

**M A S A R Y K O V A
U N I V E R Z I T A**

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

**Ložisko štěrkopísku
Mankovice a jeho
asociace těžkých
minerálů**

Bakalářská práce

RADEK OLŠAN

Vedoucí práce: doc. RNDr. Marek Slobodník, CSc.

Ústav geologických věd
obor Geologie

Brno 2020



Bibliografický záznam

Autor:	Radek Olšan Přírodovědecká fakulta Masarykova univerzita Ústav geologických věd
Název práce:	Ložisko štěrkopísku Mankovice a jeho asociace těžkých minerálů
Studijní program:	Geologie
Studijní obor:	Geologie
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Marek Slobodník, CSc.
Rok:	2020
Počet stran:	75 + 36
Klíčová slova:	ložisko Mankovice, fluviální sedimenty, těžké minerály

Bibliographic record

Author: Radek Olšan
Faculty of Science
Masaryk University
Department of Biochemistry

Title of Thesis: Sand-gravels deposit Mankovice and its association
of heavy minerals

Degree Programme: Geology

Field of Study: Geology

Supervisor: doc. RNDr. Marek Slobodník, CSc.

Year: 2020

Number of Pages: 75 + 36

Keywords: deposit Mankovice, fluvial sediments, heavy
minerals

Abstrakt

Bakalářská práce pojednává o složení těžkých minerálů ve vzorcích fluvialních sedimentů z ložiska Mankovice. Zabývá se metodikou výzkumu a stanovením těžkých minerálů ve frakcích vybraného vzorku.

Abstract

Bachelor thesis deals with the composition of heavy minerals from samples of fluvial sediments in the deposit Mankovice. It deals with the research methodology and the determination of heavy minerals in the fractions of chosen sample.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Akademický rok: 2019/2020

Ústav:	Ústav geologických věd
Student:	Ing. Rádek Olšan
Program:	Geologie
Obor:	Geologie

Ředitel Ústavu geologických věd PŘF MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s názvem:

Název práce:	Ložisko štěrkopísků Mankovice a jeho asociace těžkých minerálů
Název práce anglicky:	Sand-gravels deposit Mankovice and its association of heavy minerals

Oficiální zadání:

Ložisko Mankovice je ložisko štěrkopísků v nivě řeky Odry. Cílem práce bude definovat zrnitostní složení štěrkopísků a minerální asociaci těžké frakce. Metody: zrnitostní analýza, optická mikroskopie, SEM, (EMPA, ramanova spektroskopie). Rešerše: geologická stavba a sedimenty v okolí ložiska, principy použitých metod.

Literatura:

Geoindustria (Praha) a Geologický průzkum (Ostrava). *Ložiska nerudných surovin ČSR. D. 3. Sv. 2., Ložiska stavebních surovin II. : (štěrkopísky a stavební písky, stavební kámen)*. Praha: Český geologický úřad, 1977. s. 790-103.

Minerals, critical minerals, and the U.S. economy. Washington, D.C.: National Academies Press, 2008. xvi, 245 p. ISBN 9780309112826.

Jazyk závěrečné práce:	čeština
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Marek Slobodník, CSc.
Datum zadání práce:	12. 3. 2019
V Brně dne:	20. 11. 2019

Souhlasím se zadáním (podpis, datum):

.....
Ing. Rádek Olšan
student

.....
doc. RNDr. Marek Slobodník, CSc.
vedoucí práce

.....
doc. RNDr. Zdeněk Losos, CSc.
ředitel Ústavu geologických věd

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

V Brně 31. srpna 2020

.....

Radek Olšan

Poděkování

Rád bych poděkoval na tomto místě doc. RNDr. Marku Slobodníkovi, CSc. za odborné vedení a pomoc při vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval doc. RNDr. Jindřichu Štelcovi, CSc. za pomoc při obsluze skenovacího elektronového mikroskopu, Mgr. Karlu Slavičkovi za pomoc při obsluze Ramanova spektrometru. Za odborné konzultace děkuji RNDr. Jiřímu Otavovi, CSc a doc. Mgr. Radku Škodovu, Ph.D. Rovněž bych rád poděkoval Ústavu geologických věd Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity za možnost studia geologie.

Obsah

Seznam obrázků	17
Seznam tabulek	19
Seznam příloh	20
Seznam pojmů a zkratk	22
1 Úvod	23
2 Teoretická část	24
2.1 Lokalizace.....	24
2.2 Geologie	25
2.3 Fluviální sedimenty	29
2.4 Těžké minerály.....	30
2.4.1 Těžké minerály v Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichová prospekce České republiky.....	30
2.4.2 Těžké minerály v oblasti Moravské brány v literatuře	33
2.4.3 Těžké minerály – popis vybraných minerálů	35
3 Cíle práce	39
4 Obecná metodika stanovení obsahu těžkých minerálů	40
4.1 Příprava vzorků.....	40
4.2 Separční metody.....	40
4.2.1 Zrnová separace	40
4.2.2 Koncentrační splav.....	41
4.3 Určovací metody	41
4.3.1 Mikroskopování.....	41
4.3.2 Rastrovací elektronová mikroskopie (SEM).....	41
4.3.3 Ramanova spektroskopie.....	42
5 Realizovaná metodika práce	43

5.1	Příprava vzorků.....	43
5.2	Separáční metody.....	43
5.2.1	Mokr� s�tovn�n�.....	43
5.2.2	Koncentrační splav.....	43
5.3	Určovací metody.....	43
5.3.1	Mikroskopovn�n�, p�r�prava vzorků pro ur�en� t�zk�ch minerálů 43	
5.3.2	P�r�prava vzorků pro mikroanalýzy	43
5.3.3	Ur�en� t�zk�ch minerálů	44
5.3.4	Ur�en� t�zk�ch minerálů v jednotlivých barevných kategoriích 44	
5.4	Metodika statistického vyhodnocen�.....	44
5.4.1	Roztr�d�n� frakcí vybraného vzorku do barevných kategorií 44	
6	Výzkum	48
6.1	Odběr vzorků	48
6.2	P�r�prava vzorků.....	49
6.3	Separace vzorků mokrým s�tovn�n�m	49
6.4	Odd�len� t�zk� frakce na koncentračním splavu	50
6.5	Mikroskopovn�n�, p�r�prava vzorků pro ur�en� t�zk�ch minerálů....	50
6.5.1	P�r�prava vzorků pro Ramanovu spektroskopii	51
6.5.2	P�r�prava vzorků pro SEM.....	52
7	Výsledky výzkumu	54
7.1	Výsledky zrnitostních rozborů.....	54
7.2	T�zk� minerály ur�en� Ramanovou spektroskopii	54
7.3	T�zk� minerály ur�en� skenovacím elektronov�m mikroskopem.	57
7.4	Ur�en� t�zk� minerály v jednotlivých barevných kategoriích	60
7.4.1	Barevn� kategorie sv�tl�	60
7.4.2	Barevn� kategorie hnědá	62
7.4.3	Barevn� kategorie zelen�	63
7.4.4	Barevn� kategorie �ern�.....	65

7.4.5	Barevná kategorie granátová.....	69
7.5	Statistické vyhodnocení.....	70
8	Diskuze	72
9	Závěr	74
	Použité zdroje	75
Příloha A	Fotografická dokumentace míst odběrů vzorků	79
Příloha B	Rozpis frakcí u jednotlivých vzorků získaných mokrým sítováním	82
Příloha C	Tabulka oddělené frakce těžkých minerálů na koncentračním splavu	87
Příloha D	Popis zrn těžkých minerálů pro Ramanovu spektroskopii a SEM	89
Příloha E	Statistické vyhodnocení zrn těžkých minerálů ve vzorku MNK3	101

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ložisko štěrkopísku Mankovice	24
Obrázek 2A: Geologická mapa oderské části Moravské brány	25
Obrázek 2B: Legenda ke geologické mapě (Burda ed. 2016).....	26
Obrázek 3: Řez kvartérních sedimentů v příčném profilu údolím Odry u Zábřehu n.O.....	28
Obrázek 4: Rozsah saalského zalednění na severní Moravě.....	34
Obrázek 5: Zrnitostní frakce nad 4 mm vzorku MNK3.....	49
Obrázek 6: Rozmístění zrn těžkých minerálů u frakce 0,125 mm na laboratorním sklíčku	51
Obrázek 7: Rozmístění zrn těžkých minerálů u frakce 0,125 mm na laboratorním sklíčku	52
Obrázek 8: Rozmístění zrn těžkých minerálů pro SEM analýzu na laboratorním sklíčku	53
Obrázek 9, 10, 11: zirkon.....	60
Obrázek 12, 13, 14: apatit	60
Obrázek 15, 16: silimanit.....	61
Obrázek 17, 18: kyanit.....	61
Obrázek 19: karbonáty (obecně).....	62
Obrázek 20, 21: dolomit.....	62
Obrázek 22, 23, 24: sk. epidotu.....	63
Obrázek 25, 26: enstatit	63
Obrázek 27, 28, 29: diopsid	64
Obrázek 30: chlorit	64
Obrázek 31: forsterit	64
Obrázek 32, 33: sk. turmalínu	65
Obrázek 34, 35: sk. turmalínu	65
Obrázek 36, 37: sk. amfibolu	66

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 38: sk. amfibolu	66
Obrázek 39, 40: sk. spinelidu	66
Obrázek 41, 42: sk. spinelidu	67
Obrázek 43: staurolit.....	67
Obrázek 44, 45, 46: rutil	68
Obrázek 47: anatas.....	68
Obrázek 48: brookit	69
Obrázek 49, 50 sk. granátu.....	69
Obrázek 51, 52, 53, 54: sk. granátu	69
Obrázek 55: Barevné kategorie u jednotlivých zrnitostních frakcí vzorku MNK3	71

Seznam tabulek

Tabulka 1: Obsahové třídy minerálů (g/m ³)	31
Tabulka 2: Vybrané těžké minerály na lokalitě Mankovice	32
Tabulka 3: Pojmy k statistickému vyhodnocení jedné frakce	45
Tabulka 4: Označení jednotlivých vzorků s popisem	48
Tabulka 5: Rozpis barevných kategorií	50
Tabulka 6A: Těžké minerály určené Ramanovou spektroskopií u frakce 0,125 mm	54
Tabulka 6B: Těžké minerály určené Ramanovou spektroskopií u frakce 0,250 mm	56
Tabulka 7: Těžké minerály určené Ramanovou spektroskopií u frakce 0,250 mm	56
Tabulka 8: Těžké minerály určené skenovacím elektronovým mikroskopem u frakce 0,125 mm	57
Tabulka 9: Těžké minerály určené skenovacím elektronovým mikroskopem u frakce 0,250 mm	58
Tabulka 10: Těžké minerály určené skenovacím elektronovým mikroskopem u frakce 0,500 mm	59
Tabulka 11: Podíly barevných kategorií u jednotlivých zrnitostních frakcí 70	

Seznam příloh

Příloha A

Obrázek 1: Místo odběru vzorku MNK1 před úpravnou, oranžová kalová trubka, místo odběru vzorku MNK4.....	79
Obrázek 2: Hromady upraveného materiálu za úpravnou. Místo odběru vzorku MNK2.....	80
Obrázek 3: Přírodní pozice. Místo odběru vzorku MNK3.....	80
Obrázek 4: Bagr s násypkou a pasovou dopravou. V pozadí úpravna. Laguna slouží jako uložistiště odplavitelných částic. Místo odběru vzorku MNK5	81

Příloha B

Obrázek 1: Průběh zrnitostních frakcí u vzorků MNK1 – MNK5	86
Tabulka 1: Vzorek MNK1	82
Tabulka 2: Vzorek MNK2	82
Tabulka 3: Vzorek MNK3	83
Tabulka 4: Vzorek MNK4	84
Tabulka 5: Vzorek MNK5	85

Příloha C

Tabulka 1: Semikvantitativní analýza těžkých minerálů	87
---	----

Příloha D

Obrázek 1, 2: 125_D1 – Turmalín sk., 250_A1 – Topaz.....	96
Obrázek 3, 4: 250_B3 – Pyroxen sk., 250_C2 – Epidot sk.....	96
Obrázek 5, 6: 250_C3 – Chlorit sk., 250_D3 – Apatit	96
Obrázek 7, 8: 250_B1 – Staurolit, 500_A1 – Granát sk.	97
Tabulka 1: Popis zrn těžkých minerálů pro Ramanovu spektroskopii, frakce 0,125 mm.....	89
Tabulka 2: Popis zrn těžkých minerálů pro Ramanovu spektroskopii, frakce 0,250 mm.....	91
Tabulka 3: Popis zrn těžkých minerálů pro SEM, frakce 0,125, 0,250 a 0,500 mm.....	94
Tabulka 4: Chemická analýza zrna sk. turmalínu 125 D1	97
Tabulka 5: Chemická analýza zrna topazu 250 A1	98
Tabulka 6: Chemická analýza zrna sk. pyroxenu 250 B3.....	98
Tabulka 7: Chemická analýza zrna sk. epidotu 250 C2.....	98
Tabulka 8: Chemická analýza zrna sk. chloritu 250 C3	99
Tabulka 9: Chemická analýza zrna apatitu 250 D3	99
Tabulka 10: Chemická analýza zrna staurolitu 250 B1	99
Tabulka 11: Chemická analýza zrna sk. granátu 500 A1.....	100

Seznam pojmů a zkratk

Ma	– milionů let
RTG analýza	– rentgenová analýza
SEM	– rastrovací elektronová mikroskopie
UV záření	– ultrafialové záření

1 Úvod

Tato práce se zabývá studiem těžkých minerálů na ložisku štěrkopísku Mankovice (dále lokalita Mankovice). Těžba štěrkopísků na lokalitě Mankovice je prováděna bagrem z těžební stěny. Materiál je dopravován pásovou dopravou k technologické lince, kde je zbavován jemných podílů jílu a písku proplachem, dále je tento materiál drcen a separován.

Cílem mé práce je provést stanovení těžkých minerálů ve vybraných frakcích a jejich srovnání s údaji z Atlasu map 1:200 000, List 25 Zlín, Regionální šlichová prospekce České republiky (Abraham ed. 1994).

Ve své práci jsem na úvod popsal geologii v místě lokality Mankovice. Dále jsem provedl popis fluviálních sedimentů a popis výskytu těžkých minerálů z Atlasu map 1:200 000, List 25 Zlín, Regionální šlichová prospekce České republiky (Abraham ed. 1994). Dále jsem popsal přípravu vzorků a metody určování těžkých minerálů.

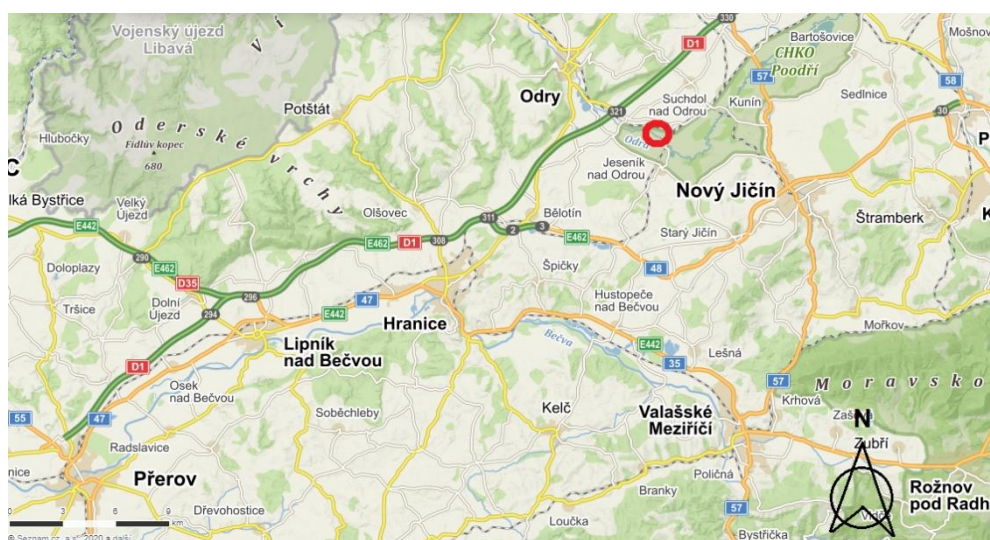
V praktické části jsem provedl přípravu vzorků pro určení těžkých minerálů. Po určení těžkých minerálů jsem pomocí binokulárního mikroskopu provedl zatřídění těžkých minerálů.

V závěrečné části jsem provedl vyhodnocení vybraného vzorku a jeho srovnání s údaji z Atlasu map 1:200 000, List 25 Zlín, Regionální šlichová prospekce České republiky (Abraham ed. 1994).

2 Teoretická část

2.1 Lokalizace

Lokalita Mankovice se nachází v geomorfologickém celku Moravská brána 40 km severovýchodně (SV) od města Přerov (Obr. 1). Spadá do oderské části Moravské brány (Demek et al., 1965).

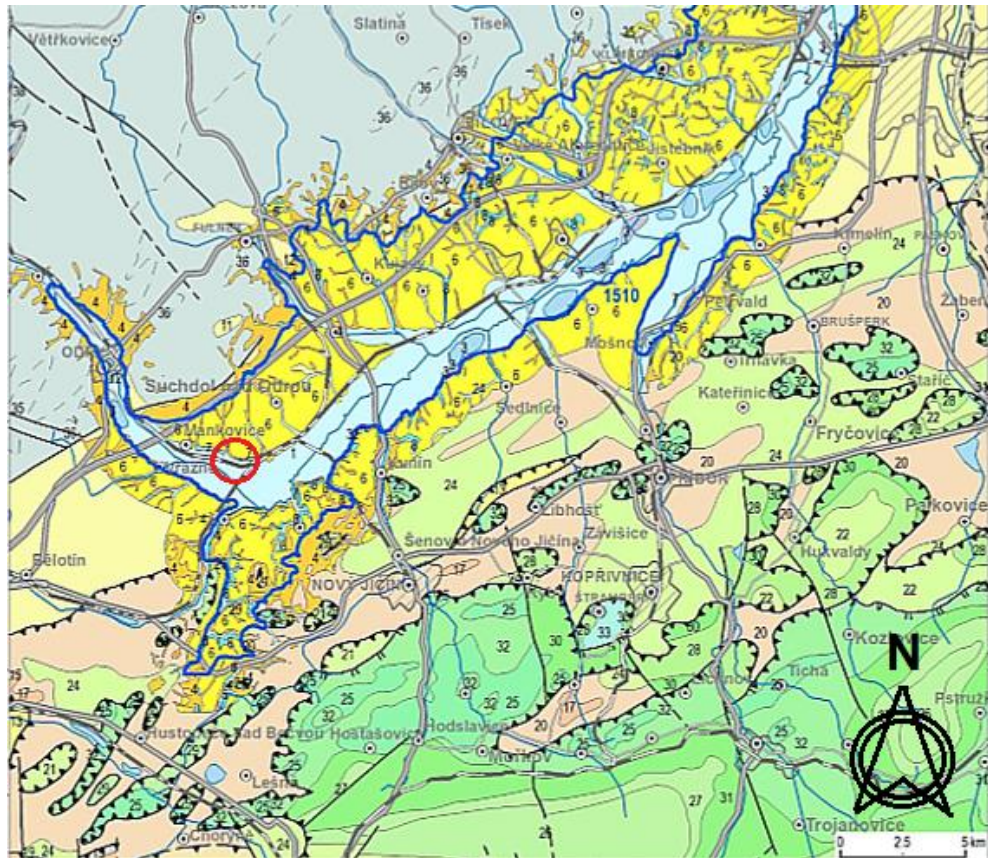


Obrázek 1: Ložisko štěrkopísku Mankovice – označeno červeným kruhem
(www.seznam.cz, 2020, upraveno)

2.2 Geologie

Dle Petránka et al. (2016) je Moravská brána z hlediska geologického definována jako úzká deprese ve směru severovýchodně-jihovýchodně (SV-JV) mezi Ostravou a Přerovem. Východní okraj Moravské brány ve směru SV-JV je lemován poklesovými zlomy, které jsou nazývány jako okrajový zlom oderských vrchů.

Moravská brána je součástí karpatské předhlubně. Vlastní vznik Moravské brány souvisí s povariskými, alpinskými tektonickými procesy během nasouvání Vnějších Západních Karpat na starší horniny Českého masívu během miocénu.



Obrázek 2A: Geologická mapa oderské části Moravské brány (Burda ed. 2016, upraveno)

tlakových napětí při nasouvání vnějších karpatských příkrovů během eggenburgu (cca 17 milionů let (Ma)) k poklesu karpatské předhlubně v oblasti Moravské brány. Pokles předcházel vznik zlomů, které lemují Moravskou bránu – okrajový zlom oderských vrchů a zlom u kry Maleníku. Během eggenburgu a ottnangu byla oblast Moravské brány v okolí Hranic pravděpodobně souší. Transgrese moře během eggenburgu nezasáhla oblast Moravské brány. V daném období docházelo v Moravské bráně k sedimentaci sladkovodních sedimentů. Během karpatu došlo k nejvýraznějšímu poklesu karpatské předhlubně v její střední části. Pokles karpatské předhlubně pokračoval i během badenu a je spojen se spodnobadenskou transgresí moře, která zasáhla nejen oblast Moravské brány, ale i většinu oblastí Českého masívu. Během spodnobadenské transgrese moře došlo v oblasti Moravské brány k denudaci sladkovodních uloženin. Zaplavení jižní části Moravské brány mělo krátkodobý charakter (doba trvání cca 1 Ma). Miocénní uloženiny dosahují místy více než 1 200 m.

Důležitá je zmínka, že od středního miocénu se změnil plán říční sítě v Českém masívu.

Skladba sedimentů byla tvořena polohami tzv. téglů (šedo zelené vápnité jíly), slínů, písků, pískovců a štěrků. Mocnost pískových poloh dosahuje několika metrů, jak dokládají pískovny např. v Dolních Netčicích a v Bezouchově.

Po ústupu moře během badenu se stala oblast Moravské brány oblastí akumulací, která byla vyplňována přívalovými sedimenty. Během kvartéru do jejího vývoje zasáhla glaciální činnost během saalského a elsterského zalednění.

S glaciály souvisela i tvorba říčních teras řeky Odry. Koryto řeky Odry bylo zařezáváno do podložního podkladu v souvislosti se změnami úrovně mořské hladiny během glaciálů. Doprovodným jevem byl výzdvih Českého masívu.

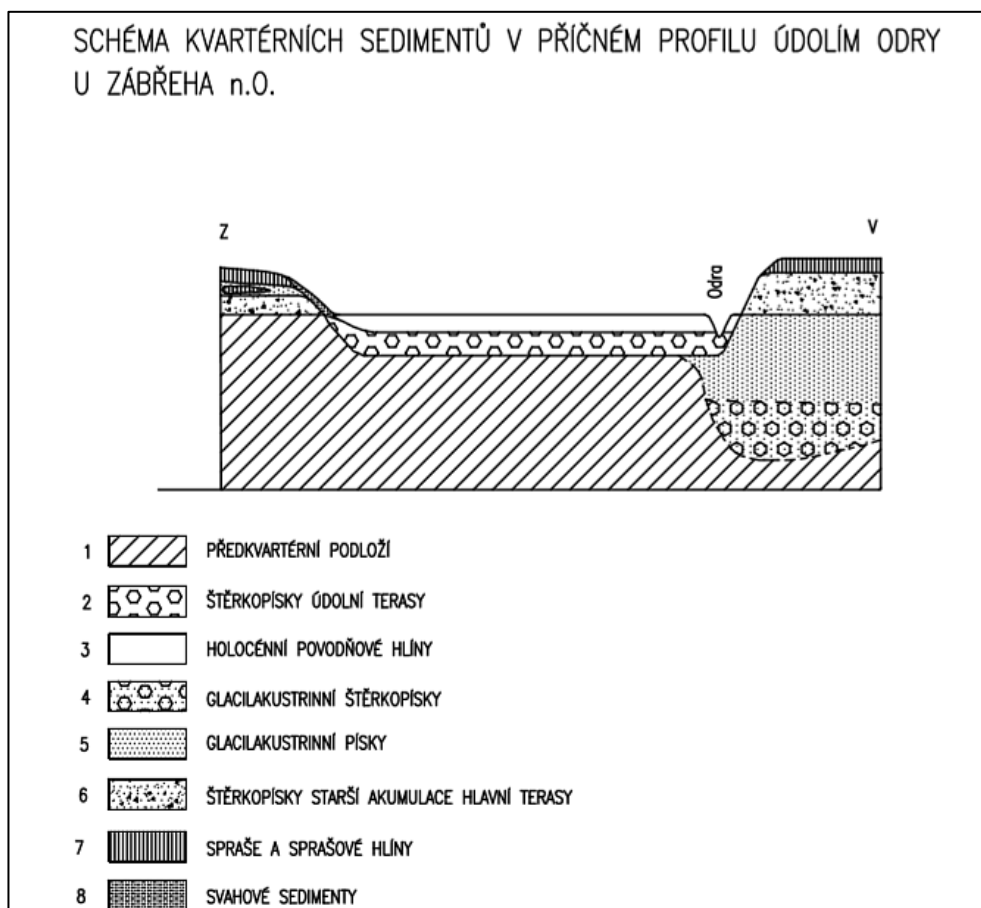
Sedimenty Moravské brány byly podle Kužvarta red. (1977) tvořeny kvarténními fluviálními, glaciálními sedimenty a eolickými (spraše a sprašové hlíny) sedimenty (Obr. 2).

Údolí řeky Odry je tvořeno dvěma terasami. Hlavní terasou (Ostravskou) a údolní terasou.

Hlavní terasa je tvořena staršími kvarténními sedimenty z období saalského a elsterského glaciálu. Údolní terasa je pak tvořena sedimenty Würmského glaciálu. Geologický řez na Obrázku 3 znázorňuje skladbu sedimentů v sousední lokalitě u Zábřehu nad Odrou.

Akumulace materiálu na levém a pravém břehu odpovídají oblastem snosu, se kterými sousedí. Jejich podíl je dán množstvím přítoků. Směrem k Ostravě tedy narůstá podíl uloženin karpatského flyše.

V okolí Mankovic není v podstatě větší přítok ze strany Podbeskydské pahorkatiny. Uloženy jsou z tohoto důvodu tvořeny sedimenty kulmu Nížkého Jeseníku.



Obrázek 3: Řez kvarténních sedimentů v příčném profilu údolím Odry u Zábřehu n.O. (Kužvart red. 1977, upraveno)

Při vyústění řeky Odry do Moravské brány dosahují štěrkopísky jesenického kulmu mocnosti až 9 m. Nadloží tvoří povodňové hlíny 4–5 m. Na ložisku Mankovice byl zastižen bilanční vývoj 2,3 - 5,8 m.

2.3 Fluviální sedimenty

Fluviální sedimenty jsou sedimenty říčního původu. Materiál těchto sedimentů byl během transportu vodou abrazivně zarovnávan a rozpouštěn. Materiál fluviálních sedimentů je tříděn podle velikosti proudu, hmotnosti, velikosti a tvaru zrn. Zaoblení a opracování povrchu zrn závisí na vzdálenosti od zdrojové horniny, odkud byl materiál transportován.

Fluviální sedimenty jsou tvořeny štěrkopísky. Nejvýznamnější složkou štěrkopísků je štěrk (psefit). Jde o klastické sedimenty o velikosti nad 2 mm. Štěrky se člení na jednotlivé zrnitostní frakce: drobnozrný štěrk, velikost zrna 2,0 až 8,0 mm, střednězrný štěrk, velikost zrna 8,0 až 32 mm, hrubozrný štěrk, velikost zrna 32 až 128 mm. V praxi hovoříme o valoncích, valounech a balvanech. Další složkou štěrkopísků jsou písky (psamity). Velikost zrn písku je v rozmezí 0,063 mm až 2,0 mm. Rozdělují se na jemnozrné, velikost zrna 0,063 až 0,25 mm, střednězrné, velikost zrna 0,25 až 1,0 mm, a hrubozrné, velikost zrna 1,0 až 2,0 mm. Štěrky a písky jsou ve štěrkopíscích provázány příměsí prachu a jílu, jejichž velikost zrna je menší než 0,063 mm. Zatímco jsou štěrky tvořeny valouny hornin, slepenců a nerostů, podílejí se na skladbě písků z podstatné části nerosty. Horninový podíl s klesající zrnitostí klesá. Štěrkopísky jsou důležitý stavební materiál. Během těžby je zapotřebí provádět úpravu a třídění vytěžených štěrkopísků. Důležité je zbavit štěrkopísky jemných podílů (do 0,063 mm). Tento proces je prováděn na úpravárenských linkách proplachem vodou. Dále je materiál drcen a tříděn na jednotlivé frakce, které jsou nabízeny zákazníkům k prodeji (Kužvart, 1984).

2.4 Těžké minerály

2.4.1 Těžké minerály v Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichová prospekce České republiky

Výskyt těžkých minerálů na lokalitě těžby štěrkopísků Mankovice je zobrazen v Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichové prospekce České republiky, List 25 Zlín Abraham ed. (1994).

Systematická regionální šlichová prospekce byla v České republice zahájena v polovině 60. let. V roce 1993 bylo zahájeno zpracování výsledků dat z regionální šlichové prospekce v rámci realizace státního úkolu „Regionální šlichová prospekce České republiky“. Výsledkem bylo vydání atlasu map v měřítku 1:200 000. Atlas map obsahuje 22 map distribuce vybraných minerálů a 12 map distribuce chemických elementů analyzovaných v jemné frakci šlichů.

Samotné stanovení distribuce těžkých minerálů v recentních sedimentech bylo v oblasti Moravské brány provedeno v závěru státního úkolu, v letech 1992–1993, v rámci vzorkování karpatské předhlubně.

V průběhu vzorkování prováděli vzorkaři odběry z recentních, pokud možno nevytříděných sedimentů aktivních toků se širokým spektrem zrnitosti. Vzorky byly odebírány z hloubky 20–30 cm. Hustota vzorkování byla stanovena 1 vzorek/1 km².

Z důvodu zachování odběrové sítě byly běžně vzorkovány i občasné toky a v mnoha případech i deluviální výplň suchých údolí. Po odstranění humózní vrstvy byly kopány sondy do hloubky 50–60 cm. Objem odebíraného vzorku byl 10 litrů.

Příprava vzorků probíhala následně tak, že odebraný materiál byl síťován ve vodním prostředí na síť o velikosti ok 2 mm. Frakce >2 mm byla odhadem kvantifikována na objemová procenta a po vizuálním zhodnocení likvidována. Frakce <2 mm byla odkalena a vyrýžována do šedého šlichu. Místa odběru byla zdokumentována. Čistopisy odběrových schémat s přesným označením a lokalizací vzorků převedené do měřítku 1:50 000 jsou součástí závěrečných zpráv.

Před analýzou byly koncentráty těžkých minerálů síťovány na síť s velikostí ok 0,15 mm. Vzorky jemné frakce <0,15 mm byly po ručním rozetření na analytickou jemnost předány k emisní spektrální analýze.

Nadsítná frakce byla s použitím permanentního magnetu, popř. elektromagnetu, roztríděna na ferromagnetickou, magnetickou a nemagnetickou frakci. Následnou separací v těžkých kapalinách (bromoforn, $\rho = 2,89 \text{ g/cm}^3$) byly z frakce odstraněny všechny lehké minerály.

Pro spolehlivou identifikaci byly důležité minerály ve vytríděných vzorcích určeny pomocí barvicích testů. Podstatou barvicích testů jsou specifické selektivní chemické reakce, po jejichž aplikaci jsou zájmové minerály potaženy tenkým povlakem charakteristické barvy. Při mineralogické analýze jsou pak takto obarvené minerály bezpečně identifikovatelné. Všechny vzorky byly barvicími testy testovány na baryt.

Základní metodou pro vyhodnocení šlichových vzorků byla semikvantitativní mineralogická analýza. Jejím účelem bylo určení všech složek koncentrátu těžkých minerálů a vyjádření jejich množství v g/m^3 . Určené těžké minerály pak byly zařazeny do obsahových tříd viz tab.1

Tabulka 1: Obsahové třídy minerálů (g/m^3) (Abraham, M. ed. 1994)

Třída	1	2	3	4	5	6	7	8
Obsah	<0.1 (stopy)	0,1-1	1-5	5-50	50-100	100-500	500-1000	>1000

Určení minerálů a zjištění jejich množství bylo prováděno pod binokulárním stereoskopickým mikroskopem.

Obtížně rozpoznatelné a problematické minerály byly určeny pod polarizačním mikroskopem nebo za pomoci spektrální analýzy, mikrosondy, popř. rentgenové analýzy (RTG analýzy). Pro identifikaci scheelitu byla využita fluorescence tohoto minerálu po ozáření ultrafialovým zářením (UV zářením).

Feromagnetické frakce, které byly většinou složeny z magnetitu a kového průmyslového znečištění, nebyly mineralogicky analyzovány.

Vzhledem k obtížnosti při identifikaci některých minerálních druhů bylo provedeno pouze jejich zařazení do příslušné mineralogické skupiny (granáty, amfiboly, pyroxeny, skupina epidotu). Spinely byly barevně rozlišeny na černé, zelené a barevné.

Analýzy jemné frakce šlichů (<0,15 mm), odebraných z karpatské předhlubně, byly realizovány v průběhu 15 let. První odběry byly provedeny v roce 1975. Analýza frakce šlichů (<0,15 mm) byla provedena na spektrografu ISP 22. V závěru projektu v roce 1990 byly analýzy frakce šlichů

(<0,15 mm) prováděny na spektrografu PGS. Podmínky odběru vzorků i analytické podmínky se tedy během 15 let do jisté míry změnilly.

Zpracování dat z odběrů bylo provedeno firmou GMS a.s. v Jihlavě. Každý vzorek byl charakterizován 65 proměnnými (číslo vzorku, souřadnice, informace z místa odběru atd.). Vzniklá databáze vzorků, včetně vzorků šlichů, je uložena u firmy GMS a.s. v Jihlavě.

Pracovníci firmy GMS a.s. provedli rovněž matematické zpracování vyhodnocených vzorků. Na vyhodnocení navázalo vykreslení jednotlivých listů Atlasu map 1:200 000 Regionální šlichové prospekce České republiky.

Principem matematického řešení získaných dat při tvorbě mapového listu je jeho rozdělení na čtvercové cely o straně 3 km. Každá cela se překrývá ve všech směrech z 50 % se sousední celou (metoda klouzavého okna). Každé cele byla přiřazena reprezentativní hodnota koncentrace, vypočtená jako geometrický průměr nenulových hodnot v cele, korigovaný na počet negativních analýz. Dalším krokem bylo zjemnění sítě rozdělením původních cel na 36 mikrocel o straně 500 m. Charakteristická hodnota pro každou mikrocelu byla vypočtena jako aritmetický průměr předchozích hodnot, kde váha je funkcí vzdálenosti středu mikrocely od středu základní cely.

V mapovém výstupu jsou pak hodnoty mikrocel přiřazeny k příslušným koncentračním (obsahovým) třídám a proloženy barevnými šrafi. Počet mikrocel vytvořených v mapě je mnohem větší než počet odebraných vzorků. Histogram vyjadřuje četnost zastoupení koncentrací vytvořených pro mikrocely a plně odpovídá obsahu mapy. Vybrané těžké minerály z Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichové prospekce České republiky, List 25 Zlín Abraham ed. (1994) jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2: Vybrané těžké minerály na lokalitě Mankovice (Abraham, M. ed. 1994)

Těžký minerál	Obsah těžkého minerálu na lokalitě Mankovice (g/m³)
Amfibol, skupina	0,1-1,0
Apatit	0,1-1,0
Epidot	0,1-1,0
Granát, skupina	1,0-50,0

Pyroxen, skupina	0,1-1,0
Rutil	0,1-1,0
Spinel	0-0,1
Staurolit	1,0-50,0
Zirkon	0,1-1,0

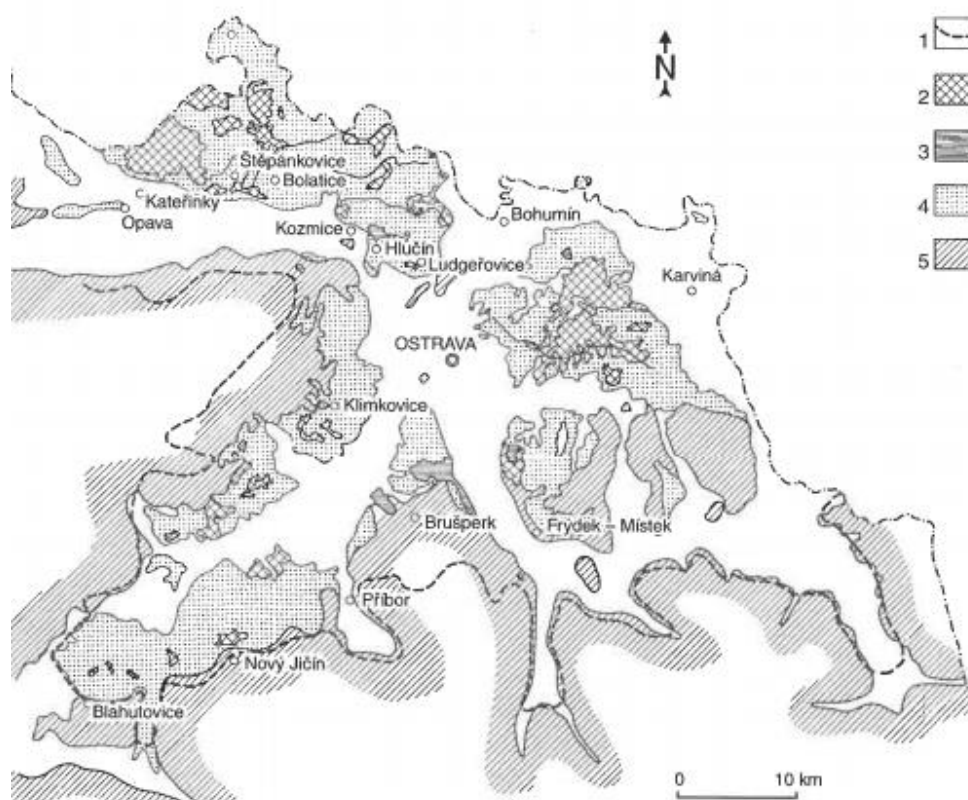
2.4.2 Těžké minerály v oblasti Moravské brány v literatuře

Podle Žebery red. (1965), (Obr. 4), byly v soufkových hlínách elsterského zalednění zaznamenány výskyty poměrně hrubozrnného a ostrohranného rutilu, obsah granátu byl ve frakci 0,06–0,11. Z těžkých minerálů v soufkových hlínách saalského zalednění byly zjištěny následující těžké minerály a jejich skupiny:

Amfibol – patrně místního původu
Apatit – místního původu i přinesený ledovcem
Anatas – patrně místního původu
Epidot – místního i severského původu
Růžový granát – místního původu i přinesený ledovcem
Illmenit – místního původu i přinesený ledovcem
Rutil – místního původu i přinesený ledovcem
Pyrit – místního původu
Sillimanit – místního původu
Staurolit – místního původu
Titanit – patrně přinesený ledovcem
Topas – přinesený ledovcem
Turmalín – místního původu i přinesený ledovcem
Zirkon – místního původu i přinesený ledovcem

Dále podle Žebery red. (1965), (Obr. 4).

Na východ (V) od Odry se ve větší míře objevují mezi asociací těžkých minerálů minerály beskydského původu a mizí minerály z hornin Nízkého Jeseníku. V glacialakustrinních písčích saalského zalednění byly zaznamenány těžké frakce následujících minerálů: olivín, ilmenit, magnetit, zirkon, rutil, siderit, augit, staurolit, granát, andaluzit, tremolit, aktinolit, anatas, epidot, leukoxen, disten. V chemickém složení naprosto převládá SiO_2 . Výskyt těžkých frakcí minerálů v Moravské bráně souvisí s existencí glacialního jezera, omezeného na severu (S) čelní morénou a čelem ledovce a na jihu (J) Oderskými vrchy a Beskydami. Eolické sedimenty sprašového charakteru v oderské oblasti Moravské brány obsahují pouze nepatrné množství těžkých frakcí minerálů glacialního původu. Byl zaznamenán výskyt muskovitu, biotitu, turmalínu, amfibolu, glaukonitu a rutilu. V oderské oblasti Moravské brány převládají úlomky a zrnka kulmských hornin nad ostatními složkami.



Obrázek 4: Rozsah saalského zalednění na severní Moravě (Chlupáč et al. 2002). Legenda k obr. 4: 1 – hranice největšího rozsahu saalského zalednění; 2

– souvkové hlíny; 3 – glacialakustrinní jíly a varvity; 4 – glacialakustrinní písky;
5 – horniny skalního podloží (J. Macoun et al. 1965)

Podle Kužvarta red. (1977) se zastoupení těžkých minerálů po proudu Odry zvyšuje. Je to způsobeno nárůstem eratických hornin a beskydských pískovců.

V JZ části Moravské brány je hojněji přítomen granát a staurolit, méně turmalín. V SZ části je častěji zastoupen turmalín, méně pak granát a staurolit.

2.4.3 Těžké minerály – popis vybraných minerálů

Jako těžké minerály označujeme ty nerosty, které mají hustotu vyšší než 2,9 g/cm³. Náleží sem hlavně minerály, které nespolehlivě zvětrávají, jsou mechanicky odolné, a tím se často dostávají do náplavů a rýžovisek (Rost, 1956).

Popis minerálů je proveden podle Gregerové et al. (2002) a Ďudi et al. (2008).

Amfibol $(\text{Ca,Na})_2(\text{Mg,Fe,Al})_5(\text{Si,Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$

Skupina minerálů.

Symetrie: Monoklinická

Barva: tmavě zelená, hnědá až černá

Lesk: skelný až matný

Tvrдость: 5–6

Specifická hmotnost: 3,4

Parageneze: Pyroxeny

Výskyt: V metamorfních bazických horninách, v magmatických, intermediálních horninách (syenity, diority, andezity)

Apatit $\text{Ca}_5[\text{F,Cl,OH}](\text{PO}_4)_3$

Symetrie: Hexagonální

Barva: bílá, fialová, nažloutlá, nazelenalá

Lesk: skelný

Tvrдость: 5

Specifická hmotnost: 3,16–3,22

Parageneze: Hojně rozšířený

Výskyt: V metamorfních, magmatických a sedimentárních horninách.

Vyskytuje se i v pegmatitech

Epidot $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+}\text{Al})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$

Symetrie: Monoklinická

Barva: šedá, nažloutlá, nazelenalá, tmavozelená

Lesk: skelný

Tvrдост: 6

Specifická hmotnost: 3,38–3,49

Parageneze: Aktinolit, albit, křemen, kalcit, zoisit, klinozoisit, chlorit

Výskyt: Na trhlinách metamorfovaných hornin, vápenců melafyrů a krystalických břidlic, alpská parageneze

Granát $\text{XY}[\text{SiO}_4]_3$

Skupina minerálů.

Symetrie: Kubická

Barva: červená

Lesk: skelný

Tvrдост: 6,5–7,5

Specifická hmotnost: 3,6–4,3

Parageneze: Velmi rozmanitá (křemen živce, slídy, anhydrit, sádrovec, olivín, serpentín, pyroxeny)

Výskyt: Alkalické vulkanity, granity, pegmatity, aplity, peridotity, mramory, vápenato-silikátové rohovce, svory, ruly, amfibolity, serpentinity, skarny

Pyroxeny XYSi_2O_6

Skupina minerálů

Symetrie: Monoklinická

Barva: průsvitná, zelená, bílá, žlutá, šedá, černá, hnědá, hnědozelená, výjimečně modrá

Lesk: skelný až matný

Tvrдост: 5,5–7,5

Specifická hmotnost: 3,2–3,6

Parageneze: olivín, granát, magnetit

Výskyt: Magmatické, metamorfované horniny, v pegmatitech, ve skarnech, vzácně hydrotermální v sedimentech

Rutil TiO_2

Symetrie: Tetragonální

Barva: žlutohnědá, červená, hnědočervená až černá

Lesk: kovový až diamantový

Tvrdost: 6

Specifická hmotnost: 4,2–4,3

Parageneze: Ti minerály, minerály alpské parageneze

Výskyt: Magmatické, metamorfované, klastické sedimentární horniny (syenity, metabazalty, eklogity)

Spinel MgAl_2O_4

Symetrie: Kubická

Barva: žlutá, žlutohnědá, hnědá, červená, modrá, zelená až černá

Lesk: skelný

Tvrdost: 8

Specifická hmotnost: 3,6

Parageneze: Kalcit, granát, chondrodit

Výskyt: Bazické magmatické horniny, kontaktní vápence

Staurolit $\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Symetrie: Monoklinická

Barva: hnědá, žlutohnědá, hnědočervená

Lesk: skelný až smolný

Tvrdost: 7–7,5

Specifická hmotnost: 3,65–3,77

Parageneze: Kyanit, granát, turmalín, slídy, svory, sediment

Výskyt: Svory, sediment

Turmalín-Skoryl $\text{NaFe}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$

Symetrie: Trigonální

Barva: černá

Lesk: skelný

Tvrdost: 7

Specifická hmotnost: 2,9–3,2

Parageneze: Muskovit, křemen, ortoklas

Výskyt: Kyselé magmatické a metamorfované horniny, především pegmatity

Zirkon $Zr[SiO_4]$

Symetrie: Čtverečná

Barva: bez barvy, žlutá, zelená, hnědá, červená, modrá, oranžová

Lesk: skelný až mastně diamantový

Tvrдость: 6,5–7,5

Specifická hmotnost: 3,9–4,8

Parageneze: biotit, amfibol, granát, křemen

Výskyt: migmatity, pegmatity, druhotně v náplavech

3 Cíle práce

Cílem práce bylo provést popis těžkých minerálů v odebraných vzorcích na ložisku štěrkopísků Mankovice. Popis byl proveden na vybraném odebraném vzorku, který byl statisticky vyhodnocen. Realizovaná metodika práce byla stanovena tak, aby se v hlavních bodech neodchylovala od metodiky použité při tvorbě Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichové prospekce České republiky, List 25 Zlín Abraham ed. (1994). Statistické vyhodnocení obsahu těžkých minerálů (skupin) bylo podkladem k přiřazení minerální asociace těžkých minerálů na ložisku štěrkopísků Mankovice.

Dalším cílem práce bylo definování zrnitostních složení odebraných vzorků a provést vyhodnocení.

Práce je zakončena srovnáním údajů získaných během výzkumu s údaji z Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichové prospekce České republiky, List 25 Zlín Abraham ed. (1994) a z další citované literatury.

4 Obecná metodika stanovení obsahu těžkých minerálů

Vyhodnocení obsahu těžkých minerálů ve vzorcích můžeme provádět sérií fyzikálních a chemických metod podle potřeb studia. Lze je rozdělit na dvě skupiny operací: separační metody a vlastní určování nerostů v jednotlivých frakcích (Mikysek, 2011). V dalším textu jsem popsal pouze metody použité v kapitole 6 Výzkum.

V kapitolách 4.1. a 4.2. je popsána metodika přípravy vzorků a separačních metod. V kapitole 4.3. je popsána metodika určovacích metod. Kapitola 5 se věnuje metodice práce a v podkapitole 5.4 je uvedena metodika statistického vyhodnocení při určování těžkých minerálů.

Výzkum začíná odběrem vzorků na lokalitě. Vzorky jsou označeny, je zdokumentováno místo jejich odběru a jejich hmotnost. Jsou zaznamenány specifické podmínky při odběru vzorků. Součástí odběrů vzorků je seznámení se s lokalitou.

4.1 Příprava vzorků

Před přípravou vzorku k separaci je odebraný materiál homogenizován na stejný poměr všech frakcí a pomocí kvartace získáno potřebné množství materiálu pro přípravu laboratorního vzorku. Vlastní příprava laboratorního vzorku spočívá v oddělení hrubé frakce o velikosti zrna nad 4 mm a v proplachu odebraného materiálu, odplavení kalu a vyseparování hrubé frakce.

4.2 Separační metody

4.2.1 Zrnová separace

Základní roztřídění odebraného vzorku na jednotlivé frakce je provedeno metodou mokrým síťováním. Separovaný materiál je nasypán na horní síto s velikostí ok 2,0 mm. Během této separace jsou odebrané vzorky roztříděny mokrým síťováním pomocí vibrujících laboratorních sít o velikosti ok: 2,000 mm, 1,000 mm, 0,500 mm, 0,250 mm, 0,125 mm a 0,063 mm. Během síto-

vání je materiál proplachován vodou, která je přiváděna prostřednictvím hadice nad síto s velikostí ok 2,0 mm. Jednotlivé zrnitostní frakce jsou poté vysušeny na vzduchu. (Borovec, 1992).

4.2.2 Koncentrační splav

Z jednotlivých zrnitostních frakcí získaných zrnovou separací je na koncentračním splavu oddělena těžká frakce. Separace na koncentračním splavu probíhá na mírně podélně i příčně nakloněné desce, která je opatřena podélnými vroubky. Vlastní separace těžké frakce probíhá v těžké netoxické kapalině s hustotou 2,95 g/cm³. Kapalina, v našem případě LST (polywolframan sodný), přitéká na horní hraně desky a stéká po nakloněné rovině desky. Nakloněná deska se současně podélně a příčně třese. Na minerální zrna působí protikladné síly. Lehčí minerály, které jsou ovlivněny vodním proudem, jsou strhávány na spodní okraj desky. Těžší minerály, na které působí pohyby splavu, se koncentrují při bočním okraji desky. (Táborský a Tomas, 1987).

4.3 Určovací metody

4.3.1 Mikroskopování

Pozorování vzorků binokulárním mikroskopem je prováděno v odraženém světle v bílé porcelánové laboratorní misce. Zrna těžkých minerálů jsou nasypana na misku, kde z určitého množství zrn těžkých minerálů je proveden výběr jednotlivých zrn pro další zařídění viz kapitola 6.4. Zrna vybíráme preparační jehlou. K tomuto účelu vytvoříme na hrotu jehly tenký voskový film, na který se zrno lépe přichytí (Rost, 1956).

4.3.2 Rastrovací elektronová mikroskopie (SEM)

Pomocí SEM lze podrobně zkoumat povrch vzorků ve vysokém rozlišení a zvětšení. Lze rovněž provést prvkovou analýzu a vzorek vyfotit v černobílých barvách. Příprava před vlastním určením vzorku v SEM spočívá v přilepení vzorku na uhlíkovou pásku. V ideálním případě by měla být oboustranně lepící grafitová páska přilepena na vodivé destičce. Lze použít i skleněnou destičku. Vzorky přilepené na uhlíkové pásce jsou potom pokoveny vrstvou grafitu, z důvodu uzemnění vzorků. Při vlastní analýze dopadá na vzorek úzký paprsek elektronů. Plocha, na kterou dopadá, má jen několik desetin μm².

Postupně přejíždí řádek po řádku a skenuje povrch vzorku do hloubky několika μm . Pomocí sekundárního odrazu jsou vytvářeny snímky s velkým zvětšením a rozlišením (Faimon, 1992).

4.3.3 Ramanova spektroskopie

Podle <http://www.lao.cz//>, (2020) je Ramanova spektroskopie jednou z metod vibrační molekulové spektroskopie, která se používá k chemické identifikaci materiálů obsažených ve vzorku. Metoda využívá tzv. Ramanův jev, ke kterému dochází při interakci laserového paprsku s elektrony zkoumaného materiálu.

Laserový svazek může s elektrony interagovat v zásadě třemi základními způsoby:

1. Nejčastěji laser excituje elektron z jeho základního stavu do vyššího energetického stavu, kde setrvá velmi krátkou dobu a vrátí se zpět do základního stavu. Při přechodu z vyššího do nižšího energetického stavu dojde k vyzáření fotonu se stejnou vlnovou délkou, jako měl budící laser. Tento tzv. Rayleighův rozptyl nenese žádnou analytickou informaci o materiálu, protože při něm nedochází ke změně vlnové délky.
2. Pokud se elektron po excitaci vrátí do vyšší energetické hladiny, než ze které byl vybuzen, dojde k vyzáření fotonu s delší vlnovou délkou, než má budící laser. Tyto fotony se nazývají Stokesovy fotony a jejich vlnová délka přímo souvisí s materiálem, ve kterém byly vybuzeny.
3. Naopak pokud se elektron při přechodu dostane do nižší energetické hladiny, než ze které byl vybuzen, dojde k vyzáření fotonu s kratší vlnovou délkou. Takové fotony nazýváme Anti-Stokesovy a jejich vlnová délka také přímo souvisí s daným materiálem.

Ramanův jev pak souhrnně popisuje proces posunu vlnové délky rozptýleného záření od excitačního záření. Vzhledem k tomu, že každá látka vykazuje charakteristický posun vlnové délky, je možné tento jev využít k ne-destruktivní identifikaci chemického složení vzorku.

Výstupem ze stanovení minerálu pomocí Ramanovy spektroskopie jsou numericky popsána spektra. To znamená, že spektrum pro určovaný minerál je popsáno množinou čísel. Takto popsané spektrum minerálu je srovnáváno s databází vzorových spekter, která jsou běžně přístupná na webu: <http://rruff.info.cz//> (2020).

5 Realizovaná metodika práce

5.1 Příprava vzorků

Z odebraných vzorků z lokality Mankovice byla oddělena frakce nad 4 mm. Vzorky byly následně proplachovány a zbaveny jílové složky.

5.2 Separační metody

5.2.1 Mokrý sítování

Pomocí mokrého sítování byly jednotlivé odebrané vzorky roztrženy na jednotlivé frakce. Mokrý sítování probíhalo 6 min. Navážka na síť 2 mm byla 1,5 dcl vzorku. V závěru byla každá frakce vysušena na vzduchu. Výsledky sítových rozborů byly zpracovány do tabulek a vyhodnoceny.

5.2.2 Koncentrační splav

Vybrané frakce 0,063 mm, 0,125 mm, 0,250 mm a 0,500 mm byly ze všech vzorků předány k oddělení těžké frakce na České geologické službě, pracoviště Brno. Získané oddělené frakce těžkých minerálů byly podrobeny určovací metodám.

5.3 Určovací metody

5.3.1 Mikroskopování, příprava vzorků pro určení těžkých minerálů

S pomocí binokulárního mikroskopu byla roztržena zrna těžkých minerálů do jednotlivých barevných kategorií: kategorie A-světlá, B-hnědá, C-zelená, D-černá a E-granátová. Z jednotlivých barevných kategorií jsou vybrána jednotlivá reprezentativní zrna pro následující mikroanalýzy.

5.3.2 Příprava vzorků pro mikroanalýzy

Vybraná reprezentativní zrna byla nalepena na laboratorní sklíčka pro každou mikroanalýzu zvlášť. Tzn. mikroanalýza Ramanovou spektroskopií měla

svoje laboratorní sklíčka se vzorky (zrny těžkých minerálů) a mikroanalýza SEM měla rovněž svoje laboratorní sklíčka se vzorky (zrny těžkých minerálů).

5.3.3 Určení těžkých minerálů

Určení vybraných těžkých minerálů Ramanovou spektroskopií a SEM provedli pracovníci Ústavu geologických věd Přírodovědecké fakulty Masarykovy Univerzity. Výsledky byly předány pro další zpracování.

5.3.4 Určení těžkých minerálů v jednotlivých barevných kategoriích

Na základě výsledků z určování těžkých minerálů Ramanovou spektroskopií a SEM byly udělány fotografie určených těžkých minerálů. Dále byly udělány fotografie těžkých minerálů se stejnými znaky. Popis těžkých minerálů z lokality Mankovice pro další určování byl proveden na základě uvedených výsledků Ramanovy spektroskopie, SEM a odborné literatury. Tato kapitola byla podkladem pro statistické vyhodnocení vybraného vzorku.

5.4 Metodika statistického vyhodnocení

5.4.1 Roztřídění frakcí vybraného vzorku do barevných kategorií

Pro statistické vyhodnocení byl vybrán vzorek MNK3, odebraný z přírodní pozice.

Pomocí binokulárního mikroskopu bylo z každé zrnitostní těžké frakce odebráno množství zrnitostní těžké frakce k statistickému vyhodnocení. Bylo odhadnuto množství z původní zrnitostní těžké frakce, která byla oddělena na koncentračním splavu v ČGS, pracoviště Brno. Podíl odhadnutého množství je popsán koeficientem podílu K. Takto získaná zrnitostní těžká frakce k statistickému vyhodnocení byla nazvána jako statisticky vyhodnocený podíl těžké frakce. Pojmy v Tabulce 3 se týkají jedné zrnitostní frakce těžkých minerálů. Např. MNK3-063.

Tabulka 3: Pojmy k statistickému vyhodnocení jedné frakce

Pojem	Stanovení	Jednotky	Zkratka
Hmotnost podílu těžké frakce	ČGS Brno	g	PT
Hmotnost statisticky vyhodnoceného podílu těžké frakce	Vypočteno	g	PTS
Koeficient podílu MNK3-zrnitost	Odhadnuto	1	K
Hmotnost barevných kategorií těžké frakce	Vypočteno	g	MB
Specifická hmotnost štěrko-písků	http://survive-ability.cz/ , (2020)	t/m ³	MS
Hmotnost odebraného vzorku MNK3	Zváženo		M
Kategorie (barevná)	Stanoveno	1	
Počet zrn (určených těžkých minerálů)	Vypočteno	1	PZ
Počet zrn (jednoho těžkého minerálu-skupiny)	Odečteno	1	PZJ
Počet zrn (jednoho těžkého minerálu-skupiny)	Vypočteno	%	PZJP
Hmotnost zrn (jednoho určeného těžkého minerálu-skupiny)	Vypočteno	g	MZJ

Hmotnost zrn (jednoho těžkého minerálu v m³ šterkopísku)	Vypočteno	g/m ³	MZJM
Hmotnost zrn (těžkých minerálů v m³ šterkopísku)	Vypočteno	g/m ³	MZM
Neurčená zrna (zrna těžkých minerálů, která nešla zařadit)	Odečteno	1	NZ

Pro účely statistického vyhodnocení vzorku MNK3 byly definovány následující pojmy:

Vzorce použité při statistickém vyhodnocení:

Hmotnost statisticky vyhodnoceného podílu těžké frakce PTS

$$PTS = \frac{PT}{K} \text{ [g]}$$

Hmotnost barevných kategorií těžké frakce MB

$$MB = \frac{PTS}{(NZ + PZ)} \times PZ \text{ [g]}$$

Počet zrn (těžkých minerálů) PZ

$$PZ = \sum PZJ \text{ [1]}$$

Počet zrn (těžkých minerálů) PZJP

$$PZJP = \frac{PZJ}{PZ} \times 100 \text{ [%]}$$

Hmotnost zrn (jednoho určeného těžkého minerálu-skupiny) MZJ

$$MZJ = \frac{MB}{PZ} \times PZJ \text{ [g]}$$

Hmotnost zrn (jednotlivých těžkých minerálů v m³ šterkopísku) MZJM

$$MZJM = \frac{MZJ \times PT}{M} \times 1000 \times MS \text{ [g/m}^3\text{]}$$

Hmotnost zrn (těžkých minerálů v m³ šterkopísku) MZM

$$MZM = \sum MZJM \text{ [g/m}^3\text{]}$$

Tabulky s vypočtenými hodnotami jsou uvedeny v Příloze E.

Pozn. Při výpočtu hmotnosti jednoho těžkého minerálu na m³ je proveden součet MZJM ve všech zkoumaných zrnitostních frakcích (0,063 mm, 0,125 mm, 0,250 mm, 0,500 mm).

V dalším postupu bylo u každé zrnitostní frakce pro statistické vyhodnocení spočteno procentuální složení barevných kategorií: kategorie A-světlá, B-hnědá, C-zelená, D-černá a E-granátová. V tomto vyhodnocení bylo počítáno i s neurčenými zrny. Tabulka barevných kategorií pro jednotlivé zrnitostní frakce těžkých minerálů je doplněna sloupcovým grafem, který znázorňuje podíl barevných kategorií u každé zrnitostní frakce těžkých minerálů.

6 Výzkum

6.1 Odběr vzorků

Při návštěvě ložiska štěrkopísků Mankovice jsem provedl odběr vzorků. Vzorky byly označeny a popsány v Tabulce 4.

Tabulka 4: Označení jednotlivých vzorků s popisem

Označení vzorku	Hmotnost vzorku (kg)	Popis místa odběru
MNK1	32,340	Vzorek před úpravnou. Materiál prošel těžební linkou.
MNK2	17,270	Odkalená frakce s obchodním označením 04.
MNK3	11,710	Průměrný vzorek štěrkopísku z přírodní pozice. 3 odběrová místa.
MNK4	0,698	Vzorek odebraný z kalové trubky za úpravnou.
MNK5	4,515	Vzorek z uložště odplavitelných částic.

Fotograficky jsou místa odběru zdokumentována v Příloze A.

Poznatky během návštěvy ložiska štěrkopísků Mankovice byly následující: Těžbu na lokalitě provozuje firma Českomoravský štěrk a.s. Těžba štěrkopísků probíhá z těžební stěny bagrem. Pasovou dopravou je vytěžený materiál dopravován na hromadu před třídící linku, kde je nakladačem sypán do provozní násypky třídící linky. Linka je sestavena ze vstupní násypky, dvou tříploškových třídíků, kuželového drtiče v uzavřeném okruhu, nožové pračky, dehydrátoru a haldovacích dopravníků. Linka vyrábí plnohodnotné frakce v rozsahu 0–4 mm, 4–8 mm, 8–11 mm, 11–16 mm, 16–22 mm s výkonem 160 t/hod. Výrobcem třídící linky je společnost Terex washing systems (<https://stavebni-technika.cz/>, 2020).

Fotograficky je technologie zdokumentována v Příloze A.

6.2 Příprava vzorků

Vzorky MNK1-MNK3 byly odkaleny a byla provedena separace hrubé frakce pomocí síta 4 mm. Na Obrázku 5 je zrnitostní frakce nad 4 mm vzorku MNK3.



Obrázek 5: Zrnitostní frakce nad 4 mm vzorku MNK3

Petrologický popis zrnitostní frakce nad 4 mm:

96 % šedomodré jemnozrné droby

3 % slepence

1 % bílý křemen s chloritem

V popisu jsou použita procenta z hmotnosti jednotlivých podílů.

6.3 Separace vzorků mokrým síťováním

Navážka odkalených vzorků zbavených hrubé frakce nad 4 mm byla získána kvartací. Výsledné tabulky ze separací jednotlivých vzorků jsou uvedeny

v Příloze B. Průběh zrnitostních frakcí MNK1 – MNK5 je uveden na Obrázku 1 Příloha B. Komentář je uveden ve výsledcích výzkumu (Kapitola 7.1).

Z každého vzorku bylo u zrnitostních frakcí 0,063 mm, 0,125 mm, 0,250 mm a 0,500 mm odváženo maximálně 200 g materiálu, z kterého byla na koncentračním splavu oddělena těžká frakce.

6.4 Oddělení těžké frakce na koncentračním splavu

Oddělení těžké frakce na koncentračním splavu bylo provedeno na pracovišti České geologické služby v Brně. Vzorky zrnitostních frakcí těžkých minerálů byly předány Českou geologickou službou, pracoviště v Brně s tabulkou hmotností zrnitostních frakcí těžkých minerálů. Tabulka je uvedena v Příloze C.

6.5 Mikroskopování, příprava vzorků pro určení těžkých minerálů

Během práce s binokulární lupou jsem těžké minerály rozřídil podle barvy do kategorií A, B, C, D a E.

V každé barevné kategorii jsem dále provedl členění podle odstínu barvy, od světlých odstínů po tmavé. Dále podle průhlednosti a tvaru zrna. Na laboratorním sklíčku o rozměrech 28 x 48 x 1 mm jsem pomocí oboustranné lepicí pásky přilepil zrna těžkých minerálů podle rozpisu: Každá barevná kategorie označovala sloupec. Řádek umístění zrna byl označen číslem. Např. poloha prvního zrna ve světlé kategorii má označení A1. S narůstajícím číslem řádku narůstá tmavost zrn minerálů. Rozpis barev je uveden v Tabulce 5.

Tabulka 5: Rozpis barevných kategorií

Barevné kategorie	Popis
A – světlá	Barva čirá až bílá, světle žlutá
B – hnědá	Barva žluto-hnědá až hnědá
C – zelená	Barva zelená

D – černá	Barvy tmavé, šedo-hnědo-zelená až černá
E – granátová	Barvy a tvary typické pro granáty

6.5.1 Příprava vzorků pro Ramanovu spektroskopii

Na laboratorní sklíčko o rozměrech 48 mm x 28 mm x 1 mm jsem nalepil oboustrannou lepicí pásku, na kterou jsem rozmístil zrna těžkých minerálů frakce 0,125 mm (viz Obrázek 6) a zrna těžkých minerálů frakce 0,250 mm (viz Obrázek 7). Popis jednotlivých zrn minerálů je uveden v Příloze D. Vzhledem k tomu, že řada minerálních zrn byla zarovnána abrazi, je popis omezen na geometrický tvar zrna, jeho barvu, průhlednost a případně lesk. Hlavním krystalografickým znakům se věnuji v kapitole 7.3.

	A	B	C	D	E	
—	+1	+1	+1	+1	+1	—
	+2	+2	+2	+2	+2	
—	+3	+3	+3	+3	+3	—
	+4	+4	+4	+4	+4	
—	+5	+5	+5	+5	+5	—
	+6	+6	+6	+6	+6	
—	+7	+7	+7	+7	+7	—
	+8	+8	+8	+8	+8	
—	+9	+9	+9	+9	+9	—
	+10	+10	+10	+10	+10	
—	+11	+11	+11	+11	+11	—
	+12	+12	+12	+12	+12	
—	+13	+13	+13	+13	+13	—

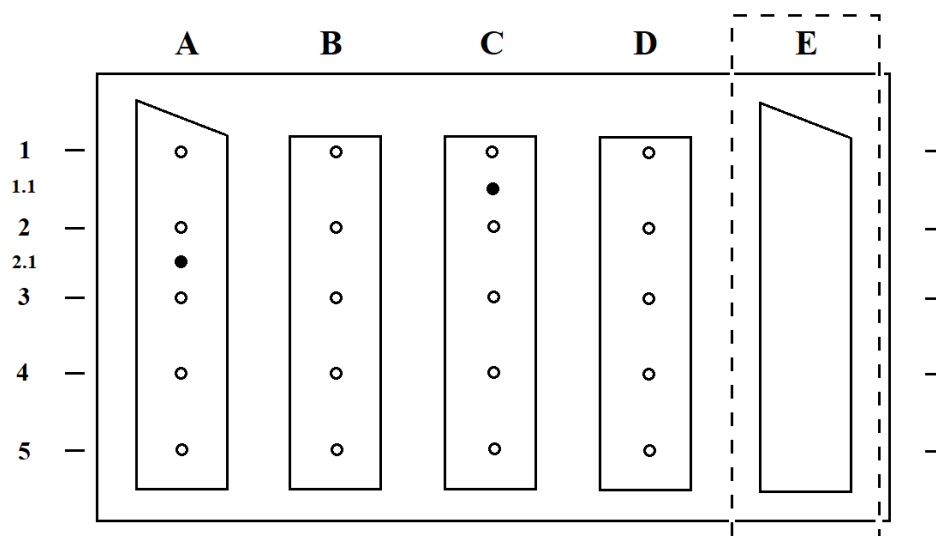
Obrázek 6: Rozmístění zrn těžkých minerálů u frakce 0,125 mm na laboratorním sklíčku

	A	B	C	D	E	
-	+1	+1	+1	+1	+1	-
	+2	+2	+2	+2		
		+3	+3	+3	+2	-
	+3	+4	+5	+4		
	+++4	+5	+6	+5	+3	
-	+5	+6	+7	+6		-
	+6	+7	+8	+7		
		+8	+10	+8		-
	+7	+9	+++11	+9		
			+++12			
-	+8	+10	+13	+10		-

Obrázek 7: Rozmístění zrn těžkých minerálů u frakce 0,125 mm na laboratorním sklíčku

6.5.2 Příprava vzorků pro SEM

Na laboratorní sklíčko o rozměrech 48 mm x 28 mm x 1 mm jsem nalepil 5 pruhů grafitové oboustranné lepicí pásky, na kterou jsem rozmístil zrna těžkých minerálů (Obr. 8). Rozvržení umístění pro všechny frakce jsem zvolil stejné jako u Ramanovy spektroskopie, tj. dle barevných kategorií A, B, C a D. Rovněž zrna těžkých minerálů na jednotlivých pozicích byla podle stejného popisu jako u Ramanovy spektroskopie. Popis je uveden v Příloze D. I u metody SEM jsem popsal zrna těžkých minerálů geometricky, jejich barvu, průhlednost a případně lesk. Pro SEM analýzu jsem vybral zrna frakcí: 0,125, 0,250, 0,500 mm. Před vlastním určením vybraných minerálů bylo nezbytné laboratorní sklíčka s nalepenými zrny těžkých minerálů pokovit grafitovou vrstvou. Hlavním krystalografickým znakům se věnuji v kapitole 7.3.



Obrázek 8: Rozmístění zrn těžkých minerálů pro SEM analýzu na laboratorním sklíčku. Pozn. E-neobsazeno

7 Výsledky výzkumu

7.1 Výsledky zrnitostních rozborů

Výsledky zrnitostních rozborů vzorků MNK1 – MNK5 jsou zobrazeny v grafu na Obrázku 1 Přílohy B. V grafu (Obrázek 1, Příloha B) je znázorněn průběh závislosti zrnitostních frakcí u jednotlivých vzorků na jejich procentuálním obsahu. Křivky MNK1 a MNK3 ukazují, že materiál po vytěžení (vzorek MNK1 z hromady před úpravou) je stejný jako materiál z přírodní pozice (vzorek MNK3). Vzorek MNK2 (odkalená frakce s obchodním označením 04) ukazuje vliv úpravy vytěženého materiálu na jeho zrnitostní složení (třídění a drcení v technologickém cyklu). Vzorky MNK4 a MNK5 jsou vzorky oddělené jemné frakce a vrácené na odkaliště. Jasně zde dominují zrnitostní frakce 0,063 mm, 0,125 mm a 0,250 mm.

7.2 Těžké minerály určené Ramanovou spektroskopií

Během určování těžkých minerálů u frakcí 0,125 mm a 0,250 mm pomocí Ramanovy spektroskopie byly určeny vybrané minerály, které reprezentují skupinu těžkých minerálů nebo přímo konkrétní těžký minerál. Určování těžkých minerálů bylo provedeno na přístroji: Mikro-ramanovský spektrometr Horiba – Labram HR Evolution. Metodika: 532 nm laser, 5 načtení záznamu, 50x LWD objektiv. Výsledky jsou uvedeny v Tabulkách 6A, 6B a 7. Ramanovská spektra určená pro jednotlivé vybrané těžké minerály byla srovnána s údaji v databázi Ramanovských spekter na webu: <https://rruff.info/>, (2020). V Příloze E je přiloženo určení minerálu diopsidu na pozici C11.2, frakce 0,250 mm.

Tabulka 6A: Těžké minerály určené Ramanovou spektroskopií u frakce 0,125 mm

Pozice	Minerál (skupina)	Vzorec
A2	apatit	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

A3	granát sk.	$XY[SiO_4]_3$
A7	zirkon	$ZrSiO_4$
B1	dolomit	$CaMg(CO_3)_2$
B6	granát sk.	$XY[SiO_4]_3$
C3	epidot sk.	$Ca_2(Al,Fe^{3+})_3Si_3O_{12}(OH)$
C7	anatas	TiO_2
C10	chlorit sk.	$X_6(OH)_8(Al,Si)_4O_{10}$
D2	turmalín sk.	$XY_3Z_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH,F)_4$
D3	brookit?	TiO_2
D4	rutil?	TiO_2
D8	magnetit	Fe_3O_4
D9	amfibol sk.	$A_{0-1}B_2Y_5Z_8O_{22}-(OH,F,Cl)_2$
E1-12	granát sk.	$XY[SiO_4]_3$

Tabulka 6B: Těžké minerály určené Ramanovou spektroskopií u frakce 0,250 mm

Pozice	Minerál (skupina)	Vzorec
C11.2	diopsid	$\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$
D1	enstatit	$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$
D5	staurolit	$\text{Fe}_2\text{Al}_9\text{Si}_4\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
D6	turmalín sk.	$\text{XY}_3\text{Z}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH},\text{F})_4$
D8	Rutil?	TiO_2
D10	Rutil?	TiO_2

Tabulka 7: Těžké minerály určené Ramanovou spektroskopií u frakce 0,250 mm

Pozice	Minerál (skupina)	Vzorec
A1	zirkon	ZrSiO_4
A4.1	kyanit	Al_2SiO_5
A4.3	sillimanit	Al_2SiO_5
A7.2	kyanit	Al_2SiO_5
B2	dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
B4	granát sk.	$\text{XY}[\text{SiO}_4]_3$
B7	granát sk.	$\text{XY}[\text{SiO}_4]_3$
C1	forsterit	$\text{Mg}_2(\text{SiO})_4$

C5	epidot sk.	$\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$
C7	diopsid	$\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$
C9	enstatit	$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$
C10	epidot sk.	$\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$

7.3 Těžké minerály určené skenovacím elektronovým mikroskopem

Během určování těžkých minerálů u frakcí 0,125 mm, 0,250 mm a 0,500 mm pomocí SEM byly určeny vybrané těžké minerály. Při lepení zrn těžkých minerálů na laboratorní sklíčka byla na stejné pozice lepena vizuálně stejná zrna těžkých minerálů. Výsledky jsou v Tabulkách 8, 9 a 10. V Příloze E jsou uvedeny vybrané černobílé fotografie z měření na skenovacím elektronovém mikroskopu. Rovněž je zde uveden rozpis jednotlivých oxidů s dopočtem do 100 %.

Tabulka 8: Těžké minerály určené skenovacím elektronovým mikroskopem u frakce 0,125 mm

Pozice	Minerál (skupina)	Vzorec
B1	granát sk.	$\text{XY}[\text{SiO}_4]_3$
B2	karbonát-siderit?	FeCO_3
D1	dravit	$\text{NaMg}_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH})_4$
D4	rutil?	TiO_2
D5	chromit	$(\text{Fe},\text{Mg})\text{Cr}_2\text{O}_4$

Tabulka 9: Těžké minerály určené skenovacím elektronovým mikroskopem u frakce 0,250 mm

Pozice	Minerál (skupina)	Vzorec
A1	topaz	$\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F},\text{OH})_2$
A2	apatit	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
A2.1	sillimanit	Al_2SiO_5
A4	granát sk.	$\text{XY}[\text{SiO}_4]_3$
B3	diopsid	$\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$
C2	epidot sk.	$\text{Ca}_2(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$
C3	chlorit sk.	$\text{X}_6(\text{OH})_8(\text{Al},\text{Si})_4\text{O}_{10}$
D2	ilmenit	FeTiO_3
D3	apatit	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
D4	anatas?	TiO_2
D5	rutil?	TiO_2

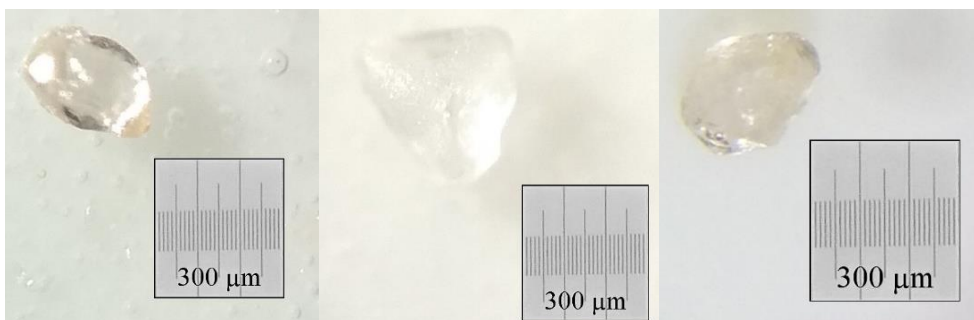
Tabulka 10: Těžké minerály určené skenovacím elektronovým mikroskopem u frakce 0,500 mm

Pozice	Minerál (skupina)	Vzorec
A1	granát sk.	$XY[SiO_4]_3$
A2	dolomit	$CaMg(CO_3)_2$
A3	epidot sk.	$Ca_2(Al,Fe^{3+})_3Si_3O_{12}(OH)$
B2	granát sk.	$XY[SiO_4]_3$
C1	dravit	$NaMg_3Al_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$
C2	epidot sk.	$Ca_2(Al,Fe^{3+})_3Si_3O_{12}(OH)$
C3	epidot sk.	$Ca_2(Al,Fe^{3+})_3Si_3O_{12}(OH)$

7.4 Určené těžké minerály v jednotlivých barevných kategoriích

Zatřídění těžkých minerálů jsem provedl podle Ďudi (2008), Chvátala (2013), Mange et Mauer (1989).

7.4.1 Barevná kategorie světlá

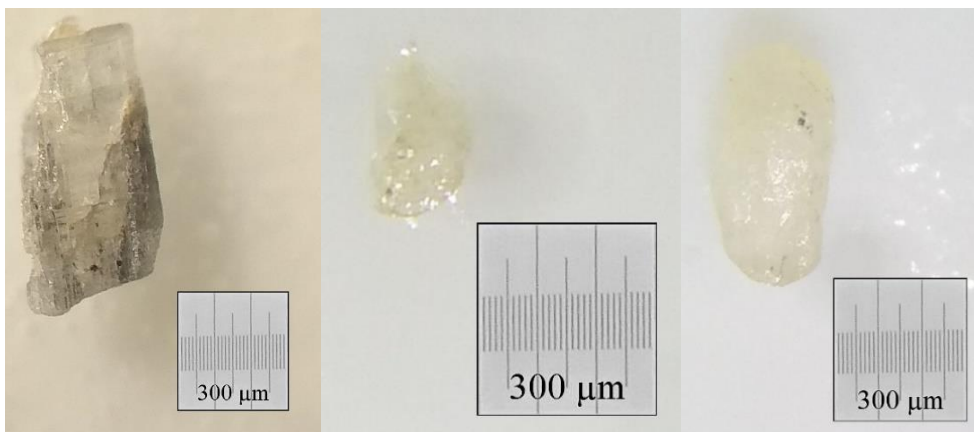


Obrázek 9: zirkon

Obrázek 10: zirkon

Obrázek 11: zirkon

Komentář: Zirkon je charakteristický na lokalitě Mankovice leskem a uchováním si hlavních morfologických znaků, i když jsou patrné na stavu povrchu krystalů důsledky transportu. Minerály jsou bez barvy.



Obrázek 12: apatit

Obrázek 13: apatit

Obrázek 14: apatit

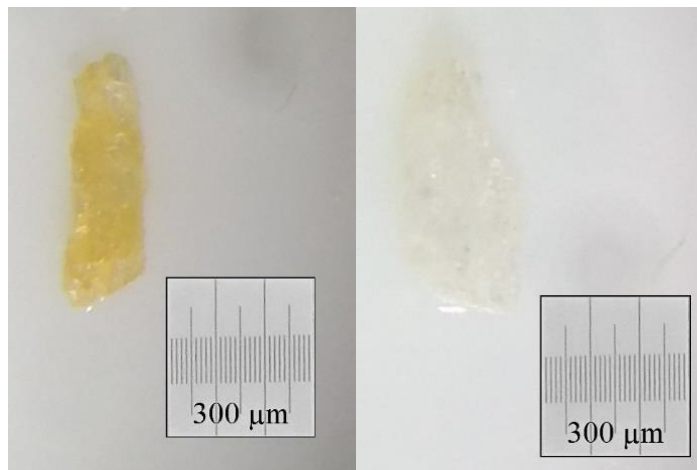
Komentář: Apatit si na lokalitě Mankovice uchovává z hlediska morfologie svůj sloupečkovitý tvar. Pěkně jsou patrné lomové plochy podél $\{100\}$ na Obrázku 12. Barva krystalů je od bílé přes světle žlutou až po světle šedo zelenou.



Obrázek 15: silimanit

Obrázek 16: silimanit

Komentář: Sillimanit na lokalitě Mankovice vytváří agregáty tvořené jehlicovými krystaly. Barva bílá až světle šedá. Lesk perleťový (Obr. 15). Na Obrázku 16 je sillimanit se sekundární mineralizací.

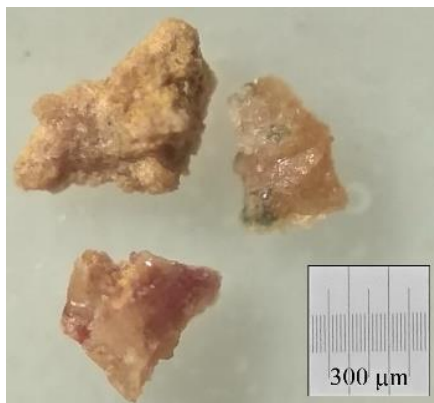


Obrázek 17: kyanit

Obrázek 18: kyanit

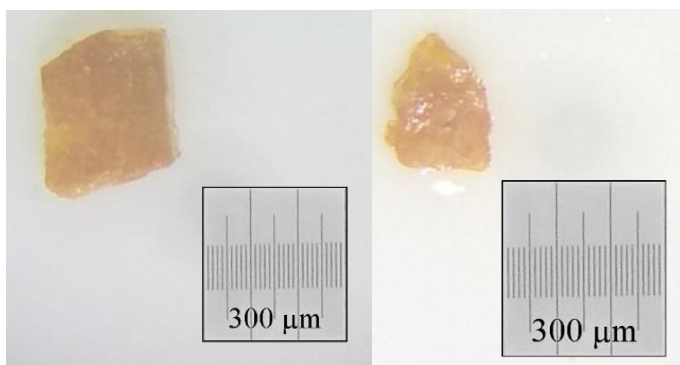
Komentář: Kyanit vytváří na lokalitě Mankovice sloupečkovité agregáty (Obr. 18), které jsou tvořeny na sebe navazujícími jehlicovými krystaly. Barva je bílá až žluto-hnědá. Lesk skelný.

7.4.2 Barevná kategorie hnědá



Obrázek 19: karbonáty (obecně)

Komentář: Podle analýzy na SEM jsou na lokalitě Mankovice z uhličitánů přítomny minerály siderit s ankeritem. Uhličitany tvoří světle žluté až žluto-hnědé agregáty. Prostorové, vícehranné. Agregáty jsou matné až se skelným leskem.

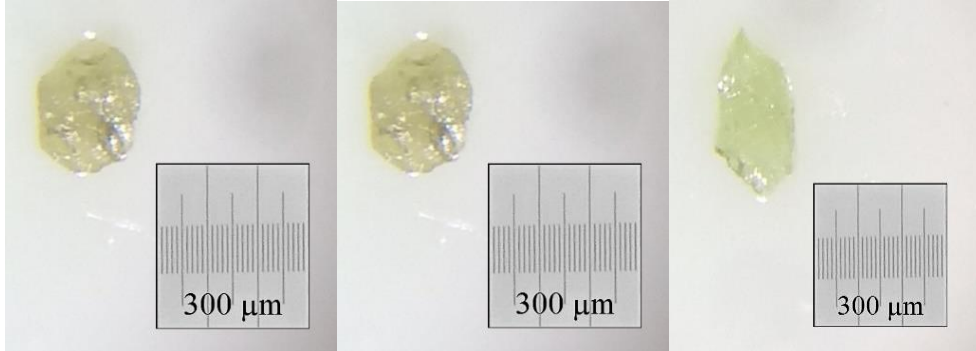


Obrázek 20: dolomit

Obrázek 21: dolomit

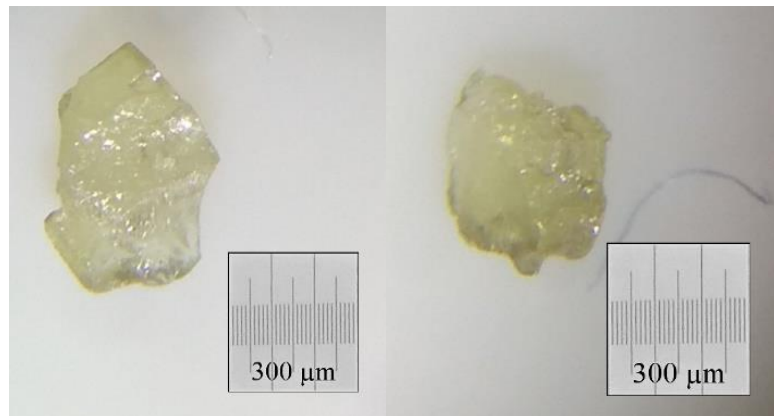
Komentář: Dolomit vytváří na lokalitě Mankovice tabulkovité agregáty. Barva žluto-hnědá. Polomatné až se skelným leskem.

7.4.3 Barevná kategorie zelená



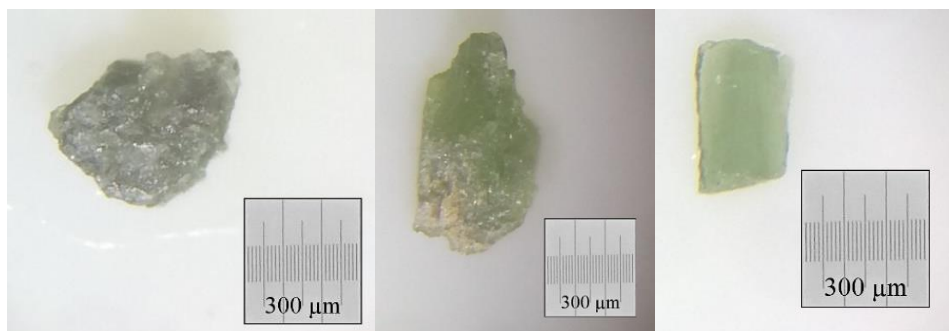
Obrázek 22: sk. epidotu Obrázek 23: sk. epidotu Obrázek 24: sk. epidotu

Komentář: Epidot je po stránce optických vlastností, fyzikálních vlastností a morfologie na lokalitě Mankovice velmi různorodý. Barevně přechází světle zelená do středně zelené. Zvláštností je výskyt kulovitých agregátů (Obrázek 23) a pěkně vyvinutých krystalů (Obrázek 24). Patně jde o důsledek různých genetických vývoju. Podle analýz na SEM je epidot na lokalitě Mankovice doprovázen klinozoisitem.



Obrázek 25: enstatit Obrázek 26: enstatit

Komentář: Enstatit (skupina pyroxenu) je na lokalitě Mankovice charakteristický svými světlými barvami. Světla šedo-žluto-zelená přechází do míst průhledných – bez barvy. Povrch krystalů je členitý. Z hlediska morfologie je průřez čtvercový, charakteristický pro skupinu pyroxenu.

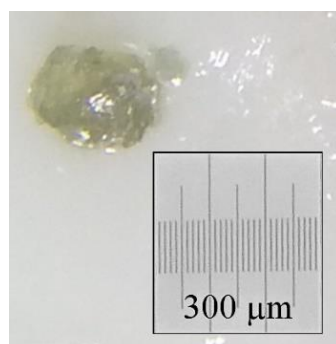


Obrázek 27: diopsid

Obrázek 28: diopsid

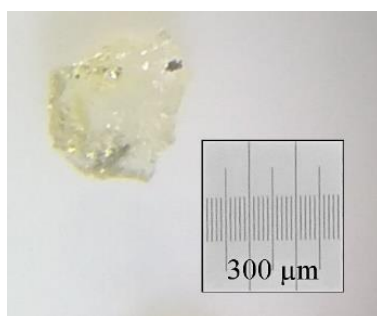
Obrázek 29: diopsid

Komentář: Diopsid (skupina pyroxenu) je na lokalitě Mankovice charakteristický svou šedo-zelenou barvou. U tzv. surového diopsidu (Obr. 27) převládá barva šedá. Povrch agregátů je tvořen sloupečky (Obr. 28). Lze nalézt i jednotlivé pěkně vyvinuté krystaly ve tvaru prizmat (Obr. 29). Lesk je skelný.



Obrázek 30: chlorit

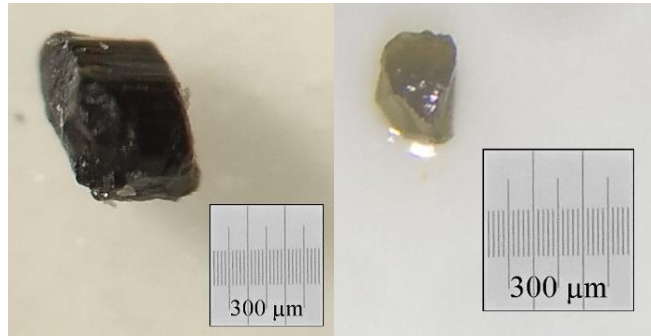
Komentář: Chlorit na lokalitě Mankovice vytváří kulovité agregáty šedo-zelené barvy. Patná je šupinová skladba agregátů.



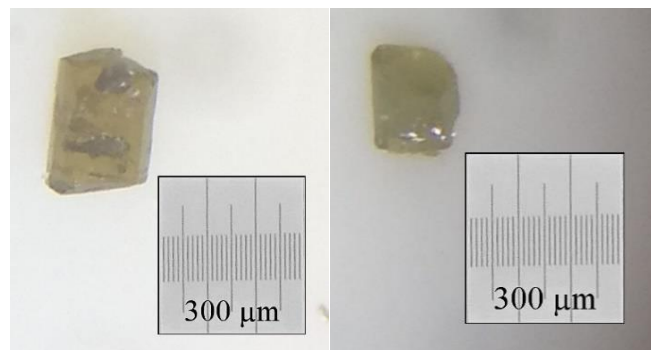
Obrázek 31: forsterit

Komentář: Na lokalitě Mankovice krystaly forsteritu (sk.olivínu) tvoří krátká prizmata. Barva je světle žluto-zelená. Krystaly jsou průhledné. Lesk skelný.

7.4.4 Barevná kategorie černá

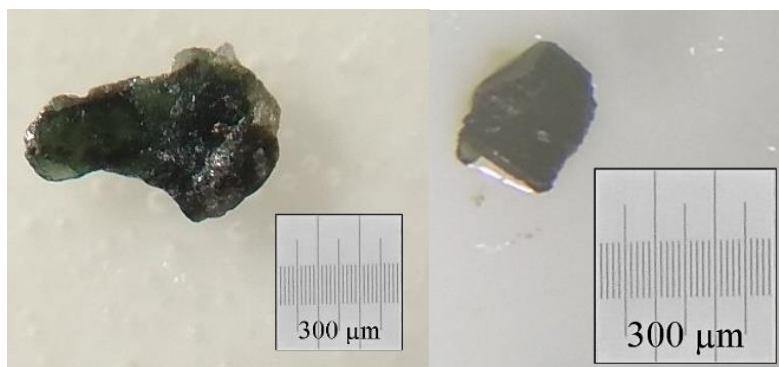


Obrázek 32: sk. turmalínu Obrázek 33: sk. turmalínu



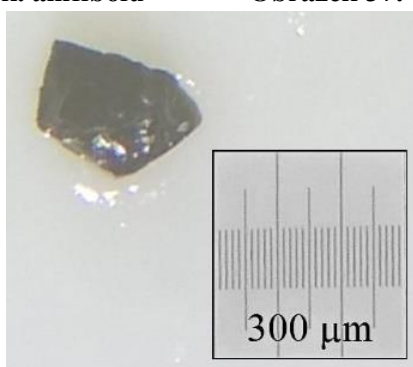
Obrázek 34: sk. turmalínu Obrázek 35: sk. turmalínu

Komentář: Skupina turmalínu je na lokalitě Mankovice charakteristická šedo-hnědo-zelenou barvou. U dravitu (Obrázek 32) je zřetelné podélné rýhování. šedo-hnědo-zelená barva je patrná pouze na tenkých lomových plochách. Lesk je u všech zrn skelný. Z hlediska morfologie je dobře patrný krystalový tvar tvořený dvěma trojúhelníky spojenými podél $\{100\}$.



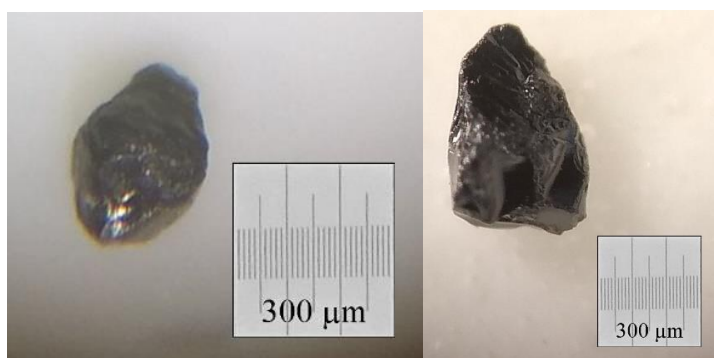
Obrázek 36: sk. amfibolu

Obrázek 37: sk. amfibolu



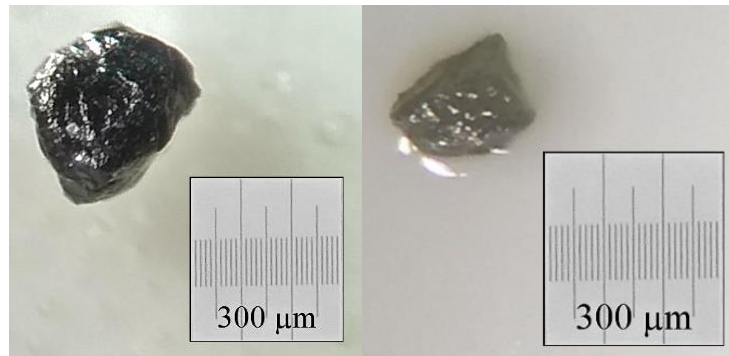
Obrázek 38: sk. amfibolu

Komentář: Skupina amfibolu je z lokality Mankovice dobře rozpoznatelná tmavě zelenou barvou na tenkých lomových plochách (Obrázek 36). Skelný lesk je charakteristický. Tvar šestiúhelníku je zase z hlediska morfologie charakteristický pro Ca amfiboly (Obr. 38).



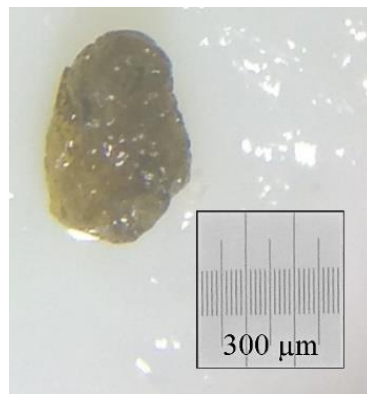
Obrázek 39: sk. spinelidu

Obrázek 40: sk. spinelidu



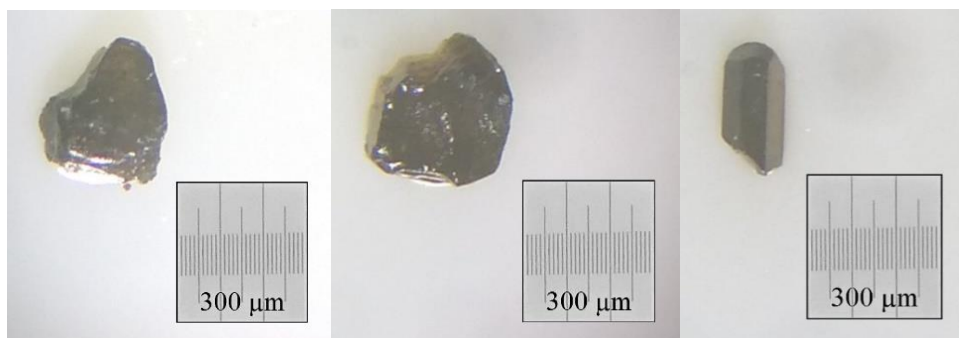
Obrázek 41: sk. spinelidu Obrázek 42: sk. spinelidu

Komentář: Spinelidy tvoří oktaedrické krystaly s polokovovým až skelným leskem. Magnetit (viz Obrázek 39) je charakteristický jako neprůhledný i na tenkých lomových plochách. Naproti tomu spinel je šedý na tenkých lomových plochách (Obr. 40 a 41).



Obrázek 43: staurolit

Komentář: Na lokalitě Mankovice jsou staurolity charakteristické zbarvením, které přechází od šedo-černé do hnědo-zelené. Na tenkých plochách jsou krystaly průsvitné.



Obrázek 44: rutil

Obrázek 45: rutil

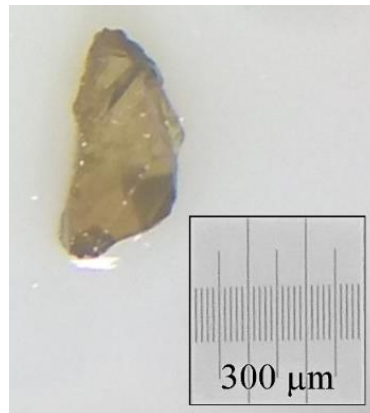
Obrázek 46: rutil

Komentář: Rutil (modifikace oxidu titaničitého) vytváří osmistěny s jemným podélným rýhováním. Jeho charakteristická vlastnost je fialovo-černý odlesk. Na tenčích plochách, kde je zaznamenána částečná průsvitnost, můžeme rovněž tento jev pozorovat. Vytváří prizmata (Obr. 46).



Obrázek 47: anatas

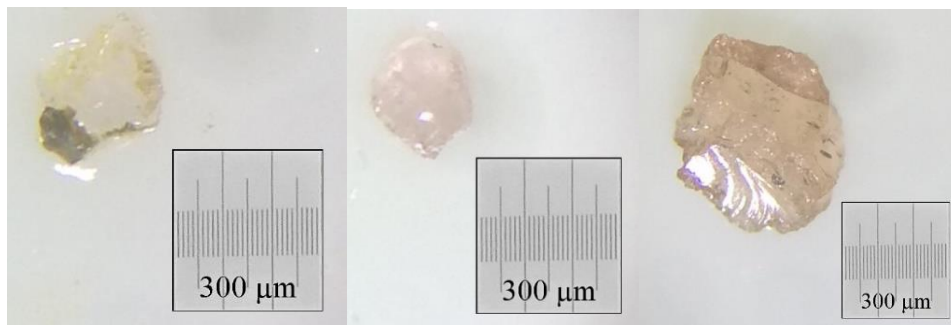
Komentář: Typickým morfoloogickým znakem anatasu (modifikace oxidu titaničitého) je krystal ve tvaru dlouhého oktaedru. Lesk je matně kovový. Barva šedo-zelená.



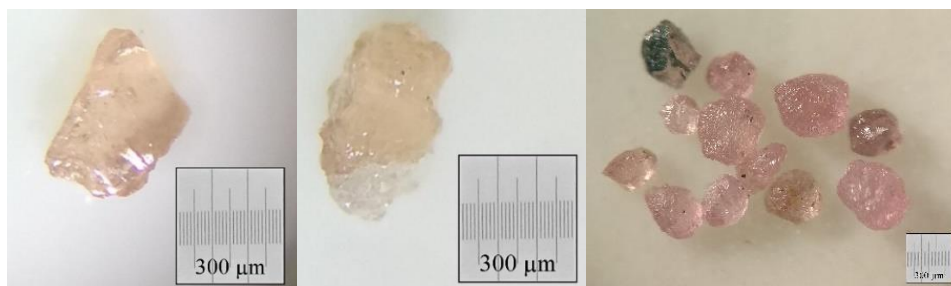
Obrázek 48: brookit

Komentář: Typickým znakem anatasu (modifikace oxidu titaničitého) jsou z hlediska morfologického tenké tabulkovité krystaly. Lesk polokovový. Barva červeno-hnědá.

7.4.5 Barevná kategorie granátová



Obrázek 49: sk. granátu Obrázek 50: sk. granátu Obrázek 51: sk. granátu



Obrázek 51: sk. granátu Obrázek 52: sk. granátu Obrázek 53: sk. granátu

Komentář: Na lokalitě Mankovice jsou granáty barevně velmi různorodé od bezbarvých (Obrázek 49) až po tmavě fialové (Obrázek 53). Při určování granátů na

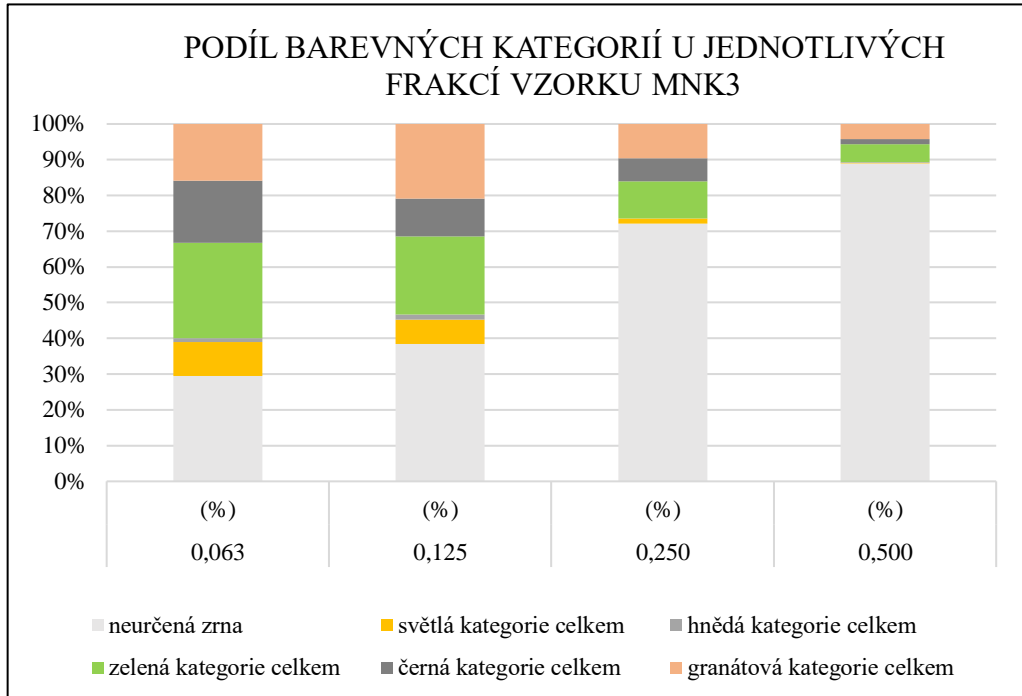
SEM bylo zjištěno, že granáty na lokalitě Mankovice obsahují poměrně významný podíl pyropové složky – až 45 %. Almandinová složka s 55 % podílu převažuje.

7.5 Statistické vyhodnocení

Na základě určených těžkých minerálů v jednotlivých barevných kategoriích v kapitole 6.5 jsem provedl podle metodiky statistické vyhodnocení (kapitola 5.4). Pro každou zrnitostní frakci je provedeno vyhodnocení těžkých minerálů (skupin). Je rovněž provedeno vyhodnocení celého vzorku MNK3. Výsledky jsou uvedeny v Příloze E. V Tabulce 11 a na Obrázku 55 je uveden podíl jednotlivých barevných kategorií pro každou zrnitostní frakci (0,063 mm, 0,125 mm, 0,250 mm, 0,500 mm).

Tabulka 11: Podíly barevných kategorií u jednotlivých zrnitostních frakcí

FRAKCE	0,063	0,125	0,250	0,500
BAREVNÉ KATEGORIE	(%)	(%)	(%)	(%)
neurčená zrna	29,6	38,4	72,1	89,0
světlá kategorie celkem	9,4	6,8	1,4	0,2
hnědá kategorie celkem	1,1	1,5	0,0	0,2
zelená kategorie celkem	26,6	21,7	10,3	5,0
černá kategorie celkem	17,5	10,7	6,5	1,4
granátová kategorie celkem	15,9	20,8	9,6	4,2
SUMA	100,0	100,0	100,0	100,0



Obrázek 55: Barevné kategorie u jednotlivých zrnitostních frakcí vzorku MNK3

8 Diskuze

Při petrologickém popisu hornin u zrnitostní frakce nad 4 mm byla potvrzena přítomnost hornin kulmu Nízkého Jeseníku.

Při vyhodnocení síťových analýz je v grafu (Obr. 1 přílohy B) zřetelný vliv technologie úpravny vytěžených štěrkopísků na zrnitostní frakce odebraných vzorků.

Z hlediska zatřídění těžkých minerálů a jejich skupin do barevných kategorií se zřetelně vyprofilovaly kategorie černá, granátová a zelená. Lze připustit, že zařazení do barevných kategorií u zrnitostních frakcí 0,125 mm, 0,250 mm a 0,500 mm bylo provedeno s určitou chybou. Dovolím si však tvrdit, že chyba zatřídění u těchto zrnitostních frakcí nepřesáhla 5 %. U zrnitostní frakce 0,063 mm lze počítat s vyšší chybou zatřídění, která dle mého názoru nepřesahuje výrazně 10 %. U zatřídění minerálů v rámci jednotlivých barevných frakcí je situace podstatně rozdílnější. Zatímco u granátové kategorie se blíží chyba zatřídění nule, u černé kategorie lze uvažovat s chybou zatřídění 5–10 %. Jde zde především o zatřídění mezi skupiny turmalínu, spinelidu a amfibolu. U zelené frakce si dovolím tvrdit, že chyba zatřídění mezi skupinami epidotu a pyroxenu by mohla být 15 %. Důvodem jsou problematicky zatříditelné kulovité agregáty, které vytváří jak skupina epidotu, tak skupina pyroxenu. I přes možné chyby během zatřídění považuji výsledky statistického vyhodnocení vzorku MNK3 za korektní. Tento můj závěr lze doložit závěry Mikyska (2011) a Šírkové (2014) u kterých se pěkně projevil vliv snosových oblastí Vnějších Západních Karpat, mj. výraznějším výskytem staurolitu a nepotvrzením výskytu zirkonu a skupiny turmalínu (Šírková, 2014). Naproti tomu v mé práci nebyl potvrzen vysoký obsah staurolitu ve vzorcích, ale obsahy zirkonu a skupiny turmalínu byly potvrzeny. Dovoluji si tedy tvrdit, že na skladbě těžkých minerálů v oblasti ložiska Mankovice se snos z Vnějších Západních Karpat podílel v menší míře, než snos z oblastí Nízkého Jeseníku. Co se týká výskytu zirkonu a topazu, může být jejich zdroj i v glaciálních sedimentech.

Za hlavní asociaci těžkých minerálů na ložisku štěrkopísků Mankovice by mohla být považována minerální asociace sedimentárních procesů s mechanickým charakterem procesu. Pro tuto asociaci je charakteristický výskyt těžkých minerálů: magnetit, ilmenit, rutil, pyroxeny, turmalín, titanit, karbonáty Ca a Mg. Jako podřadné jsou pak v této asociaci zastoupeny: almandin,

zirkon, topaz, spinely, chromit, pyrop aj. (Ďud'a et al., 2008). Nelze ale vyloučit podíl asociací těžkých minerálů ze sousedních oblastí snosu.

9 Závěr

Bylo stanoveno zrnitostní složení frakcí odebraných vzorků MNK1 – MNK5 a byl prokázán vliv úpravy vytěžených šterkopísků na jejich složení.

Při srovnání údajů ze statistického vyhodnocení vzorku MNK3 s údaji z Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichové prospekce České republiky, List 25 Zlín Abraham ed. (1994) lze konstatovat, že výsledky mojí práce jsou v souladu s údaji z Atlasu map 1:200 000, Regionální šlichové prospekce České republiky, List 25 Zlín Abraham ed. (1994). Pouze u zirkonu jsem zjistil vyšší obsah v m³ odebraného vzorku MNK3 z přírodní pozice. Byly rovněž potvrzeny těžké minerály, které by mohly souviset s glaciální činností, viz určení topazu a výskyt zirkonu. Žebera red. (1965). Na druhé straně nebyl potvrzen výraznější výskyt staurolitu v JZ části Moravské brány, jak uvádí Kužvart (1977).

Jako hlavní asociace těžkých minerálů na ložisku Mankovice by mohla být považována minerální asociace sedimentárních procesů s mechanickým charakterem procesu.

Použité zdroje

- Abraham, M. ed. (1994): Regionální šlichová prospekce České republiky, List 25 Zlín. – Geodézie Brno. Brno.
- Borovec, Z. (1992): Metody laboratorního výzkumu hornin a minerálů. PřF UK. Praha.
- Burda, J. ed. (2016): Stanovení zásob podzemní vody, Hydrogeologický rajon 1510 – kvartér Odry. – Česká geologická služba, Praha.
- Demek, J. et al. (1965): Geomorfologie českých zemí. – Nakladatelství akademie věd. Praha.
- Đud'a, R. – Rejl, L. & Slivka, D. (2008): Minerály. – Aventinum. Praha.
- Faimon, J. (1992): Základní metody analytické geochemie. – Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Brno.
- Gregorová, M. – Fojt, B. & Vávra, V. (2002): Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů. – Moravské zemské muzeum a Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity. Brno.
- Chlupáč, I. – Brzobohatý, R. – Kovanda, J. & Stráník, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. – Academia. Praha.
- Chvátal, M (2013): Úvod do mineralogické krystalografie. – Vodní zdroje Chrudim.
- Kužvart, M. red. (1977): Ložiska nerudných surovin ČSR. – Geoindustria Praha. Praha.
- Kužvart, M. red. (1984): Ložiska nerudných surovin ČSR. – Nakladatelství Československé akademie věd. Praha.
- Macoun, J. et al.: *Kvartér Ostravska a Moravské brány*, Ústřední ústav geologický. Praha, 1965.
- Mange, M. A. & Mauer, H. F. W. (1989): Heavy minerals in color. – Springer-Science+Business Media, B.V. Berne.
- Mikysek, P. (2011): Studium minerální asociace těžké frakce z deponie ložiska štěrkopísků u Hulína. – diplomová práce. PřF MU, Brno.

POUŽITÉ ZDROJE

- Mísař, Z. et al. (1983): Geologie ČSSR I. – Státní pedagogické nakladatelství. Praha.
- Petránek, J. et al. (2016): Encyklopedie Geologie. – Česká geologická služba. Praha.
- Rost, R. (1956): Těžké minerály: Příručka k určování těžkých minerálů ve výplavech. – Nakladatelství československé akademie věd. Praha.
- Šírková, V. (2014): Hlavní mineralogická a petrografická asociace štěrko-písků na ložiskách Hulín a Tovačov. – diplomová práce. PřF MU, Brno.
- Táborský, Z. & Tomas, J. (1987): Příprava vzorků pro mineralogické studium. Ústřední ústav geologický. Praha.
- Žebera, K. red. (1965): Kvartér Ostravska a Moravské brány. – Nakladatelství Československé akademie věd. Praha.

Internetové zdroje

ONLINE: <http://www.geology.cz>. 7.3.2020

ONLINE: <http://www.lao.cz>. 7.3.2020

ONLINE: <http://rruff.info.cz>. 22.7.2020

ONLINE: <http://www.seznam.cz/>, 20.7.2020

ONLINE: <https://stavebni-technika.cz/>, 7.8.2020

ONLINE: <http://survive-ability.cz>. 7.8.2020

Příloha A

Fotografická dokumentace míst odběrů vzorků



Obrázek 1: Místo odběru vzorku MNK1 před úpravnou, oranžová kalová trubka, místo odběru vzorku MNK4



Obrázek 2: Hromady upraveného materiálu za úpravnou. Místo odběru vzorku MNK2



Obrázek 3: Přírodní pozice. Místo odběru vzorku MNK3



Obrázek 4: Bagr s násypkou a pasovou dopravou. V pozadí úpravna. Laguna slouží jako uložště odplavitelných částic. Místo odběru vzorku MNK5

Příloha B

**Rozpis frakcí u jednotlivých vzorků získaných
mokrým síťováním**

Tabulka 1: Vzorek MNK1

SÍTO	JEDNOTLIVÉ FRAKCE	JEDNOTLIVÉ FRAKCE
(mm)	(g)	(%)
Podsítné	155,6	0,5
0,063	167,6	0,5
0,125	203,7	0,6
0,250	409,7	1,2
0,500	495,8	1,5
1,000	732,1	2,2
2,000	1527,0	4,6
4,000	29735,9	89,0
Součet	33427,4	100,0
Voda	472,5	1,4
Celkem	33899,9	

Tabulka 2: Vzorek MNK2

SÍTO	JEDNOTLIVÉ FRAKCE	JEDNOTLIVÉ FRAKCE
(mm)	(g)	(%)
Podsítné	128,6	3,6
0,063	100,6	2,8
0,125	227,9	6,4

0,250	446,7	12,6
0,500	447,7	12,6
1,000	705,2	19,9
2,000	1287,8	36,4
4,000	195,2	5,5
Součet	3539,7	100,0
Voda	428,1	10,8
Celkem	3967,8	

Tabulka 3: Vzorek MNK3

SÍTO	JEDNOTLIVÉ FRAKCE	JEDNOTLIVÉ FRAKCE
(mm)	(g)	(%)
Podsítné	114,5	1,0
0,063	39,3	0,4
0,125	88,8	0,8
0,250	333,2	3,0
0,500	476,9	4,3
1,000	711,9	6,3
2,000	952,6	8,5
4,000	8500,0	75,8
Součet	11217,2	100,0

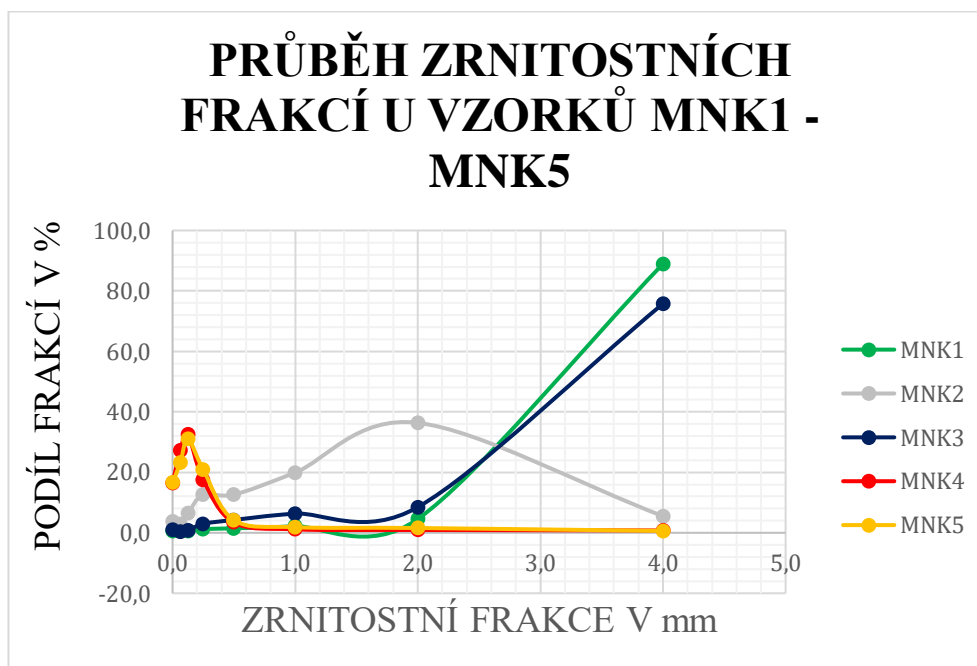
Voda	326,1	2,8
Celkem	11543,3	

Tabulka 4: Vzorek MNK4

SÍTO	JEDNOTLIVÉ FRAKCE	JEDNOTLIVÉ FRAKCE
(mm)	(g)	(%)
Podsítné	136,7	16,4
0,063	228,3	27,3
0,125	271,4	32,5
0,250	146,0	17,5
0,500	28,7	3,4
1,000	9,6	1,1
2,000	7,8	0,9
4,000	6,5	0,8
Součet	835,0	100,0
Voda	150,3	15,3
Celkem	985,3	

Tabulka 5: Vzorek MNK5

SÍTO	JEDNOTLIVÉ FRAKCE	JEDNOTLIVÉ FRAKCE
(mm)	(g)	(%)
Podsítné	320,2	16,6
0,063	449,5	23,2
0,125	599,4	31,0
0,250	404,1	20,9
0,500	81,5	4,2
1,000	35,8	1,9
2,000	30,8	1,6
4,000	12,1	0,6
Součet	1933,4	100,0
Voda	355,7	15,5
Celkem	2289,1	



Obrázek 1: Průběh zrnitostních frakcí u vzorků MNK1 – MNK5

Příloha C

Tabulka oddělené frakce těžkých minerálů na koncentračním splavu

Tabulka 1: Semikvantitativní analýza těžkých minerálů

označení vzorku	Separace na splavu A TM				SATM	zbytek frakce A <i>ne-</i> <i>separováno</i>
	vsádka na splav	frakce A za spla- vem	vsádka A do LST	A TM po separaci		
	mS	mA	mAN	mANTM		<i>Azb</i>
	(g)	(g)	(g)	(g)	hm (%)	(g)
MNK1-063	167,0	26,06	26,0630	0,5514	0,33	0,0
MNK1-125	203,0	65,68	36,9365	0,3409	0,30	28,7419
MNK1-250	200,0	71,76	35,0462	0,2017	0,21	36,7182
MNK1-500	200,0	53,14	36,4554	0,3015	0,22	16,6840
MNK2-063	100,3	32,67	32,6665	0,6910	0,69	0,0
MNK2-125	200,0	67,62	35,4129	0,3926	0,37	32,2062
MNK2-250	200,0	99,10	35,5836	0,1196	0,17	63,5182
MNK2-500	200,0	54,44	38,8433	0,2187	0,15	15,5967
MNK3-063	38,9	13,04	13,0405	0,1493	0,38	0,0
MNK3-125	88,1	50,73	37,3443	0,2364	0,36	13,3888
MNK3-250	200,0	111,81	37,0341	0,1155	0,17	74,7763

MNK3-500	200,0	44,29	44,2888	0,1446	0,07	0,0
MNK4-063	200,0	40,00	40,0036	1,4568	0,73	0,0
MNK4-125	200,0	55,90	37,1420	0,5107	0,38	18,7620
MNK4-250	145,4	79,71	37,6003	0,1514	0,22	42,1112
MNK4-500	28,4	28,34	28,3358	0,0632	0,22	0,0
MNK5-063	200,0	55,40	39,7726	1,1887	0,83	15,6261
MNK5-125	200,0	57,06	37,8071	0,5320	0,40	19,2538
MNK5-250	200,0	75,01	37,2615	0,2184	0,22	37,7505
MNK5-500	81,3	35,34	35,3444	0,1198	0,15	0,0

Příloha D

Popis zrn těžkých minerálů pro Ramanovu spektroskopii a SEM

Tabulka 1: Popis zrn těžkých minerálů pro Ramanovu spektroskopii, frakce 0,125 mm

PO- ZICE	KUSŮ	TVAR	PRŮHLED- NOST	BARVA
A1	1	Kulovitý	Průhledný	Bez barvy
A2	1	Sloupečkovitý	Průsvitný	Nažloutlá
A3	1	Sloupečkovitý	Průhledný	Bez barvy
A4	1	Sloupečkovitý	Opakní	Zlatá
A5	1	Obdélníkový	Opakní	Růžovo-hnědá
A6	1	Plošný vícehran	Průsvitný	Světle žlutá
A7	1	Sloupečkovitý	Průhledný	Světle žlutá
A8	1	Plošný vícehran	Průsvitný	Zlatá
B1	1	Plošný vícehran	Opakní	Zlato-žluto- hnědá
B2	1	Prostorový více- hran	Opakní	Žluto-hnědá
B3	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Růžovo-žluto- hnědá
B4	1	Obdélníkový	Průhledný	Žluto-hnědo-ze- lená
B5	1	Plošný vícehran	Opakní	Zlato-žluto- hnědá

B6	1	Prostorový více- hran	Průhledný	Světle žluto- hnědá
B7	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Tmavá žluto- hnědá
B8	1	Prostorový více- hran	Průhledný	Hnědá
B9	1	Kulovitý	Průsvitný	Hnědo-zelená
C1	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Světle zelená
C2	1	Sloupečkovitý	Průsvitný	Středně zelená
C3	1	Prostorový 6ti hran	Průsvitný	Středně zelená
C4	1	Prostorový více- hran	Opakní	Zeleno-šedá
C5	1	Sloupečkovitý	Opakní	Šedo-zelená
C6	1	Plošný vícehran	Opakní	Středně zelená
C7	1	Plošný vícehran	Opakní	Šedo-zelená
C8	1	Plošný obdélní- kový	Průsvitný	Středně zelená
C9	1	Prostorový 6ti hran	Opakní	Zeleno-hnědá
C10	1	Prostorový více- hran	Opakní	Zeleno-šedá
D1	1	Část prizmatu	Opakní	Šedo-hnědo-ze- lená
D2	1	Část prizmatu	Průsvitný	Šedo-hnědo-ze- lená
D3	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Šedo-hnědo-ze- lená
D4	1	Sloupečkovitý	Opakní	Šedo-hnědo-ze- lená

D5	1	Plošný vícehran	Průsvitný	Zeleno-žlutá
D6	1	Prostorový vícehran	Opakní	Šedo-hnědo-zelená
D7	1	Prostorový 6tihran	Opakní	Černá
D8	1	Prostorový vícehran	Opakní	Černá, lesklá
D9	1	Prostorový vícehran	Opakní	Černo-zelená
D10	1	Prostorový vícehran	Opakní	Černá jiskřivá
E1	1	Kulovitý	Průsvitný	Růžová
E2	1	Kulovitý	Průsvitný	Fialová
E3	1	Zaoblený	Průsvitný	Růžová
E4	1	Zaoblený	Průsvitný	Fialovo-růžová
E5	1	Zaoblený	Opakní	Růžová
E6	1	Zaoblený	Opakní	Světle fialová

Tabulka 2: Popis zrn těžkých minerálů pro Ramanovu spektroskopii, frakce 0,250 mm

POZICE	KUSŮ	TVAR	PRŮHLEDNOST	BARVA
A1	1	Prostorový vícehran	Průhledný	Bez barvy
A2	1	Zaoblený	Průsvitný	Bez barvy
A3	1	Prostorový vícehran	Průsvitný	Bez barvy

A4	3	Sloupečkovitý	Průsvitný	Světle žlutá
A5	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Bílá
A6	1	Plošný vícehran	Opakní	Žlato-žluto- hnědá
A7	1	Stébelnatý	Opakní	Zlatá
A8	1	Prostorový 6ti hran	Opakní	Žluto-hnědá
B1	1	Plošný vícehran	Opakní	Žluto-hnědá
B2	1	Obdélníkový	Opakní	Žluto-hnědá
B3	1	Prostorový více- hran	Opakní	Žluto-hnědá
B4	1	Prostorový více- hran	Průhledný	Růžovo-hnědá
B5	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Růžovo-hnědá
B6	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Tmavá růžovo- hnědá
B7	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Černo-hnědá
B8	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Růžová
B9	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Růžovo-hnědá
B10	1	Prostorový více- hran	Průhledný	Růžovo-žluto- hnědá
C1	1	Prostorový více- hran	Průhledný	Světle zelená
C2	1	Prostorový více- hran	Opakní	Světle zelená
C3	1	Prostorový více- hran	Opakní	Zeleno-šedá

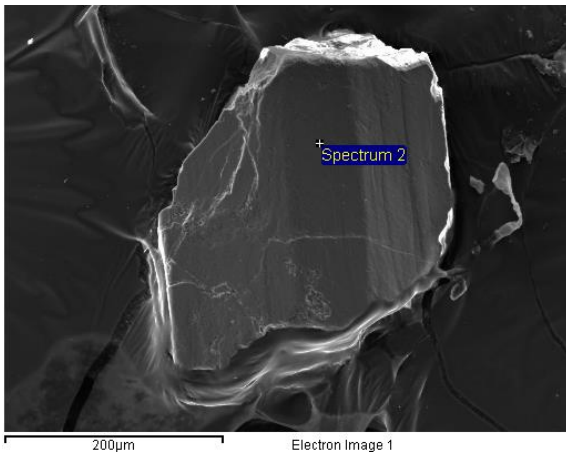
C4	2	Prostorový více- hran	Opakní	Šedo-zelená
C5	1	Prostorový více- hran	Opakní	Středně zelená
C6	1	Prostorový 6ti hran	Opakní	Šedo-zelená
C7	1	Stébelnatý	Opakní	Středně zelená
C8	1	Zaoblený	Opakní	Hnědo-zelená
C9	1	Plošný vícehran	Průhledný	Středně zelená
C10	1	Prostorový více- hran	Opakní	Tmavá zelená
C11	3	Prostorový více- hran	Opakní	Šedo-zelená
C12	3	Prostorový více- hran	Opakní	Bílo-zelená
C13	1	Stébelnatý	Opakní	Středně zelená
D1	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Středně zelená
D2	1	Sloupečkovitý	Opakní	Tmavá zelená
D3	1	Pyramidální	Opakní	Černá jiskřivá
D4	1	Prostorový 6ti hran	Opakní	Černá jiskřivá
D5	1	Prostorový více- hran	Opakní	Šedo-hnědo-ze- lená
D6	1	Prizmatický	Průsvitný	Šedo-hnědo-ze- lená
D7	1	Prostorový 6ti hran	Průsvitný	Šedo-hnědo-ze- lená
D8	1	Prostorový více- hran	Opakní	Černá fialový lesk
D9	1	Dipyramidální	Opakní	Černá

D10	1	Prostorový více- hran	Opakní	Černá fialový lesk
E1	1	Kulovitý	Průsvitný	Fialová
E2	1	Kulovitý	Průsvitný	Zlato-žluto- hnědá
E3	1	Zaoblený	Průhledný	Růžová

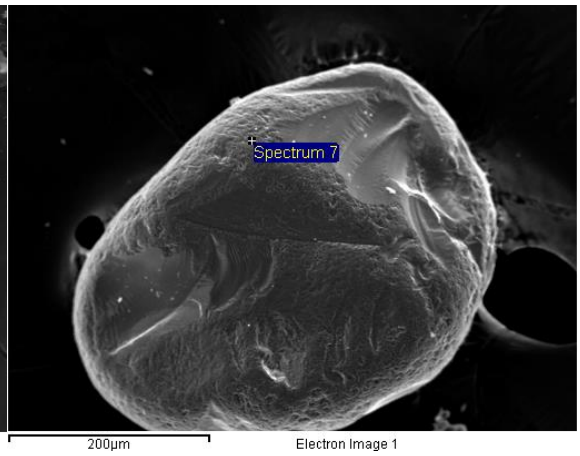
Tabulka 3: Popis zrn těžkých minerálů pro SEM, frakce 0,125, 0,250 a 0,500 mm

PO- ZICE	KUSŮ	TVAR	PRŮHLED- NOST	BARVA
A1	1	Kulovitý	Průhledný	Bez barvy
A2	1	Sloupcovitý	Opakní	Bílá
A2.1	1	Stébelnatý	Opakní	Bílá
A3	1	Kulovitý	Opakní	Bílá
A4	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Světle fialová
A5	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Světle žlutá
B1	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Světle žluto- hnědá
B1.1	1	Prostorový více- hran	Průsvitný	Hnědo-žlutá
B2	1	Prostorový více- hran	Opakní	Žluto-hnědá
B3	1	Plošný vícehran	Opakní	Žluto-hnědá

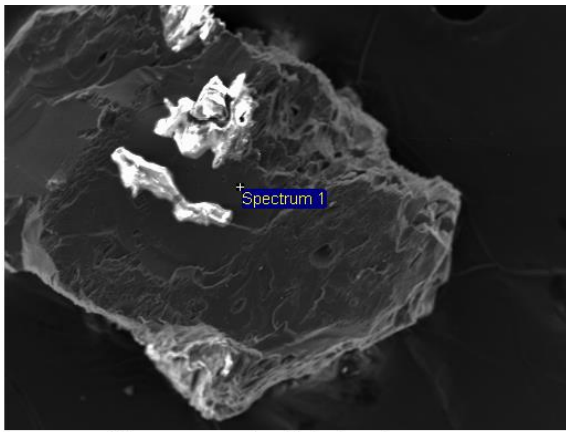
B4	1	Plošný vícehran	Opakní	Tmavá žluto-hnědá
B5	1	Prostorový vícehran	Průsvitný	Hnědá
C1	1	Plošný vícehran	Průsvitný	Středně zelená
C2	1	Kulovitý	Opakní	Žluto-zelená
C3	1	Kulovitý	Opakní	Tmavá zelená
C4	1	Plošný vícehran	Průsvitný	Světle zelená
C5	1	Plošný vícehran	Průsvitný	Tmavá zelená
D1	1	Prostorový vícehran	Opakní	Šedo-hnědo-zelený
D2	1	Prostorový vícehran	Opakní	Černá, lesklé plošky
D3	1	Stébelnatý	Opakní	Šedo-černá
D4	1	Prostorový vícehran	Opakní	Černá, lesklá
D5	1	Prostorový vícehran	Opakní	Černá, lasturnatý lom



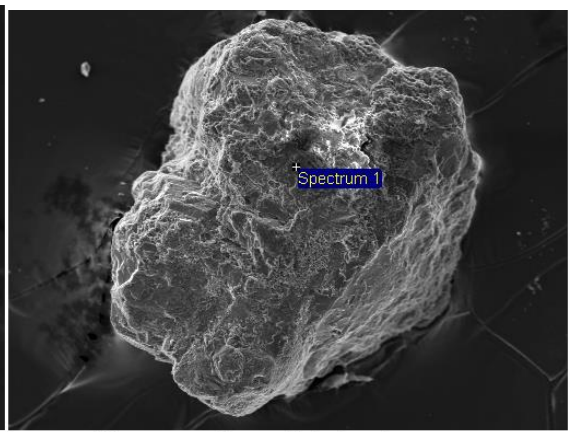
Obrázek 1: 125_D1 – Turmalín sk.



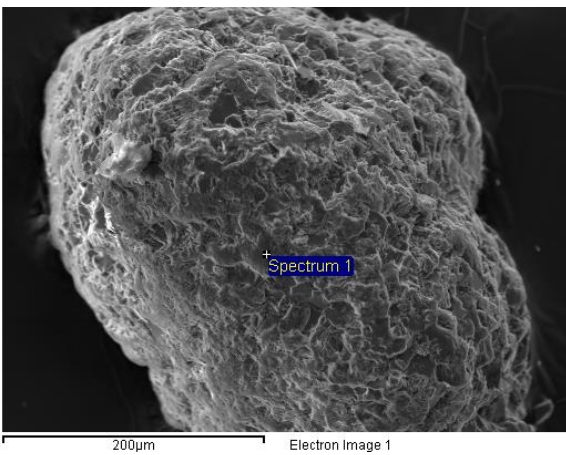
Obrázek 2: 250_A1 – Topaz



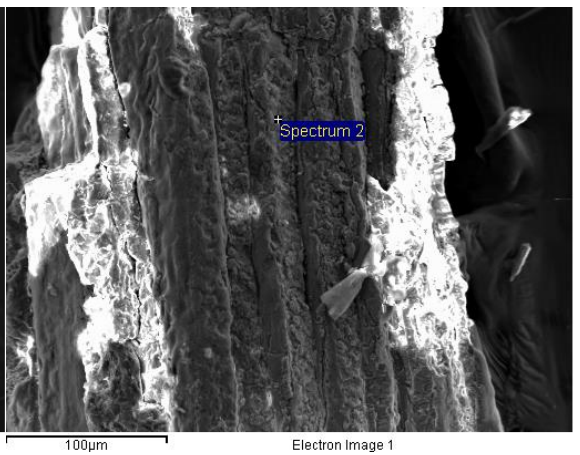
Obrázek 3: 250_B3 – Pyroxen sk.



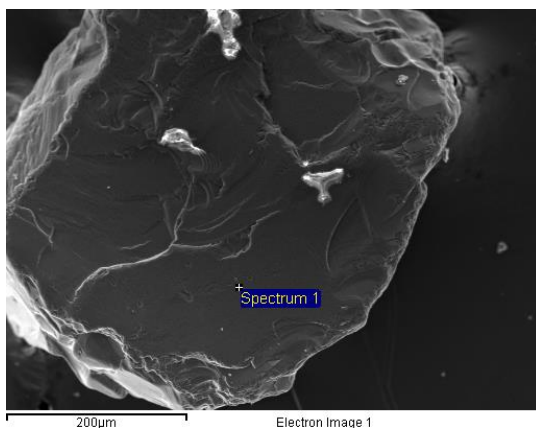
Obrázek 4: 250_C2 – Epidot sk.



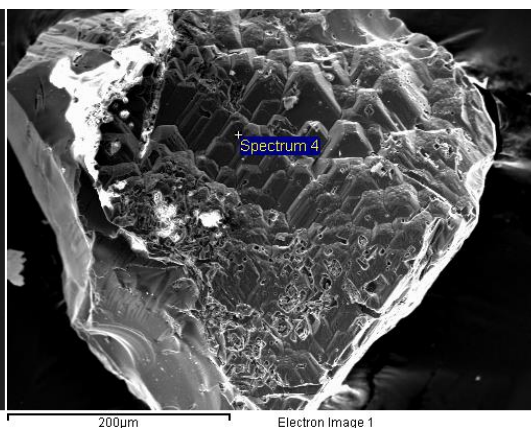
Obrázek 5: 250_C3 – Chlorit sk.



Obrázek 6: 250_D3 – Apatit



Obrázek 7: 250_B1 –



Obrázek 8: 500_A1 – Granát sk.

Data chemických analýz ze skenovacího elektronového mikroskopu

Tabulka 4: Chemická analýza zrna sk. turmalínu 125 D1

Element	App Conc	Intensity Corn.	Weight %	Weight % Sigma	Atomic%	Compd %	Formula	Number of ions
Na K	1.62	0.9178	1.60	0.06	1.45	2.16	Na ₂ O	0.19
Mg K	4.79	0.8612	5.03	0.07	4.32	8.34	MgO	0.57
Al K	19.47	0.8856	19.90	0.11	15.40	37.59	Al ₂ O ₃	2.01
Si K	18.04	0.8020	20.35	0.12	15.14	43.54	SiO ₂	1.98
Ca K	0.91	0.9625	0.85	0.05	0.44	1.19	CaO	0.06
Ti K	0.53	0.8715	0.56	0.06	0.24	0.93	TiO ₂	0.03
Fe K	4.83	0.8981	4.86	0.14	1.82	6.26	FeO	0.24
O			46.85	0.17	61.18			8.00
Totals			100.00				Cation sum	5.08

Tabulka 5: Chemická analýza zrna topazu 250 A1

Element	App Conc.	Inten- sity Corrn.	Weight %	Weight % Sigma	Ato- mic%	Compd %	Formula	Num- ber of ions
F K	20.21	0.4150	32.35	0.33	33.88	0.00		3.60
Al K	29.41	0.8849	22.08	0.14	16.28	41.71	Al ₂ O ₃	1.73
Si K	13.94	0.7860	11.78	0.10	8.34	25.20	SiO ₂	0.89
Fe K	0.78	0.9001	0.57	0.07	0.20	0.74	FeO	0.02
O			33.22	0.19	41.30			4.40
Totals			100.00				Cation sum	2.64

Tabulka 6: Chemická analýza zrna sk. pyroxenu 250 B3

Element	App Conc	Inten- sity Corrn.	Weight %	Weight % Sigma	Ato- mic%	Compd %	Formula	Num- ber of ions
Na K	1.25	0.8814	1.36	0.06	1.28	1.83	Na ₂ O	0.17
Mg K	8.41	0.8380	9.61	0.08	8.57	15.93	MgO	1.14
Al K	1.70	0.8334	1.95	0.06	1.57	3.68	Al ₂ O ₃	0.21
Si K	23.82	0.8961	25.44	0.12	19.65	54.42	SiO ₂	2.62
Ca K	14.42	0.9724	14.19	0.12	7.68	19.85	CaO	1.02
Cr K	0.54	0.8717	0.59	0.08	0.25	0.87	Cr ₂ O ₃	0.03
Fe K	2.48	0.8929	2.66	0.12	1.03	3.43	FeO	0.14
O			44.21	0.16	59.96			8.00
Totals			100.00				Cation sum	5.34

Tabulka 7: Chemická analýza zrna sk. epidotu 250 C2

Element	App Conc.	Inten- sity Corrn.	Weight %	Weight % Sigma	Ato- mic%	Compd %	Formula	Num- ber of ions
Al K	7.76	0.8736	10.91	0.10	9.55	20.61	Al ₂ O ₃	1.28
Si K	11.8 3	0.8668	16.77	0.13	14.10	35.87	SiO ₂	1.90
Ca K	15.9 6	1.0033	19.54	0.15	11.52	27.34	CaO	1.55
Ti K	0.27	0.8696	0.38	0.07	0.19	0.63	TiO ₂	0.03
Fe K	8.98	0.9128	12.09	0.22	5.11	15.55	FeO	0.69
O			40.32	0.20	59.53			8.00
Totals			100.00				Cation sum	5.44

Tabulka 8: Chemická analýza zrna sk. chloritu 250 C3

Element	App Conc.	Inten- sity Corrn.	Weight %	Weight % Sigma	Ato- mic%	Compd %	Formula	Num- ber of ions
Mg K	4.94	0.7325	7.07	0.09	6.92	11.72	MgO	0.94
Al K	9.63	0.7805	12.94	0.11	11.42	24.44	Al ₂ O ₃	1.56
Si K	10.2	0.7899	13.61	0.12	11.54	29.12	SiO ₂	1.57
Fe K	24.1	0.9362	26.99	0.24	11.51	34.72	FeO	1.57
O			39.39	0.20	58.62			8.00
Totals			100.00				Cation sum	5.65

Tabulka 9: Chemická analýza zrna apatitu 250 D3

Element	App Conc	Inten- sity Corrn.	Weight %	Weight % Sigma	Ato- mic%	Compd %	Formula	Num- ber of ions
F K	1.62	0.2292	6.71	0.45	8.43	0.00		1.06
Na K	0.16	0.7708	0.20	0.05	0.21	0.27	Na ₂ O	0.03
P K	16.89	0.9824	16.31	0.14	12.57	37.38	P ₂ O ₅	1.58
Ca K	41.92	1.0105	39.36	0.25	23.44	55.07	CaO	2.95
Fe K	0.42	0.9000	0.44	0.10	0.19	0.57	FeO	0.02
O			36.97	0.24	55.16			6.94
Totals			100.00				Cation sum	4.58

Tabulka 10: Chemická analýza zrna staurolitu 250 B1

Element	App Conc	Inten- sity Corrn.	Weight %	Weight % Sigma	Ato- mic%	Compd %	Formula	Num- ber of ions
Mg K	0.71	0.8351	0.83	0.05	0.74	1.38	MgO	0.10
Al K	26.5	0.9074	28.66	0.13	23.00	54.16	Al ₂ O ₃	3.01
Si K	10.7	0.7633	13.78	0.11	10.62	29.47	SiO ₂	1.39
Ti K	0.36	0.8905	0.40	0.06	0.18	0.67	TiO ₂	0.02
Fe K	10.3	0.9111	11.13	0.18	4.31	14.32	FeO	0.56
O			45.19	0.17	61.15			8.00
Totals			100.00					

	Cation sum	5.08
--	------------	------

Tabulka 11: Chemická analýza zrna sk. granátu 500 A1

Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight %	Weight % Sigma	Atomic%	Compd %	Formula	Number of ions
Mg K	5.33	0.7502	5.25	0.09	5.03	8.71	MgO	0.67
Al K	12.1	0.8081	11.08	0.12	9.57	20.93	Al ₂ O ₃	1.28
Si K	20.1	0.8192	18.14	0.15	15.04	38.80	SiO ₂	2.01
Ca K	2.22	0.9999	1.64	0.08	0.95	2.29	CaO	0.13
Mn K	0.66	0.9626	0.51	0.11	0.21	0.65	MnO	0.03
Fe K	27.9	0.9278	22.25	0.27	9.28	28.62	FeO	1.24
O			41.15	0.24	59.91			8.00
Totals			100.00				Cation sum	5.35

Příloha E

Statistické vyhodnocení zrn těžkých minerálů ve vzorku MNK3

List 1, 2 PODÍLY TĚŽKÝCH MINERÁLŮ U TĚŽKÉ FRAKCE MNK3-063

Zrnitostní frakce	0,063 mm
Hmotnost podílu těžké frakce	0,5514 g
Hmotnost statisticky vyhodnoceného podílu těžké frakce	0,0028 g
Koeficient podílu MNK3-063	200
Hmotnost barevných kategorií těžké frakce	0,0019 g
Specifická hmotnost štěrkopísků podle http://surviveability.cz/	1,9 kg/m ³
Hmotnost odebraného vzorku MNK3	11,7 kg

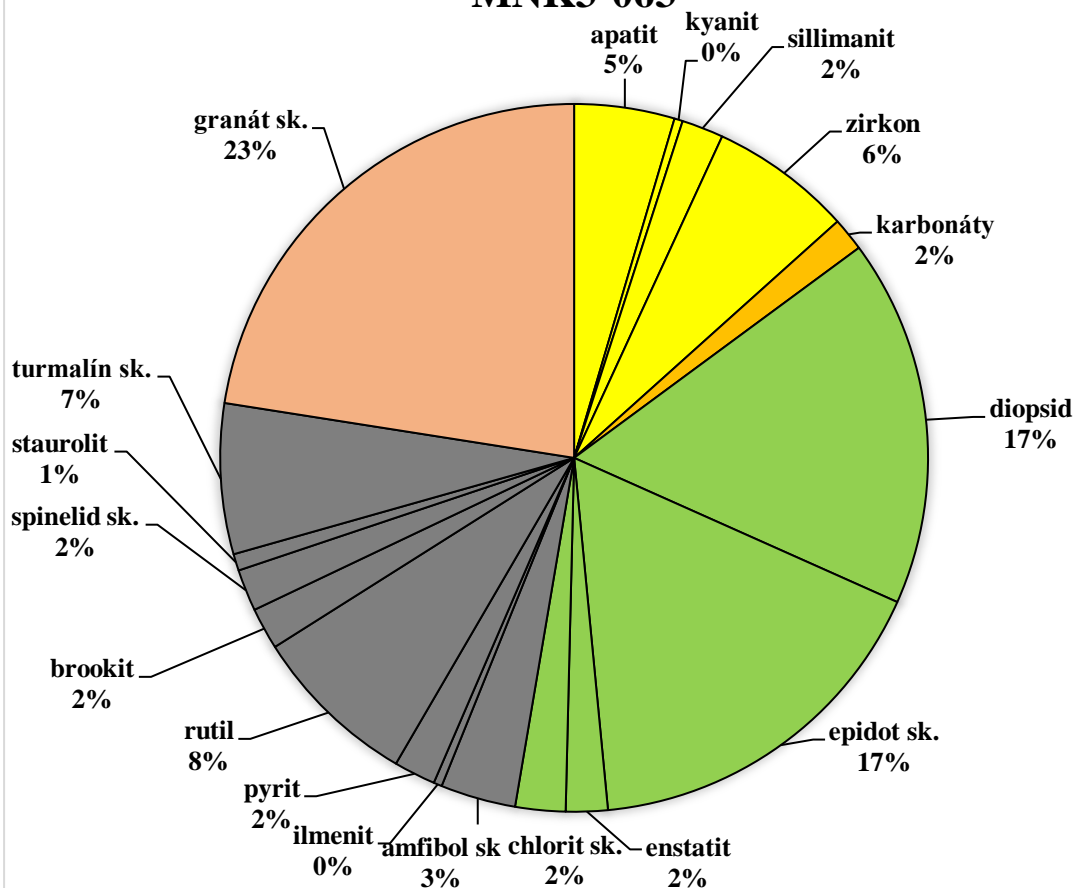
Podíly jednotlivých zařazených zrn těžkých minerálů u frakce MNK3 - 063

KATEGORIE	POČET ZRN	POČET ZRN	HMOTNOST ZRN	HMOTNOST ZRN
neurčená zrna	110	(%)	(g)	(g/m ³ štěrko-písku)
apatit	12	4,6	0,0001	2,89
kyanit	1	0,4	0,0000	0,24
sillimanit	5	1,9	0,0000	1,20
zirkon	17	6,5	0,0001	4,09
karbonáty	4	1,5	0,0000	0,96
diopsid	44	16,8	0,0003	10,58
Epidot sk.	44	16,8	0,0003	10,58
enstatit	5	1,9	0,0000	1,20
chlorit sk.	6	2,3	0,0000	1,44
amfibol sk	9	3,4	0,0001	2,16
ilmenit	1	0,4	0,0000	0,24
pyrit	5	1,9	0,0000	1,20
rutil	20	7,6	0,0001	4,81
brookit	5	1,9	0,0000	1,20
spinelid sk.	5	1,9	0,0000	1,20
staurolit	2	0,8	0,0000	0,48
turmalín sk.	18	6,9	0,0001	4,33
granát sk.	59	22,5	0,0004	14,19
barevných celkem	262	100	0,0019	63,01

BAREVNÉ KATEGORIE	ZRN CELKEM	ZAŘAZENO ZRN V %
neurčená zrna	110	29,6
světlá kategorie celkem	35	9,4
hnědá kategorie celkem	4	1,1
zelená kategorie celkem	99	26,6
černá kategorie celkem	65	17,5
granátová kategorie celkem	59	15,9

zařazeno zrn celkem	372	100
---------------------	-----	-----

PODÍLY TĚŽKÝCH MINERÁLŮ U FRAKCE MNK3-063



List 3, 4 PODÍLY TĚŽKÝCH MINERÁLŮ U TĚŽKÉ FRAKCE MNK3-125

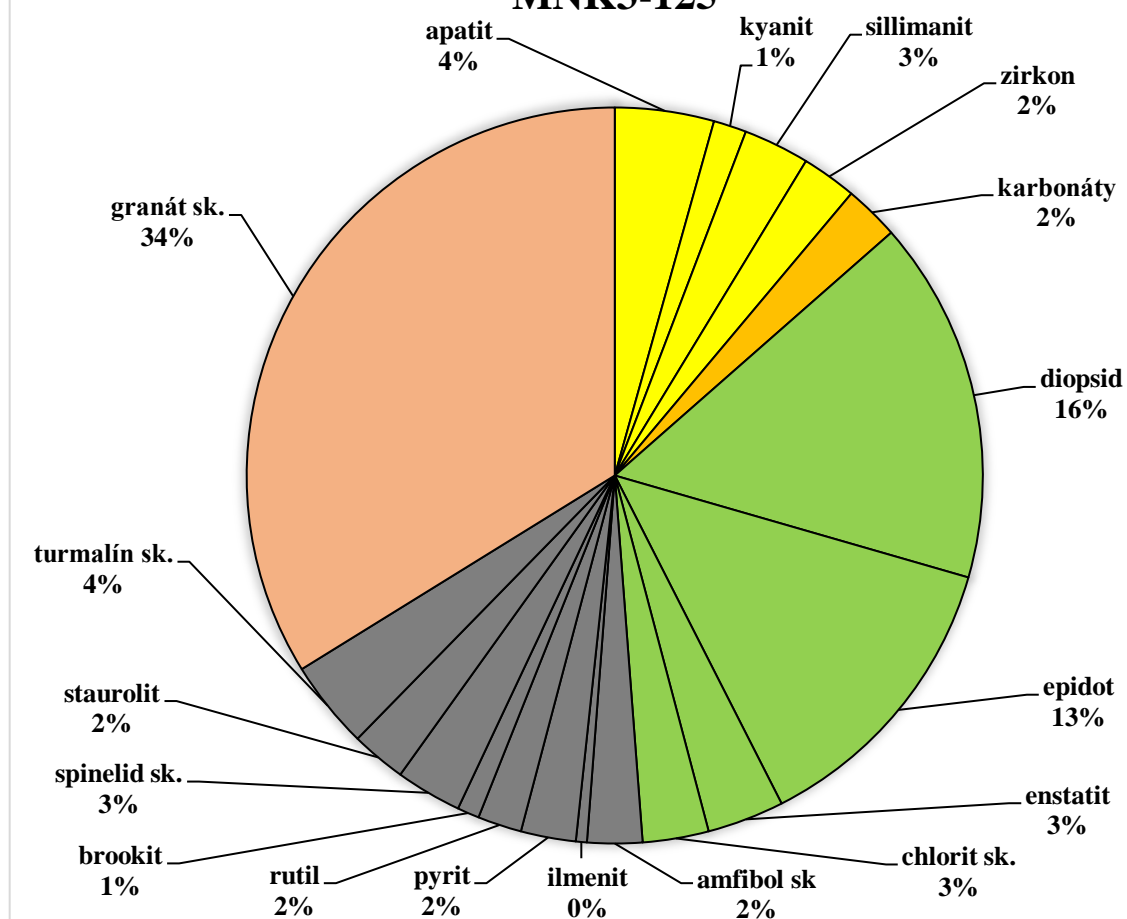
Zrnitostní frakce	0,125 mm
Hmotnost podílu těžké frakce	0,3409 g
Hmotnost statisticky vyhodnoceného podílu těžké frakce	0,0052 g
Koeficient podílu MNK3-125	65
Hmotnost barevných kategorií těžké frakce	0,0032 g
Specifická hmotnost štěrkopísků podle http://surviveability.cz/	1,9 t/m ³
Hmotnost odebraného vzorku MNK3	11,7 kg

Podíly jednotlivých zařazených zrn těžkých minerálů u frakce MNK3 – 125

KATEGORIE	POČET ZRN	POČET ZRN	HMOTNOST ZRN	HMOTNOST ZRN
neurčená zrna	129	(%)	(g)	(g/m ³ šterko-písku)
apatit	9	4,3	0,0001	1,48
kyanit	3	1,4	0,0000	0,49
sillimanit	6	2,9	0,0001	0,99
zirkon	5	2,4	0,0001	0,82
karbonáty	5	2,4	0,0001	0,82
diopsid	33	15,9	0,0005	5,43
epidot	27	13,0	0,0004	4,44
enstatit	7	3,4	0,0001	1,15
chlorit sk.	6	2,9	0,0001	0,99
amfibol sk	5	2,4	0,0001	0,82
ilmenit	1	0,5	0,0000	0,16
pyrit	5	2,4	0,0001	0,82
rutil	4	1,9	0,0001	0,66
brookit	2	1,0	0,0000	0,33
spinelid sk.	6	2,9	0,0001	0,99
staurolit	5	2,4	0,0001	0,82
turmalín sk.	8	3,9	0,0001	1,32
granát sk.	70	33,8	0,0011	11,52
barevných celkem	207	100	0,0032	34,08

BAREVNÉ KATEGORIE	ZRN CELEKEM	ZAŘAZENO ZRN V %
neurčená zrna	129	38,4
světlá kategorie celkem	23	6,8
hnědá kategorie celkem	5	1,5
zelená kategorie celkem	73	21,7
černá kategorie celkem	36	10,7
granátová kategorie celkem	70	20,8
zařazeno zrn celkem	336	100

PODÍLY TĚŽKÝCH MINERÁLŮ U FRAKCE MNK3-125



List 5, 6 PODÍLY TĚŽKÝCH MINERÁLŮ U TĚŽKÉ FRAKCE MNK3-250

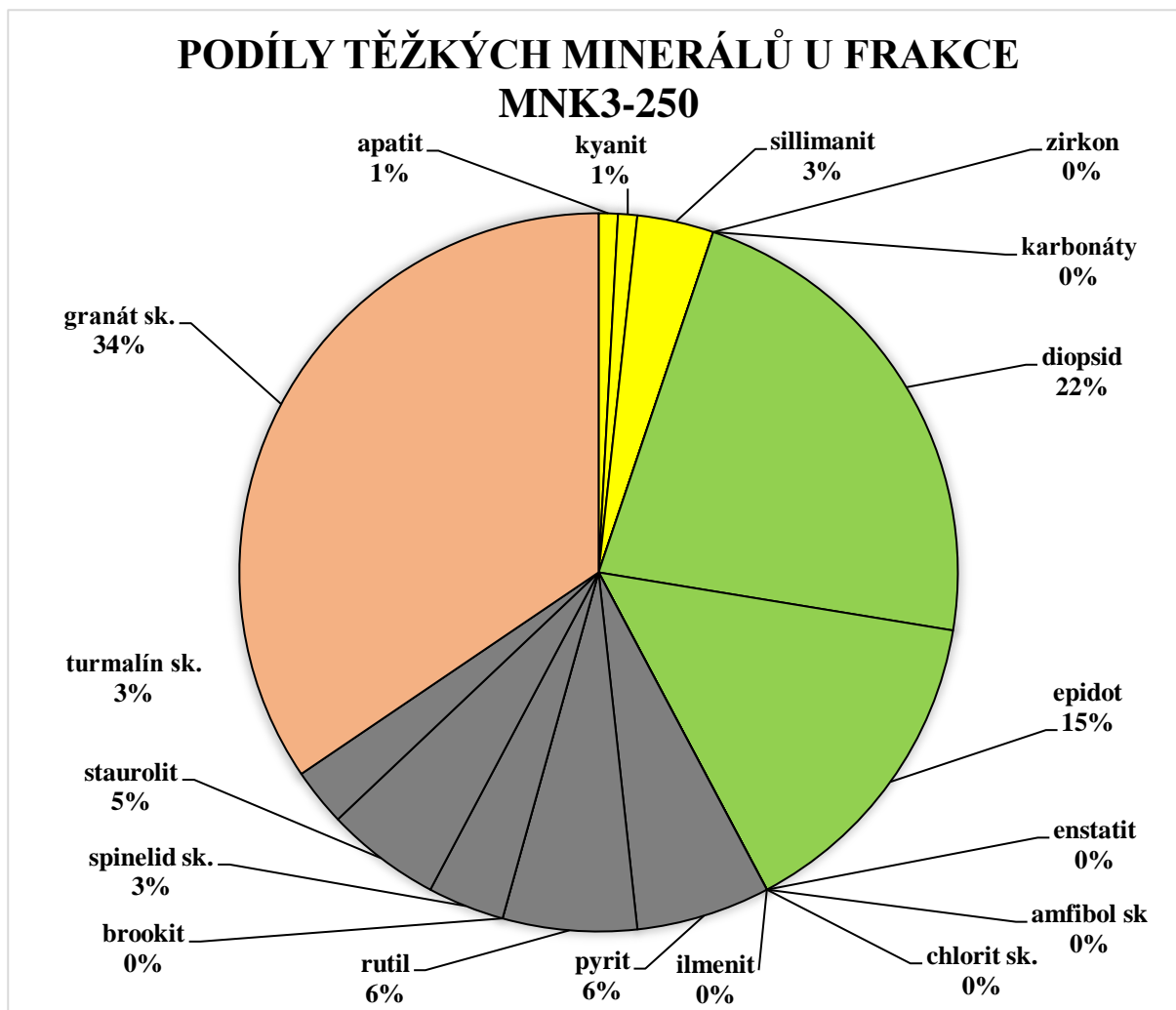
Zrnitostní frakce	0,250 mm
Hmotnost podílu těžké frakce	0,2017 g
Hmotnost statisticky vyhodnoceného podílu těžké frakce	0,0403 g
Koeficient podílu MNK3-250	5
Hmotnost barevných kategorií těžké frakce	0,0112 g
Specifická hmotnost štěrkopísků podle http://survive-ability.cz/	1,9 kg/m ³
Hmotnost odebraného vzorku MNK3	11,7 kg

Podíly jednotlivých zařazených zrn těžkých minerálů u frakce MNK3 – 250

KATEGORIE	POČET ZRN	POČET ZRN	HMOTNOST ZRN	HMOTNOST ZRN
neurčená zrna	300	(%)	(g)	(g/m ³ šterko-písku)
apatit	1	0,9	0,0001	0,08
kyanit	1	0,9	0,0001	0,08
sillimanit	4	3,4	0,0004	0,31
zirkon	0	0,0	0,0000	0,00
karbonáty	0	0,0	0,0000	0,00
diopsid	26	22,4	0,0025	2,05
epidot	17	14,7	0,0016	1,34
enstatit	0	0,0	0,0000	0,00
chlorit sk.	0	0,0	0,0000	0,00
amfibol sk	0	0,0	0,0000	0,00
ilmenit	0	0,0	0,0000	0,00
pyrit	7	6,0	0,0007	0,55
rutil	7	6,0	0,0007	0,55
brookit	0	0,0	0,0000	0,00
spinelid sk.	4	3,4	0,0004	0,31
staurolit	6	5,2	0,0006	0,47
turmalín sk.	3	2,6	0,0003	0,24
granát sk.	40	34,5	0,0039	3,15
barevných celkem	116	100	0,0112	9,13

BAREVNÉ KATEGORIE	ZRN KEM	CELE- %	ZAŘAZENO ZRN V %
neurčená zrna	300		72,1
světlá kategorie celkem	6		1,4
hnědá kategorie celkem	0		0,0
zelená kategorie celkem	43		10,3
černá kategorie celkem	27		6,5
granátová kategorie celkem	40		9,6

zařazeno zrn celkem	416	100
---------------------	-----	-----



List 7, 8 PODÍLY TĚŽKÝCH MINERÁLŮ U TĚŽKÉ FRAKCE MNK3-500

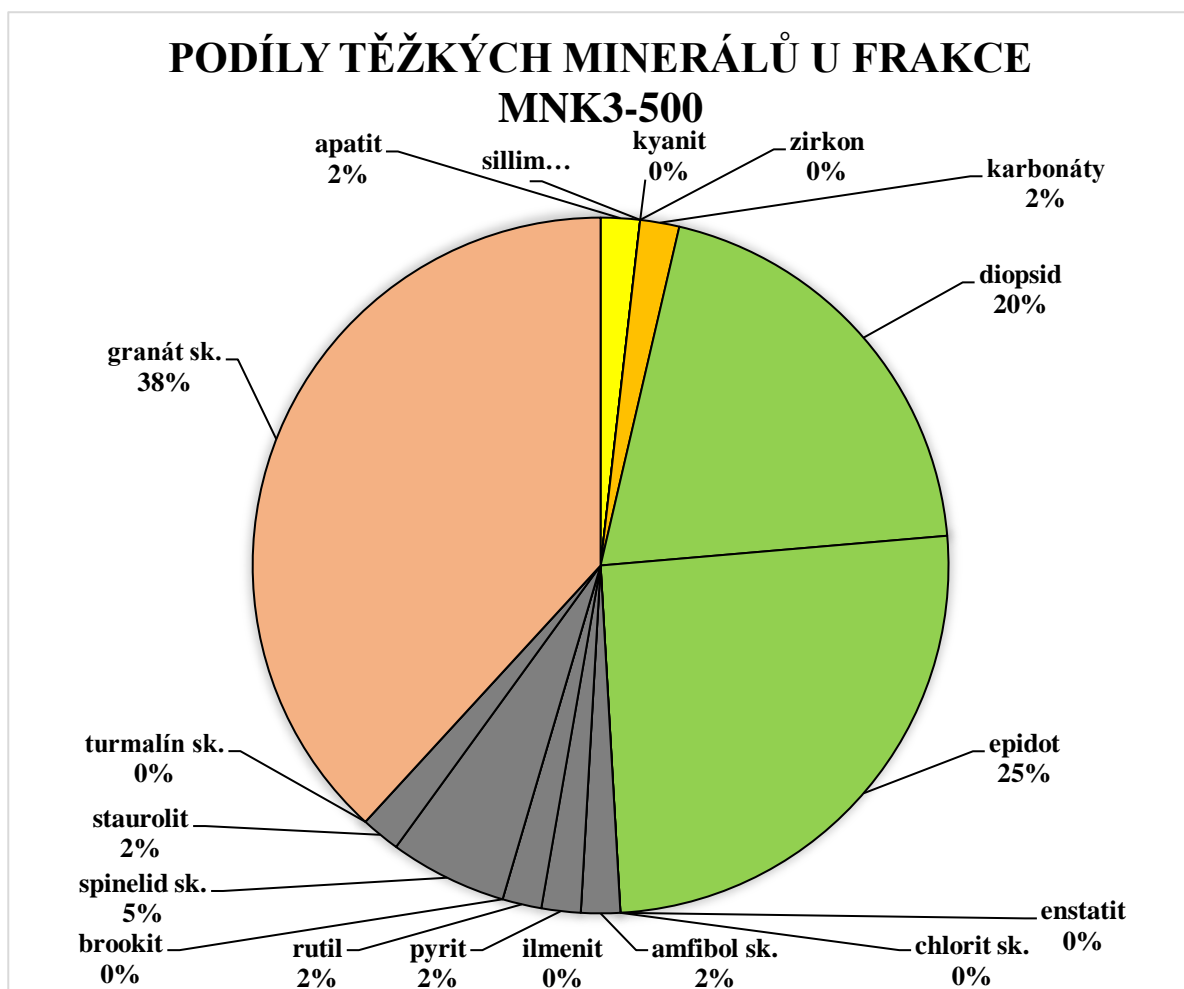
Zrnitostní frakce	0,500 mm
Hmotnost podílu těžké frakce	0,3015 g
Hmotnost statisticky vyhodnoceného podílu těžké frakce	0,3015 g
Koeficient podílu MNK3-500	1
Hmotnost barevných kategorií těžké frakce	0,0332 g
Specifická hmotnost štěrkopísků podle http://survive-ability.cz/	1,9 t/m ³
Hmotnost odebraného vzorku MNK3	11,7 kg

Podíly jednotlivých zařazených zrn těžkých minerálů u frakce MNK3 - 500

KATEGORIE	POČET ZRN	POČET ZRN	HMOTNOST ZRN	HMOTNOST ZRN
neurčená zrna	444	(%)	(g)	(g/m ³ šterkopísku)
apatit	1	1,8	0,0006	0,23
kyanit	0	0,0	0,0000	0,00
sillimanit	0	0,0	0,0000	0,00
zirkon	0	0,0	0,0000	0,00
karbonáty	1	1,8	0,0006	0,23
diopsid	11	20,0	0,0066	2,57
epidot	14	25,5	0,0085	3,27
enstatit	0	0,0	0,0000	0,00
chlorit sk.	0	0,0	0,0000	0,00
amfibol sk.	1	1,8	0,0006	0,23
ilmenit	0	0,0	0,0000	0,00
pyrit	1	1,8	0,0006	0,23
rutil	1	1,8	0,0006	0,23
brookit	0	0,0	0,0000	0,00
spinelid sk.	3	5,5	0,0018	0,70
staurolit	1	1,8	0,0006	0,23
turmalín sk.	0	0,0	0,0000	0,00
granát sk.	21	38,2	0,0127	4,91
barevných celkem	55	100	0,0332	12,07

BAREVNÉ KATEGORIE	ZRN CELE- KEM	ZAŘAZENO ZRN V %
neurčená zrna	444	89,0
světlá kategorie celkem	1	0,2
hnědá kategorie celkem	1	0,2
zelená kategorie celkem	25	5,0
černá kategorie celkem	7	1,4
granátová kategorie celkem	21	4,2

zařazeno zrn celkem	499	100
---------------------	-----	-----

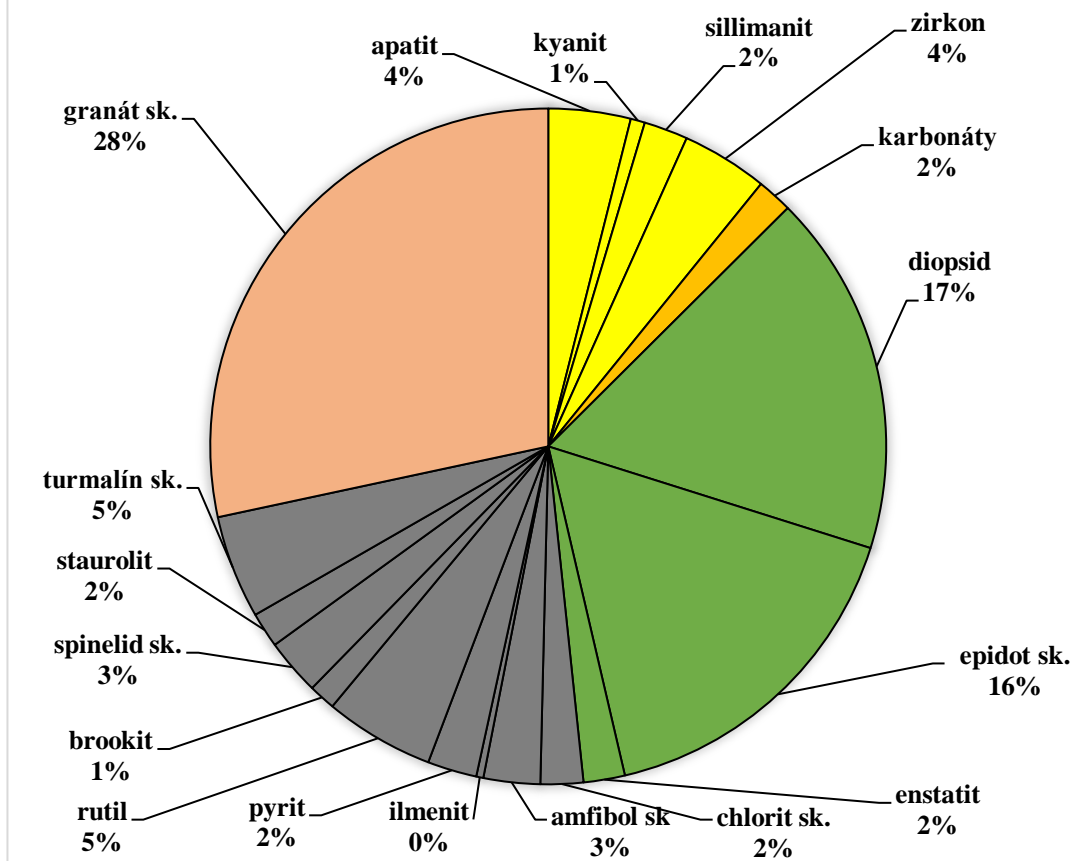


Hmotnostní a procentuální podíl jednotlivých minerálů u vzorku MNK3

TĚŽKÝ MINE- RÁL	PODÍL V %
apatit	3.93
kyanit	0.68
sillimanit	2.10
zirkon	4.12
karbonáty	1.70
diopsid	17.33
epidot sk.	16.49
enstatit	1.98
chlorit sk.	2.04
amfibol sk	2.71
ilmenit	0.34
pyrit	2.36
rutil	5.25
brookit	1.29
spinelid sk.	2.69
staurolit	1.69
turmalín sk.	4.94
granát sk.	28.36
SUMA	100.00

TĚŽKÝ MINE- RÁL	OBSAH V g/m ³
apatit	4.68
kyanit	0.81
sillimanit	2.50
zirkon	4.91
karbonáty	2.02
diopsid	20.63
Epidot	19.64
enstatit	2.35
chlorit sk.	2.43
amfibol sk	3.22
ilmenit	0.41
pyrit	2.81
rutil	6.25
brookit	1.53
spinelid sk.	3.21
staurolit	2.01
turmalín sk.	5.88
granát sk.	33.77
SUMA	119.07

PODÍL TĚŽKÝCH MINERÁLŮ V MNK3 V %



OBSAH TĚŽKÝCH MINERÁLŮ V MNK3 V G/M³

