozidla, včetně vytvoření návaznosti na harmonogram cash-flow společnosti pro platby za servis a údržbu a nákup náhradních dílů, včetně pneumatik a provozních kapalin.

Pro odhad směrného plánu na rok 2015 bylo Simulací Monte Carlo provedeno 10 000 iterací. Z grafu vložené distribuční funkce na obrázku 4-13 můžeme vysledovat, že směrný plán na rok 2015 se může pohybovat v intervalu (5 %-95 %) od 1987 po 2736 motohodin se střední, tedy očekávanou hodnotou 2356 motohodin. Směrodatná odchylka je 228,5 motohodin.

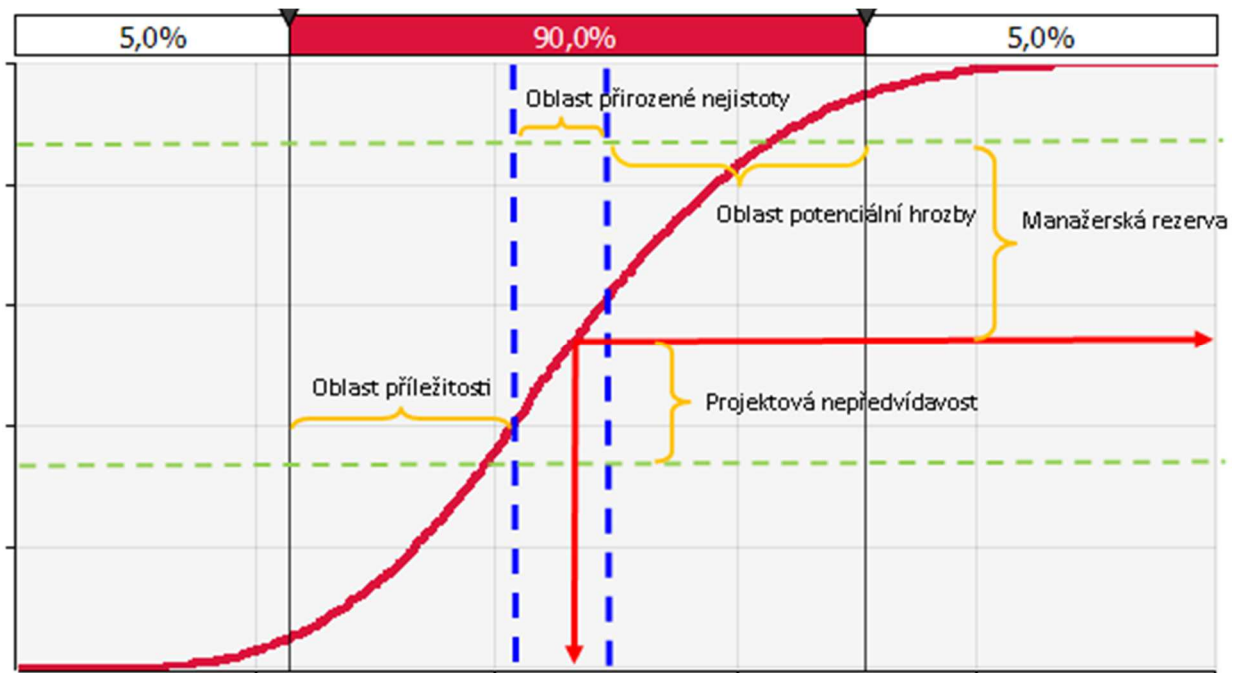
Získané informace je poté možné využít jako báze znalostí pro další výpočty. Při provedení modifikace regresního modelu podle naměřených hodnot u jiných typů vozidel je možná její implementace i pro jiné podniky zabývající se lomařstvím. Schéma pro stanovení modelu je uvedeno na obrázku 4-14.



Obrázek 4-14 Schéma stanovení modelu

Na obrázku 4-15 je znázorněna kumulativní distribuční funkce (S - křivka) uvedeného výpočtu motohodin. Oblast přirozené nejistoty představuje interval mezi 40% - 60%. Oblast projektové nepředvídanosti představuje interval mezi 35% - 55%. Manažerská rezerva se obvykle tvoří do výše hladiny horního intervalu 85%. Stanovená rezerva tak obvykle představuje střední hodnotu (Mean) nebo hodnotu horního intervalu na hladině 85% S-křivky. Cílem je tak stanovenou rezervu pokud možno nečerpat a k tomu motivovat své podřízené.

Využití simulací se v současné době díky rozvoji informačních technologií a jejich výpočetního výkonu a mobility stává velmi rozšířeným nástrojem. Svědčí o tom i řada publikací. Velkou výhodou simulací je poměrně snadné numerické vyjádření odhadu pomocí vybraného pravděpodobnostního rozdělení. Mezi nevýhody můžeme zahrnout to, že jednotlivé simulované prvky mohou být vzájemně korelované a je velmi těžké stanovit intenzitu vzájemné korelace.



Obrázek 4-15 Oblast kumulativní distribuční funkce (S-křivka)

### 4.3 Optimalizace vybraného procesu lomové dopravy v kamenolomu Krhanice

V této podkapitole budou provedeny dílčí návrhy metodik, které budou uplatnitelné při různých postupech optimalizace kolové dopravy. Výchozím námětem řešení optimalizace vybraného procesu lomové dopravy v kamenolomu Krhanice je využití metodiky užitá v předchozí podkapitole výpočtu výkonnosti nakladače, doby nakládky a počtu vozidle pro daný typ nakladače jako u kamenolomu Ladce – Butkov.

#### 4.3.1 Výpočet výkonnosti nakladače, doby nakládky a počtu vozidel pro daný typ nakladače

Pro optimalizaci kolové dopravy na kamenolomu Krhanice byl vybrán nakladač Liebherr 544 a byly vypočteny potřebné výkonnosti nakladače, z kterých je následně odvozena potřeba vozidel pro odvoz horniny získané clonovým odstřelem z jednotlivých etáží lomu. Těžební, technickou a teoretickou výkonnost nakladače Liebherr 544 vypočteme z dat u vedených v tabulce 4-9 pomocí vzorců:

Tabulka 4-9 Souhrn naměřených dat pro Liebherr 544 za rok 2014

| Nakladač     | mth   | tuny    | Nafta  | Spotřeba Nafty |            |
|--------------|-------|---------|--------|----------------|------------|
|              |       |         |        | ∅ / 1 mth      | ∅ / 1 tunu |
| Liebherr 544 | 1 920 | 183 636 | 29 382 | 15,3           | 0,16       |

$$Q_{t\dot{e}z\dot{e}b} = \frac{\text{vyt\dot{e}zen\acute{e} tuny}}{\text{montohodiny}} = \frac{195\,114}{1920} = 96 [t \cdot h^{-1}]$$

$$Q_{t\dot{e}z\dot{e}b} = \frac{m}{\rho} = \frac{96\,000}{2600} = 36,79 [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$Q_{tech} = \frac{Q_{t\dot{e}z\dot{e}b}}{k_{\dot{e}f}} = \frac{36,79}{0,75} = 49,05 [m^3 \cdot h^{-1}]$$

$$Q_{teor} = Q_{tech} \cdot \frac{k_n}{k_p} = 49,05 \cdot \frac{1,4}{1} = 68,67 [m^3 \cdot h^{-1}]$$

Pro výpočet výkonnosti kolové dopravy nákladními vozidly BELAZ s objemem korby 15 m<sup>3</sup> využijeme vzorců pro stanovení počtu potřebných vozidel přiřazených k nakladači Liebherr 544. Celková doba dopravního cyklu je pak dána vzorce:

$$T_c = t_n + t_l + t_v + t_{\xi} + t_m + t_z = 26 \text{ [min]}$$

Doba nakládky je dána vztahem:

$$t_n = \frac{V_A \cdot 60}{Q_{tech} \cdot k_n} = \frac{15 \cdot 60}{52,11 \cdot 1,4} \cong 13,1 \text{ [min]}$$

Počet vozidel přiřazených k nakladači vypočteme podle vzorce:

$$n = \frac{T_c}{t_n} = \frac{26}{13,1} \cong 2 \text{ [ks]}$$

Z výsledného výpočtu je patrné, že pro těžbu v jednotlivých etážích lomu, kdy celková doba dopravního cyklu trvá průměrně 26 minut je potřeba využít 2 vozidla typu BELAZ 540 A s přepravní kapacitou 15 tun. Výpočty v jednotlivých vzorcích uvažují stoprocentní využití nakladače, což v samotném těžebním provozu není možné docílit, např. kvůli poruchovosti zařízení a strojů, lidskému faktoru, údržbám strojů atd.

#### 4.3.2 Vytvoření směrného plánu motohodin vybraného typu nákladního vozidla

Pro vytvoření směrného plánu a optimalizace motohodin vybraného typu čelního nakladače Liebherr 544 se vyšlo ze získaných a sledovaných dat z roku 2014. Hlavní sledovaná data pro vytvoření směrného plánu motohodin představovala nákladní hmotnost za daný kalendářní měsíc, spotřeba paliva a sledované motohodiny za daný kalendářní měsíc. Pro stanovení směrného plánu byla na základě získaných dat uvedených v tabulce 4-10 vytvořena vícerozměrná regresní funkce, z které byl následně zadáním plánovaných hodnot směrného plánu získán sumární počet motohodin na rok 2015.

Průměrná spotřeba paliva jednoho litru nafty na jednu tunu přepravní hmoty za rok 2014 byla 0,16 l/t. Průměrná spotřeba paliva jednoho litru nafty na jednu motohodinu za rok 2014 byla 15 l/mth. Bližší údaje jsou uvedeny v tabulce 4-10. V měsíci únoru probíhala generální oprava vozidla.

Tabulka 4-10 Souhrn naměřených dat pro Liebherr 544 za rok 2014

| Nakladač Liebherr 544 - 2014 |              |                         |               |
|------------------------------|--------------|-------------------------|---------------|
|                              | mth          | nakládka<br>materiálu t | palivo l      |
| leden                        | 177          | 17 075                  | 2 729         |
| únor                         | 4            | 0                       | 0             |
| březen                       | 135          | 12 046                  | 2 106         |
| duben                        | 77           | 18 140                  | 2 889         |
| květen                       | 291          | 16 165                  | 2 744         |
| červen                       | 179          | 15 682                  | 2 666         |
| červenec                     | 180          | 15 964                  | 2 618         |
| srpen                        | 170          | 19 268                  | 2 551         |
| září                         | 164          | 15 731                  | 2 494         |
| říjen                        | 174          | 18 160                  | 2 775         |
| listopad                     | 178          | 16 378                  | 2 700         |
| prosinec                     | 192          | 19 028                  | 3 109         |
| <b>celkem</b>                | <b>1 920</b> | <b>183 636</b>          | <b>29 382</b> |
| <b>průměr</b>                | <b>160</b>   | <b>15 303</b>           | <b>2 448</b>  |

Pro nalezení vícerozměrného regresního modelu využijeme opět programu Statistica 7 a stejně jako u předchozího případu stanovení směrného plánu motohodin pro rok 2015 pro vozidlo KOMATSU HD405 provedeme výpočet přes nabídku vícerozměrná regrese.

Z výstupní sestavy vícerozměrného regresního modelu programu Statistica 7 získáme koeficienty regresní funkce. Podle uvedených koeficientů na obrázku 4-16 můžeme sestavit regresní model v podobě:

$$y' = 10,61346 - 0,00755 \cdot x_1 + 0,10819x_2,$$

vícenásobný koeficient korelace  $R = 0,72823250$ ,

vícenásobný koeficient determinace  $R^2 = 0,53032257$

| Výsledky regrese se závislou proměnnou : mth1 (regrese)<br>R= ,72823250 R2= ,53032257 Upravené R2= ,42594981<br>F(2,9)=5,0810 p<,03335 Směrod. chyba odhadu : 52,014 |           |                  |          |               |           |          |
|--|-----------|------------------|----------|---------------|-----------|----------|
| N=12   | Beta      | Sm.chyba<br>beta | B        | Sm.chyba<br>B | t(9)      | Úroveň p |
| Abs.člen   |           |                  | 10,61348 | 49,88602      | 0,212755  | 0,836259 |
| t2   | -0,570751 | 0,999237         | -0,00755 | 0,01322       | -0,571187 | 0,581853 |
| I2   | 1,272083  | 0,999237         | 0,10819  | 0,08498       | 1,273054  | 0,234898 |

Obrázek 4-16 Výsledky regrese se závisle proměnnou pro Liebherr 544

Hodnota testového kritéria  $F_{(2,9)} = 5,0810$  neleží v kritickém oboru testování. Test je tedy statistický významný a model lze považovat za vhodný.

Na základě získaného regresního modelu můžeme s použitím simulačních technik údajů stanovených směrným plánem vypočítat odhadovaný počet motohodin na rok 2015 následujícím způsobem uvedeném v dalším odstavci.

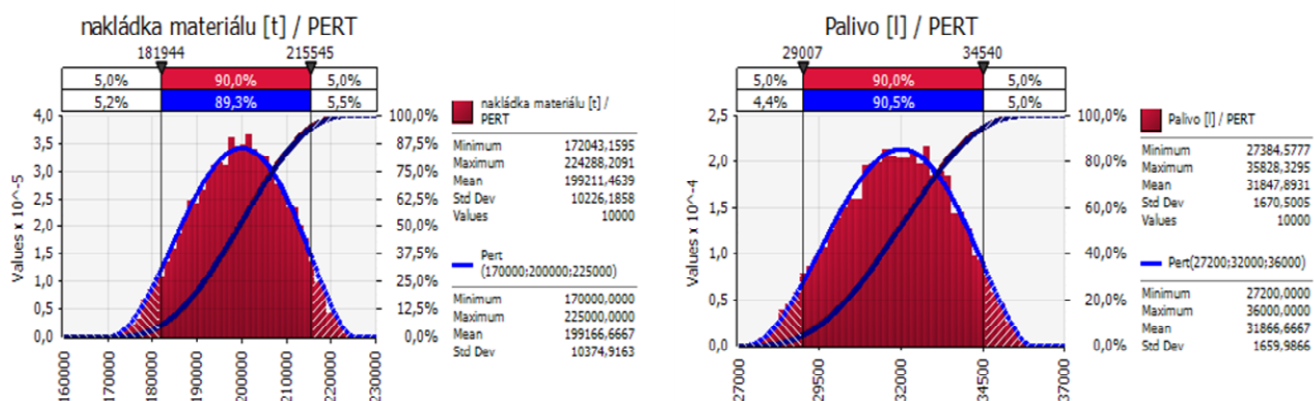
Pro simulaci směrného plánu motohodin nakladače Liebherr 544 na rok 2015 byla využita simulace Monte Carlo a metoda PERT s níže stanovenými hodnotami pro minimální (MIN), nejpravděpodobnější (N) a maximální hodnotu (MAX) uvedenými v tabulce 4-11.

Tabulka 4-11 Směrný plán pro rok 2015

| Směrný plán Liebherr 544 - 2015 |         |         |         |         |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                                 | MIN     | N       | MAX     | PERT    |
| Nakládka mat. [t]               | 170 000 | 200 000 | 225 000 | 199 167 |
| Palivo [l]                      | 27 200  | 32 000  | 36 000  | 31 867  |
| motohodiny [mth]                | 1 670   | 1 963   | 2 207   | 1 955   |

Graf simulací PERT metodou Monte Carlo s počtem 10 000 iterací s vloženou distribuční funkcí jsou uvedeny na obrázku 4-17.





Obrázek 4-17 Simulované hodnoty PERT pomocí metody Monte Carlo u Liebherr 544

Při výpočtu je hodnota MIN (1670) stanovena jako minimální hodnota motohodin získaná z výpočtu regresního modelu dosazením hodnot ve sloupci MIN uvedených v tabulce 4-11.

$$y_{MIN} = 10,61346 - 0,00755 \cdot 170\,000 + 0,10819 \cdot 27\,200 = 1\,670 \text{ [mth]}$$

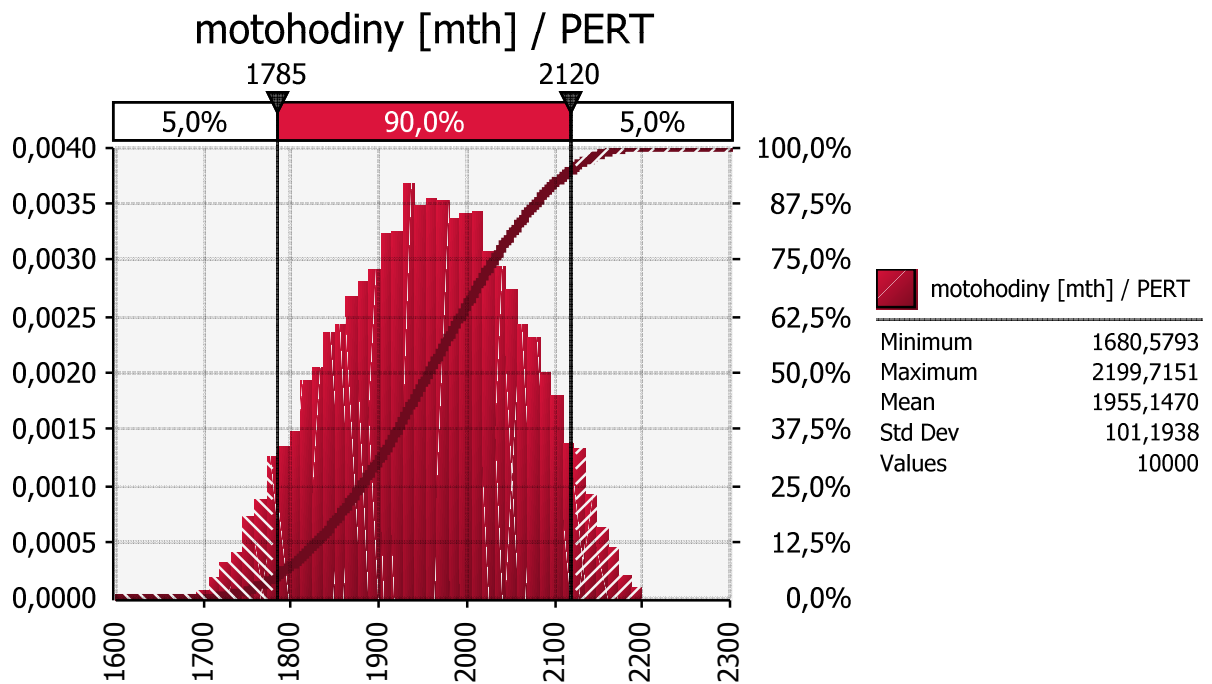
Hodnota N (1963) je získána z výpočtu regresního modelu dosazením hodnot ve sloupci N uvedených v tabulce 4-11.

$$y_N = 10,61346 - 0,00755 \cdot 200\,000 + 0,10819 \cdot 32\,000 = 1\,963 \text{ [mth]}$$

Hodnota MAX (2207) jako nejvyšší hodnota je získána z výpočtu regresního modelu dosazením hodnot ve sloupci MAX uvedených v tabulce 4-11.

$$y_{MAX} = 10,61346 - 0,00755 \cdot 225\,000 + 0,10819 \cdot 36\,000 = 2\,207 \text{ [mth]}$$

Očekávané hodnoty získané výpočtem pomocí metody PERT jsou uvedeny v tabulce 4-11 ve sloupci PERT, kde je i výsledný očekávaný výsledek 1 955 [mth] pro stanovení směrného plánu motohodin nakladače Liebherr 544. Na obrázku 4-18 je provedena simulace regresního modelu PERT motohodin metodou Monte Carla s 10 000 iteracemi se zadanými parametry MIN, N, MAX.



Obrázek 4-18 Simulace regresního modelu PERT motohodin pomocí metody Monte Carlo u nakladače Liebherr 544

Od získaného výsledku počtu motohodin daného vozidla se odvíjí vytvoření servisního plánu údržby a plánu generální opravy vozidla, včetně vytvoření návaznosti na harmonogram cash-flow společnosti pro platby za servis a údržbu a nákup náhradních dílů, včetně pneumatik a provozních kapalin.

Pro odhad směrného plánu na rok 2015 nakladače Liebherr 544 bylo Simulací Monte Carlo provedeno 10 000 iterací. Z grafu vložené distribuční funkce na obrázku 4-18 můžeme vysledovat, že směrný plán na rok 2015 se může pohybovat v intervalu (5 %-95 %) od 1785 po 2120 motohodin se střední, tedy očekávanou hodnotou 1955 motohodin. Směrodatná odchylka je 101,2 motohodin.

Jak je vidět z grafu na obrázku 4-18, lze o kumulované pravděpodobnosti možné říci:

- pravděpodobnost, že počet motohodin bude nižší než 1785 mth je 5 %,
- očekávaným motohodinám 1955 mth odpovídá pravděpodobnost 50 %,
- pravděpodobnost, že motohodiny nepřekročí hranici 2120 mth je přibližně 95 %.

Pro efektivní provozní podmínky v lomařském průmyslu je důležitá znalost budoucího vývoje vnitřního a vnějšího prostředí podniku. Je důležité pochopit, že jak vnější, tak vnitřní prostředí podniku jsou poznamenány nejistotou. Hlavní faktory, které jsou pro efektivní provozní podmínky v lomařském průmyslu klíčové, jsou uvedeny na obrázku 4-19.



Obrázek 4-19 Hlavní faktory vnitřního a vnějšího prostředí těžebního podniku

## 5 Přínosy disertační práce k rozvoji oboru kolové dopravy v lomových provozech a přínosy do pedagogické oblasti

Hlavní přínos disertační práce představuje vytvoření dílčích metodik pro optimalizaci kolové dopravy na vybraných lomových provozech těžebních podniků. Vedlejším přínosem je predikce vývoje indexů stavební produkce v České a Slovenské republice na následující dvouletou periodu (konec roku 2016). Jednou z metodik uvedených v disertační práci je stanovení směrného plánu motohodin vozidla KOMATSU HD405 a nakladače Liebherr 544 na rok 2015 pomocí regresního modelu, u kterého je následně provedena simulace metodou Monte Carlo.

Vytvořený regresní model v sobě nese možnosti univerzálního využití pro stanovení směrných plánů ostatních vozidel nejen v uvedených lomech Ladce-Butkov a kamenolomu Krhanice ale i ostatních lomech s podobným typem výroby.

Za další přínos disertační práce pro rozvoj tohoto oboru považuji integraci statistických a simulačních nástrojů a využití jejich potenciálu pro vytvoření prediktivních modelů jednak vývoje stavební produkce na území České a Slovenské republiky, tak i vytvoření prediktivních modelů směrných plánů pro jednotlivé typy vozidel a následně možnosti vytvoření celkového prediktivního plánu pro celý provoz.

Integrací statistických a simulačních nástrojů a využití jejich potenciálu v lomovém provozu, bych chtěl poskytnout komplexní pohled na využití těchto technik v daném provozu a nalézt univerzální nástroj pro kvantifikaci prediktivních směrných plánů. Oblast pedagogickou tato práce rozšiřuje o potřebu zaměřit výuku na stávající statistické a simulační techniky provázané s konkrétními případy a obohatit tak oblast těžební produkce lomových provozů o tyto techniky.

Podle mého názoru je v České a Slovenské republice nedostatek kvalifikovaných odborníků s podvědomím o problematice optimalizace kolové dopravy na lomových provozech, a proto je potřeba tuto oblast z odborného pohledu neustále rozvíjet.

Problematiku lomařského průmyslu v přednáškových hodinách a cvičeních bych doporučil rozšířit o oblast optimalizace kolové dopravy na lomových provozech s využitím statistických a simulačních nástrojů. Zároveň s přednáškami, které by absolvovali svými přednáškami i odborníci z praxe. Ve cvičeních bych se zaměřil na simulační a statistické nástroje provázané s konkrétními příklady.

Tímto přístupem by se studentům otevřela možnost blíže nahlédnout do této problematiky a získat podvědomí o současném stavu kolové dopravy v lomařství. V dalších ročnících studia by pak studenti mohli zpracovávat témata spadající do této oblasti pro konkrétní podniky nebo rozvíjet tuto oblast v teoretické rovině.

## 6 Ověření funkčnosti a aplikovatelnosti modelu a dílčích metodik v podmínkách reálné praxe

Použitím statistických a simulačních nástrojů pro optimalizaci kolové dopravy na lomech Krhanice a Ladce – Butkov jsem měl možnost demonstrovat na vybraných typech vozidel implementaci těchto nástrojů. V lomu Ladce – Butkov se jednalo o vozidlo typu dumpř KOMATSU HD405 a v kamenolomu Krhanice se jednalo o čelní nakladač Liebherr 544. Navržené scénáře směrných plánů motohodin pro rok 2015 jsou již diskutovány s vedením lomů a jejich výsledky předloženy k posouzení a diskuzi.

Při zavádění statistických a simulačních nástrojů bych doporučoval postupný vývoj oproti velkému skoku, protože není vhodné zavádět složité procesy v podmínkách, kdy nebyla nikdy ani teoreticky zkoušena. Vždy záleží na tom, v jakém stavu a pozici se současný podnik nachází.

Pro zavedení těchto nástrojů a metod do řízení lomového provozu je nezbytné najít leadera, který bude statistické a simulační nástroje ovládat a plně jim rozumět a dokáže ostatní zainteresované účastníky strhnout k osvojení těchto technik.

Je nutné mít na paměti, že podnik zvládá dobře svoji činnost teprve tehdy, když existuje předepsaný a srozumitelný postup, popis procesů a metody pro jejich provádění. Procesy v organizaci poté musí být také správně prováděny a to vyžaduje podporu vedení podniku pro zavedení daných postupů a metodik.

Dalším důležitým faktorem pro zvládnutí navržených metodik je trvalé zaznamenávání získaných zkušeností, poučení a zajištění jejich přístupnosti. Díky vytvoření znalostní báze se jedná jednak o trvalé zlepšování navrhovaných postupů a metodik, tak o zlepšování metod a reakcí na možné krizové situace.

# Závěr

Oblast snižování provozních nákladů provozů je v současné době velmi aktuálním tématem. Je to dáno jednak tím, že se trvale zvyšuje nejistota, konkurenceschopnost a počet změn v současných podmínkách podnikání. Důsledky těchto změn se značným způsobem projevují i v primární výrobě, protože ta je úzce spjata se sekundární sférou - průmyslem, energetikou a stavebnictvím. Schopnost podniku optimalizovat své náklady se v takovém prostředí stává rozhodujícím faktorem úspěchu. V předložené disertační práci je hlavním cílem práce řešení problematiky optimalizace kolové dopravy na lomových provozech vybraných těžebních podniků. Odhad vývoje indexů stavební produkce v České a Slovenské republice pro nadcházející dva roky 2015 a 2016 pomocí dvojitého exponenciálního vyrovnání svědčí o trendu pomalého růstu. Což zavádá podnět k potřebě postupného snižování provozních nákladů a potřebě optimalizace lomového provozu. Hlavní cíl disertační práce jako i dílčí cíle jsem splnil v plném rozsahu.

Podle mého názoru, není v současné době na trhu dostatek odborných publikací zabývajících se snižováním provozních nákladů u těžebních podniků nebo optimalizací kolové dopravy v hornictví. V disertační práci jsou na ukázkových příkladech dvou vozidel demonstrovány možnosti využití statistických a simulačních metod pro optimalizaci směrných plánů vozidel na rok 2015. Vedlejší přínos disertační práce spatřuji v možnosti vytvoření báze znalostí pro optimalizaci výše zmíněného provozu, se kterým poté bude pracovat vedení obou podniků.

Význam vytvoření báze znalostí je v tomto případě klíčová, protože dokáže v dostupné formě shromažďovat všechny důležité znalosti a zkušenosti získané z provedených návrhů na optimalizaci kolové dopravy v lomovém provozu, které tak jsou využitelné pro další podniky s obdobným provozem. Díky vytvořené bázi znalostí se tak vedení podniku může vyvarovat již jednou provedených chyb a omylů a neustále zlepšovat navržený proces využíváním statistických a simulačních nástrojů pro optimalizaci kolové dopravy na lomových provozech a některých jiných provozech provádějících hornickou činnost a činnosti prováděné hornickým způsobem.

Za další přínos disertační práce pro rozvoj tohoto oboru považuji integraci statistických a simulačních nástrojů a využití jejich potenciálu pro vytvoření prediktivních modelů, jednak vývoje stavební produkce na území České a Slovenské republiky, tak i vytvoření prediktivních modelů směrných plánů pro jednotlivé typy vozidel a následně možnosti vytvoření celkového prediktivního plánu pro celý provoz. Integrací statistických a simulačních nástrojů a využití jejich potenciálu v lomovém provozu, bych chtěl poskytnout komplexní pohled na využití těchto technik v daném provozu a nalézt univerzální nástroj pro kvantifikaci prediktivních směrných plánů. Oblast pedagogickou tato práce rozšiřuje o potřebu zaměřit výuku na stávající statistické a simulační techniky provázané s konkrétními případy a obohatit tak oblast těžební produkce lomových provozů o tyto techniky.

Závěrem lze říci, že předložená disertační práce shrnuje současný stav těžebního průmyslu a v kapitole návrh optimalizace kolové dopravy v konkrétních lomových provozech demonstruje na ukázkových příkladech využití statistických a simulačních metod pro optimalizaci kolové dopravy v lomových provozech konkrétních podniků.

Z mého pohledu je klíčovým faktorem pro zvládnutí navržených metodik trvalé zaznamenávání získaných zkušenosti, poučení a zajištění jejich přístupnosti. Díky vytvoření znalostní báze se jedná jednak o trvalé zlepšování navrhovaných postupů a metodik, tak o zlepšování metod a reakcí na možné krizové situace.

Co pokládám za potřebu rozpracovat do budoucna je doladění statistických a simulačních technik s podnikovými procesy a vytvoření komplexního plánu optimalizace pro všechna vozidla v provozu. Zlepšeným přístupem k plánování časového využití vozidel a neustálým zlepšováním technik pro plánování využití vozidel v provozu, bude docházet k postupnému snižování provozních nákladů. Tímto způsobem mohou podniky zefektivnit své procesy a zvýšit tak svou konkurenceschopnost na trhu. Z pohledu pedagogického bych doporučil intenzivněji se věnovat tomuto oboru a problematice efektivního snižování nákladů v lomovém provozu.



## Použitá literatura

- [1] MIKOLÁŠ, M., ŠTREJBAR, M., STAVINOHA, J., ČERMÁK, O. Research results of geotechnical properties of soils at the Podkrusnohorska vysypka dump in Sokolov brown coal field. BERG FAC TECHNICAL UNIV KOSICE, 2013, vol. 18, pp. 151-157, ISSN: 1335-1788.
- [2] HAVERLAND, J.: Význam kvality řízení výrobních systémů. In Recese-ekonomika-technologie. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010, s. 17-21. ISBN: 978-80-248-2373-7.
- [3] Surovinové zdroje České republiky. Nerostné suroviny (stav 2013). Geologická služba, České republiky – Geofond, Praha. 2013. ISBN: 978-80-7075-854-0
- [4] NERASTNÉ SUROVINY SR 2011. Bratislava. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2011. ISBN 978-80-89343-62-1.
- [5] VANĚK, M., MIKOLÁŠ, M., BORA, P. Benchmarking for Major Producers of Limestone in the Czech Republic. Gospodarka surowcami mineralnymi-mineral resources management. Wydawnictwo igsmmie pan, publishing house mineral & energy economy research inst polish acad sciences, 2013, vol. 29, pp. 157-173, ISSN: 0860-0953.
- [6] KRYL, V., JISKRA, J. a kol.: Technologie lomového dobývání uhelných ložisek. Sokolov. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-7078-693-2
- [7] HUDEČEK, V., URBAN, P., ČERNÁ, K., ČERMÁK, O., DORAZIL, V.: New degassing trends in the underground partsof gaseous coal mines in the Czech Republic.11-TH International multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2011, Albena Bulharsko, s. 869-876, ISSN 1314-2704

- [8] Code for Reporting of Mineral Explorations Results, Mineral Resources and Mineral Reserves [online].
- [9] U. S. Bureau of Mines and U. S. Geological Survey. Principles of a Resource/Reserve Classification for Minerals. – U. S. Geological Survey Circular 831, 1980.
- [10] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění zákonů č. 541/1991 Sb., č. 10/1993 Sb., č. 168/1993 Sb., č. 132/2000 Sb., č. 258/2000 Sb., č. 366/2000 Sb., č. 315/2001 Sb., č. 61/2002 Sb., č. 320/2002 Sb., č. 150/2003 Sb., č. 3/2005 Sb., č. 386/2005 Sb., č. 186/2006 Sb., č. 313/2006 Sb., č. 296/2007 Sb., č. 157/2009 Sb., č. 227/2009 Sb., č. 281/2009 Sb. a č. 85/2012 Sb., č. 350/2012 Sb., č. 498/2012 Sb.
- [11] Vyhláška MHPR ČR č. 497/1992 Sb., o evidenci zásob výhradních ložisek nerostů
- [12] Vyhláška MŽP SR č. 51/2008 Z.z, ktorou sa vykonáva geologický zákon, v znení vyhlášky MPŽPaRR SR č. 340/2010 Z.
- [13] KRYL, V., VAVRUŠKA, O.: Základy lomařství. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2001. ISBN 978-80-248-0048-6
- [14] Vyhláška SBÚ č. 89/1988 Zb. o racionálnom využívaní výhradných ložísk, o povolení a ohlasovaní banskej činnosti a ohlasovaní činnosti vykonávanej bankským spôsobom v znení vyhlášky SBÚ č. 16/1992 Zb.
- [15] Vyhláška MŽP č. 282/2001 Sb., o evidenci geologických prací, ve znění vyhlášky MŽP č. 368/2004 Sb.
- [16] Vyhláška SGÚ č. 6/1992 Zb. o klasifikácii a výpočte zásob výhradných ložísk.

- [17] BISCHOFF, W., BRAMANN, H., Westfälische Berggewerkschaftskasse Bochum: Das kleine Bergbaulexikon. 7. Auflage, Verlag Glückauf GmbH, Essen, 1988, ISBN 3-7739-0501-7.
- [18] GRYGÁREK, J., KRYL, V.: Systémy otvírky a přípravy ložisek. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2000. ISBN 978-80-707-8828-8
- [19] HUMMEL, M.: Mining and Environment, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava Ostrava, 2005. ISBN 978-80-248-1008-9.
- [20] GRYC, R., HLAVÁČ, L., MIKOLÁŠ, M., SANCER, J., DANĚK, T. Correlation of pure and abrasive water jet cutting of rocks. International journal of rock mechanics and mining sciences. PERGAMON-ELSEVIER SCIENCE LTD, 2014, vol. 65, pp. 149-152, ISSN: 1365-1609.
- [21] MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Kompendium statistického zpracování dat. 2. přepracované a rozšířené vydání. Praha: Academia, 2006. ISBN 80-200-1396-2.
- [22] JABLONSKÝ, J.: Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. 3. vydání. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-869-4644-3.
- [23] ARONSON, E. J., ZIONTS, S.: Operation Research: Methods, Models and Applications. Texas: The University of Texas, 2008.

# Seznam Příloh

|  |     |
|--|-----|
| Příloha 1 Vybraná a plánovaná vozidla na lomu Ladce - Butkov ..... | 113 |
| Příloha 2 Vybraná vozidla v kamenolomu Krhanice .....              | 116 |

## Vlastní publikační činnosti

- [1] HAVERLAND, J.: Význam kvality řízení výrobních systémů. In Recese-ekonomika-technologie. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010, s. 17-21. ISBN: 978-80-248-2373-7.
- [2] HAVERLAND, J., HULA, L.: Elementární metody klasifikace zásob. In Recese-ekonomika-technologie. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010, s. 22-27. ISBN: 978-80-248-2373-7.
- [3] BESTA P., HAVERLAND, J., JANOVSÁ, K.: Aplikace principů štihlé výroby a filosofie Kaizen v hutních procesech. Hutnické listy, 2011, ročník 64, č. 3, s. 90-93, ISSN 0018-8069
- [4] NÉTEK, V., SAMOLEJOVÁ, A., HAVERLAND, J.: Hodnocení kvality nákupu v průmyslových podnicích. Hutnické listy, 2011, ročník 64, č. 2, s. 80-84, ISSN 0018-8069
- [5] BESTA, P., SAMOLEJOVÁ, A., JANOVSÁ, K., LENORT, R., HAVERLAND, J.: The Effect of Harmeful Elements in Production of Iron in Relation to Input and Output Material Balance. Metalurgija vol. 51, 2012, no. 3, pp. 325-328. ISSN 0543-5846.
- [6] BESTA, P., SIKOROVÁ, A., NÉTEK, V., HAVERLAND, J.: Lean Manufacturing Concept in Metallurgical Industry. In Metal 2011. Ostrava: TANGER, 2011, PP. 1265-1271. ISBN 978-87294-24-6
- [7] PROSICKÝ, P., HAVERLAND, J., KUBICA, S., STOCH, M., BESTA, P.: Současné trendy v zahraničním obchodu. In Obchod a výroba v současném dynamickém tržním prostředí. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2014, s. 28-34. ISBN: 978-80-248-3322-4.

- [8] BESTA, P., HAVERLAND, J., PROSICKÝ, P.: Producenti železných rud a systém jejich hodnocení. In Průmyslová výroba a její význam na konkurenceschopnost České republiky. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013, s. 57-60. ISBN: 978-80-248-3001-8.
- [9] MIKOLÁŠ, M., HAVERLAND, J., HULA, L., HENDRYCH, M., PROSICKÝ, P., BESTA, P.: Heavy Metals and Their Impact in Production of Iron. In Metal 2014: 23st International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: TANGER, 2014. ISBN: 978-80-87294-24-6.
- [10] BESTA, P., MIKOLÁŠ, M., HAVERLAND, J., HULA, L., HENDRYCH, M., PROSICKÝ, P., KUBICA, S.: Saaty's Method as a Tool Used to Determine the Importance of Iron Ore Evaluation Criteria. In METAL 2014: 23st International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: TANGER, 2014. ISBN: 978-80-87294-24-6.
- [11] BESTA, P., JANOVSKÁ, K., HAVERLAND, J.: Negative Elements in Blast Furnace Process. In METAL 2012: 21st International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: TANGER, 2012, pp. 1833-1837. ISBN: 978-80-87294-31-4.
- [12] BESTA, P., MIKOLÁŠ, M., ZAPLETAL, F., HAVERLAND, J., HENDRYCH, M.: Monitoring the Quality of Suppliers of Input Raw Materials in Metallurgical Production. In METAL 2013: 22st International Conference on Metallurgy and Materials. Ostrava: TANGER, 2013. ISBN: 978-80-87294-31-8.

# Příloha 1 Vybraná a plánovaná vozidla na lomu Ladce - Butkov

KOMATSU WA600-3



VOLVO L 350 F



KOMATSU HD405



KOMATSU HD465





VOLVO A 35 C



## Příloha 2 Vybraná vozidla v kamenolomu Krhanice

Liebherr 974



Liebherr 544

