



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

## MODIFIKACE SLOŽENÍ BARYTOVÝCH OMÍTEK

MODIFICATION OF THE COMPOSITION OF BARITE PLASTERS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Šárka Pitrusová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MARCELA FRIDRICHOVÁ, CSc.

BRNO 2022



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Šárka Pitrusová
Název	Modifikace složení barytových omítek
Vedoucí práce	prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA,  
dr.h.c.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Online databáze Science Direct, Web of Science, Scopus, Elsevier.
2. HEWLETT, P.C., Hewlett, Lea&apos;s Chemistry of Cement and Concrete, Fourth Edition, ISBN-13 978-0-7506-6256-7.
3. DUDA, W. H. Cement-data-book. 3., Neubearbeitete und Erweiterte Aufl. Wiesbaden: Bauverlag, 1985, 635 s. ISBN 37-625-2137-9.
4. TAYLOR, H.F.W. Cement Chemistry. 2nd edition, published, London: Thomas Telford Publishing, 1997, 459 p., ISBN 0-7277-2592-0.
5. ELSWICK, E. R., MAYNARD, J. B., Bedded Barite Deposits: Environments of Deposition, Styles of Mineralization, and Tectonic Settings. Treatise on Geochemistry, 629–656, 2014, doi:10.1016/b978-0-08-095975-7.
6. SENSOY, A.T., Gökçe, H.S., Simulation and optimization of gamma-ray linear attenuation coefficients of barite concrete shields, Construction and Building Materials, 253 (2020) 119218.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Průmyslová výroba komplexního souboru barytových stínících směsí, do kterého spadá i výroba barytových omítek, je zcela unikátní nejen v českém, ale i středoevropském měřítku. Tyto směsi byly v ČR vyráběny do začátku loňského roku na bázi barytového písku dováženého ze Slovenska. Jelikož tamní dodavatel odešel z trhu, bylo nutné najít nový zdroj barytu, a v současnosti je dodáván baryt z pomezí Francie. Jeho granulometrie i složení co do obsahu BaSO<sub>4</sub> jako účinné složky se však podstatně liší od původně dodávaného barytu slovenského. Vzhledem k tomu, že kvalita vyráběných omítek je přísně sledována jak z hlediska ochrany lidského zdraví, tak i z hlediska stavební aplikovatelnosti, je třeba původní složení modifikovat na nový zdroj barytového písku tak, aby bylo vyhověno všem požadovaným kritériím.

V rámci práce proveďte:

- Rešerši z dostupných literárních zdrojů na dané téma.
- Průzkum evropských, příp. mimoevropských dostupných zdrojů barytu.
- Výběr nejvhodnějšího zdroje a provedení základních fyzikálně-chemických zkoušek a stanovení fázového složení.
- Porovnání vlastností barytové omítky připravené dle původní receptury s původním a nyní zvolených barytovým pískem.

Rozsah práce cca 50 stran formátu A4 včetně příloh.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na modifikaci složení nově navržené barytové omítky pro účely odstínění. V teoretické části je popsán baryt z hlediska historie, fyzikálních a chemických vlastností, těžebních a ekonomických parametrů a jeho využití s bližším zaměřením na jednotlivé průmysly. Dále jsou v dané části obecně popsány a rozděleny omítky. V části praktické byl proveden průzkum dostupných barytových zdrojů a na jeho základě byl vybrán baryt pro následující výzkum se zaměřením na granulometrii, objemovou hmotnost v setřeseném stavu, měrnou hmotnost, RTG a XRF analýzu. Ze získaného vzorku barytu byla zhotovena omítková směs, jež byla dále modifikována a porovnána s původní stínící barytovou omítkou.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Baryt, barytová omítka, síran barnatý, mineralogie, omítky

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis is focused on the modification of the composition of the newly designed barite plaster for shading purposes. The theoretical part describes barite in terms of history, physical and chemical properties, mining and economic parameters and its use with a closer focus on individual industries. Furthermore, plasters are generally described and divided in the given section. In the practical part, a survey of available barite sources was performed and based on it, barite was selected for the following research with a focus on granulometry, bulk density, specific gravity, x-ray and xrf analysis. A plaster mixture was made from the obtained barite sample, which was further modified and compared with the original barite shielding plaster.

## **KEYWORDS**

Barite, barite plaster, barium sulfate, mineralogy, plasters

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Šárka Pitrusová *Modifikace složení barytových omítek*. Brno, 2022. 65 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Fridrichová, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Modifikace složení barytových omítek* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2022

---

Šárka Pitrusová  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Modifikace složení barytových omítek* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2022

---

Šárka Pitrusová  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda vyjádřila velké díky vedoucí mé práce paní prof. Ing. Marcele Fridrichové, CSc., za odborné vedení, ochotu, vstřícnost a podporu poskytnutou v průběhu psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Marcelce Hübner za odborné konzultace a čas, který mi věnovala v průběhu vypracovávání této práce a následně taktéž panu Mgr. Martinu Vyšvařilovi Ph.D., za ochotu a pomoc s praktickou částí práce. Největší poděkování patří především mým rodičům, jenž mi umožnili studovat a byli mi velkou oporou během celého studia.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1. BARYT .....</b>	<b>11</b>
1.1 Historie .....	11
1.2 Mineralogie.....	11
1.3 Krystalografie .....	12
1.4 Fyzikální vlastnosti.....	13
1.5 Chemické vlastnosti.....	14
1.6 Vznik a výskyt .....	15
1.7 Ekonomické hledisko .....	17
1.8 Těžba a zpracování .....	18
1.9 Využití .....	19
1.9.1 Ropný a plynárenský průmysl .....	19
1.9.2 Papírenský průmysl .....	20
1.9.3 Nátěrové hmoty, plasty a izolace.....	20
1.9.4 Baterie.....	21
1.9.5 Stavebnictví .....	22
1.9.6 Lékařský průmysl .....	22
<b>2. OMÍTKY .....</b>	<b>23</b>
2.1 Základní suroviny pro výrobu omítek .....	23
2.1.1 Pojiva.....	23
2.1.1.1 Vápno .....	23
2.1.1.1.1 Vápno vzdušné .....	24
2.1.1.1.2 Vápno hydraulické.....	24
2.1.1.1.3 Výroba vápna.....	25
2.1.1.2 Cement.....	26
2.1.1.2.1 Portlandský cement .....	26
2.1.1.2.2 Hlinitanový cement .....	27
2.1.1.3 Sádra .....	28
2.1.2 Plniva.....	29
2.1.2.1 Písek .....	29
2.1.3 Přísady .....	29
2.2 Základní rozdělení omítek .....	29
2.3 Speciální omítky .....	30
2.3.1 Sanační omítky .....	30
2.3.2 Tepelněizolační omítky .....	31

2.3.3 Barytové omítky .....	31
<b>3. SHRNU TÍ DOSAVADNÍCH POZNATKŮ .....</b>	<b>32</b>
<b>II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>33</b>
<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>33</b>
<b>1. METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>33</b>
<b>2. POSTUP PRACÍ.....</b>	<b>34</b>
<b>3. POUŽITÉ PŘÍSTROJE A SUROVINY .....</b>	<b>35</b>
3.1 Příklad.....	35
3.2 Suroviny .....	37
<b>4. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY A JEJICH DISKUZE .....</b>	<b>39</b>
4.1 Vyhledání nového zdroje barytu.....	39
4.2. Vlastnosti deklarované výrobcem .....	41
4.3. Vyhodnocení vlastností dodaných vzorků barytu .....	43
4.3.1 Granulometrické složení.....	43
4.3.2. Objemová hmotnost v setřeseném stavu .....	44
4.3.3. Měrná hmotnost.....	45
4.3.4. Rentgenofluorescenční analýza (XRF).....	46
4.3.5. RTG – difrakční analýza .....	52
4.4. Vliv nově navrhovaného barytu na přípravu barytové omítky.....	55
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>64</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>65</b>

## ÚVOD

V současné době se lidský organizmus střetává s různými zdroji ozáření na denní bázi. Jedná se zejména o zdroje atmosférické, pozemní nebo o zdroje pocházející z lékařství či průmyslu. Přibližně 80 % záření pochází z přírodních zdrojů a zbylých 20 % tvoří zdroje umělé a to zejména lékařství, jenž produkuje ionizující záření. Tento druh záření neblaze ovlivňuje životní prostředí a při nedostatečném odstínění může mít pro organizmus devastující účinky ve formě karcinogenních onemocnění. Proto je nutné adekvátně volit způsob odstínění pro pracoviště produkující ionizující záření.

Pro účely odstínění byly vyvinuty tři základní průmyslově vyráběné barytové stínicí směsi s označením X-Ray Stop, jejichž základní složku tvoří plnivo ve formě barytu  $\text{BaSO}_4$ . Tento minerál svou vysokou měrnou hmotností a chemickým složením vytváří podstatnou složku plniva ve stínicích směsích.

Neustále se zvětšující spotřeba nerostných surovin vede k vyčerpání těžných zdrojů. Rostou taktéž ekonomické parametry a to hlavně z hlediska problematiky dopravy. Na území České republiky nejsou k aktuálnímu datu evidovány žádné aktivně těžící doly barytu, jenž by pokryly vnitrostátní poptávku. Z tohoto důvodu byl až do nedávné doby barytový písek do České republiky dovážen ze sousedního Slovenska. Tamní dodavatel však odešel z trhu a bylo nutné nalézt zdroj nový.

Tato bakalářská práce je proto zaměřena na nalezení nového zdroje barytu, který by byl adekvátní náhradou za baryt původní, a to zejména z hlediska jeho fyzikálních a chemických vlastností. Z nového zdroje barytu bude zhotovena barytová omítka, která se bude dále modifikovat za účelem vyhovění požadavkům Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

# I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1. BARYT

### 1.1 Historie

Baryt je z historického hlediska použitý ve srovnávání s křídou, rychle tuhnoucí sádrou (dříve označovanou jako Pařížská sádra) nebo křemenem vesměs mladou surovinou, resp. výrobkem. Ačkoliv pro horníky byl baryt jako minerál znám již delší dobu, teprve ve druhé polovině 18. století byl proveden jeho první rozbor. Jednalo se o jeho úplně první krystalografický rozbor od francouzského mineraloga René-Just Haüye, který je považován za jednoho ze zakladatelů vědy krystalografie. Následně počátkem 19. století započala těžba barytu a jeho průmyslové využití. Minerál má relativně vysokou hustotu  $4,5 \text{ g/cm}^3$ . Pro horníky se jednalo o poměrně těžký minerál, a proto ho začali nazývat těživec (z řeckého slova barys = těžký). Roku 1925 James & Wood poprvé stanovili strukturu krystalů barytu. Na jejich studii roku 1963 navázal K. Sahl, který trojrozměrně upřesnil strukturu barytu a získal přesnější informace o atomových souřadnicích, meziatomových vzdálenostech a úhlech. [1] [2] [3]

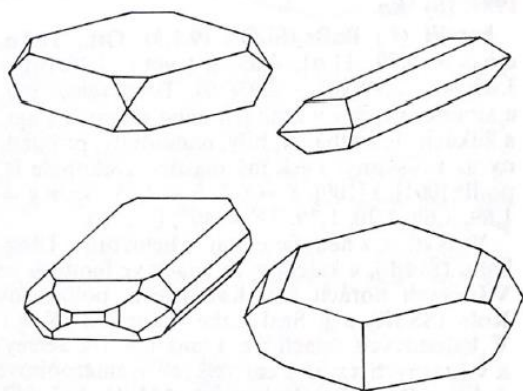
### 1.2 Mineralogie

Geologické vědní obory rozlišují mezi pojmy hornina a minerál. Věda zabývající se horninami se nazývá petrologie. Tato věda mluví o hornině jako o směsi různých druhů minerálů, přičemž některé výjimky mohou být tvořeny pouze jedním minerálem. Věda zabývající se studiem minerálů se nazývá mineralogie a popisuje minerál chemickou značkou nebo chemickým vzorcem a krystalografickým uspořádáním.

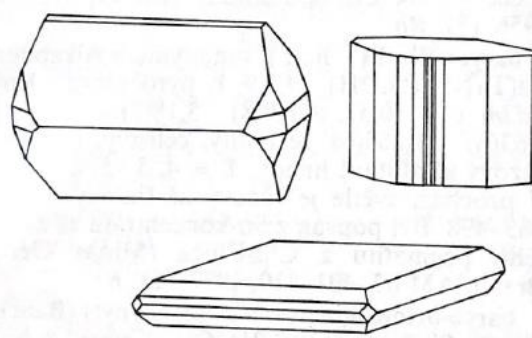
V rámci mineralogického zařazení barytu existují přírodní ložiska, kde lze objevit minerál ve velmi čistém stavu. Často je však baryt nacházen smísený s kazivcem, křemenem nebo přírodními uhličitany. Přitom křemen patří k nežádoucím minerálům a to z pohledu abraze díky své hodnotě 7 na Mohsově stupnici tvrdosti. V závislosti na ložiskách může docházet k většímu výskytu doprovodných minerálů (např. sloučeniny železa, mědi, manganu a jiných těžkých kovů). [1]

Chemickým složením barytu nebo taktéž těživce je síran barnatý o chemickém vzorci  $\text{BaSO}_4$ . Barevná škála toho nerostu se pohybuje od bílé, šedé, načervenalé, nažloutlé, nahnědlé až po černou. Na **Obr. 1** a **Obr. 2** jsou vyobrazeny pro baryt typické krystaly, které

mohou být tabulkovitého, lupínkového nebo sloupcovitého tvaru. Tyto krystaly na svých plochách vykazují skelný až perleťový lesk s pololesklými až matnými agregáty. Štěpnost je dokonalá a lom je nerovný a lasturovitý. Při zkoušení tvrdosti podle Mohse baryt vykazuje bílý vryp s hodnotu 3 – 3,5 na Mohsově stupnici tvrdosti. [1] [3]



*Obr. 1: Tvary krystalů barytu [5]*



*Obr. 2: Tvary krystalů barytu [5]*

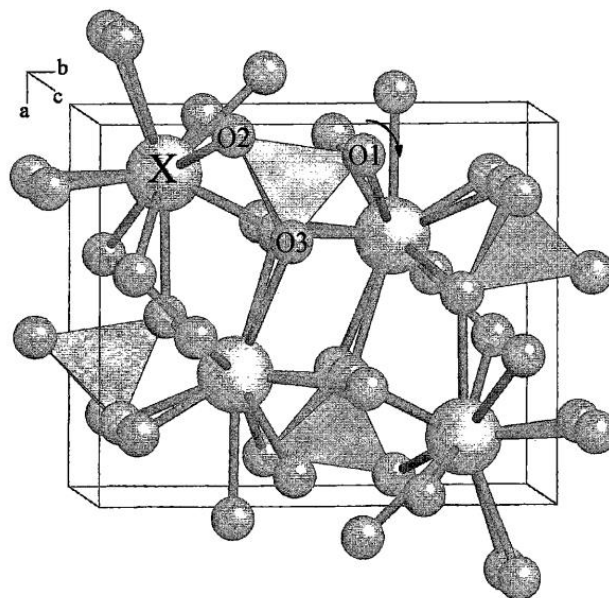
### 1.3 Krystalografie

Minerály se řadí mezi krystalické látky, jejichž atomy vykazují pevné strukturní uspořádání. Mají přesně daný bod tání a tuhnutí a jejich fyzikální vlastnosti, zvláště ty optické, se liší dle prostorových směrů s výjimkou látek krystalizujících v kubické soustavě. V krystalografii narážíme na pojem základní buňka. Jedná se o označení nejmenší identické strukturní jednotky, ze které jsme v ideálním případě schopni sestavit krystal. Tuto buňku můžeme charakterizovat jako základní motiv, který se opakuje v celé krystalové mřížce. Velmi často dochází k poruchám krystalové mřížky vlivem geologických podmínek při vzniku minerálů. Tyto poruchy mají výrazný vliv na jejich vlastnosti. Jestliže však k žádným poruchám krystalové mřížky nedojde, můžeme hovořit o ideální krystalické mřížce. [1]

V současné době jsme schopni rozlišovat 7 krystalografických soustav. Jedná se o soustavu krychlovou (kubickou), čtverečnou (tetragonální), kosočtverečnou (ortorhombickou), klencovou (romboedrickou neboli trigonální), šesterečnou (hexagonální), jednoklonnou (monoklinickou) a trojklonnou (triklinickou). K charakterizaci krystalové mřížky používáme prvky souměrnosti: délka (a), šířka (b), výška (c) a úhly sousedních stran ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ). [1]

Pro baryt je charakteristická kosočtverečná soustava s prvky souměrnosti:  $a \neq b \neq c$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ . Na **Obr. 3** si můžeme všimnout ilustrace struktury barytu, která je tvořena velkými koulemi označenými X představující kation barya. Tyto ionty barya jsou obklopeny

12 atomů kyslíku, které jsou znázorněny jako malé koule s označením O. Dalšími důležitými prvky struktury jsou tetraedry. Základem tetraedrů jsou atomy síry, které jsou obklopeny 4 atomy kyslíku. Šipka nacházející se v okolí O1 naznačuje směr rotace skupin  $\text{SO}_4$ . Atomy kyslíku ovládají obsazení povrchu základní buňky a ovlivňují fyzikální a chemické povrchové vlastnosti barytu. [1] [4]



Obr. 3: Ilustrace struktury barytu [4]

## 1.4 Fyzikální vlastnosti

Jednou z důležitých fyzikálních vlastností barytu je index lomu. Jedná se o bezrozměrnou veličinu, kterou lze definovat poměrem rychlosti šíření světla ve vakuu k rychlosti v daném prostředí. Baryt patří mezi takzvaná dielektrika. Jedná se o látky se schopností se polarizovat v elektrickém poli. Jedním ze specifických vlastností pro dielektrika jsou vzrůstající hodnoty indexu lomu v oblasti ultrafialového záření. Index lomu je průměrně uváděn k celému rozsahu viditelného světla. Hodnoty barytu jsou udávány v rozmezí 1,634 až 1,648. [1] [6] [7]

Začátkem 20. století německý fyzik Wilhelm Ostwald navrhl využívat synteticky vyrážený síran barnatý jako bílý standard. Tento návrh vznikl na základě chemické inertnosti síranu barnatého a na základě jeho schopnosti neabsorbovat světlo v rozmezí vlnových délek viditelného světla (380 – 760 nm), díky čemuž se povrch zdá být čistě bílý. Zároveň ani v oblasti ultrafialového záření (< 400 nm) nedochází k výrazné absorpci. V porovnání s bílými pigmenty oxidu titaničitého, oxidu a sulfidu zinečnatého, které

prokazují značnou absorpci v oblasti ultrafialového záření, je baryt pro svou absenci absorpce vhodný pro použití v místech dlouhodobě vystavených ultrafialovým zářením. [1]

Tepelná a elektrická vodivost barytu je velmi nízká. Stejně tak i jeho koeficient tepelné roztažnosti. Bod tání barytu je 1580 °C, při překročení dané teploty dochází k rozkladu. Jeho měrná tepelná kapacita je přibližně 0,46 kJ/(kg.K). [1]

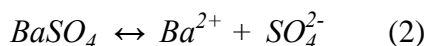
## 1.5 Chemické vlastnosti

Síran barnatý o chemickém vzorci BaSO<sub>4</sub> má poměrně vysokou molární hmotnost 233,39 g/mol. Tato sloučenina je chemicky inertní a velmi špatně rozpustná. Pomalá rozpustnost je možná pouze v horké, koncentrované kyselině sírové. Z těchto vlastností vyplývá, že se nejedná o nebezpečnou látku. Toto ovšem nezle říci o ostatních sloučeninách barya. Při zpracování barytu za účelem jeho následného využití jako suroviny pro výrobu baryových chemikálií jej podrobíme redukční reakci. Redukujeme na bázi rozpustnou ve vodě společně s koksem. Reakce probíhá v rotační peci za teploty 1200 – 1300 °C za vzniku sulfidu barnatého BaS a oxidu uhelnatého CO dle rovnice uvedené níže.[1]



Sulfid barnatý se dále využívá k výrobě baryových chemikálií. Nečistoty obsažené v barytu, tedy přesněji řečeno přírodní těžké kovy, zůstávají ve formě nerozpustných sulfidů v silně alkalickém zbytku z vyluhování. [1]

Jak již víme, síran barnatý je málo rozpustná látka, kterou můžeme charakterizovat součinem rozpustnosti. Jedná se o konstantu, která za standardních podmínek udává množství rozpuštěné látky v daném rozpouštědle. Rozpustnost síranu barnatého je dána rovnicí disociace:



Z této rovnice lze vypočítat rovnovážnou konstantu K:

$$K = \frac{[Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}]}{[BaSO_4]} \quad (3)$$

Rovnici rovnovážné konstanty převedeme na rovnici součinu rozpustnosti  $K_s$ :

$$K_s = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] \quad (4)$$

S klesající hodnotou  $K_s$  klesá i schopnost rozpustnosti dané látky ve vodě. Ze vztahu uvedeného výše už jsme schopni číselně stanovit součin rozpustnosti barytu na  $1,5 \cdot 10^{-9}$ . Pro představu rozpustnosti dalších průmyslových nerostů má například bezvodý síran vápenatý o chemickém vzorci  $CaSO_4$  hodnotu součinu rozpustnosti  $2,4 \cdot 10^{-5}$  a křída o chemickém vzorci  $CaCO_3$  hodnotu  $4,7 \cdot 10^{-9}$ . V závislosti na hodnotě pH můžeme o barytu říci, že v kyselém prostředí  $pH < 7$  je nerozpustný v kyselinách s výjimkou horké, koncentrované kyseliny sírové. Pro srovnání s jinými minerálními plnivými pro kyselé prostředí je uhličitan vápenatý při  $pH < 6$  schopen úplného, pomalého rozpuštění a křemen je prakticky nerozpustný s výjimkou kyseliny fluorovodíkové. Pro neutrální prostředí  $pH = 7$  je baryt prakticky nerozpustný s  $0,0022 \text{ g/l}$  při  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ , křemen s  $0,01 \text{ g/l}$  při  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  a křída s  $0,014 \text{ g/l}$  při  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  o nízké rozpustnosti. V zásaditém prostředí  $pH > 7$  je baryt prakticky nerozpustný stejně jako křída. Avšak křemen má od  $pH > 8$  silně zvýšenou rozpustnost. [1] [8]

Z pohledu toxikologie není známo, že by baryt vykazoval nežádoucí toxické vlastnosti. Jedná se o nedráždivou látku s akutní toxicitou  $LD > 15\,000 \text{ mg/kg}$  (krysa, orálně). [1]

## 1.6 Vznik a výskyt

Minerál baryt je hojně rozšířen po celém světě. Vyskytuje se v mnoha ložiskách napříč zeměmi. Vzniká z prvku barya, který se bohatě vyskytuje v zemské kůře. Jakost barytové rudy se liší podle místa ložisek v závislosti na množství a druhu doprovodných minerálů a na kontaminaci těžkými kovy. Doprovodnými minerály bývají křemen, uhličitan, kazivec, sulfidické a oxidické minerály (např. měď, stříbro, železo, mangan aj.), jak již bylo řečeno v kapitole 1.2 Mineralogie. V některých ložiskách mohou být v surové rudě zahrnuty minerály obsahující arsen, rtuť anebo také kadmium. Některá ložiska bývají bohatá na špatně rozpustný síran strontnatý. Baryt jako takový je čistě bílý, každopádně jeho ruda má různou škálu odstínů od šedé, načervenalé, nažloutlé, nahnědlé až po černou, jak již známe z kapitoly 1.2 Mineralogie. V mnoha případech se při použití barytu jako plniva očekávají bílé odstíny. Na **Obr. 4 - Obr. 7** si můžeme prohlédnout, jak vypadají různé rudy. [1] [3] [9]



*Obr. 4: Baryt, Dědova Hora [10]*



*Obr. 5: Baryt, Stoneham Co., USA [11]*



*Obr. 6: Baryt, Příbram, Březové Hory [10]*



*Obr. 7: Baryt, Příbram, Březové Hory [10]*

V rámci studií byly objeveny celkem čtyři odlišné způsoby tvorby barytu v sedimentech:

- **Autogenní** – Procesem krystalizace ve vodním sloupci, kde vytváří malé krystaly v rozmezí 0,5 – 5  $\mu\text{m}$ .
- **Diagenetické (difuzní)** – Vlivem difuze pronikají ionty barya ( $\text{Ba}^{2+}$ ) do nadloží mořské vody, kde dochází k uvolnění redukce síranů pomocí bakterií do pórových vod anoxických sedimentů.
- **Diagenetické (advektivní)** – Baryum je přenášeno pohybem vody, která je vytlačována na mořské dno v místech podél zlomů či průsaky.
- **Hydrotermální** – Vznik barytu vlivem advekce horké vody na mořské dno.

Autogenně vzniklý baryt je jediný z výše popsaných, jehož zdroj barya se nachází „nahore“ oproti mořskému dnu. Má velmi silný vzájemný vztah mezi organickým uhlíkem a baryem. Zbylé tři způsoby tvorby mají zdroj barya „dole“. Zde dochází k rozpuštění barytu, který se nachází v hlubinách v sedimentu. Z rozpuštěného barytu dále cestují ionty barya ve vodě bez síranů až na pomezí mezi sedimentem a vodou. Na tomto pomezí reagují se sírany z mořské vody a dochází k opětovnému ukládání barytu. [9]

## 1.7 Ekonomické hledisko

Celosvětové zdroje barytu jsou odhadovány dle odborných studií přibližně na 740 Mt o rezervě s odhadem na 200 Mt. Statistika produkce barytu z roku 2017 od The Barytes association nám říká, že v rámci odhadů činila světová produkce barytu okolo 8,65 Mt.

Z toho 3,60 Mt vyprodukovala pouze Čína. Ta je bezesporu dominantním světovým producentem barytu, který tvoří 42 % světové produkce. Dalšími významnými producenty barytu jsou Rusko, Indie, Maroko, USA, Turecko, Mexiko, Írán, Kazachstán a Thajsko. Tyto země tvoří přibližně 50 % celosvětové produkce barytu. Statistika spotřeby barytu z roku 2017 taktéž od The Barytes association nám ukazuje, že odhadovaná světová spotřeba barytu činila 8,1 Mt. Největšími spotřebiteli byly USA s 2,35 Mt, Čína s 1,60 Mt, Střední východ s 1,55 Mt a Evropa s 0,60 Mt. [12] [13]

Celosvětová těžba barytu výrazně závisí na poptávce ropného a plynárenského průmyslu. Tento průmysl pojme až 85 % vytěženého barytu po celém světě. Díky významné závislosti na tomto průmyslu často dochází k výkyvům spotřeby barytu. Například mezi lety 2015 až 2016 došlo k výraznému propadu, který byl zapříčiněn nízkými cenami ropy a snížením vrtných činností. [1] [12]

Mezi největší vývozce barytu patří země, které nejsou primárními producenty ropy. Je to Čína, Maroko a Indie. Tyto země tvoří přibližně 80 % celkového exportu. Naopak největším dovozcem barytu je převážně USA, která svou domácí produkcí nezvládá pokrýt veškeré své potřeby. Převážná část dovezeného barytu do USA pochází z Číny. Dalšími velkými dovozci jsou například Velká Británie nebo Kanada. [1] [12]

Výraznou částí celkových nákladů na baryt tvoří položka nákladů na přepravu. V závislosti na dodavateli barytu může docházet k častým výkyvům zapříčiněným například přírodními katastrofami nebo povětrnostními podmínkami. Zejména v asijských zemích jsou velkým problémem zemětřesení, povodně a přetrvávající sucha. Všechny tyto aspekty negativně ovlivňují produkci barytu a tím i nárůst jeho ceny. [1] [12]

## **1.8 Těžba a zpracování**

V rámci celosvětového měřítká existuje mnoho barytových ložisek, jak již víme z předchozích kapitol. Provozování těžby ve střední Evropě je značně obtížné z důvodu zásahu do životního prostředí a také kvůli znečišťování dopravní infrastruktury. Způsoby těžby jsou specificky přizpůsobené geologickým podmínkám a mohou být provozovány v povrchovém nebo podzemním lomu. Při povrchové těžbě bývá zpravidla nejprve vytěžena skrývka, která zakrývá rudu. Těžba může být prováděna kontrolovaným odstřelem popřípadě mechanickými způsoby, pokud to hornina umožňuje. [1]

Vytěžená surová ruda je pomocí nákladních vozů dopravována do zpracovatelského provozu, kde je drcena, promývána a tříděna. Za účelem oddělení barytu od hostitelské horniny se vytváří vodní suspenze o velikosti zrn 2-16 mm. Díky rozdílným hustotám

dochází k sedimentaci barytu a vyplavování hostitelské horniny na povrch. Zpracovatelské provozy taktéž umožňují separaci pro velikost zrn 0-2 mm v takzvaných spirálových separátorech. Po procesu odloučení barytu od hostitelské horniny následuje proces sušení a upravování na požadované velikosti a tvary zrn za pomoci suchého mletí v kulových mlýnech. Baryt může být dále upravován flotací k oddělení sekundárních složek nebo může být chemicky bělen. K úpravě chemickým bělením dochází při využití barytu pro lehké nátěrové hmoty nebo bílé či barevné plasty. Zde se využívá baryt s vysokým stupněm bělosti. [1]

## 1.9 Využití

Barytové produkty lze zařadit do oblasti plniv i pigmentů. Bohužel jen jedna z daných oblastí je popsána normou, takže jejich zařazení je obtížné a často nejednoznačné. Pojem plnivo je z marketingového hlediska spojováno s termínem takzvaného levného produktu. Tento termín vznikl při vytváření levných receptur nátěrových hmot, kdy za účelem snížit náklady na výrobu byly některé finančně náročnější frakce nahrazeny cenově přijatelnějšími frakcemi plniv. Dle ČSN ISO 3262-1 je pojem plnivo definováno jako: „*Materiál v granulové či práškové podobě, který je prakticky nerozpustný až částečně rozpustný v aplikačním médiu a používá se k modifikaci nebo ovlivnění určitých fyzikálních vlastností*“. Při hledání světlého plniva s požadavky na vysokou chemickou odolnost má baryt velmi malou konkurenci. Pojem pigment není normou přesně definován, avšak můžeme v ČSN ISO 3262-1 najít dodatek, který říká: „*Zda má být látka považována za pigment nebo plnivo závisí na jejím použití*“. Využívání pigmentu ve výrobě k barvení materiálu je dnes již zaběhnutou praxí. Jednou z hlavních vlastností je rozptyl dopadajícího světla. Pigment musí oproti okolnímu prostředí silněji lámat dopadající světlo. [1] [14]

### 1.9.1 Ropný a plynárenský průmysl

Z kapitoly 1.7 Ekonomické hledisko už víme, že největší vytěžená část barytu spadá pod ropný a plynárenský průmysl. Zde je baryt využíván jako takzvané vrtné bahno nebo také vrtná kapalina. Použití vrtné kapaliny, jak už je podle názvu zřejmé, je právě při vytváření a využívání vrtů ropy a plynu. Vrtná kapalina vzniká smícháním vody, směsi jílu a práškového barytu. Nejčastěji využívaným jílem je bentonit. Bentonit se využívá k udržení viskozity pro lepší transport vrtem odstraněné horniny na povrch a vytvoření filtračního koláče na stěně vrtu, který zabraňuje vniknutí vody do vrtu. Práškový baryt je přidáván pro

své chemické vlastnosti a za účelem zvýšení hustoty suspenze. Jak již z kapitoly 1.5 Chemické vlastnosti víme, baryt je inertní a netoxický. Díky těmto vlastnostem nereaguje se suspenzí ani s horninami ve vrtu. Zvýšením hustoty suspenze baryt napomáhá k udržování požadovaného hydrostatického tlaku ve vrtu a zamezuje výbuchu. Další z mnoha výhod použití barytového prášku je jeho menší tvrdost. Díky této vlastnosti je šetrnější k používaným vrtacím nástrojům a lze ho využívat jako mazivo. V průběhu procesu vrtání dochází k produkci většího množství tepla. Pro zamezení přehřátí ochlazujeme vrtací nástroje vrtným výplachem. Pro vrtné výplachy se optimálně využívá velikost zrn barytu mezi 5 - 70  $\mu\text{m}$ . [1] [12]

### **1.9.2 Papírenský průmysl**

Díky své specifické hustotě není baryt nejvyhledávanějším plnivem pro výrobu papíru. Baryt je uplatňován především tam, kde jsou požadovány specifické vlastnosti povrchu papíru a jeho vyšší gramáž. Povrch může být upraven na hladký a velmi lesklý nebo také na drsný a matný. Do poloviny 70. let 20. století byl baryt využíván zejména pro výrobu fotografického papíru. V dnešní době se setkáváme s použitím polyetylenových papírů, které jsou oproti barytovým levnější a snáze zhotovitelné. Fotografické papíry z barytu našly uplatnění především pro profesionální a umělecké využití. Tyto papíry mají vyšší stupeň bělosti a jejich životnost dosahuje až několik set let. [1]

### **1.9.3 Nátěrové hmoty, plasty a izolace**

Jedním z mnoha způsobů využití barytu je plnivo do barev, kde slouží jako vyplňující materiál a napomáhá k rozměrové stabilitě. Volbou velikosti zrn barytu lze modifikovat mechanické vlastnosti dané vrstvy barvy. Při kombinaci větších a menších zrn můžeme dosáhnout vysoké hustoty výsledného produktu. Důležitým aspektem je i úprava mletím barytových produktů. Při mletí za sucha je znát vyšší žlutý odstín oproti mletí za mokra. Barviva s barytovým plnivem nacházejí nejčastěji uplatnění v základních nátěrech, emulzních barvách, práškových barvách, lodních barvách a antikoročních nátěrech. [1]

Zásadní roli při využití barytu jako plniva v plastech hraje velikost, tvar, distribuce a poměr stran částic. Částice kvádrového tvaru často napomáhají ke zmenšení smrštění vlivem vytvrzování, a tím zlepšují tuhost a rozměrovou stabilitu prvku. Použitím hrubých zrn napomáháme k zhoršení některých vlastností, jako je rázová houževnatost nebo opotřebení. To nás vede k závěru vyvarovat se používání hrubých zrn při výrobě plastů. [1]

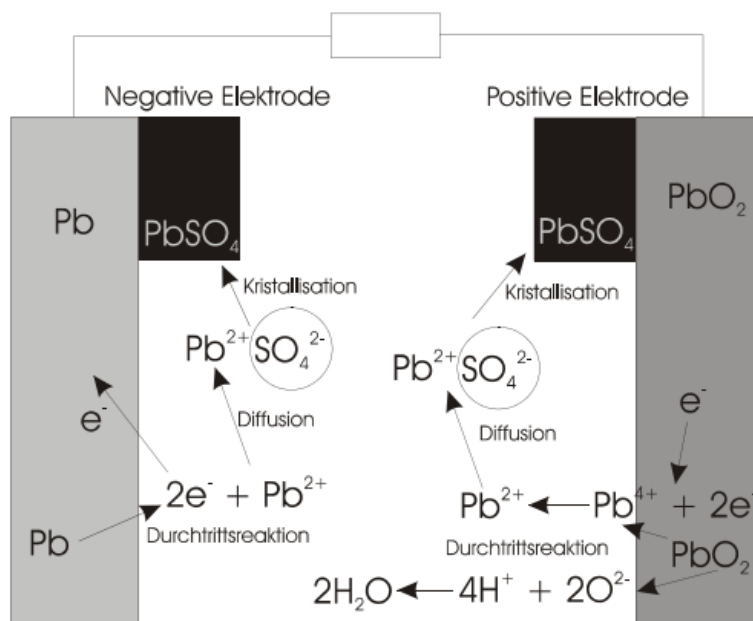
Barytový prášek lze rovněž využít k přípravě bílých pigmentů, které se používají k výrobě plastů. Pro tyto účely jsou kladeny náročnější požadavky na kvalitu barytu. Používány jsou bílé surové rudy o minimálním či nulovém obsahu křemene. Z kapitoly 1.8 Těžba a zpracování už víme, že tyto rudy je možné upravit procesem chemického bělení za účelem zesvětlení odstínů. Bílé pigmenty obsahují přibližně 70 % síranu barnatého a 30 % sulfidu zinečnatého. Vznikají reakcí síranu barnatého se síranem zinečnatým. [1]

Největší množství barytu využívaného jako plnivo je jeho použití pro výrobu zvukové izolace. Primární využití barytu jako zvukové izolace je ve formě podložek a koberců z polyuretanové pěny. Zde barytová výplň zkvalitňuje tlumicí účinky výrobku. Dalším možným využitím jsou takzvané systémy tichého potrubí a odpadních vod. Baryt je zde využíván jako plnivo do polypropylenového a polyetylenového potrubí. Se zvukovou izolací z barytu se můžeme taktéž setkat v automobilovém průmyslu. Zde je využíván v různých částech k zabránění šíření hluku od motoru do interiéru daného automobilu. [18]

#### 1.9.4 Baterie

Síran barnatý v práškové podobě je možné využít pro kvalitní olověné baterie nebo taktéž olověné akumulátory. Využívaný síran barnatý musí dosahovat bělosti vyšší než 94 % a být bez nečistot. Je využíván ve velmi čisté podobě s velmi nízkým obsahem železa (6 ppm) a v rozmezí pH hodnot od 6 do 10. Střední velikost částic by měla být 0,5  $\mu\text{m}$ . [1] [19]

Tyto baterie jsou složeny ze záporně nabitě olověné elektrody (Pb) a kladně nabitě elektrody s oxidem olovičitým ( $\text{PbO}_2$ ). Potenciálový rozdíl mezi elektrodami je 2 V. Kladná elektroda je tvořena olověným jádrem s vrchní vrstvou z oxidu olovičitého. Obě elektrody jsou ponořeny do elektrolytu zředěné kyseliny sírové. Procesem vybíjení spolu elektrody reagují za vzniku síranu olovnatého ( $\text{PbSO}_4$ ). Tento proces je znázorněn na **Obr. 8**. Síran olovnatý je poměrně špatně rozpustný a časem je možný vznik a růst krystalů, které negativně ovlivňují rozpustnost. Pro zamezení růstu krystalů používáme právě barytové částice, které tvoří krystalizační jádra. Tyto částice jsou přidávány na zápornou elektrodu. Krystalizační jádra barytu vytvářejí konkurenci krystalům síranu olovnatého. V rámci procesu nabíjení jsou krystaly menších rozměrů lépe rozpustitelné. [1] [20]



Obr. 8: Schéma vybitého olověného akumulátoru [20]

### 1.9.5 Stavebnictví

Uplatnění barytu ve stavebních materiálech je zejména v rámci radiální ochrany. Jednou z možností je využití barytu jako plniva do omítek. Složení a tloušťka omítek je dána dle druhu a intenzity záření. Barytové omítky jsou především využívány v radiodiagnostických laboratořích a v nemocničních místnostech, kde se nacházejí diagnostické či terapeutické rentgeny. [1] [16]

Baryt je také často využíván při přípravě těžkých betonů. Těžký beton je specifický pro svou hodnotu objemové hmotnosti v suchém stavu, která by měla být vyšší než 2600 kg/m<sup>3</sup>. Takto vysoké objemové hmotnosti jsou zajištěny vhodným druhem kameniva, jako je právě baryt se svou vysokou hustotou. Používané frakce barytu jsou 0-4 mm, 0-8 mm a 6-30 mm. Avšak hrubější frakce nejsou zcela doporučovány využívat z důvodu větších nečistot ve formě jemných částic. Vhodná velikost zrn barytu je 0-16mm se zajištěním, aby množství jemnozrné frakce (<63 μm) nepřesáhlo 3 %. Tyto těžké barytové betony slouží například pro: zhotovení staveb v místě s vysokou radiací, výstavbu zdí v místě urychlovače nebo vybudování krytu určeného pro biologickou ochranu v reaktorech. [1] [16] [17]

### 1.9.6 Lékařský průmysl

Baryt a jeho sloučeniny se využívají v lékařském průmyslu převážně k odstínění rentgenového záření, viz výše. Pro tyto účely je ovšem nejvhodnější použít velmi čistý síran

barnatý, který je bez rozpustných složek těžkých kovů. Dalším vhodným řešením je použití synteticky vyrobeného síranu barnatého bez rozpustné složky barya. [1]

Síran barnatý je také možné využít jako kontrastní látku při vyšetření trávicího traktu za pomoci rentgenového záření. U barytového prášku použitého pro výrobu kontrastní látky je velmi důležitá velikost částic. Je vhodné používat částice, které budou dost malé na to, aby zajistily stabilitu suspenze. Nejčastěji se využívají směsi různé velikosti částic (přibližně 20  $\mu$ ). Při použití menších velikostí dochází ke zvyšování viskozity. Jeho použití je podmíněno nulovým výskytem chloridu barnatého. [1] [15]

## **2. OMÍTKY**

V současné době jsou omítky v souvislosti se svou tloušťkou, skladbou a složením jednotlivých vrstev na stavbách využívány jak za účelem estetickým pro utváření vzhledu interiéru a exteriéru, tak i za účelem zajištění trvanlivosti a ochrany stavební konstrukce před nepříznivými klimatickými podmínkami. Ve výjimečných případech mohou být navrženy omítky speciální a to zejména omítky sanační, barytové či izolační. [21]

### **2.1 Základní suroviny pro výrobu omítek**

Základním krokem pro zhotovení omítek obecně je vytvoření malty pro omítání. Hlavními prvky pro výrobu dané malty jsou pojiva, plniva a speciální přísady. [21]

#### **2.1.1 Pojiva**

Stěžejní částí omítkových směsí jsou pojiva, která zajišťují propojení plniv, přilnavost dané omítky ke zdivu, pevnost, plasticitu a trvanlivost. Pojiva lze rozdělit na pojiva organického nebo anorganického původu. Pojiva anorganického původu, která běžně využíváme ve stavebnictví, nazýváme souhrnným názvem maltoviny. Mezi primárně nejvyužívanější maltoviny patří vápno, cement a sádra. [21] [22]

##### **2.1.1.1 Vápno**

Z hlediska stavebních materiálů je vápno považováno za jedno z nejstarších pojiv. Jedná se o pojivo, které je v maltách využíváno více než 2000 let. Hlavním aspektem výroby vápna je tepelný rozklad materiálů, které se kompletně nebo z větší části skládají z uhličitanu

vápenatého. Uhličitan vápenatý se v přírodě vyskytuje ve formě vápence. Tato forma ovšem nikdy nebude ve zcela čistém stavu, a proto se liší i charakteristické vlastnosti jednotlivých vápenců. Nejběžnějšími materiály pro výrobu vápna jsou křída, vápenec či jiné vhodné materiály s obsahem  $\text{CaCO}_3$ . S ohledem na dosahované vlastnosti a chemicko-mineralogické složení lze vápno rozdělit na vzdušné a hydraulické. [23] [24]

#### **2.1.1.1.1 Vápno vzdušné**

Vzdušné vápno je přírodní vápno, které vzniká rozpadem čistého vápence při výpalu. Vstupní surovinu může tvořit také dolomit a vytvářet tak dolomitické vápno. Oxid hořečnatý uvolněný při výpalu dolomitu může negativně ovlivňovat výsledné vlastnosti. Při jeho nedostatečném vyhašení dochází s odstupem času k nežádoucím objemovým změnám. Výroba vzdušného vápna je popsána v kapitole 2.1.1.1.3 Výroba vápna. Vzdušné vápno je hlavní materiál pro přípravu malt pro omítání. [21] [24] [26]

#### **2.1.1.1.2 Vápno hydraulické**

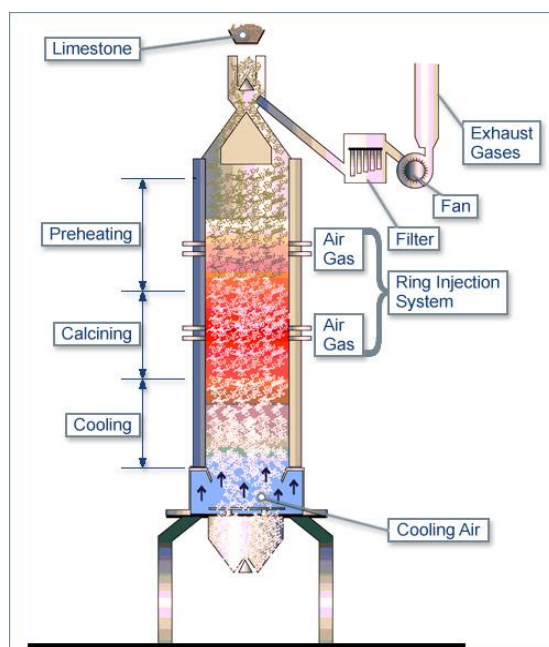
Hydraulické vápno je mezníkem mezi vápnem vzdušným a portlandským cementem. Hydraulické vápno je tvořeno volným  $\text{CaO}$  a hydraulickými oxidy ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Podle způsobu výroby rozlišujeme přirozeně hydraulické vápno (vzniká výpalem vápence o vhodném složení) a směsné hydraulické vápno (k volnému  $\text{CaO}$  jsou dodány hydraulické složky, dochází k pomletí a homogenizaci, výroba je bezvýpalová). U přirozeně hydraulického vápna dochází při výpalu k tvorbě 3 důležitých minerálů: belitu – dikalciumsilikátu ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ), trikalciumaluminátu ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a brownmilleritu - tetrakalciumaluminátferitu ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Právě možností vzniku těchto minerálů se hydraulické vápno odlišuje od vápna vzdušného. Tyto minerály jsou také typické pro výrobu portlandského cementu. Rozdíl mezi portlandským slínkem a hydraulickým vápnem spočívá v minerálu trikalciumsilikátu ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ), který se u hydraulického vápna nevyskytuje. Výhoda hydraulického vápna oproti vápnu vzdušnému spočívá v tuhnutí, tvrdnutí a stabilitě na vzduchu i pod vodou. Právě pro tyto vlastnosti je hydraulické vápno využíváno do omítkových směsí ve vlhkém prostředí. Oproti omítkovým směsím z vápna vzdušného mají horší aplikovatelnost, ale vytvrzují podstatně rychleji. [21] [24] [30]

### 2.1.1.1.3 Výroba vápna

Od vytěžení a zpracování vápence je prvním krokem k výrobě vápna proces výpalu. Jedná se o silně endotermickou reakci, při které dochází k rozkladu vápence, nejčastěji v šachtových pecních systémech viz **Obr. 9** při teplotě 898 °C dle rovnice:

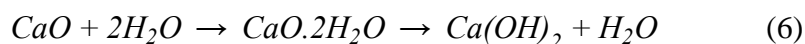


Cílem tohoto procesu je vlivem výpalu uvolnit oxid uhličitý a zbavit se vlhkosti za vzniku oxidu vápenatého. Tento proces rozkladu vápence lze též nazývat procesem kalcinace. Při výpalu může docházet ke dvěma základním chybám: nedopal (vápno nebylo dostatečně vypáleno a obsahuje  $\text{CaCO}_3$ ) a přepal (u vápna došlo ke konsolidaci  $\text{CaO}$ ). V rámci výpalu je možné vyrobit měkce či ostře pálené vápno. Měkce pálené vápno je při hašení velmi reaktivní a po vyhašení získává vyšší objem a stává se plastické. Pro tyto své charakteristické vlastnosti, které předcházejí negativním objemovým změnám a jsou v rámci stavebních prací lépe aplikovatelné, je měkce pálené vápno vyhledáváno jako vstupní surovina malt pro omítání. Ostře pálené vápno vzniká výdrží na vysokých teplotách, kde získává konsolidovanou strukturu. Dané vápno je při hašení méně reaktivní a po vyhašení dává menší objem a stává se méně plastické. [21] [23] [24]



*Obr. 9: Schéma šachtového pecního systému [25]*

Následným krokem ve výrobě je proces hašení vápna. Je to silně exotermická reakce, při které se přidává nehašené vápno do vody a vzniká hydroxid vápenatý dle rovnice:



Výsledným produktem průmyslového hašení je práškový vápenný hydrát, který je výhradně používán pro zhotovení suché omítkové směsi. V rámci procesu hašení je přidáno právě tolik vody, kolik daná chemická reakce vyžaduje. Při dodání většího množství vody dochází k vytvoření vápenné kaše, kterou lze využít pro přípravu omítkových směsí in situ. [21] [24]

### 2.1.1.2 Cement

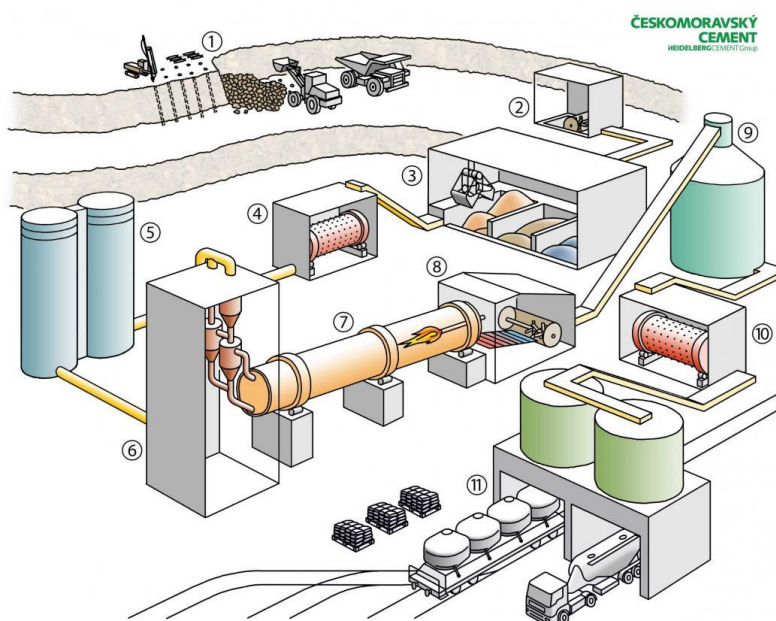
Cement společně s hydraulickým vápnem patří do speciální kategorie hydraulických maltovin. Základní dělení cementů z hlediska chemického a mineralogického je na cement portlandský a cement hlinitanový. [21]

#### 2.1.1.2.1 Portlandský cement

Základní složkou pro výrobu cementu je portlandský slínek, vzniklý výpalem vstupních surovin. Hlavními surovinami pro výpal slínku je vápenec, jako nositel oxidu vápenatého, a zeminy, které obsahují hydraulické oxidy křemičité, hlinité a železité. Vedle hlavních surovin se též přidávají suroviny korekční, upravující obsah hlavních oxidů, z nichž je vždy dávkována Fe-korekce, a event. zušlechťující přísady, zkvalitňující průběh výpalu a vlastnosti výsledného slínku. Zmíněné čtyři základní oxidy při výpalu vytvářejí slínkové minerály alit ( $C_3S$ ), belit ( $C_2S$ ), trikalciualuminát ( $C_3A$ ) a brownmillerit ( $C_4AF$ ). Vedle nich slínek dále obsahuje skelnou fázi a tzv. vedlejší složky, především  $MgO$ , alkálie a volné vápno, jejichž obsah je však ve srovnání s obsahem slínkových minerálů jen marginální. Výpalem vzniklý portlandský slínek je dále upravován drcením a mletím. V důsledku rychle tuhnoucího trikalciualuminátu je při mletí vždy přidáván regulátor tuhnutí, kterým je sádrovec ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ). Dále jsou v procesu mletí pro výrobu směsných cementů dávkovány tzv. příměsi, a to latentně hydraulická vysokopecní struska, vysokoteplotní popílek s pucolánovým charakterem anebo inertní vápenec. [21] [27] [28]

Dalším důležitým aspektem výroby cementu je proces hydratace, který je možné dle odborných studií rozdělit až do 5 stádií. Důležité je zmínit hydrataci 2 slínkových minerálů podílejících se na pevnostech. Jedná se o minerály trikalciumsilikát a dikalciumsilikát, které

vlivem své hydratace vytvářejí sloučeniny známé jako afwillit ( $C_3S_2H_3$ ) a portlandit ( $Ca(OH)_2$ ). Obecné schéma procesu výroby cementu viz **Obr. 10**. [21] [27] [28]



*Obr. 10: Schéma výroby cementu [29]*

### 2.1.1.2.2 Hlinitanový cement

Hlinitanový cement je poměrně mladým stavebním materiálem, který byl navržen za účelem konkurence portlandskému cementu. Mezi jeho základní surovinové složky patří vápenec a bauxit či diaspor ( $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ , resp.  $AlO(OH)$ ), které jsou tepelně zpracovávány v pecním systému do bodu slinutí, přičemž jako hlavní produkt této reakce vzniká minerál krokít (CA). Následně dochází k úpravě slínku drcením a mletím bez přidavku regulátorů tuhnutí. Výhodou hlinitanových cementů oproti portlandským je rychlý náběh pevností a vznik velkého množství hydratačního tepla. Avšak značnou nevýhodou je rychlejší nástup smrštění. Hydratací hlinitanového cementu primárně vzniklé produkty  $CAH_{10}$  a následně  $C_2AH_8$  jsou metastabilní, a proto časem dochází k jejich přeměně na konečný stabilní produkt, hydrogrossular ( $C_3AH_6$ ). Jelikož je tento proces doprovázen zhroucením vnitřního objemu, a tudíž neodvratitelnou celkovou destrukcí cementového kamene, smí se v současné době používat hlinitanový cement pouze pro přípravu nekonstrukčních betonů a žárovzdorných materiálů. [21] [27]

### 2.1.1.3 Sádra

Sádře jakožto pojivu do omítkových směsí se v minulosti v České republice nedostávalo příliš velkého prostoru. Bylo to zejména důsledkem absence vhodných surovinových zdrojů v této zemi. Změna však nastala zavedením procesu odsíření kouřových plynů, při kterém dochází ke vzniku sádrovce s čistotou v rozmezí 97 % - 98 % a je tak získáván zcela nový průmyslový zdroj. Takto vzniklý chemicky čistý materiál nazýváme energosádrovec. Dalším poměrně novým průmyslovým zdrojem na území naší republiky je sádrovec vzniklý jako vedlejší produkt při výrobě titanové běloby v Precheze Přerov. V prvním stupni čištění odpadní vody se zde získává bílý sádrovec vysoké čistoty, známý pod komerčním názvem Pregips. [21] [31]

Z chemického hlediska je běžně používaná sádra hemihydrátem síranu vápenatého,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ , který vzniká tepelným zpracováním sádrovce,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , za teploty 110 až 150 °C za nebo bez přítomnosti zvýšeného tlaku dle rovnice níže.



Jak je z rovnice patrné, sádrovec vlivem tepelného zpracování přichází nejprve o 1,5 molu hydrátové vody, přičemž vzniklý hemihydrát může existovat dle zvoleného technologického procesu buď ve formě  $\alpha$ -sádry anebo  $\beta$ -sádry. Obě tyto formy se vyznačují rychlým průběhem tuhnutí a tvrdnutí, a proto jsou též známy jako rychletuhnoucí sádra. Při dehydrataci za teploty nad 180 °C dochází ke vzniku bezvodého síranu vápenatého, mineralogicky anhydritu, a to postupně se zvyšováním teploty v modifikacích anhydrit III (nevhodný pro přípravu stavebních hmot), anhydrit II (tzv. anhydritová maltovina) a anhydrit I (tzv. pomalu tuhnoucí sádra). [21]

Pro účely výroby sádrových omítek je primárně využívána  $\beta$  sádra jenž je ekonomicky výhodnější variantou. Z využití sádry do omítkových systémů vyplývá mnoho výhod. Jednou z nich jsou zanedbatelné objemové změny v průběhu vytvrzování. Další velmi důležitou vlastností je velmi malá schopnost zatvrdlé sádry pohlcovat vodní páru, toto tvrzení ovšem neplatí pro vodu kapalnou, z tohoto důvodu jsou sádrové omítky využívány pouze pro interiéry. [21]

## 2.1.2 Plniva

Plniva jsou materiály plnicí funkci pevné kostry zatvrdlých malt a napomáhající k většímu výslednému objemu malty. Homogenizací pojiv, plniv a vody dochází ke vzniku malt pro omítání. Z hlediska původu lze rozlišovat plniva organická či anorganická. Pro stavební účely je však využíváno převážně plniv anorganických a to zejména písků. Pro speciální druhy omítek pak mohou být použity i další materiály, jako například perlit či baryt. [21]

### 2.1.2.1 Písek

Písky jsou označovány jako směs kameniv vytvořených drcením, mletím nebo tříděním (písky umělé) popřípadě jako směs kameniv vytěžených z vody nebo kameniv kopaných (přírodní písky). Dle frakce zrn je možné písky dělit na:

- jemnozrnné – do 0,25 mm
- středně zrnité – 0,5 až 1,6 mm
- hrubozrnné – nad 1,6 mm

Při porovnání vlastností umělých a přírodních písků se pro omítkové směsi jeví jako nejvhodnější varianta právě písky přírodně vytvořené. Dle druhu omítkové směsi lze využívat přírodní písek těžený, kopaný nebo jejich kombinaci. Písek vytěžený z vody je zbaven škodlivých jílových podílů způsobujících smršťování malt. Písek kopaný obsahuje určité množství výše zmíněných jílových podílů. Avšak menší množství těchto podílů pozitivně ovlivňuje maltu a to zejména její zpracovatelnost a plasticitu. [21] [22]

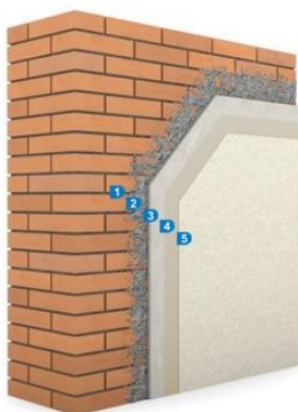
### 2.1.3 Přísady

Pro zlepšení a úpravu požadovaných vlastností je do malt pro omítání přidáváno menší množství přísad. Mezi základní druhy patří urychlovací a zpomalovací přísady, ztekucovací přísady, adhezivní přísady, retenční přísady, disperzní výztuž a pigmenty. [21]

## 2.2 Základní rozdělení omítek

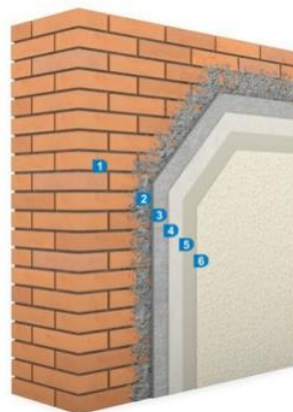
V současnosti lze na omítky jakožto nejvyhledávanější povrchové úpravy nahlížet při jejich následujícím dělení z mnoha úhlů. Dle ČSN EN, resp. vnitropodnikových norem tuzemských producentů (např. příručka společnosti CEMIX) lze omítkové směsi zatřídit z hlediska vícero kritérií, a to:

- použitého typu pojiva – cementové, vápenocementové, vápenné, sádrové, vápenosádrové, akrylátové, silikátové, silikonové a ostatní
- počtu vrstev – jednovrstvé, dvouvrstvé a vícevrstvé
- umístění v konstrukci – vnitřní a vnější
- technologie provádění – ruční a strojní
- funkce – postřík, jádrová omítka, štuková omítka, strukturální omítka, jednovrstvá omítka a sěrková omítka
- objemové hmotnosti a tepelného odporu – těžké, obyčejné, lehké, vysoce tepelněizolační a mimořádně tepelněizolační omítky
- pevnosti v tlaku – kategorie CS I (0,4 až 2,5 MPa), CS II (1,5 až 5,0 MPa), CS III (3,5 až 7,5 MPa) a CS IV (min. 6 MPa)
- kapilární absorpce vody – kategorie W0 (nedefinováno), W1 ( $c \leq 0,4 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ ) a W2 ( $c \leq 0,2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{min}^{0,5}$ ). [32]



- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1 Zdivo                            |  |
| 2 Postřík vodou při teplotě >15 °C |  |
| 3 Omítka                           | Jednovrstvá omítka strojní a ruční (073) |
| 4 Penetrace                        | Penetrace ST COLOR                       |
| 5 Interiérový nátěr                | Silikátový interiérový nátěr             |

**Obr. 11:** Jednovrství omítkový systém [33]



- |                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| 1 Zdivo             |                              |
| 2 Cementový postřík | Cementový postřík (052)      |
| 3 Jádrová omítka    | Jádrová omítka strojní (012) |
| 4 Vrchní omítka     | Flexi štuk (043 b)           |
| 5 Penetrace         | Penetrace základní           |
| 6 Fasádní nátěr     | CEMPAINT EXTRA               |

**Obr. 12:** Dvouvrství omítkový systém [34]

## 2.3 Speciální omítky

### 2.3.1 Sanační omítky

Sanační omítky pomáhají předcházet problémům vznikajících v situaci, kdy byla hydroizolace porušena, neplnila požadované funkce nebo došlo k celkové absenci hydroizolace v konstrukci. Došlo-li k některému ze zmíněných problémů, nastává k průniku

srážkové nebo zemní vody do stavební konstrukce, kde se dále šíří vztlínáním. Společně s vodou do konstrukce taktéž pronikají vodou rozpustné soli. Tento proces vede k tvorbě výkvětů na povrchu omítkových systémů. [21] [35]

Princip sanačních omítek spočívá v trvalém odvětrávání, jenž je způsobeno systémem otevřených pórů ve kterých dochází k ukládání vodou rozpustných solí. Sanační omítky je nutno doplňovat další ochranou jako například dodatečnou hydroizolací. [21] [35]

### **2.3.2 Tepelněizolační omítky**

Tepelně izolační omítky vytvářejí rozhraní mezi klasickým omítkovým systémem a zateplovacím systémem. Za účelem zlepšení tepelněizolačních vlastností je do omítek jako plnivo použit pěnový polystyren nebo expandovaný perlit. Pro své složení jsou tepelněizolační omítky vhodné k odstraňování tepelných mostů, celkovému zvyšování tepelného odporu zdiva a zabránění promrzání. [21]

### **2.3.3 Barytové omítky**

Jak již bylo uvedeno v kapitolách výše, baryt je minerál, který je pro svou vysokou měrnou hmotnost  $4,5 \text{ g/cm}^3$  a svým chemickým složením ideálním plnivem do omítek sloužícím ke stínění RTG záření. Barytové omítky jsou vytvářeny zejména jako vnitřní jádrové omítky pro realizaci nových nebo rekonstruovaných objektů jako vnitřní povrchové úpravy. Setkat se také můžeme s barytovými omítkami výplňovými, které jsou realizovány ve vícevrstvých konstrukcích jako mezivrstva. Barytové omítky jsou dle Státního úřadu pro jadernou bezpečnost podmíněny hodnotou objemové hmotnosti  $2500 \text{ kg/m}^3$ . [21] [36]

### **3. SHRNU TÍ DOSAVADNÍCH POZNATKŮ**

Využívání rentgenových přístrojů a přístrojů, které produkují ionizující záření je nedílnou součástí některých průmyslových odvětví a zdravotnictví. Za účelem ochrany před daným typem záření vznikly mezi lety 1992 až 1995 tři základní typy průmyslově vyráběných barytových stínících směsí s označením X-Ray Stop. Jednalo se o barytovou omítku stínící jádrovou, barytovou stínící omítku výplňovou a barytový podkladní beton. [3]

Všechny tři vzniklé typy ochrany jsou aktuálně plně certifikovány a vyráběny v České republice jako jedinečný produkt. Jinak tomu není ani prakticky napříč celou střední Evropou. Vedle těchto stínících produktů, které jsou nejvíce frekventované, existují v databázi producenta i další barytové stínící výrobky, vytvářející ucelený systémový program. Závažným problémem produkce systému stínících směsí se však v současnosti stalo ukončení činnosti dodavatele barytu. Proto je třeba vyhledat nový zdroj této suroviny a postupně celý systém barytového stínění novému zdroji barytu přizpůsobit. [3] [36]

## II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### CÍL PRÁCE

Cílem experimentální části bakalářské práce je nalezení nového zdroje barytu z důvodu ukončení činnosti slovenského dodavatele Sabar. Na frakcích 0/2, 1/8, 0/16 a 8/16 mm nového zdroje budou provedeny základní fyzikálně-chemické zkoušky a fázové složení. Na základě těchto zkoušek bude vybrána frakce, která se nejvíce blíží původním vlastnostem.

Z nejvhodnější frakce bude v rámci práce zhotovena barytová omítka, u které bude posuzována objemová hmotnost a ekonomické parametry. Posuzované vlastnosti nově připravené barytové omítky budou porovnány s barytovou omítkou připravenou dle původní receptury.

### 1. METODIKA PRÁCE

Jak uvedeno výše, bylo nezbytné se kvůli uzavírce závodu původního dodavatele barytu zaměřit v první části bakalářské práce na průzkum a vyhledání nových potenciálních zdrojů této suroviny. Jelikož poslední ložiska barytu v Česku, viz níže, byla vyčerpána či uzavřena již před více než 30 roky, byl průzkum a vyhledání vhodných dodavatelů prováděn pouze pro zahraničí.

U vyhledaných zdrojů barytu byla sledována jednak ekonomická efektivita a jednak základní požadované vlastnosti, konkrétně obsah  $\text{BaSO}_4$  v barytu a použitelnost vyráběných frakcí. Na základě vyhodnocení obou těchto hledisek se přistoupilo k návrhu nejvhodnějšího dodavatele.

Po navázání kontaktu s nejvhodnějším potenciálním dodavatelem byly jím doručené vzorky jednotlivých frakcí barytu podrobeny potřebným rozborům. Konkrétně se jednalo pro jednotlivé frakce o stanovení obsahu  $\text{BaSO}_4$ , mineralogické složení, granulometrický rozbor, stanovení objemové hmotnosti v setřeseném stavu a stanovení měrné hmotnosti.

Na základě vyhodnocení všech sledovaných parametrů byly vybrány dvě nejvhodnější frakce. S použitím jemnozrnější frakce byla dle původní receptury připravena barytová omítka, u které byla stanovena objemová hmotnost, a tato byla porovnána s objemovou hmotností původní, tedy referenční barytové omítky. Na základě dosaženého

výsledku se přistoupilo k úpravě frakčního intervalu a složení barytové omítky s barytem z nově vybraného zdroje.

## 2. POSTUP PRACÍ

**Stanovení obsahu BaSO<sub>4</sub>** bylo uskutečněno metodou RTG-fluorescenční analýzy. Každý vzorek příslušné frakce o hmotnosti 10 g byl taven ve speciálním tavicím zařízení do perly, která byla vložena do měřicí cely přístroje. Zde měla funkci anody RTG trubice, přičemž katoda je pro daný přístroj standardně wolframová. Po provedeném vyvakuování měřicí cely následovalo vlastní měření, přičemž funkční závislost intenzity RTG paprsků na jejich vlnové délce byla přes scintilační detektor převedena na elektrický proud a takto přenesena k vyhodnocení do počítače.

**Stanovení mineralogického složení** byla provedeno metodou RTG-difrakční analýzy. Pro tuto analýzu byl vzorek dané frakce rozdružen na práškový podíl, který byl po vnesení do nosiče vzorku uložen do komůrky goniometru. Vlastní měření funkční závislosti mezi intenzitou a úhlem dopadu sekundárního záření proběhl na principu vybuzení primárního RTG záření v RTG-trubici s wolframovou katodou a měděnou anodou, tj. záření CuK $\alpha$ , a sledování intenzity sekundárního záření pomocí scintilačního detektoru, kterým se intenzita převedla na elektrický proud a takto byla přenesena k vyhodnocení do počítače. Počítačovým programem, tzv. Rietveldovským vypřesněním, byla vedle kvalitativní analýzy provedena i kvantifikace jednotlivých ve vzorku zastoupených minerálů.

**Granulometrické složení** jednotlivých frakcí barytu bylo uskutečněno způsobem síťového rozboru vzorků na normové sadě sít a stanovením zbytků na jednotlivých sítích. Zbytky na sítích byly přepočteny i na propady jednotlivými sítí, výsledky byly vyneseny tabelárně i graficky.

**Objemová hmotnost vzorků v setřeseném stavu** byla určena na principu stanovení hmotnosti vzorku setřeseného pomocí vibračního stolku v nádobě známého objemu.

**Stanovení měrné hmotnosti pyknometricky** bylo uskutečněno v automatickém plynovém pyknometru, jenž pracuje na principu vytěsňování plynu s využitím hélia jakožto vytěsňovacího média. Vzorky pro pyknometrické stanovení byly rozdruženy na práškový podíl a vloženy do měřicí komory pyknometru. Výsledné hodnoty byly odečteny z obrazovky automatického pyknometru a tabelárně zaznamenány.

**Příprava barytových omítek** proběhla v laboratořích ÚTHD. Vstupní suroviny byly po zhomogenizování rozmíšeny s takovým minimálním množstvím vody, které

umožnilo aplikaci vzniklé barytové malty. U malty byla stanovena objemová hmotnost postupem uvedeným výše. Pokud malta nedosáhla požadované minimální objemové hmotnosti  $2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , další technologické ani aplikační zkoušky nenásledovaly.

### 3. POUŽITÉ PŘÍSTROJE A SUROVINY

#### 3.1 Přístroje

- **Planetový mlýn – Pulverisette 6**

Zařízení pro rozdužení frakce 0/2 mm na práškový podíl.



*Obr. 13: Planetový mlýn Pulverisette 6*

- **Diskový vibrační mlýn – Retsch RS 200**

Zařízení pro rozdužení frakcí 1/8, 8/16 a 0/16 mm na práškový podíl. Doba mletí činila 1 minutu a počet otáček 700.



*Obr. 14: Diskový mlýn Retsch RS 200*

- **Mikronizační mlýn – McCrone**

Zařízení pro přípravu 5 g vzorku mokrým mletím po dobu 5 minut za pomoci 10 ml isopropylalkoholu na submikronové velikosti.



*Obr. 15: Mikronizační mlýn McCrone*

- **Difraktometr – Empyrean PANalytical**

Přístroj pro stanovení rentgenové difrakční analýzy s parametry:

- Záření Cu K – alpha,
- Vlnová délka 1,5406 Å,
- Napětí (kV)/proud (mA): 45/40,
- Liniový scan, Režim 1D,
- Rozsah měření 10,0 – 80,0 °2Theta.



*Obr. 16: Difraktometr Empyrean PANalytical*

- **Automatický plynový pyknometr – Micromeritics AccuPyc II 1340**

Přístroj pro stanovení měrné hmotnosti frakcí barytu.



*Obr. 17: Pycnometrický přístroj Micromeritics AccuPyc II 1340*

- **Elektrická tavička – LeNeo Claisse**

Zařízení pro přípravu jednotlivých frakcí barytu ve formě boritanových perel pro XRF analýzu. Zkušební vzorky byly vytaveny v daném zařízení při teplotě 1065 °C s použitím směsného tavidla  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  a  $\text{LiBO}_2$  v poměru tavidlo/vzorek 15:1.

- **Sekvenční vlnově disperzní spektrometr – PANalytical Axios**

Přístroj pro stanovení chemického složení jednotlivých frakcí barytu o výkonu 2,4 kW s Rh anodou. Data byla vyhodnocena pomocí SUPERQ software V4.0.

### 3.2 Suroviny

- **Baryt**

Barytové frakce 0/2, 1/8, 0/16 a 8/16 mm byly poskytnuty firmou Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG z hlubinného dolu Clara v Německu.



*Obr. 18: Baryt 0/2 mm*



*Obr. 19: Baryt 1/8 mm*



*Obr. 20: Baryt 0/16 mm*



*Obr. 21: Baryt 8/16 mm*

- **Portlandský cement**

Pro experimentální účely byl využit portlandský cement CEM I 42,5 R, který dodává společnost CRH (Slovensko) a.s. ze závodu Rohožník. Vlastnosti cementu deklarované výrobcem jsou uvedeny v **Tab. 1**.

*Tab. 1: Deklarované vlastnosti CEM I 42,5 R [37]*

Podstatné vlastnosti	Parametry
pevnost v tlaku po 2 dnech	$\geq 20$ MPa
pevnost v tlaku po 28 dnech	$\geq 42,5$ MPa $\leq 62,5$ MPa
počátek tuhnutí	$\geq 60$ minut
objemová stálost	$\leq 10$ mm
obsah síranů	$\leq 4,0$ % hmotn.
nerozpustný zbytek	$\leq 5,0$ % hmotn.
obsah chloridů	$\leq 0,1$ % hmotn.
ztráta žíháním	$\leq 5,0$ % hmotn.

- **Vápenný hydrát**

Vápenný hydrát použit pro experimentální účely byl dodán společností Carmeus ze závodu Mokrá.

- **Kamenivo**

V rámci experimentální části bakalářské práce bylo využito vlastního kameniva.

- **Přísady**

Veškeré přísady potřebné k realizaci experimentální části byly dodány společností HSH chemie GmbH.

- **Chlorid vápenatý**

Modifikační přísada přidávána do barytových omítkových směsí za účelem urychlení tuhnutí malt. Chlorid vápenatý je dodáván společností VIA-REK.

## **4. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY A JEJICH DISKUZE**

### **4.1 Vyhledání nového zdroje barytu**

Z důvodu ukončení činnosti slovenského dodavatele barytu bylo nutné vyhledat zdroj nový. Při hledání nového zdroje byly klíčovými vlastnostmi složení barytu, cena, dostupnost a možnost dopravy.

Prvním logickým krokem při průzkumu byla snaha nalézt aktivní ložiska na území České republiky. Na tomto území jsou ovšem všechny evidované doly uzavřeny z ekonomických důvodů či z důvodu vyčerpání barytu. Jmenovitě například povrchový důl v Bohousové u Litice nad Orlicí či doly v lokalitě Pernarec, Příbram nebo Kafélanka v Tišnově. V České republice také působí nadnárodní společnost Brenntag, jenž zprostředkovává barytový prášek pro chemický a ropný průmysl. Tento barytový prášek je však cenově mimo možnosti jeho využití ve stavebnictví. [38]

Dalším územím připadajícím v úvahu bylo Polsko. Zde jsou s výskytem barytu spojovány zejména dvě lokality a to Svatokřížské hory a Dolní Slezsko. V Dolnoslezské lokalitě se nachází důl Boguszków u Wałbrzychu, který je však v likvidaci. Dále se zde nachází důl Stanisławów, avšak i tento důl není aktivní a to z důvodu nerentabilnosti těžby. Svatokřížské hory jsou spojovány pouze s jednou lokalitou těžící baryt. Jedná se o ložisko Strawczynek, které bylo již v minulosti uzavřeno na úkor dolu Boguszków u Wałbrzychu. Při pátrání se dále narazilo na polskou firmu Promotor. Sp. Z.o.o., jenž působí jako zprostředkovatel barytu a má na svých webových stránkách nabídku frakcí barytu 0/4, 0/6 a 6/32 mm o minimální čistotě 70 % BaSO<sub>4</sub> a hustotě 3,8 až 3,85 g/cm<sup>3</sup>. Tato firma byla oslovena a následně poskytla zkušební vzorky, které odpovídaly vzorkům ze slovenského Sabaru s desetinásobným nárůstem původní ceny. [39]

Následně byla pozornost zaměřena na území Německa. Zde bylo nutné při hledání používat jak označení baryt, tak i německé označení Schwerspat. Jako možné zdroje barytu zde připadaly v úvahu doly Clara a Niederschlag. V obou dolech v současnosti probíhá aktivní těžba barytu společně s fluoritem (CaF<sub>2</sub>). V hlubinném dolu Clara, nacházejícím se v blízkosti vesnice Oberwolfach (centrální část Černého lesa), probíhá těžba barytu od roku

1850 a od této doby zde bylo objeveno přibližně 400 dalších minerálů. Jedná se o celosvětově nejstarší barytový důl, jenž má stále aktivní provoz. Provozovatelem dolu Clara je společnost Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, jenž baryt těží a následně zpracovává ve zpracovatelském závodě ve Wolfachu. Tato společnost je dceřinou firmou Sachtleben Minerals GmbH & Co. KG, která zajišťuje marketing a dodávku průmyslových surovin. Mezi nabízenými barytovými produkty lze nalézt i barytová zrna frakce 0/16, 1/8 a 0/2 mm o obsahu BaSO<sub>4</sub> v rozmezí 70 až 95 % a hustotou pohybující se od 4,0 do 4,3 g/cm<sup>3</sup>. Druhou dceřinou společností této firmy je Deutsche Baryt Industrie, která až do roku 2007 těžila baryt v dole Wolkenhügel. V současnosti firma nakupuje baryt z celého světa a zpracovává ho v provozovně Bad Lauterberg, kde je výsledným produktem barytový prášek. Dalším zdrojem barytu připadající v úvahu je už výše zmíněný důl Niederschlag nacházející se nedaleko českých hranic u města Oberwiesenthal. Jedná se o důl, který byl znovuotevřen v roce 2013 firmou Erzgebirgische Fluss- und Schwerspatwerke GmbH. Zpracování vytěžené rudy probíhá v blízkém zpracovatelském závodě Nickelhütte Aue GmbH. Provoz je zaměřen převážně na těžbu fluoritu. Baryt je zde těžen v malém množství a výstupním produktem ze zpracovatelského závodu je zpravidla filtrační koláč o vlhkosti 6-8 %. Při důkladnějším pátrání v oblasti Německa byla nalezena i firma ProStein GmbH & Co. KG, jenž má závody rozmístěné po celém východním Sasku, kde těží horniny typu diabas, amfibolit, písky, granodiorit, žula a žulový porfyr. Firma byla oslovena a bylo zjištěno, že ve svých závodech evidují pouze malé množství barytu vyskytujícího se v žilách, které nikdy nebyly těženy. Pozornost byla také zaměřena na největší surovinovou společnost v oblasti Saska a to společnost, jenž vznikla sloučením z firem ard Baustoffwerke, GEOMIN a SH Natursteine. Nabídka této společnosti je převážně tvořena ryolity, šterky, amfibolity, mramorem a tak dále. I tato firma byla oslovena a došlo ke stejnému závěru jako u firmy ProStein GmbH & Co. KG. Za zmínku také stojí důl Clarashall, ze kterého se v minulosti hojně baryt těžil, avšak tento důl již několik desítek let není aktivní a v současnosti je důl zatopen. Obdobně jako u společnosti Brenntag působící v Česku i v Německu působí firma Gustav Grolman GmbH & Co. KG, jenž zprostředkovává barytový prášek. [1] [40] [41]

Hledání probíhalo taktéž na území Švýcarska, kde působí firma Seitz + Kerler GmbH Co. KG v Lohr am Main, která nabízí velkou škálu výrobků pro radiační ochranu a barytová zrna pro výrobu omítek či těžkých betonů. Nabízené frakce barytu jsou 0/4 a 0/16 mm s hustotou v rozmezí 3,9 až 4,1 g/cm<sup>3</sup> a obsahem BaSrSO<sub>4</sub> přibližně 91,1 %. [42]

Průzkum trhu s barytem proběhl také ve Francii, Maďarsku či Bulharsku. Francie svou distribucí barytu pokrývá pouze vlastní trh. V Maďarsku se nachází jediný důl

Rudabánya, který baryt aktivně těží, ale momentálně řeší vnitřní firemní problémy, jenž brání komerčnímu prodeji. Na území Bulharska působí firma Rua Group, která dodává baryt pro ropný a chemický průmysl. [43]

Výraznými světovými producenty barytu jsou Čína, Rusko, Indie, Maroko, USA, Turecko, Mexiko, Írán, Kazachstán a Thajsko. Tyto země však nejsou vhodné jako nový komerční zdroj barytu pro Českou republiku a to zejména z důvodu náročné expedice.

Z průzkumu trhu se jeví jako nejvhodnější německý dodavatel Sachtleben Bergbau GmbH & Co. KG, který byl osloven a poskytl vzorky barytu frakce 8/16, 0/16, 1/8 a 0/2 mm pro další výzkum.

## 4.2. Vlastnosti deklarované výrobcem

V **Tab. 2** a na **Obr. 22** jsou uvedeny vlastnosti jednotlivých frakcí barytu tak, jak je deklaruje výrobce.

*Tab. 2: Deklarované vlastnosti*

Technické specifikace	Metoda	Hodnoty barytu	0/2	1/8	8/16*	0/16
Zbytek na síť 16 mm [%]	DIN 53195	cca.	-	-	-	5
Zbytek na síť 8 mm [%]	DIN 53195	cca.	-	4	-	37
Zbytek na síť 4 mm [%]	DIN 53195	cca.	-	34	-	60
Zbytek na síť 1 mm [%]	DIN 53195	cca.	15	93	-	86
Zbytek na síť 0,50 mm [%]	DIN 53195	cca.	45	95	99	90
Zbytek na síť 0,25 mm [%]	DIN 53195	cca.	75	97	97	94
Vlhkost při 105 °C [%]	DIN EN ISO 787-2	cca.	5	2	2	4
Obsah BaSO <sub>4</sub> [%]	DIN EN ISO 3262-2	cca.	90	92	92	92
Obsah CaF <sub>2</sub> [%]	Metoda SB	cca.	5	3	3	3
Obsah SiO <sub>2</sub> [%]	Metoda SB	cca.	3	3	3	3
Hustota [g/cm <sup>3</sup> ]	DIN EN 1097-3	cca.	4,1	4,2	4,2	4,2
Index lomu	literatura		1,64	1,64	1,64	1,64
Tvrдость [Mohs]	literatura		3,5	3,5	3,5	3,5

\*Předběžné hodnoty 09/2019

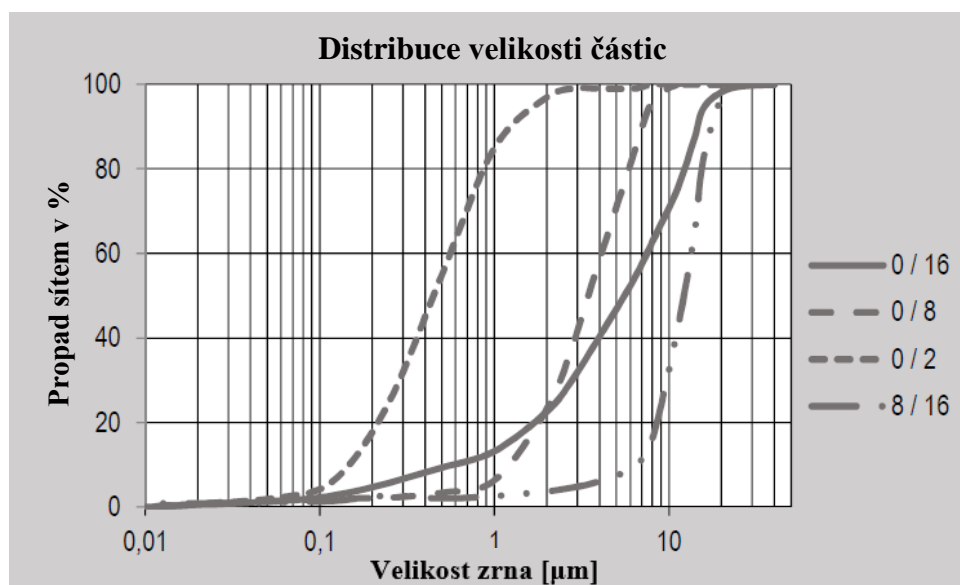
Z tabulky vyplývá, že všechny frakce vykazují vysoký obsah BaSO<sub>4</sub> v rozmezí 90 – 92 % a jen velmi nízký obsah fluoritu a křemene. Tímto se nový baryt výrazně odlišuje od původního slovenského barytu, jehož obsah BaSO<sub>4</sub> nepřesahoval hodnotu 75 %. Tomu pak odpovídá i vysoká hustota, která se svou hodnotou 4,1 – 4,2 g/cm<sup>3</sup> výrazně přibližuje hustotě zcela čistého barytu, která činí 4,5 g/cm<sup>3</sup>.

Vlhkost původního i nově navrhovaného barytu, stanovená sušením do konstantní hmotnosti při 105 °C, je přibližně stejná. V obou případech však signalizuje to, že před vlastním zpracováním na omítkovou směs je potřebné baryt vysušit.

Co se týče deklarované granulometrie, lze konstatovat:

- frakce 0/2 je poměrně ostře tříděná. Jelikož však více než polovina zrn je menších než 0,5 mm, jde o frakci velmi jemnozrnnou
- frakce 1/8 je oproti předchozímu poměrně ostře tříděná shora, ale spodní třídění je dosti neostře, neboť zbytek na síti 1 mm činí jen 93 %
- u frakce 8/16 jsou uvedeny pouze neúplné předběžné údaje. Podle zbytku na síti 0,5 mm ve výši 99 % lze konstatovat, že tato frakce je prakticky zcela prostá jemnozrnných/prachových podílů
- frakce 0/16 mm je shora poměrně ostře tříděná. Na základě zbytku na síti 4 mm ve výši 60 % lze říci, že na rozdíl od předchozí frakce obsahuje značné množství jemnozrnných podílů.

Tvrdoost barytu 3,5 dle Mohse je z hlediska výroby omítek velice příznivá, protože umožňuje bezproblémové využití strojních omítaček. Konkrétně se jedná o využitelnost hnacího šneku, který při použití tvrdého kameniva na bázi křemene či živce trpí silnou abrazí, a jeho životnost je tím velmi omezená. Výměna šneku pak představuje značné finanční náklady.



*Obr. 22: Křivky zrnitosti deklarované výrobcem*

### 4.3. Vyhodnocení vlastností dodaných vzorků barytu

Jak uvedeno výše byly dodané vzorky barytových frakcí podrobeny vybraným zkouškám fyzikálně chemických vlastností a fázového složení. Dosažené výsledky byly porovnány s hodnotami deklarovanými výrobcem.

#### 4.3.1 Granulometrické složení

Granulometrie jednotlivých frakcí barytu byla stanovena pomocí síťového rozboru na normové sadě sítí. Výsledky vztažené jednak na zbytky na jednotlivých sítích a jednak na propady jednotlivými sítí uvádí **Tab. 3** a grafy na **Obr. 23**.

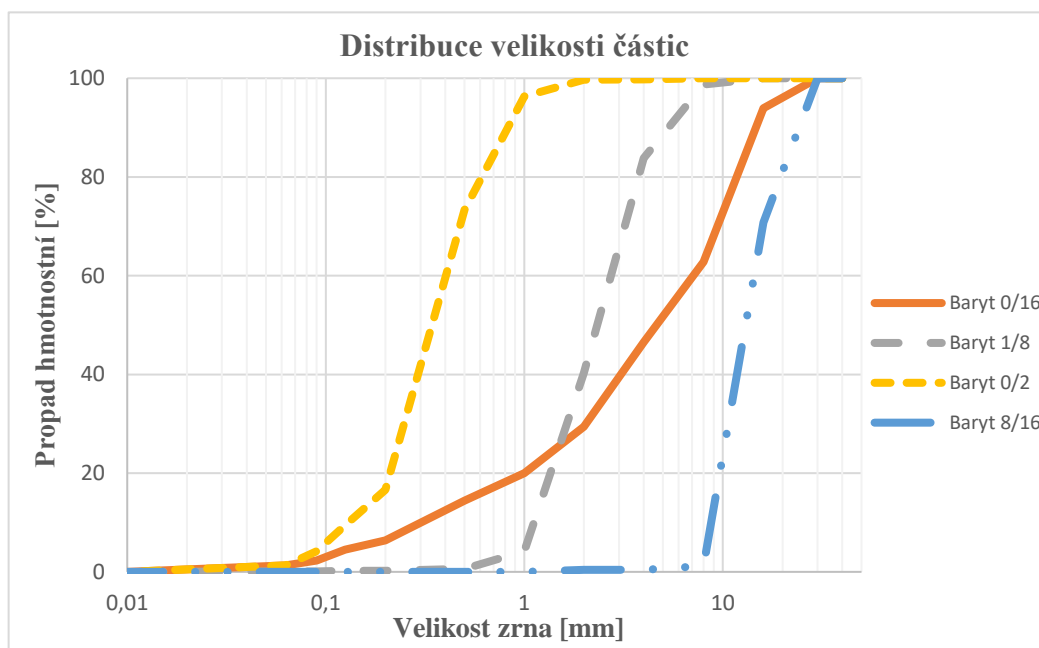
*Tab. 3: Síťový rozbor jednotlivých frakcí barytu*

Velikost oka [mm]	Baryt 0/2		Baryt 1/8		Baryt 0/16		Baryt 8/16	
	nadsítné [%]	podsítné [%]	nadsítné [%]	podsítné [%]	nadsítné [%]	podsítné [%]	nadsítné [%]	podsítné [%]
16	0	100	0	100	6,1	93,9	29,2	70,8
8	0	100	1,3	98,7	37,2	62,8	98,8	1,2
4	0,2	99,8	16,2	83,8	53,5	46,5	99,6	0,4
2	0,3	99,7	59,7	40,3	70,6	29,4	99,6	0,4
1	3,7	96,3	95,8	4,2	80,0	20,0	-	-
0,5	26,7	73,3	99,4	0,6	85,6	14,4	-	-
0,2	83,4	16,6	99,8	0,2	93,6	6,4	-	-
0,125	90,6	9,4	99,8	0,2	95,5	4,5	-	-
0,090	95,8	4,2	99,9	0,1	97,7	2,3	-	-
0,063	98,7	1,3	99,9	0,1	98,7	1,3	-	-
0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0

Na základě dosažených výsledků lze říci:

- frakce 0/2 je shora velmi ostře tříděná. Co se však týče vnitřní granulometrie, je podstatně jemnozrnější než deklarovaná výrobcem, neboť na síť 0,5 mm činí její zbytek na síť pouze 26,7 %
- frakce 1/8 je ve shodě s deklarovanými hodnotami ostře tříděná shora. Zdola je dle zbytku na síť 1 mm ve výši 95,8 % tříděná dokonce lépe než deklarovaná hodnota
- frakce 0/16 vykazuje nepřilíš ostré horní třídění. Ve shodě s deklarovanými hodnotami obsahuje dle zbytku na síť 4 mm ve výši 53,5 % poměrně dosti jemnozrných podílů

- frakce 8/16 je shora velice neostře tříděná. Ve srovnání s deklarovaným údajem výrobce je dle zbytku na síť 2 mm ve výši 99,6 % podstatně hrubozrnnější.



Obr. 23: Křivky zrnitosti jednotlivých frakcí barytu

#### 4.3.2. Objemová hmotnost v setřeseném stavu

Výsledky stanovení objemové hmotnosti jednotlivých frakcí barytu v setřeseném stavu uvádí **Tab. 4**.

Tab. 4: Objemová hmotnost v setřeseném stavu jednotlivých frakcí barytu

Veličina	Frakce barytu			
	0/2	1/8	0/16	8/16
$m_1$ [kg]	0,08	0,08	0,08	0,08
$m_2$ [kg]	0,98	0,93	1,06	0,90
$V$ [ $10^{-3} m^3$ ]	0,30	0,30	0,30	0,30
Objemová hmotnost [ $kg \cdot m^{-3}$ ]	3006	2831	3286	2726

Legenda:  $m_1$  ... hmotnost prázdné nádoby,  $m_2$  ... hmotnost nádoby se setřeseným barytem,

$V$  ... objem prázdné nádoby

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat:

- hodnoty objemových hmotností se podle jednotlivých frakcí barytu dosti liší. Tyto rozdíly jsou ovlivněny vícero faktory

- při stejném deklarovaném obsahu BaSO<sub>4</sub> frakcí 0/16, 1/8 a 8/16 budou rozdíly v objemové hmotnosti záviset především na jejich granulometrii, resp. mezerovitosti. Toto je dobře patrné při srovnání vzorků frakce 0/16 a 8/16. Frakce 0/16 obsahuje značné množství jemnozrnných podílů, které úspěšně vyplňují mezerovitost hrubých zrn. Opačně frakce 8/16 je zastoupena převážně hrubozrnným podílem, jemnozrnné či prachové částice prakticky chybí. Proto mezerovitost hrubých zrn nemá čím být vyplněna, a tudíž objemová hmotnost této frakce je výrazně nižší než srovnávané frakce 0/16. Podobný efekt lze vysledovat i u frakce 1/8, která rovněž obsahuje méně jemnozrnných podílů než frakce 0/16. Vzhledem k menší velikosti maximálního zrna však není rozdíl v objemové hmotnosti tak výrazný jako u frakce 8/16
- u frakce 0/2 přispívá k vysoké hodnotě objemové hmotnosti značný podíl jemnozrnných, resp. prachových částic. Poněkud nižší objemová hmotnost ve srovnání se vzorkem 0/16 je způsobena nižším obsahem BaSO<sub>4</sub>.

### 4.3.3. Měrná hmotnost

Měrná hmotnost neboli hustota jednotlivých barytových frakcí byla měřena heliovým pyknometrem vždy v deseti šaržích, z nichž byla vypočtena průměrná hodnota, viz **Tab. 5**. Pro srovnání je v této tabulce jako referenční uvedena hustota srážením připraveného barytu o obsahu BaSO<sub>4</sub> 98,89 %.

*Tab. 5: Měrná hmotnost jednotlivých frakcí barytu*

číslo šarže	měrná hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]				
	Referenční vzorek	0/2	1/8	0/16	8/16
1	4,5050	4,3206	4,3799	4,3450	4,1723
2	4,5129	4,3211	4,3827	4,3483	4,1738
3	4,5034	4,3228	4,3826	4,3492	4,1738
4	4,4987	4,3224	4,3851	4,3522	4,1771
5	4,496	4,3193	4,3874	4,3534	4,1810
6	4,4737	4,3176	4,3895	4,3554	4,1815
7	4,4819	4,3215	4,3875	4,3571	4,1799
8	4,4824	4,3214	4,3864	4,3538	4,1777
9	4,4829	4,3164	4,3858	4,3573	4,1760
10	4,4841	4,3179	4,3845	4,3571	4,1776
<b>průměr</b>	<b>4,4921</b>	<b>4,3201</b>	<b>4,3851</b>	<b>4,3529</b>	<b>4,1771</b>

Z dosažených výsledků vyplývá:

- referenční vzorek srážením připraveného barytu vykázal díky své vysoké čistotě měrnou hmotnost prakticky se rovnající teoretické hustotě tohoto minerálu
- kromě frakce 8/16 jsou stanovené hodnoty hustoty ostatních tří frakcí poněkud vyšší než hodnoty deklarované a zároveň se výrazně blíží hustotě čistého barytu
- s výjimkou frakce 8/16 jsou hustoty ostatních frakcí přibližně stejné. Z nich vykázala nejnižší hustotu frakce 0/2, u níž je současně deklarován nejnižší obsah BaSO<sub>4</sub>
- zatímco hustota frakce 1/8 je ze všech tří frakcí 0/2, 1/8, 0/16 nejvyšší, je její objemová hmotnost nejnižší. Tato zdánlivá disproporce je dána zvýšenou mezerovitostí této frakce, a tím i nízkou objemovou hmotností
- nejméně vhodné výsledky vykázala frakce 8/16 jak v oblasti objemové hmotnosti, tak i hustoty.

#### 4.3.4. Rentgenofluorescenční analýza (XRF)

Přímé záznamy z XRF analýzy uvádějí **Tab. 6** až **Tab. 9**. Výpis výsledků chemické analýzy, přepočten na obsah BaSO<sub>4</sub> a CaF<sub>2</sub> je uveden v **Tab. 10**.

*Tab. 6: Protokol XRF vzorku 0/2*

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,131	Fe	3,6350
SiO <sub>2</sub>	0,770	Mn	1,2302
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,176	Ti	1,1314
CaO	2,964	Ca	7,8811
MgO	-0,068	K	0,2207
K <sub>2</sub> O	0,047	S	116,7261
Na <sub>2</sub> O	0,617	P	0,1808
TiO <sub>2</sub>	0,196	Si	3,0852
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,043	Al	0,4765
MnO	0,426	Mg	0,5515
SO <sub>3</sub>	29,222	Na	0,8958

Tab. 7: Protokol XRF vzorku 1/8

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,065	Fe	1,5269
SiO <sub>2</sub>	1,560	Mn	0,5629
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,024	Ti	1,1394
CaO	2,975	Ca	7,9047
MgO	-0,065	K	0,1687
K <sub>2</sub> O	0,028	S	116,7198
Na <sub>2</sub> O	0,590	P	0,1619
TiO <sub>2</sub>	0,199	Si	4,5154
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,037	Al	0,3580
MnO	-0,132	Mg	0,5597
SO <sub>3</sub>	29,233	Na	0,8740

Tab. 8: Protokol XRF vzorku 0/16

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,104	Fe	2,8696
SiO <sub>2</sub>	1,689	Mn	0,7428
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,119	Ti	1,1632
CaO	2,241	Ca	6,0093
MgO	0,025	K	0,1983
K <sub>2</sub> O	0,039	S	115,7978
Na <sub>2</sub> O	0,625	P	0,1594
TiO <sub>2</sub>	0,205	Si	4,7464
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,036	Al	0,4275
MnO	0,016	Mg	0,7758
SO <sub>3</sub>	29,025	Na	0,9033

Tab. 9: Protokol XRF vzorku 8/16

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,053	Fe	2,1539
SiO <sub>2</sub>	6,346	Mn	0,5747
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,070	Ti	1,0831
CaO	5,050	Ca	13,2801
MgO	-0,116	K	0,1628
K <sub>2</sub> O	0,026	S	106,6566
Na <sub>2</sub> O	0,542	P	0,1630
TiO <sub>2</sub>	0,185	Si	13,1713
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,037	Al	0,3352
MnO	-0,118	Mg	0,4341
SO <sub>3</sub>	26,701	Na	0,8324

Tab. 10: Kvantifikace jednotlivých složek

Komponent [%]	Barytová frakce			
	0/2	1/8	0/16	8/16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,131	0,065	0,104	0,053
SiO <sub>2</sub>	0,770	1,560	1,689	6,346
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,176	0,024	0,119	0,070
CaF <sub>2</sub>	4,13	4,15	3,12	7,04
MgO	-0,068	-0,065	0,025	-0,116
K <sub>2</sub> O	0,047	0,028	0,039	0,026
Na <sub>2</sub> O	0,617	0,590	0,625	0,542
TiO <sub>2</sub>	0,196	0,199	0,205	0,185
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,043	0,037	0,036	0,037
MnO	0,426	-0,132	0,016	-0,118
BaSO <sub>4</sub>	<b>85,25</b>	<b>85,28</b>	<b>84,85</b>	<b>78,04</b>
Σ	<b>91,79</b>	<b>91,93</b>	<b>90,83</b>	<b>92,34</b>

Na základě dosažených výsledků lze říci:

- podle zvýšeného obsahu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ale i K<sub>2</sub>O a do jisté míry i Na<sub>2</sub>O je zřejmé, že frakce 0/2 a 0/16 obsahují v prachových podílech zvýšený obsah jílovin
- kromě frakce 8/16 vzorky vykazují přibližně stejný obsah fluoritu jak je deklarováno výrobcem. U frakce 8/16 stanovený obsah fluoritu ve výši 7 % je více než dvojnásobným než deklarovaný výrobcem

- výrazně nižší než deklarovaný je obsah BaSO<sub>4</sub>, a to o cca 5 až 7 % u frakcí 0/2, 1/8 a 0/16. Přitom u všech tří frakcí je stanovený obsah síranu barnatého přibližně stejný. Ještě větší rozdíl vykazuje vzorek 8/16, jehož obsah BaSO<sub>4</sub> je oproti deklarované hodnotě nižší až o 14 %. Dosažené výsledky dobře korespondují s naměřenými hodnotami měrné hmotnosti (hustoty), která je rovněž u prvních tří frakcí přibližně stejná, a u frakce 8/16 nižší
- je třeba konstatovat, že výše uvedený obsah BaSO<sub>4</sub> byl vypočten stechiometricky z obsahu SO<sub>3</sub>, neboť v době první analýzy nebyla k dispozici kalibrační křivka na barium. Pro upřesnění výsledků byla proto uskutečněna kalibrace na obsah baria, a nově dosažené výsledky uvádí **Tab. 11** až **Tab. 14**.

*Tab. 11: Nový protokol XRF vzorku 0/2*

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
<b>BaO</b>	59,323	<b>Ba</b>	617,3754
<b>SO<sub>3</sub></b>	32,075	<b>Fe</b>	5,6856
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,450	<b>Mn</b>	1,3669
<b>SiO<sub>2</sub></b>	1,782	<b>Ti</b>	1,0915
<b>CaO</b>	3,178	<b>Ca</b>	7,7617
<b>MgO</b>	0,124	<b>K</b>	0,2144
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,084	<b>S</b>	117,2319
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,823	<b>P</b>	0,1843
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,086	<b>Si</b>	3,0614
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,109	<b>Al</b>	0,4837
<b>MnO</b>	1,313	<b>Mg</b>	0,8539
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,389	<b>Na</b>	1,1766

Tab. 12: Nový protokol XRF vzorku 1/8

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
BaO	58,591	Ba	608,2017
SO <sub>3</sub>	32,066	Fe	2,4093
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,383	Mn	0,6517
SiO <sub>2</sub>	2,688	Ti	1,0813
CaO	3,233	Ca	7,8766
MgO	0,122	K	0,1826
K <sub>2</sub> O	0,071	S	117,0581
Na <sub>2</sub> O	0,838	P	0,1894
TiO <sub>2</sub>	0,081	Si	4,5131
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,126	Al	0,3694
MnO	0,126	Mg	0,8481
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,094	Na	1,1890

Tab. 13: Nový protokol XRF vzorku 0/16

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
BaO	57,958	Ba	600,4165
SO <sub>3</sub>	31,954	Fe	4,5007
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,434	Mn	0,8501
SiO <sub>2</sub>	2,829	Ti	1,1234
CaO	2,353	Ca	5,8146
MgO	0,220	K	0,2046
K <sub>2</sub> O	0,080	S	116,5623
Na <sub>2</sub> O	0,853	P	0,1853
TiO <sub>2</sub>	0,105	Si	4,7361
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,114	Al	0,4550
MnO	0,456	Mg	1,0723
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,283	Na	1,1992

Tab. 14: Nový protokol XRF vzorku 8/16

Compound	Value [%]	Channel	Raw [kcps]
<b>BaO</b>	53,747	<b>Ba</b>	582,6683
<b>SO<sub>3</sub></b>	29,199	<b>Fe</b>	3,3993
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,385	<b>Mn</b>	0,6606
<b>SiO<sub>2</sub></b>	8,043	<b>Ti</b>	1,0451
<b>CaO</b>	5,387	<b>Ca</b>	13,0280
<b>MgO</b>	0,080	<b>K</b>	0,1763
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,067	<b>S</b>	107,0410
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,742	<b>P</b>	0,1886
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,056	<b>Si</b>	13,1973
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,122	<b>Al</b>	0,3765
<b>MnO</b>	0,109	<b>Mg</b>	0,7567
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,174	<b>Na</b>	1,1210

Tab. 15: Nová kvantifikace jednotlivých složek

Komponent [%]	Barytová frakce			
	0/2	1/8	0/16	8/16
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,450	0,383	0,434	0,385
<b>SiO<sub>2</sub></b>	1,782	2,688	2,829	8,043
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,389	0,094	0,283	0,174
<b>CaF<sub>2</sub></b>	4,424	4,501	3,275	7,499
<b>MgO</b>	0,124	0,122	0,220	0,080
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,084	0,071	0,080	0,067
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,823	0,838	0,853	0,742
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,086	0,081	0,105	0,056
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,109	0,126	0,114	0,122
<b>MnO</b>	1,313	0,126	0,456	0,109
<b>BaSO<sub>4</sub></b>	<b>91,398</b>	<b>90,657</b>	<b>89,912</b>	<b>82,946</b>
<b>Σ</b>	<b>100,982</b>	<b>99,687</b>	<b>98,561</b>	<b>100,223</b>

Na základě nově provedené XRF analýzy, ke které byla pořízena kalibrační křivka pro BaSO<sub>4</sub> (pro kalibraci byl použit srážený síran barnatý o čistotě 98,89 %) lze konstatovat:

- provedenou kalibrací se podařilo zpřesnit skutečný obsah síranu barnatého v jednotlivých frakcích. U vzorků frakcí 0/2, 1/8 a 0/16 se stanovená hodnota dosti přesně shoduje s hodnotami deklarovanými výrobcem. Ve vztahu k deklarovaným hodnotám je zde pouze nepatrný rozdíl v tom, že frakce 0/2 vykázala nejvyšší obsah síranu barnatého, 91,4 %, kdežto u deklarovaných hodnot naopak nejnižší obsah této fáze, 90 %. Podstatně větší rozdíl byl však zaznamenán u naměřeného obsahu BaSO<sub>4</sub> ve vzorku frakce 8/16. Stanovená hodnota u dodaného vzorku činila 82,9 %, což je téměř o 10 % méně než hodnota 92 %, deklarovaná výrobcem
- obsah fluoridu vápenatého, vyjádřený stechiometricky z obsahu CaO, byl při první i nově provedené XRF analýze u daných frakcí přibližně stejný. Rovněž přibližně stejné byly stanovené obsahy fluoritu frakcí 0/2, 1/8 a 0/16 ve srovnání s hodnotami deklarovanými. Ovšem u frakce 8/16 byl obsah této fáze proti deklarovaným více než dvakrát vyšší
- rozdíly mezi vzorky 0/2 a 0/16 s vyšším podílem Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a alkálií oproti vzorkům 1/8 a 8/16 s nižším podílem těchto oxidů, byly zaznamenány i při této nově realizované analýze, nebyly však již tak výrazné. Z obou provedených analýz je však patrné, že frakce zahrnující i podsítný podíl, obsahují více jílovin než frakce zdola tříděné na velikosti 1 mm
- celková suma všech fází se při nově uskutečněné XRF analýze pohybovala kolem (100 ± 2) %, z čehož plyne, že poskytla velmi přesné a korektní výsledky. Dále potvrdila, že původní výpočet obsahu BaSO<sub>4</sub> stechiometricky přepočtem přes obsah SO<sub>3</sub> je velmi nepřesný, a tudíž nevhodný.

#### 4.3.5. RTG – difrakční analýza

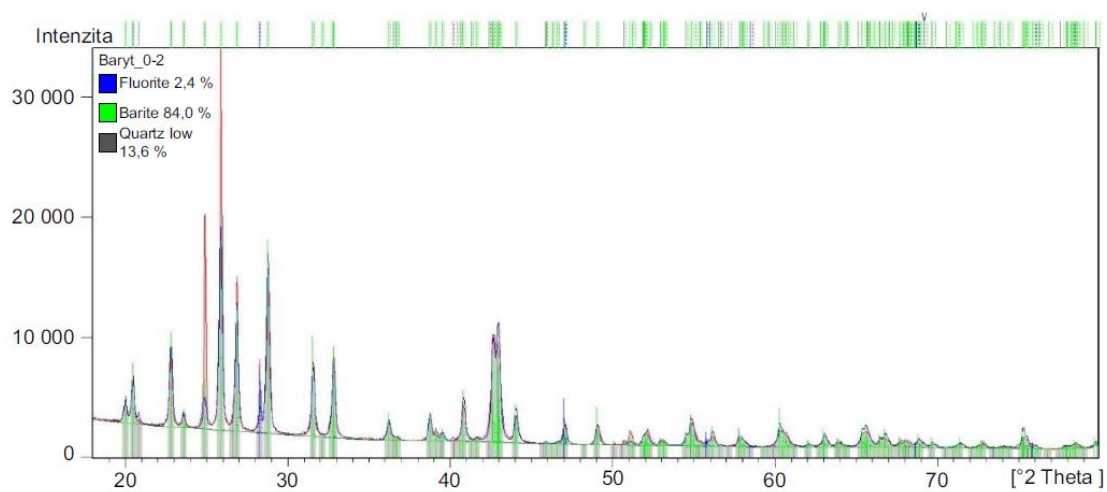
Výsledky fázové analýzy sledovaných barytových frakcí jsou uvedeny v rentgenogramech na **Obr. 24** až **Obr. 27**.

V rentgenogramech byly identifikovány následující minerály:

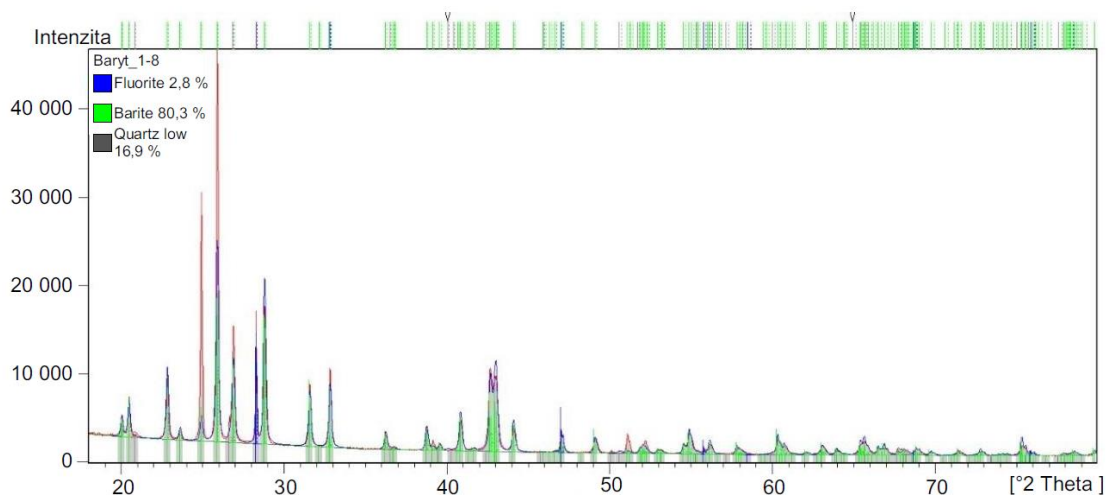
- baryt, BaSO<sub>4</sub> ( $d_{hkl} = 3,442, 3,101, 2,12 \text{ \AA}$ )
- fluorit, CaF<sub>2</sub> ( $d_{hkl} = 1,931, 3,153, 1,647 \text{ \AA}$ )
- křemen, SiO<sub>2</sub> ( $d_{hkl} = 3,336, 4,21, 1,5401 \text{ \AA}$ ).

Obsah identifikovaných minerálů stanovený pomocí Rietveldovského vypřesnění, uvádí

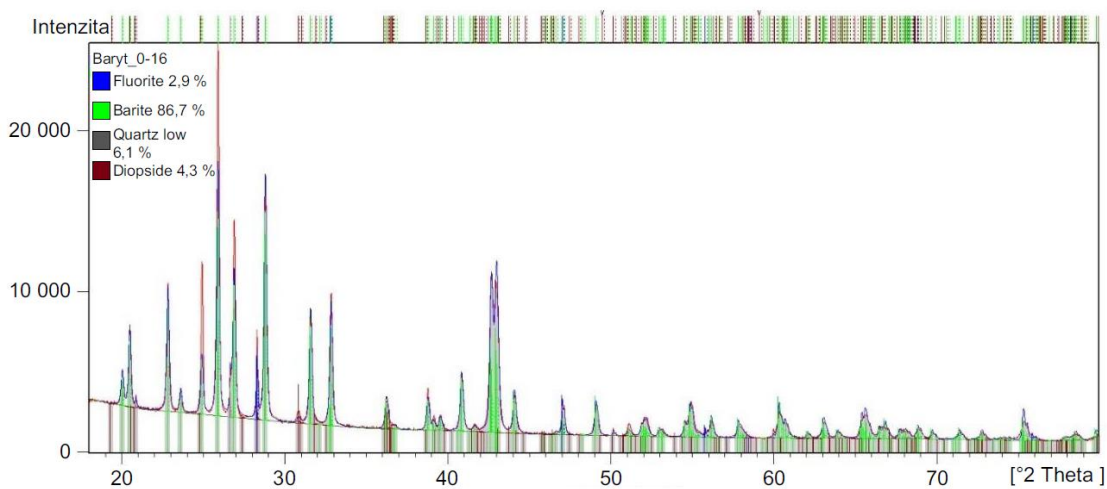
**Tab. 16:**



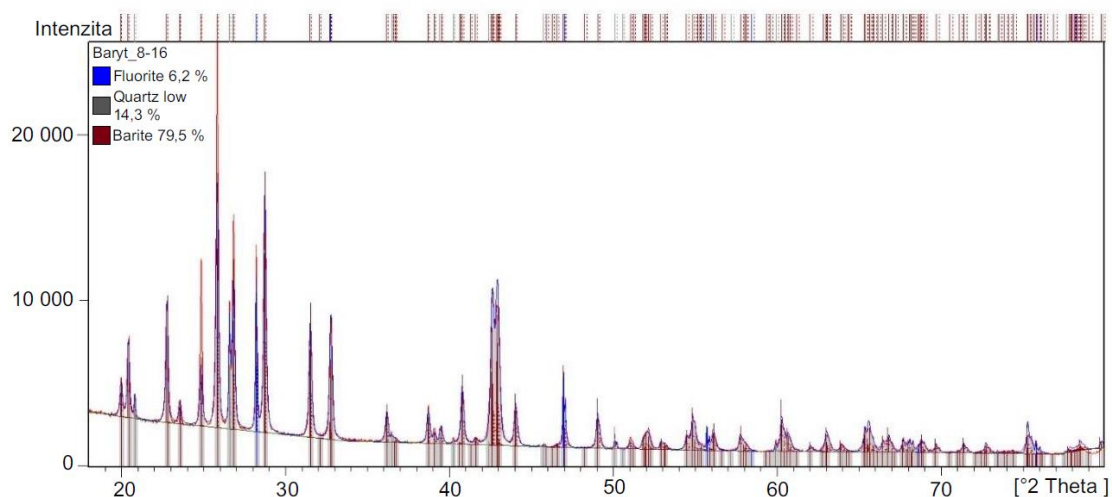
**Obr. 24:** Rentgenogram RTG analýzy - frakce 0/2



**Obr. 25:** Rentgenogram RTG analýzy - frakce 1/8



**Obr. 26 :** Rentgenogram RTG analýzy - frakce 0/16



Obr. 27: Rentgenogram RTG analýzy - frakce 8/16

Tab. 16: Kvantifikace fázového složení

Minerál [%]	Barytová frakce			
	0/2	1/8	0/16	8/16
<b>baryt</b>	84	80,3	86,7	79,5
<b>fluorit</b>	3,4	2,8	2,9	6,2
<b>křemen</b>	13,6	16,9	10,4	14,3

Na základě dosažených výsledků lze říci:

- na rozdíl od deklarovaného obsahu barytu i jeho obsahu vypočteného z XRF se touto metodou stanovené množství ve frakcích 0/2, 1/8 a 0/16 navzájem dosti liší. Kromě toho jsou absolutní hodnoty obsahu barytu všech čtyř frakcí podstatně nižší než hodnoty deklarované výrobcem i stanovené po zkalibrování XRF analýzy na barium
- důvodem pro nepřesné stanovení obsahu barytu je v první řadě samotná podstata kvantifikace pomocí Rietveldovského vypřesnění. Přesnost této metody se sice dá zvýšit pomocí vložení vnitřního standardu do vzorků (jako vnitřní standard je nejčastěji používán fluorit,  $\text{CaF}_2$ ), ovšem i přes žádost o toto zpřesnění tak nebylo operátorem učiněno. Jedním z dalších možných důvodů je i přednostní orientace krystalů, v daném případě jde však pouze o domněnku operátora
- poměrně dobře koresponduje obsah fluoritu u všech frakcí s jeho hodnotami jak deklarovanými, tak i stanovenými RTG – fluorescenční analýzou

- ve srovnání s obsahem SiO<sub>2</sub>, stanoveného pomocí XRF i deklarovaného výrobcem, je obsah křemene, stanovený RTG – difrakční analýzou mnohonásobně vyšší.

#### 4.4. Vliv nově navrhovaného barytu na přípravu barytové omítky

Pro výrobu a použití barytové omítky z hlediska požadovaného stínění RTG-zářením byl v dokumentu SÚJB vydán jediný požadavek, a to na dodržení objemové hmotnosti barytové malty ve výši 2500 kg.m<sup>-3</sup>. Tomuto požadavku tudíž musí vyhovět i omítka, připravená z nově navrhovaného barytu. [44]

Za tímto účelem byl dle původní receptury připraven vzorek barytové omítky (vzorek č. 1), u něhož byla porovnána dosahovaná objemová hmotnost s požadavkem SÚJB. Jelikož se ukázalo, že objemová hmotnost vzorku č. 1 s nově navrhovaným barytem je díky jeho zvýšenému obsahu BaSO<sub>4</sub> podstatně vyšší než požadovaná dokumentem SÚJB, byl dále připraven vzorek č. 2 a vzorek č. 3, kde část barytu byla nahrazena inertním plnivem. Kromě toho u vzorku č. 3 byla původní receptura pozměněna ve smyslu přidání dalšího aditiva. Porovnání archivních výsledků původní barytové omítky jako vzorku referenčního a připravených vzorků barytové omítky s nově navrhovaným barytem je uvedeno v **Tab. 17**.

*Tab. 17: Složení a objemové hmotnosti vzorků barytové omítky*

Složení [%]	Barytová omítka			
	Referenční vzorek	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3
<b>baryt</b>	82	82	50	65
<b>inertní plnivo</b>	0	0	32	17
<b>pojiva</b>	18	18	18	18
<b>aditiva</b>	1,15	1,15	1,15	1,25
<b>Objemová hmotnost [kg.m<sup>-3</sup>]</b>	2540	2869	2420	2546

Z dosažených výsledků vyplývá:

- jak uvedeno výše, vykázal vzorek č. 1 s nově navrhovaným barytem podstatně vyšší objemovou hmotnost než je požadavek SÚJB. Jelikož cena nově navrhovaného barytu je více než dvojnásobně vyšší než původně používaného barytu ze Slovenska, bylo nutné přistoupit k optimalizaci jeho množství v barytové směsi

- po snížení obsahu barytu na hodnotu 50 % nebyl dodržen požadavek na objemovou hmotnost  $2500 \text{ kg.m}^{-3}$ . Proto byl obsah barytu u vzorku č. 3 zvýšen na 65 % a současně bylo přidáno aditivum, jehož pomocí lze objemovou hmotnost dílce zvýšit. Dosažená objemová hmotnost vzorku č. 3 ve výši  $2546 \text{ kg.m}^{-3}$  pak již požadavku SÚJB s dostatečnou rezervou vyhověla
- odzkoušení ze stavebního hlediska požadovaných technologických vlastností nebylo předmětem předkládané bakalářské práce, a proto bude předmětem navazujícího výzkumu a vývoje.

## ZÁVĚR

V souladu se zadáním byl v bakalářské práci proveden průzkum možných nových zdrojů barytu a výběr nejvhodnějšího nového dodavatele této suroviny. V návaznosti na provedený výběr byly na dodaných vzorcích uskutečněny zkoušky deklarovaných vlastností a vzájemné porovnání hodnot deklarovaných a stanovených laboratorními rozbory. Závěrem byl uskutečněn prvotní návrh modifikované receptury barytové omítky tak, aby se vyhovělo požadavku SÚJB na barytovou omítku, a současně aby výroba této omítky zůstala ještě ekonomicky schůdná.

Co se týká fyzikálně-chemických vlastností a fázového složení lze na základě provedených analýz konstatovat, že kromě vzorku frakce 8/16 byla shledána dobrá shoda mezi deklarovanými hodnotami a naměřenými hodnotami sledovaných vlastností. Při kvantifikaci jednotlivých fází v dodaných vzorcích barytu bylo zjištěno, že ze dvou použitých analytických metod, tj. XRF a XRD analýzy, je zásadně přesnější metoda RTG- fluorescenční analýzy. Jak se ze dvou různých výpočtů obsahu  $\text{BaSO}_4$ , a to jednak z kalibrace na  $\text{SO}_3$  a jednak z kalibrace na baryum prokázalo, i tato metoda předpokládá, aby vždy byly k dispozici vhodné kalibrační křivky. Pokud je tato podmínka splněna, metoda poskytuje velmi přesné výsledky.

Z hlediska ekonomické náročnosti je nově navrhovaný baryt podstatně horší než původní baryt ze Slovenska. Jedná se jednak o samotnou cenu této suroviny a dále o podstatně větší dopravní vzdálenost, která cenu ještě více prodražuje. Proti tomu však stojí vyšší obsah účinné fáze v této surovině, neboť proti původnímu obsahu cca 75 %  $\text{BaSO}_4$  ve slovenském barytu v daném případě činí tento obsah 90 až 92 %.

Na základě provedených úvodních zkoušek úpravy receptury barytové omítky bylo prokázáno, že s užitím nového zdroje barytu bude možné nahradit cca 15 až 17 % barytu z celku při dodržení požadavku SÚJB na objemovou hmotnost  $2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tímto se celková ekonomická efektivita výrobku částečně zlepšila.

Závěrem lze konstatovat, že požadavky na vypracování bakalářské práce byly bezesbytku splněny. Provedené analýzy a zkoušky však zatím vypovídají pouze o vlastnostech nově navrhovaného zdroje barytové suroviny a rovněž o stínících schopnostech nově navržené barytové omítky. Pro jednoznačné potvrzení vhodnosti daného řešení bude nutné v dalším realizovat i zkoušky stavebně technických vlastností nově navržené barytové omítky a kromě toho modifikovat vlastnosti i dalších výrobků ze systémové řady stínících barytových směsí.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] GRIEBLER, Wolf-Dieter. Baryt: Ein natürlicher, mineralischer Füllstoff. Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger Verlag, 2015. ISBN 978-3-86948-444-0.
- [2] GRATACAP, Louis Pope. HAÜY'S TRAITÉ DE MINÉRALOGIE. American Mineralogist [online]. Mineralogical Society of America, 1918, 1918(3), 100-125 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: [http://www.minsocam.org/msa/collectors\\_corner/arc/hauyv.htm](http://www.minsocam.org/msa/collectors_corner/arc/hauyv.htm)
- [3] POSPÍŠILOVÁ, Petra. Vývoj ochranného systému proti škodlivému ionizujícímu záření s využitím sekundárních surovin. Brno, 2008. Disertace. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců.
- [4] JACOBSEN, S D, J R SMYTH, R J SWOPE a R T DOWNS. Rigid-body character of the SO<sub>4</sub> groups in celestine, anglesite and barite. The Canadian Mineralogist [online]. 1998, 1998(36), 1053-1060 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: [https://rruff.info/doclib/cm/vol36/CM36\\_1053.pdf](https://rruff.info/doclib/cm/vol36/CM36_1053.pdf)
- [5] BERNARD, Jan Hus a Rudolf ROST. Encyklopedický přehled minerálů. Praha: Academia, 1992. ISBN 80-200-0360-6.
- [6] LANK, Vladimír a Miroslav VONDRA. Fyzika v kostce: pro střední školy. Praha: Fragment, 2007. Maturita v kostce. ISBN 978-80-253-0228-6.
- [7] Baryte (Barite). Gemdat.org [online]. Couldson: Jolyon & Katya Ralph, c1993-2021 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://www.gemdat.org/gem-549.html>
- [8] RŮŽIČKOVÁ, Květoslava a Bohumír KOTLÍK. Chemie v kostce: pro střední školy. 2. vyd. Praha: Fragment, 2013. ISBN 978-80-253-1962-8.
- [9] ELSWICK, E.R. a J.B. MAYNARD. Bedded Barite Deposits: Environments of Deposition, Styles of Mineralization, and Tectonic Settings. Treatise on

- Geochemistry. 2. vydání. Elsevier, 2014, 2014, s. 629-656. ISBN 9780080983004.  
Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-095975-7.00720-8
- [10] SEJKORA, Jiří a Jiří KOUŘIMSKÝ. Atlas minerálů České a Slovenské republiky. Praha: Academia, 2005. Atlas (Academia). ISBN 80-200-1317-2.
- [11] KORBEL, Petr a Milan NOVÁK. Encyklopedie minerálů. Praha: Rebo Productions, 1999. Atlas (Academia). ISBN 80-723-4114-6.
- [12] EBUNU, Abraham Ighoro, Yusuf Afolabi OLANREWAJU, Oghenerume OGOLO, Adelana Rasak ADETUNJI a Azikiwe Peter ONWUALU. Barite as an industrial mineral in Nigeria: occurrence, utilization, challenges and future prospects. Heliyon [online]. 2021, 7(6) [cit. 2021-11-15]. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2021.e07365
- [13] WHAT IS BARYTES? - BARYTES STATISTICS. *The Barytes Association* [online]. Brussels, c2021 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://www.barytes.org/statistics/>
- [14] ČSN EN ISO 3262-1. Plniva - Specifikace a zkušební metody: Část 1: Úvod a všeobecné zkušební metody. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, c2020.
- [15] VÁLEK, V. a kol.: Moderní diagnostické metody. I.díl Kontrastní vyšetření trávicí trubice. 1.vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1996. ISBN 80-7013-215-9.
- [16] SVOBODA, Luboš a kolektiv. Stavební hmoty. 3. vydání. Praha: Luboš Svoboda, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.
- [17] JAŠEK, Jan. Speciální betony: Ochrana proti ionizujícímu záření. Časopis Beton: Pozemní stavby [online]. 2009, 2009(6), 44-47 [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/clanky/2009-6-44-specialni-betony-ochrana-proti-ionizujicimu-zareni/>

- [18] Sound Absorption & Insulation: Barite (Baryte, BaSO<sub>4</sub>, Natural Barium Sulfate). BASER MINING [online]. Antalya: CSGLOBAL, c2021 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://basermining.com/products/sound-absorption-insulation>
- [19] Barium Sulfate for Battery. 9X MINERALS [online]. Tongren city: 9X Minerals, c2017 [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <http://www.baritepowder.com/Barium-Sulfate-for-Battery.html>
- [20] HEINEMANN, Detlef. Strukturen von Batterie- und Energiemanagementsystemen mit Bleibatterien und Ultracaps [online]. Berlin, 2007 [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20987610>. Dissertation. Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik der Technischen Universität Berlin.
- [21] FRIDRICHOVÁ, Marcela, Karel DVOŘÁK a Rudolf FRIDRICH. Omítky. Brno: ERA group, 2004. Stavíme. ISBN 80-736-6004-0.
- [22] BLAHA, Martin. Omítky. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0898-1.
- [23] CARRAN, Dorn, John HUGHES, Alick LESLIE a Craig KENNEDY. A Short History of the Use of Lime as a Building Material Beyond Europe and North America. International Journal of Architectural Heritage [online]. 2012, 6(2), 117-146 [cit. 2021-11-30]. ISSN 1558-3058. Dostupné z: doi:10.1080/15583058.2010.511694
- [24] SWALLOW, Peter a David CARRINGTON. Limes And Lime Mortars—Part One. Journal of Architectural Conservation [online]. 1995, 1(3), 7-25 [cit. 2021-11-30]. ISSN 1355-6207. Dostupné z: doi:10.1080/13556207.1995.10785142
- [25] Kiln Types. European Lime Association [online]. Brussels, c2021 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.eula.eu/about-lime-and-applications/production/kiln-types/>
- [26] Short Guide: Lime Mortars in traditional buildings [online]. Edinburgh: Historic Scotland, 2014 [cit. 2021-12-22]. ISBN 978-1-84917-177-5. Dostupné z:

<https://www.engineshed.scot/publications/publication/?publicationId=85ced9f0-474d-4ec6-8dd6-a59100fc306f>

- [27] HEWLETT, Peter C. Lea's Chemistry of Cement and Concrete. Fourth edition. 2003. ISBN 0750662565.
- [28] ČESKOMORAVSKÝ BETON. Příručka technologa BETON: suroviny, výroba, vlastnosti [online]. Českomoravský beton, 2013 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.transportbeton.cz/stahnout-soubor?id=3203>
- [29] Jak se u nás vyrábí portlandský cement. Heidelbergcement [online]. Českomoravský cement [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.heidelbergcement.cz/cs/cement/vyroba>
- [30] THE LIME PLASTER GUIDE. Conserv [online]. Cleveland: STONE TECH, c2021 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.lime-mortars.co.uk/lime-plaster/guides/the-lime-plaster-guide>
- [31] Energosádrovec. SiloTransport [online]. Praha: SILO TRANSPORT, c2022 [cit. 2022-01-08]. Dostupné z: <https://www.silotransport.cz/energoadrovec>
- [32] Jednovrstvé a dvouvrstvé omítkové systémy [online]. Borovany: Cemix, [2012] [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: [https://www.cemix.cz/data/files/cemix\\_omitkove\\_systemy\\_2012.pdf](https://www.cemix.cz/data/files/cemix_omitkove_systemy_2012.pdf)
- [33] Plná cihla - Rychlé řešení se štukovým povrchem. Cemix [online]. Borovany: LB Cemix [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.cemix.cz/systemy/plna-cihla-rychle-reseni-se-stukovym-povrchem>
- [34] Plná cihla - Klasické řešení s jemným povrchem. Cemix [online]. Borovany: LB Cemix [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.cemix.cz/systemy/plna-cihla-klasicke-reseni-s-jemnym-povrchem>

- [35] Sanace: Systém sanačních omítek. Avaton Plus [online]. Praha: Avaton Plus [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: [https://www.avatonplus.cz/sanace/?gclid=Cj0KCQiA6NOPBhCPARIsAHAY2zBoB4JVhaACnyZSjc5jcIrb4AvX6b4Xv8UcqN4HNKCRKWiPheCB6TlaAnvZEALw\\_wcB](https://www.avatonplus.cz/sanace/?gclid=Cj0KCQiA6NOPBhCPARIsAHAY2zBoB4JVhaACnyZSjc5jcIrb4AvX6b4Xv8UcqN4HNKCRKWiPheCB6TlaAnvZEALw_wcB)
- [36] HOBST, Leonard, Lubomír VÍTEK a Marcela FRIDRICHOVÁ. Vývoj přípravy a technologie stínících barytových omítek. Beton: Sanace betonových konstrukcí [online]. 2002, 2002(2), 50-52 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/wp-content/uploads/2002-2-50.pdf>
- [37] VYHLÁSENIE O PARAMETROCH: č. 1301-CPR-1207. BETONserver: DANUCEM SLOVENSKO A.S. - CEMENTÁREŇ ROHOŽNÍK [online]. Rohožník: CRH (Slovensko), 2017, 02. 01. 2017 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: [https://crhslovakia.com/wp-content/uploads/Product\\_documentation/Cement/CEMI42,5R/crh\\_rn\\_vyhlásenie\\_o\\_parametroch\\_č-1301-cpr-1207\\_cem-i-42-5-r.pdf](https://crhslovakia.com/wp-content/uploads/Product_documentation/Cement/CEMI42,5R/crh_rn_vyhlásenie_o_parametroch_č-1301-cpr-1207_cem-i-42-5-r.pdf)
- [38] Baryt. KAVINA, Pavel, Jaromír STARÝ a Mirko VANĚČEK. Surovinové zdroje České republiky: nerostné suroviny : (stav ...). Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2002, s. 88-91. ISBN 80-7212-219-3. ISSN 1801-6693.
- [39] Oferta: Baryt kruszony. Promotor sp. z o.o. [online]. Wałbrzych: Promotor sp. z o.o., c2007 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.baryt-polska.pl/?pid=oferta&o=1>
- [40] Schwerspat. Sachtleben Minerals [online]. Hausach: Sachtleben Minerals [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.sachtleben-minerals.com/produkte/schwerspat/>
- [41] KUHN, Kerstin. Fluss- und Schwerspat in Deutschland [online]. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2017 [cit. 2022-04-08]. ISBN 978-3-943566-45-1. Dostupné z: [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min\\_rohstoffe/Downloads/studie\\_flussspat\\_schwerspat\\_2017.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/studie_flussspat_schwerspat_2017.pdf?__blob=publicationFile&v=5)

- [42] Seilo Zuschlagstoffe für Strahlenschutz Schwerbeton. *Seilo* [online]. Lohr am Main: Seitz + Kerler [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.seilo.de/Strahlenschutz/Strahlenschutzbeton.html>
- [43] Pure flotational barite. RUA group [online]. Sofie: RUA Bulgaria, c2015 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://rua-group.com>
- [44] Rozhodnutí SÚJB č. j. 6953/2002. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2002.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1:</b> Tvary krystalů barytu [5].....	12
<b>Obr. 2:</b> Tvary krystalů barytu [5].....	12
<b>Obr. 3:</b> Ilustrace struktury barytu [4].....	13
<b>Obr. 4:</b> Baryt, Dědova Hora [10].....	16
<b>Obr. 5:</b> Baryt, Stoneham Co., USA [11].....	16
<b>Obr. 6:</b> Baryt, Příbram, Březové Hory [10].....	16
<b>Obr. 7:</b> Baryt, Příbram, Březové Hory [10].....	17
<b>Obr. 8:</b> Schéma vybíjeného olověného akumulátoru [20].....	22
<b>Obr. 9:</b> Schéma šachtového pecního systému [25].....	25
<b>Obr. 10:</b> Schéma výroby cementu [29].....	27
<b>Obr. 11:</b> Jednovrství omítkový systém [33] .....	30
<b>Obr. 12:</b> Dvouvrství omítkový systém [34].....	30
<b>Obr. 13:</b> Planetový mlýn Pulverisette 6.....	35
<b>Obr. 14:</b> Diskový mlýn Retsch RS 200 .....	35
<b>Obr. 15:</b> Mikronizační mlýn McCrone .....	36
<b>Obr. 16:</b> Difraktometr Empyrean PANalytical .....	36
<b>Obr. 17:</b> Pyknometrický přístroj Micromeritics AccuPyc II 1340 .....	37
<b>Obr. 18:</b> Baryt 0/2 mm.....	37
<b>Obr. 19:</b> Baryt 1/8 mm.....	37
<b>Obr. 20:</b> Baryt 0/16 mm.....	38
<b>Obr. 21:</b> Baryt 8/16 mm.....	38
<b>Obr. 22:</b> Křivky zrnitosti deklarované výrobcem .....	42
<b>Obr. 23:</b> Křivky zrnitosti jednotlivých frakcí barytu .....	44
<b>Obr. 24:</b> Rentgenogram RTG analýzy - frakce 0/2.....	53
<b>Obr. 25:</b> Rentgenogram RTG analýzy - frakce 1/8.....	53
<b>Obr. 26 :</b> Rentgenogram RTG analýzy - frakce 0/16.....	53
<b>Obr. 27:</b> Rentgenogram RTG analýzy - frakce 8/16.....	54

## SEZNAM TABULEK

<b>Tab. 1:</b> Deklarované vlastnosti CEM I 42,5 R [37].....	38
<b>Tab. 2:</b> Deklarované vlastnosti .....	41
<b>Tab. 3:</b> Sítový rozbor jednotlivých frakcí barytu.....	43
<b>Tab. 4:</b> Objemová hmotnost v setřeseném stavu jednotlivých frakcí barytu .....	44
<b>Tab. 5:</b> Měrná hmotnost jednotlivých frakcí barytu .....	45
<b>Tab. 6:</b> Protokol XRF vzorku 0/2 .....	46
<b>Tab. 7:</b> Protokol XRF vzorku 1/8 .....	47
<b>Tab. 8:</b> Protokol XRF vzorku 0/16 .....	47
<b>Tab. 9:</b> Protokol XRF vzorku 8/16 .....	48
<b>Tab. 10:</b> Kvantifikace jednotlivých složek .....	48
<b>Tab. 11:</b> Nový protokol XRF vzorku 0/2.....	49
<b>Tab. 12:</b> Nový protokol XRF vzorku 1/8.....	50
<b>Tab. 13:</b> Nový protokol XRF vzorku 0/16.....	50
<b>Tab. 14:</b> Nový protokol XRF vzorku 8/16.....	51
<b>Tab. 15:</b> Nová kvantifikace jednotlivých složek.....	51
<b>Tab. 16:</b> Kvantifikace fázového složení.....	54
<b>Tab. 17:</b> Složení a objemové hmotnosti vzorků barytové omítky .....	55