

REŠERŠE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Studium minerální asociace těžké frakce z deponie ložiska štěrkopísků u Hulína

Petr Mikysek

20.11.2021

Obsah

1 Úvod	3
2 Geografie oblasti	4
3 Geologie Hornomoravského úvalu	5
3.1 Kvarterní geologie povodí, zdrojové a snosové oblasti.....	7
3.2 Geologická stavba ložiska Hulín	10
4 Mineralogie těžké frakce	11
4.1 Těžké minerály v povodí řeky Moravy	15
5 Metody studia fluviálních sedimentů	16
5.1 Odběr a příprava vzorků k laboratornímu zpracování	16
5.2 Separční metody.....	17
5.3 Chemická analýza vzorků	20
5.4 RTG Metody.....	21
5.5 Elektronová mikroskopie a mikroanalýza	21
6 Vlastní schéma studia fluviálních sedimentů	22
7 Závěr	28
Použitá literatura a zdroje	29
Přílohy	31

1 Úvod

Cílem této práce je pokusit se kvalitativně a kvantitativně vyhodnotit podíl těžké frakce z deponie ložiska štěrkopísků.

Deponie představuje antropogenní akumulaci minerálů, mající řadu užitkových vlastností. Představuje analogii k přírodní akumulaci a ložiskotvornému procesu.

V úvodu této práce je popsána geologická stavba zájmového území s ohledem na zdrojové a snosové oblasti. Stručný popis těžkých minerálů a metody jejich studia tvoří část druhou.

V závěru jsou shrnuty dosavadní poznatky a analýzy ze studia této problematiky.

2 Geografie oblasti

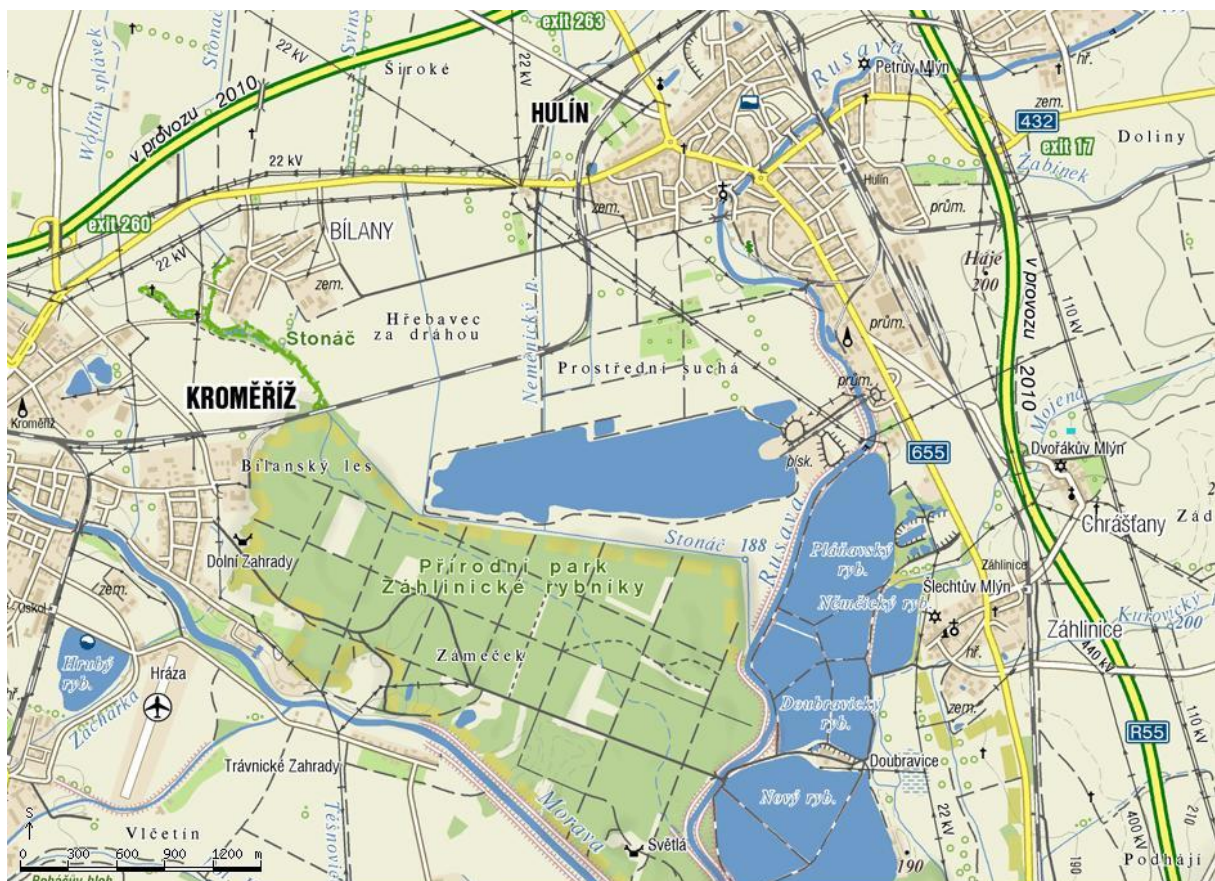
Ložisko Hulín leží v Hornomoravském úvalu při pravém břehu řeky Rusavy a Pláňavského rybníka, severovýchodně od města Kroměříž. Západním a jihozápadním směrem lemují ložisko potoky Stonač a Němčický, stejně tak lužní les, který je součástí Přírodního parku Záhlinické rybníky.

Kraj: Zlínský

Okres: Kroměříž

Katastrální území: Hulín

Nadmořská výška: 190 m n. m.

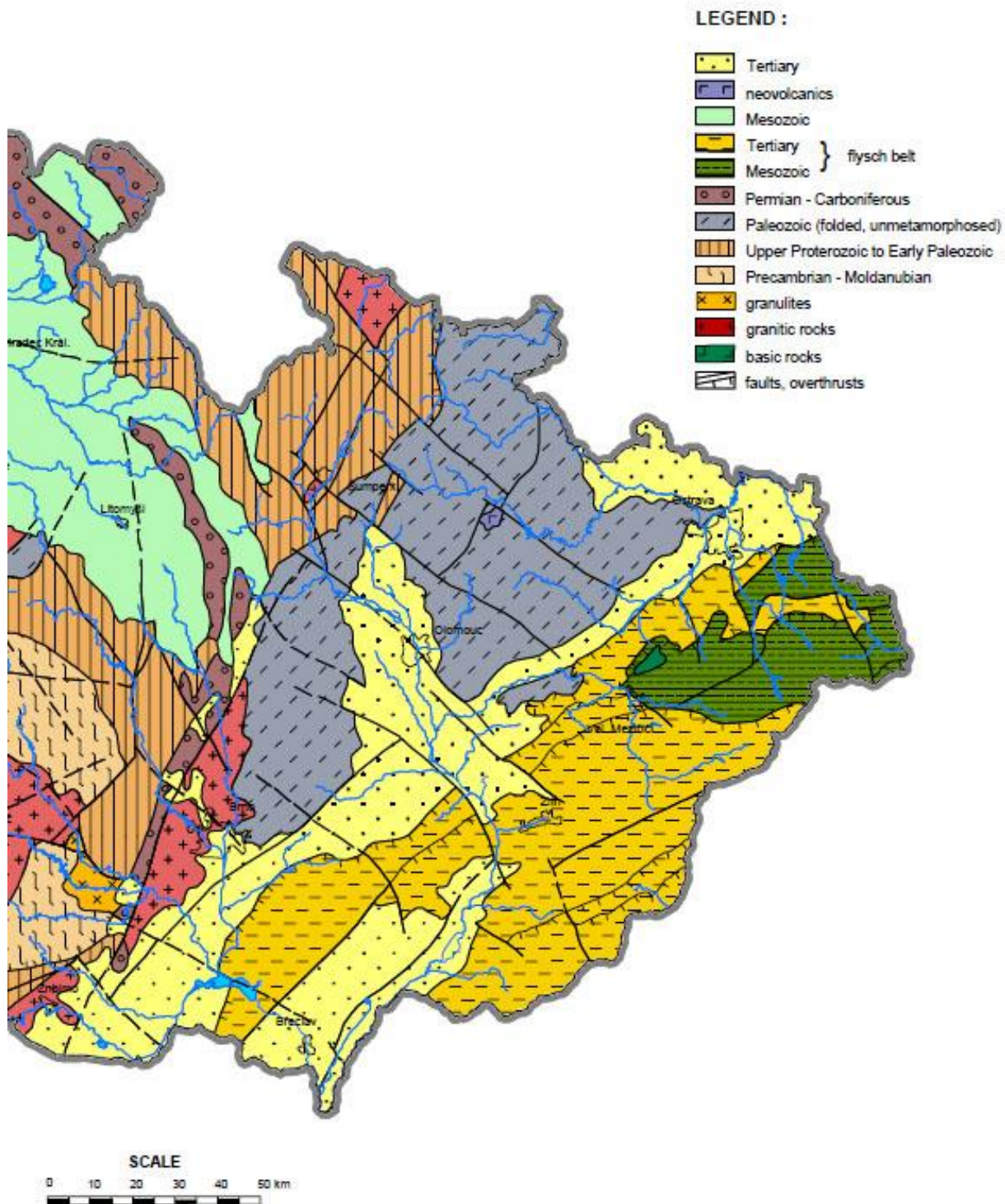


Obr. 1: Geografická poloha ložiska Hulín (www.mapy.cz).

3 Geologie Hornomoravského úvalu

Hornomoravský úval tvoří rozsáhlou příkopovou propadlinu směru SSZ – JJV. Po ústupu bádenského moře se zde do konce pliocénu tvořila jezera. Na rozhraní mezi pliocénem a pleistocénem se vlivem tektonických pohybů zmenšuje sedimentační pánev. V průběhu pleistocénu se v důsledku těchto pohybů vytvořil terasový systém (Přichystal, Obstová, Suk, 1993).

Krystalinické podloží je tvořeno muskoviticko-biotitickými pararulami, částečně migmatizovanými. Téměř celá oblast je vyplněna pliocenními sedimenty, transgresivně uloženými na svém podloží, na východě zasahují do Fryštácké brázdy, na západě do flyšového pásma v Chříbech. Bazální části tohoto sedimentačního prostoru tvoří psefiticko-psamitické sedimenty. Jsou jemné až hrubě zrnité, žlutavé, světle rezavé, šedé a šedozelené, bez výrazné vrstevnatosti. Převládající složkou je křemen, v menší míře pískovce. V údolí řeky Moravy jsou zastoupeny drobné fragmenty hornin Českého masívu. Hlubší uložení sedimentačního prostoru tvoří pestře zbarvené (šedožluté, žlutohnědé, zelenošedé, namodralé) psamiticko-pelitické sedimenty s proměnlivým obsahem prachovité a písčité příměsi. V pelitech bývají přítomny čočky šedých písků a štěrků, jejichž valounový materiál tvoří horniny flyše. Typické jsou pro nížní oblasti řeky Moravy, východně a jihovýchodně od Kroměříže. Dosahují mocnosti až 120 m (Havlíček et al., 2001).



Obr. 2: Geologická mapa ČR - Karpatská předhlubeň a přilehlé okolí bez platformního pokryvu (Abraham et al., 2001).

3.1 Kvartérní geologie povodí, zdrojové a snosové oblasti

Řeka Morava vtéká do Hornomoravského úvalu jihovýchodně od Loštic. Její povodí se rozkládá z části v prostoru Hrubého Jeseníku, tvořeného horninami devonu a krystalinika, které jsou zdrojem odolného klastického materiálu ve fluviálních sedimentech (Kužvart et al., 1983).

Plošně nejrozsáhlejší jsou sedimenty fluviální, fluviolakustrinní a eolické. Nejstaršími sedimenty kvartéru jsou středně pleistocénní (mindelské) fluviolakustrinní písky a šterkovité písky, spočívající na uloženinách neogénu. Sedimentace probíhala opakovaně v jezerní pánvi porušované poklesem ve směru podélných a příčných tektonických liniích. Fluviolakustrinní sedimenty obsahují nepravidelné polohy písčitých jíílů. Průměrná mocnost souvrství je 35m, maximální v oblasti Hulína, až 45 m (Havlíček et al., 2001).

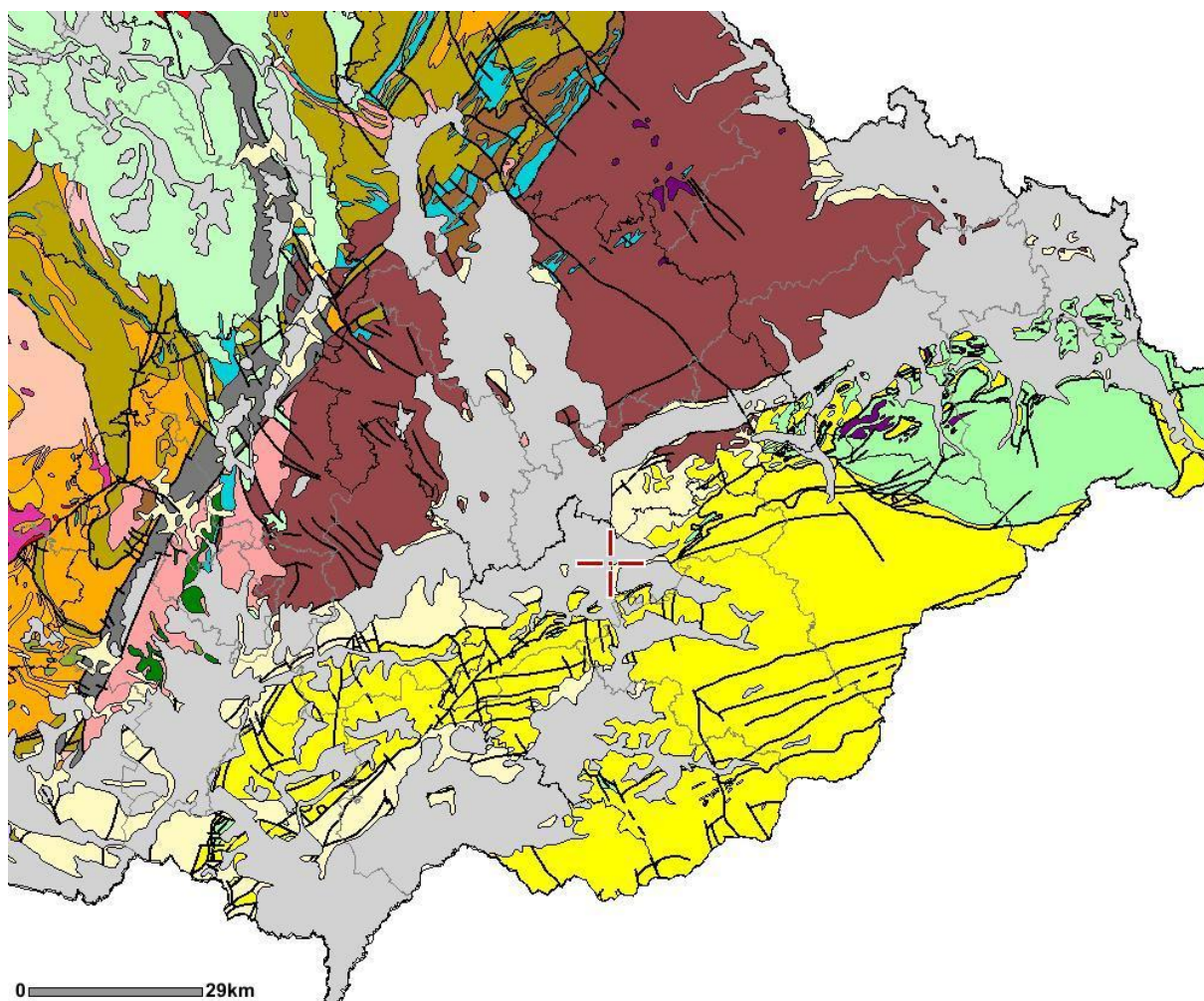
Souvrství fluviolakustrinních sedimentů mindelského stáří uložené v centrální části Hornomoravského úvalu je omezeno na východě Holešovským zlomem a na západě Kvasickým zlomem. Tvoří ho převážně šedavé, drobnozrnné šterkopísky a hrubozrnné písky o velikosti valounů 3 – 5 cm. V severní části tohoto prostoru převažují šterkopísky, směrem k jihu se uplatňuje písčité facie. Převážná většina uloženin pochází z povodí Moravy s typickým obsahem křemen, krystalických hornin z oblasti Jeseníků a světlých silicifikovaných glaukonitických pískovců z křídly. Od východu vstupují do tohoto sedimentačního prostoru flyšové pískovce, jež sem vnáší řeka Bečva, od západu pak kulmské droby a břidlice přinášené řekou Hanou a Valovou (Kužvart et al., 1983).

Plošně nejrozsáhlejší fluviální akumulace je tvořena Hlavní terasou, která je v povodí řeky Moravy označována jako Kralická (Kužvart et al., 1983). Nejlépe je zachována na levém břehu řeky Moravy, mezi Hulínem a Záhlicemi. Jedná se o nejdůležitější morfostratigrafickou úroveň této oblasti. Na celém území je terasa zdvojená. Vznik spodní (starší) akumulace klademe do mindelského (holsteinského) interglaciálu a svrchní akumulaci (mladší) do spodního rissu (sálské zalednění). Mocnost svrchní akumulace bývá 5 – 9 m, báze spodní kolísá kolem dnešní úrovně hladiny řeky Moravy (Přichystal, Obstová, Suk, 1993).

Sedimenty ukládané Moravou tvoří šterkopísky s převahou písčité složky (valouny v průměru 3 – 4 cm, max. 6 cm), u odolných hornin poloostrohranné, u méně odolných (kulmské droby a břidlice) polooválné. Pro asociaci těžkých minerálů přinášených z flyše je typický obsah granátů. Dominantní v této oblasti jsou především morávní horniny z krystalinika a kulmu. Zvýšený podíl pískovců je patrný při vyústění Moštěnky a Rusavy do údolí Moravy.

Snosová oblast pánevní struktury je tvořena horninami kulmu (droby, břidlice, slepence), miocénními sedimenty (pelity, psamity, psefity) a příkrovy flyšových Karpat, hlavně pískovce a břidlice (Kužvart et al., 1983).

Zajímavé výsledky přináší šlichová prospekce v neogénu karpatské předhlubně a vídeňské pánve. V těchto jednotkách je pestrá a charakteristická asociace těžkých minerálů, což vyplývá z map distribuce minerálů. Zdrojem minerálů jsou z větší části krystalinické jednotky na okraji Českého masívu. Materiál, který se akumuluje v pánevních oblastech je obrazem dvou přínosových větví, těsně spjatých s vývojem kvartéru v povodí větších řek. Jedna přínosová větev (snos hlavně z moldanubika, moravika a brněnského masívu) je situována v dyjsko-svratecké části předhlubně. Druhá větev reprezentuje splachový žlab řeky Moravy, transportující materiál ze silesika až do vídeňské pánve. Po celé délce toku dochází k transportu a akumulaci těžkých minerálů, jejichž zdroj můžeme hledat v krystalinických jednotkách silesika. Majoritními členy asociace těžkých minerálů je staurolit, epidot, granáty, ilmenit, rutil, amfiboly. Asociace je relativně chudší, dochází však k transportu na daleko větší vzdálenost. Obě přínosové větve se spojují ve vídeňské pánvi v širším okolí Lanžhota (Abraham et al., 1999).



Legenda

 diority a gabra, assyntské a variské	 pestrá série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity s složkami vápenců, erlánu, kvarcitu, grafitu a amfibolitu)
 granitoidy assyntské (žuly, granodiority)	 proterozoické horniny assyntsky zvrásněné, s různě silným variským přepracováním (břidlice, fylity, svory až pararuly)
 granodiority až diority (tonalitová řada)	 terciární horniny (písky, jíly)
 jednotvárná série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity)	 terciární horniny alpsky zvrásněné (pískovce, břidlice)
 kvartér (hlíny, spraše, písky, štěrky)	 tmavé granodiority, syenity (durbachitová řada)
 mezozoické horniny (pískovce, jílovce)	 ultrabazity v moldanubiku a proterozoiku
 mezozoické horniny alpsky zvrásněné (pískovce, břidlice)	 vulkanické horniny terciární (čediče, fonolity, tufy)
 ortoruly, granulity a velmi pokročilé migmatity v moldanubiku a proterozoiku	 vulkanické horniny zčásti metamorfované, proterozoické až paleozoické (amfibolity, diabasy, melafyry, porfyry)
 paleozoické horniny zvrásněné a metamorfované (fylity, svory)	 žuly (granitová řada)
 paleozoické horniny zvrásněné, nemetamorfované (břidlice, droby, křemence, vápence)	
 permokarbonské horniny (pískovce, slepence, jílovce)	
	Linie
	 hranice zjištěná
	 zlom zjištěný
	 zlom předpokládaný

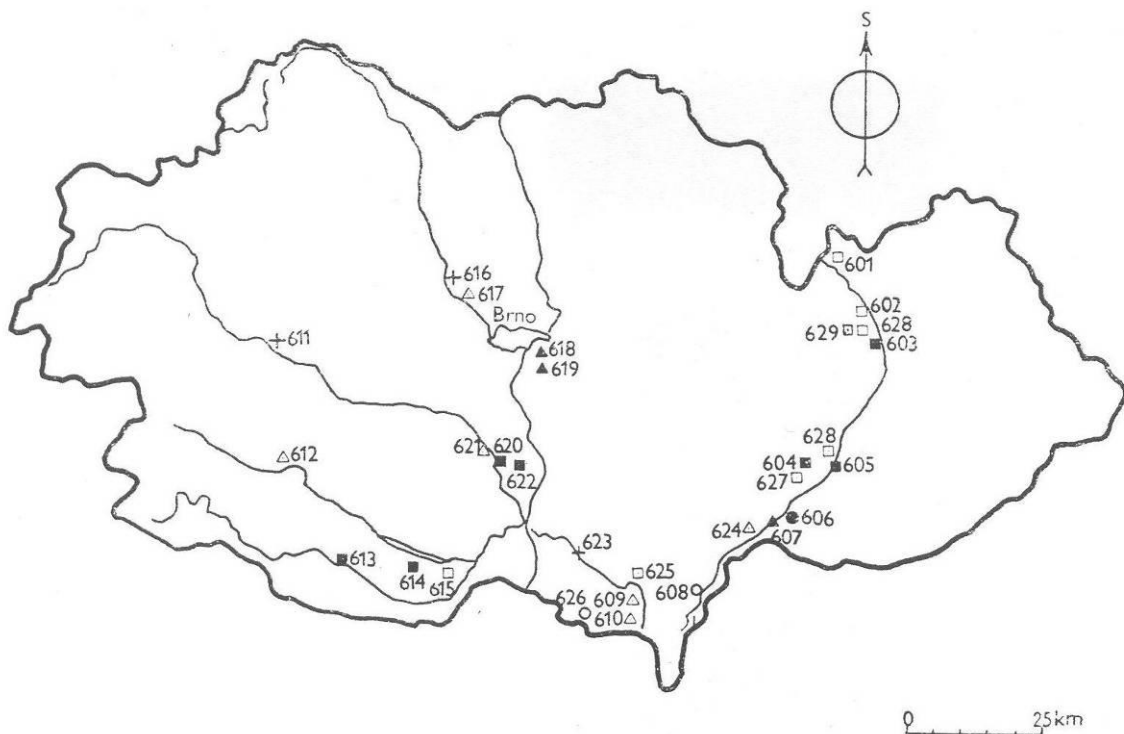
Obr. 3: Geologická mapa ČR - Karpatská předhlubeň včetně platformního pokryvu. Středový kříž ukazuje polohu ložiska Hulín vůči zobrazované oblasti (ČGS, 2003).

3.2 Geologická stavba ložiska Hulín

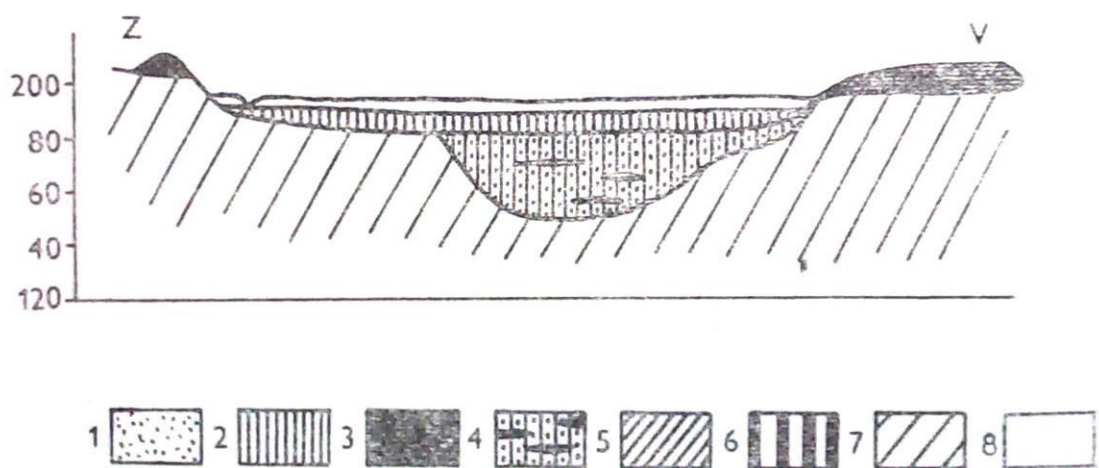
Ložisko Hulín je tvořeno ve svrchní části kvartérními štěrkopísky nejspodnějšího terasového stupně řeky Moravy, mocnosti 6 – 7 m. Spodní část zaujímají neogenní písky, s maximální mocností 40 m. Nadloží představuje 3 – 4 m mocnou skrývku povodňových hlín a jemných písků s humusovou příměsí.

Fluviální písky, štěrkovité písky a písčité štěrky spodní akumulace hlavní terasy náležící střednímu pleistocénu (mindel/riss), jsou zachovány zejména jižně od Hulína v podloží svrchní akumulace téže terasy. Báze terasy je přibližně v úrovni dnešní hladiny řeky Moravy. Většinou jde o šedavě hnědé, středně zrnité písky, štěrkovité písky a písčité štěrky. Převládají zde horniny ze snosové oblasti řeky Moravy, jen malá část klastického materiálu byla přinesena jinými přítoky. Svrchní akumulace hlavní terasy, risského stáří vystupuje mezi Hulínem a Záhlicemi. Sedimenty zde byly uloženy řekou Rusavou, tudíž obsahují vysoké procento valounů flyšových pískovců. Údolní nivy řeky Moravy, Rusavy vyplňují fluviální písky a štěrkovité písky svrchního pleistocénu (würm). Báze je průměrně 6 m pod hladinou řek a mocnost dosahuje 5 – 8 m. Sedimenty jsou zrnité hruběji nežli sedimenty starších teras. Ve valounech převládají horniny ze snosové oblasti řeky Moravy nad přínosem Rusavy (Havlíček et al., 2001).

Těžitelná mocnost fluvioakustrinních štěrků představuje 1,2 – 28,4 m (Kužvart et al., 1983).



Obr. 4: Ložiska štěrkopísku v Jihomoravském kraji – 602. Hulín (Kužvart et al., 1983).



1 – spraše; 2 – údolní terasa řeky Moravy; 3 – nečleněná hlavní terasa; 4 – fluviolakustrinní akumulace s polohami jílu; 5 – lukovská terasa; 6 – brodecká terasa; 7 – předkvartérní útvary; 8 – nivní sedimenty.

Obr. 5: Geologický profil říčních sedimentů v jv. části Hornomoravského úvalu (podle Macouna a Růžičky, 1967 in Kužvart et al., 1983).

4 Mineralogie těžké frakce

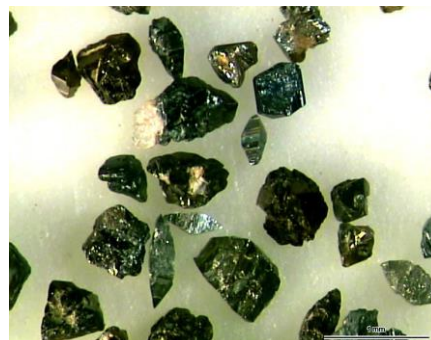
Jako těžké minerály označujeme nerosty mající hustotu vyšší nežli nejhojnější minerály obvyklých hornin, tj. křemen a živec. Jsou mechanicky značně odolné, nesnadno větrají, takže se dobře zachovávají ve zvětralých horninách a vzniklých rýžoviskách. V primárních horninách tvoří až 2 % celkového obsahu. Těžké minerály získáváme promýváním štěrků, písků, jílu a hlín, svahových sutí, rozvětralých hornin apod. (Rost, 1956).

Obvyklý podíl těžkých minerálů jako původní akcesorie zvětralých hornin obsahují kvartérní sedimenty. Nejčastější jsou magnetit, ilmenit, rutil, granáty, zirkon, staurolit aj. Z Oblastí bohatých na výskyt či ložiska některých rudních minerálů, nebo drahokamových minerálů dochází k migraci těchto minerálů vodními toky a k jejich usazování v písčitých a štěrkovitých náplavech (Bernard, 2000).

Mineralogická charakteristika s ohledem na zájmové těžké minerály: anatas, epidot, skupina granátů, ilmenit, kyanit, monazit, rutil, staurolit, titanit, xenotim, zirkon je uvedena níže.

Anatas - TiO_2

Tetragonální nerost, tvořící špičaté až ploché bipyramidy. Barva obvykle černá, žlutá, modrá, hnědá; lesk diamantový. $T = 5,5$; $G = 3,8 - 3,9 \text{ g.cm}^{-3}$. Typický na alpských minerálních žilách, př. Hrubý Jeseník.



Obr. 6: Anatas (foto: Geomin, 2001)

Kyanit (Disthen) – Al_2SiO_5

Alumosilikát krystalující v triklinické soustavě. Stébelnatý, radiálně paprscitý, vždy vzrostlý. Barva modrá, šedá, bělavá; lesk skelný. $T = 4 - 4,5$ (podél vertikály), $6 - 7$ (příčně), $G = 3,6 - 3,7 \text{ g.cm}^{-3}$. Vyskytuje se v metamorfovaných horninách, rulách a svorech (Hrubý Jeseník, Kutná Hora).



Obr. 7: Kyanit (foto: Geomin, 2001)

Epidot – $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})\text{Al}_2[\text{O/OH/SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$

Sorosilikát, který krystaluje v monoklinické soustavě, prizmatický. Krystaly jsou světleji i tmavěji zelené až žluté; lesk je skelný. Opticky se epidot vyznačuje pleochroismem mezi odstíny zelenými a žlutými a silným dvojlomem. $T = 6,5$; $G = 3,3 - 3,4 \text{ g.cm}^{-3}$. Výskyt – v drúzách a dutinách pegmatitů, epidotických břidlicích, na puklinách granitů a metamorfovaných hornin (Hochleitner, 1996).



Obr. 8: Epidot (foto: Peša)

skupina Granátu – $\text{R}_3^{\text{II}}\text{R}_2^{\text{III}}(\text{SiO}_4)_3$

Minerály ze skupiny nesosilikátů krystalující v kubické soustavě. Charakteristickým tvarem je dodekaedr a čtyřiadvacetistěn deltoidev. Granáty mají tvrdost 7, hustota kolísá mezi $3,4 - 3,5 \text{ g.cm}^{-3}$, podle chemického složení. Barvy jsou u různých odrůd různé (pyrop – temně červená, almandin – červená do fialova, spesartin – hnědá až oranžová, grosulár – zelený až světle červený, andradit – rezavě hnědý, rudý, zelený); lesk skelný. Geneticky jsou granáty dosti rozmanité. Grosulár je význačným nerostem vápencových kontaktů, andradit

skarnových paragenezí, pyrop se vyskytuje v hadcích a olivínovcích, almandin je soustředěn hlavně v rulách a granulitech, spesartin v žulových pegmatitech.



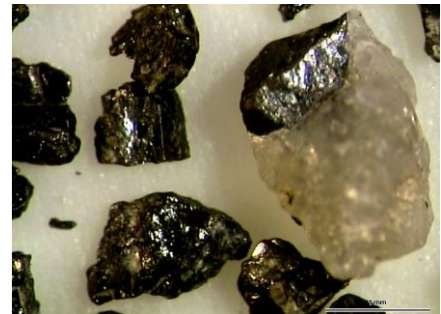
Obr. 9a: Granáty (foto: Peša)



Obr. 9b: Almandin (foto: Geomin, 2001)

Ilmenit – FeTiO₃

Krystaluje ve tvarech podobných hematitovým, obyčejně tlustě tabulkovitých, ovšem s nižší symetrií, tj. trigonální. Je černý, kovově lesklý, $T = 5,5$; $G = 4,5 - 5,0 \text{ g.cm}^{-3}$. Hojně bývá vtroušen v horninách; odolává zvětrávání a vyskytuje se v náplavech společně s rutilem.



Obr. 10: Ilmenit (foto: Geomin, 2001)

Monazit – CePO₄

Fosfát vzácných zemin, tabulkovitý až prizmatický. Krystaly jsou jednoklonné; hnědé, žluté až oranžové; lesk sklený až mastný. $T = 5$, $G = 5,0 \text{ g.cm}^{-3}$. Výskyt – pegmatity, rozsypy, alpské pukliny.



Obr. 11: Monazit (foto: Geomin, 2001)

Rutil – TiO₂

Krystaluje tetragonálně jako anatas, krystaly jsou sloupcovité nebo dvojčatně srostlé. Kusový rutil je zrnitý nebo stébelnatý. Hnědočervený až rudý se skelným leskem. $T = 6,5$; $G = 4,2 \text{ g.cm}^{-3}$; chemicky značně odolný, proto bývá hojný v náplavech. Vyskytuje se v pegmatitech, v rulách, v sedimentárních horninách a rozsypech (Slavík - Novák - Kokta, 1974).



Obr. 12: Rutil (foto: Geomin, 2001)

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

Bazický alumosilikát, monoklinický, tvořící sloupcovité krystaly, často s hrubým povrchem. Hojně dvojčatí v podobě kříže. Tmavohnědý, černohnědý až hnědočerný; lesk skelný. $T = 7$, $G = 3,7 - 3,8 \text{ g.cm}^{-3}$. Je charakteristickým minerálem svorů a fylitů, např. Hrubý Jeseník, Železné hory (Slavík - Novák - Kokta, 1974; Pauliš, 2003).



Obr. 13: Staurolit (foto: Geomin, 2001)

Titanit – $\text{CaTi}[\text{O/SiO}_4]$

Jednoklonný alumosilikát, sloupcovitý, tabulkovitý; pyramidální. Barvy hnědé, načervenalé, zelené nebo žluté; lesk pryskyřičný. $T = 5,5$; $G = 3,4 - 3,6 \text{ g.cm}^{-3}$. Světelný lom i dvojlom jsou velmi silné. Jako akcesorický minerál se hojně vyskytuje v granodioritech, pegmatitech a alpských žilách (Slavík - Novák - Kokta, 1974).



Obr. 14: Titanit (foto: Geomin, 2001)

Zirkon – ZrSiO_4

Krystaluje jako rutil v tetragonální soustavě. Sloupcovité krystaly, bipyramidálně zakončené. Zirkon je čirý nebo různě zbarvený (žlutá, hnědá, načervenalá – hyacint); diamantový lesk. $T = 7,5$; $G = 4,5 \text{ g.cm}^{-3}$. Vyskytuje se jako akcesorický minerál v magmatitech (granity, syenity, ryolity), v rozsypech a pegmatitech. Často doprovázen monazitem a xenotimem (Slavík - Novák - Kokta, 1974; Hochleitner, 1996).



Obr. 15: Zirkon (foto: Peša)

4.1 Těžké minerály v povodí řeky Moravy

Výsledky šlichové prospekce České republiky nám podávají podrobnější informace o výskytu, akumulaci a množství těžkých minerálů v dané oblasti.

Tab. 1: Obsahy těžkých minerálů v neogenních sedimentech ložiska Hulín (Abraham et al., 2001).

Minerál	Obsahy [g.m ⁻³]
Amfiboly	1 – 50
Anatas	0,1 – 1
Epidot	0,1 – 5
Granáty	5 – 500
Ilmenit	1 – 50
Kyanit	0,1 – 5
Monazit	St – 0,1
Rutil	0,1 – 50
Staurolit	5 – 100
Zirkon	0,1 – 1

* St = stopový obsah

Při bližším studiu je pro řadu minerálů patrný snos z oblasti Silesika, tvořeného proterozoickými horninami (břidlice, fylity, svory až pararuly) a sedimenty paleozoika (droby, křemence, vápence, břidlice). Typické především pro amfiboly, epidot, granáty, ilmenit, staurolit a zirkon. Hlavním akumulacním elementem je horní tok řeky Moravy a Moravská Sázava. Směrem k jihu intenzita jejich obsahu klesá. Těžké minerály jako anatas, kyanit, monazit mají v povodí Moravy spíše anomální charakter výskytu. Silným akumulacním blokem jsou flyšové sedimenty terciéru (pískovce, slepence, jíly). Nejvyšší obsahy z výše zmíněných vykazují tyto minerály: granáty, ilmenit, rutil, staurolit, pro něž je kromě snosu z krystalinických jednotek Silesika řekou Moravou a Moravskou Sázavou a flyše západních Karpat řekami Bečvou, Moštěnkou, Rusavou typický také obsah těžkých minerálů ve vlastních neogenních sedimentech (štěrky, písky, jíly), případně v sedimentech (droby, pískovce, slepence, vápence) přinášejících z kulmu Dražanské vrchoviny (*Příloha 1a - 1j*).

5 Metody studia fluviálních sedimentů

Odebrané vzorky bývají většinou směsí různých minerálů. Pro snadnější určování je třeba oddělit je od sebe rychlými metodami (fyzikální, chemické) a připravit je na vlastní určování v jednotlivých frakcích. Přehled jednotlivých metod můžeme shrnout pomocí následujících podkapitol.

5.1 Odběr a příprava vzorků k laboratornímu zpracování

Velikost odebraného vzorku záleží na účelu využití, který výzkumem sledujeme. Buď provádíme orientační zkoušky a zajímá nás jen kvalitativní složení, nebo potřebujeme zjistit nejen kvalitativní, ale také kvantitativní obsah hlavních těžkých minerálů. Důležitou součástí je pořízení dokumentace, tj. označení vzorků, přesná lokalizace, charakteristika výchozu a jeho geologická dokumentace, strukturně-geologická měření, fotodokumentace, atd.

Odebrané vzorky v terénu je nutné upravit a zpracovat do podoby vhodné pro aplikaci laboratorních metod. Metody předběžné úpravy volíme podle potřeb konkrétních metod laboratorních studií. Nejběžnější postupy jsou: očištění vzorku, dezintegrace a homogenizace pevného vzorku, příprava nábrusu či výbrusu.

Čištění připadá v úvahu jen u pevných kusových materiálů nerozpustných ve vodě. Mezi dezintegrační postupy patří drcení, mletí a roztírání. Tyto metody se uplatňují při chemických a fázových analýzách, kdy získáme jemný prášek homogenního složení a vhodné hmotnosti.

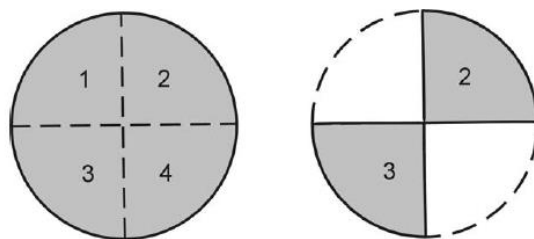
Homogenizace a kvartace jsou obvyklé kroky, kdy dochází k důkladnému promíchání, přesypání veškerého materiálu a následně k jeho zmenšování, rozdělováním na čtvrtiny, dokud nedostaneme požadovanou hmotnost.

Ke zkoumání jednotlivých minerálních zrn v původním prostředí bez předchozí separace se zhotovují speciální preparáty. Většinou jde o nábrus nebo leštěný výbrus (Dolníček, 2005).

Odběr vzorků byl pro proveden na odkališti ložiska štěrkopísků v Hulíně. Ze čtyř různých míst byly získány vzorky o hmotnosti 21 – 47 kg, které jsme přímo v místě homogenizovali a kvartovali (*Obr. 16; Obr. 17*). Pomocí GPS navigace byly určeny souřadnice míst odběru, provedena dokumentace a označeny vzorky.



Obr. 16: Odběr vzorků, dokumentace (foto: Mikysek)



Obr. 17: Schéma kvartace (Dolníček, 2005)

Vzorky byly v laboratoři rozloženy, vysušeny a zváženy (*Obr. 18*).

Čistá hmotnost vzorků: $H_1 = 7205,5$ g; $H_2 = 11604,3$ g; $H_4 = 5204,2$ g; $H_5 = 6404,3$ g.



Obr. 18: Rozložení vzorků, sušení (foto: Mikysek)

5.2 Separční metody

Slouží k izolaci určitých komponent ze směsi, případně k oddělení části vzorku, o který nemáme při dalším studiu zájem. Možnosti separace jsou založeny na fyzikálních, fyzikálně-chemických a chemických principech. Nejpoužívanějšími jsou: sítování, gravitační separace, magnetická separace, flotace, macerace (chemická separace).

sítování – cílem je rozdělit sypký vzorek na jednotlivé zrnitostní frakce. Sítovat je možné za sucha i za mokra, ručně nebo strojně. Síty různé zrnitosti, nejčastěji 2,0 – 0,125 mm získáme

tzv. nadsítné a podsítné frakce, s ohledem na to, zda částice zůstanou na sítích nebo propadnou směrem dolů (Dolníček, 2005).



Obr. 19: Sítovačka Retsch (www.unimed.cz)

Pro potřeby výzkumu bylo použito sít s otvory o průměru 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm. Tím byl každý vzorek rozdělen na pět zrnitostních frakcí ($> 1,0\text{ mm}$, $1,0 - 0,5\text{ mm}$, $0,5 - 0,25\text{ mm}$, $0,25 - 0,125\text{ mm}$ a $< 0,125\text{ mm}$). Sítování bylo provedeno za mokra a nejjemnější frakce, pod 0,125 mm jsme podrobili dekantaci (tj. oddělení pevné fáze od nejjemnějšího jílového podílu a vody slitím).

Sítované množství: H1 = 4633,5 g; H2 = 4481,8 g; H4 = 1969,5g; H5 = 3904,6 g.

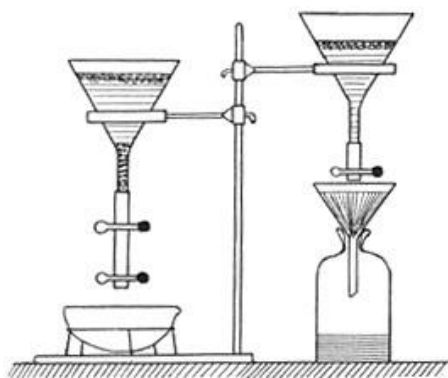
plavení a rýžování – plavení nebo promývání spočívá v odstranění nejjemnějšího jílovitého podílu. Provádí se pod tekoucí vodou nebo sedimentací ve válcovitých nádobách. Rýžování se provádí zpravidla v terénu rýžovací miskou. Výsledkem je utvoření tmavého jazyka těžkých minerálů a lemu světlých zrn okolo (Táborský - Tomas, 1987).



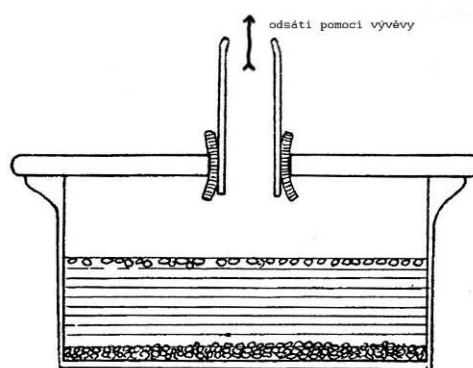
Obr. 20: Rýžovací misky (www.topgeo-group.cz)

gravitační separace – je dána rozdíly v hustotách rozdělovaných látek. Cílem je oddělení lehkých minerálů ($G < 2,9\text{ g.cm}^{-3}$) od těžkých minerálů ($G > 2,9\text{ g.cm}^{-3}$). Předběžné odstranění největšího podílu lehké frakce využívá metody plavení a rýžování (viz výše). Větší množství lze zpracovávat pomocí koncentračních stolů. Dokonalé rozdělení pak provádíme pomocí těžkých kapalin, tavenin nebo suspenzí. Princip spočívá v tom, že v kapalině známé hustoty se minerály s vyšší hustotou potopí ke dnu, lehčí vyplavou na hladinu, ty se stejnou hustotou se volně vznášejí v kapalině. Nejčastěji se používají polyhalogen deriváty uhlovodíků (bromoforn, acetylentetrabromid, methylenjodid) nebo vodné roztoky solí těžkých kovů (Sonstad-Thouletův, Sušin-Rohrbachův, Kleinův a Clericich), (Dolníček, 2005). “Ideální” těžká kapalina by měla mít tyto vlastnosti: vysokou hustotu, nízkou viskozitu, průhlednost, chemickou stálost, malou těkavost a nejedovatost, snadnou mísitelnost s rozpouštědlem a cenovou dostupnost (Rost, 1956).

Část vzorků byla odebrána a jednotlivé frakce vyděleny v bromofornu firmou Geomin družstvo Jihlava, tak aby došlo k odstranění světlých minerálů (křemen, živec, zeolity, světlé slídy, aj.) s hustotou pod $2,9\text{ g.cm}^{-3}$, které ruší přehled o ostatních těžkých minerálech.

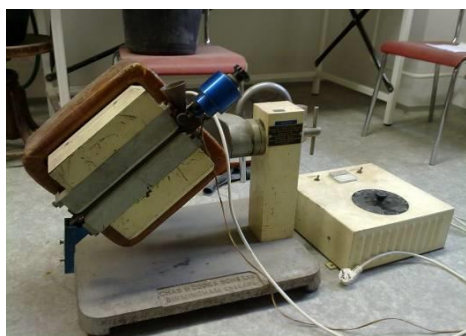


Obr. 21a: Schéma separace v těžké kapalině (Rost, 1956)



Obr. 21b: Dělicí nádoba Kreutz, Tokarski (Rost, 1956)

magnetická separace – využívá rozdílných magnetických vlastností jednotlivých minerálů. Působením magnetického pole můžeme oddělit minerály feromagnetické, paramagnetické od diamagnetických. Feromagnetické minerály lze oddělit již použitím permanentního magnetu. Pro dokonalejší oddělení se využívá elektromagnetu, který umožňuje měnit intenzitu magnetického pole (Dolníček, 2005).



Obr. 22a: Elektromagnet Cook (foto: Mikysek)



Obr. 22b: Elektromagnetická separace (www.diamondlab.com.au)

Vzorek je pomocí vibračního zařízení sypán mezi pólové nástavce jádra cívky magnetu, prochází magnetickým polem a dělí se na paramagnetickou a diamagnetickou frakci. Vlastním tělem magnetu lze podélně i příčně otáčet a stanovit tak optimální náklon. Rovněž můžeme nastavit různou intenzitu elektrického proudu (až 10 A), tím získáme různé magnetické frakce (Táborský, Tomas, 1987).

Tato metoda je použita pro oddělení různě magnetických minerálů, mezi něž spadají i ty zájmové (staurolit, granáty, epidot, ilmenit, apod.) a získat tak “čistší” frakci pro další pozorování. Separace byla provedena ve firmě Bambas Elektroodpady, s.r.o., na vzorcích o hmotnosti 15 g.

flotace – fyzikálně-chemická separační metoda využívající rozdílné snášivosti minerálních zrn kapalinou s obsahem pěnidla (vyšší alkoholy, olej, kresol). Pěna na povrchu kapaliny zachycuje hydrofobní minerální částice. Jedná se o metodu využívanou při průmyslovém úpravnictví rud (Táborský - Tomas, 1987).

macerace (chemická separace) – metoda založená na schopnosti minerálů odolávat chemickým činidlům. Používá se k vyčištění určité minerální frakce. Př. odstranění karbonátů (HCl), silikátů (HF), sulfidů (HNO₃, HCl), odstranění organické hmoty (H₂O₂, HNO₃, NaOH, KOH), apod. (Dolníček, 2005).

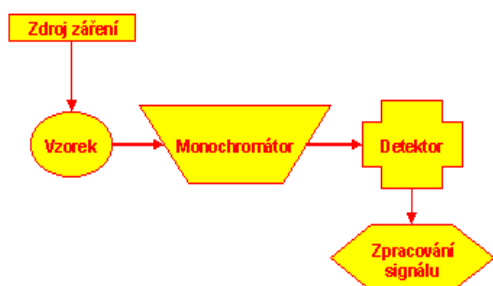
Macerace neboli chemická desagregace byla použita pro odstranění všech “nepotřebných” mineral a usnadnění jejich výběru pro další pozorování. Reprezentativní vzorky byly rozpuštěny v roztoku kyseliny fluorovodíkové a kyseliny chloristé, následně promyty a vysušeny.

5.3 Chemická analýza vzorků

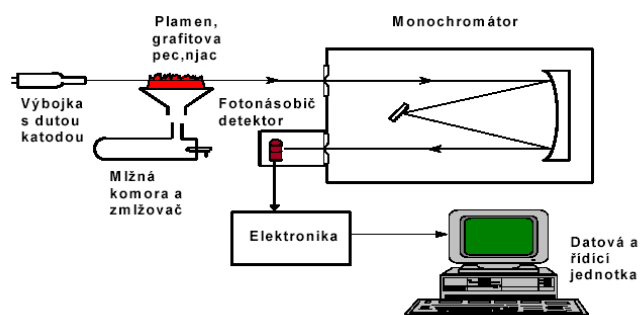
Zjišťuje chemické složení vzorků. Metody můžeme rozdělit do dvou skupin: přímé (klasické) založené na chemických dějích a reakcích, a nepřímé (instrumentální) sledující fyzikální veličiny nesoucí analytické informace.

klasické metody – gravimetrie, volumetrie

instrumentální (přístrojové) metody – a) emisní spektrografie, plamenová fotometrie, emisní spektrofotometrie s indukčně vázaným plazmatem, neutronová aktivační analýza, RTG fluorescence (= emisní optické metody); b) atomová absorpční spektrofotometrie, molekulová absorpční spektrofotometrie, infračervená spektrometrie (= absorpční optické metody). (Dolníček, 2005).



Obr. 23: Schéma XRF spektrometrie (spa.upce.cz)



Obr. 24: Schéma atomové absorpční spektrometrie (spa.upce.cz)

5.4 RTG Metody

Slouží ke zjišťování kvalitativního a kvantitativního fázového složení. RTG metody jsou založeny na difrakci RTG záření při interakci s krystalickou látkou.

kvalitativní fázová analýza – cílem je určení minerálního složení zkoumaného vzorku určeného polohou difrakčních píků.

kvantitativní fázová analýza – zjišťuje kvantitativní zastoupení jednotlivých fází z intenzity vhodné difrakční linie. Používá se metoda vnitřního standardu, konstantního přídatku nebo vnějšího standardu (Dolníček, 2005).

5.5 Elektronová mikroskopie a mikroanalýza

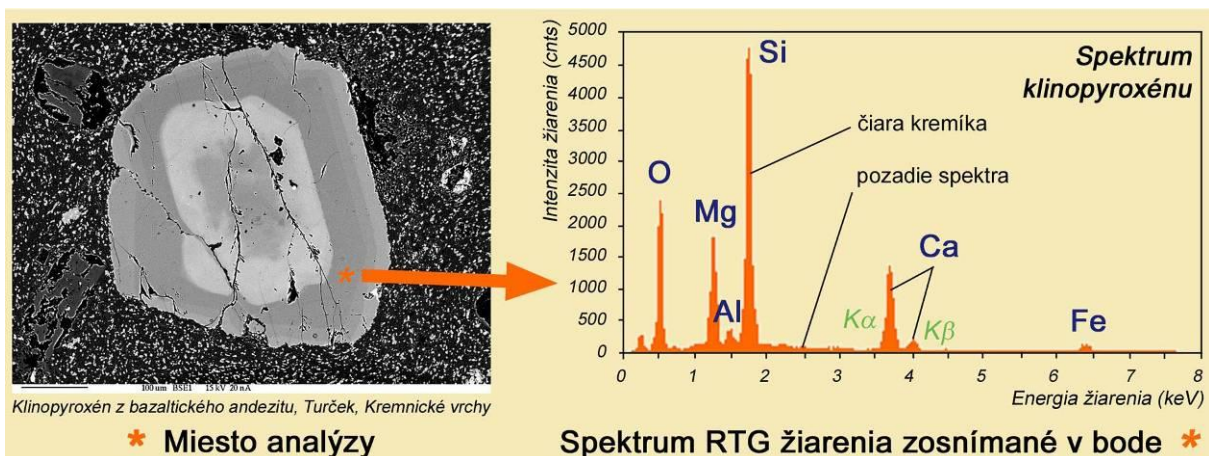
Jedná se o velmi významné metody studia, mezi něž řadíme:

elektronová mikroskopie – využívá magnetické pole usměrňující proud rychlých elektronů tak, že při dopadu na stínítko se vytvoří mnohonásobně zvětšený geometrický obraz pozorovaného objektu.

transmisní elektronová mikroskopie – využívá k vytvoření obrazu elektrony prošlé vzorkem.

skenování elektronová mikroskopie – elektrony odražené ze vzorku nebo sekundárně vyražené utváří obraz.

elektronová mikroanalýza – představuje kombinaci elektronového mikroskopu a RTG spektrometrů ke stanovení chemického složení vzorku. Detekce emitovaného RTG záření může být založena na jeho energii nebo vlnové délce. Podle toho rozlišujeme analýzu energiově disperzní nebo vlnově disperzní (Dolníček, 2005).



Obr. 25: Schéma kvalitatívnej analýzy na elektronovej mikroanalýzátore Cameca SX-100 (www.geology.sk)

6 Vlastní schéma studia fluviálních sedimentů

Vlastní metody studia vychází z obecných postupů využívaných při zkoumání, určování a vyhodnocování vzorků fluviálních sedimentů, které byly stručně popsány v předchozí kapitole. Jejich případná úprava a doplnění o další vhodné metody umožňující rychlé a kvalitní zpracování vzorků je na místě. Pro účely snazší orientace jsem vytvořil schéma sdružující tyto postupy a poznatky a umožňující sledovat jejich návaznost (*Schéma 1*).

Při bližším rozboru těchto metodických postupů se budu blíže a podrobněji věnovat některým z nich s uvedením důvodů jejich použití. Schéma je rozděleno na dvě etapy: první z nich vede k určení minerálů v těžké frakci, druhá má za cíl stanovit procentuální podíl vybraných minerálů v jednotkovém objemu.

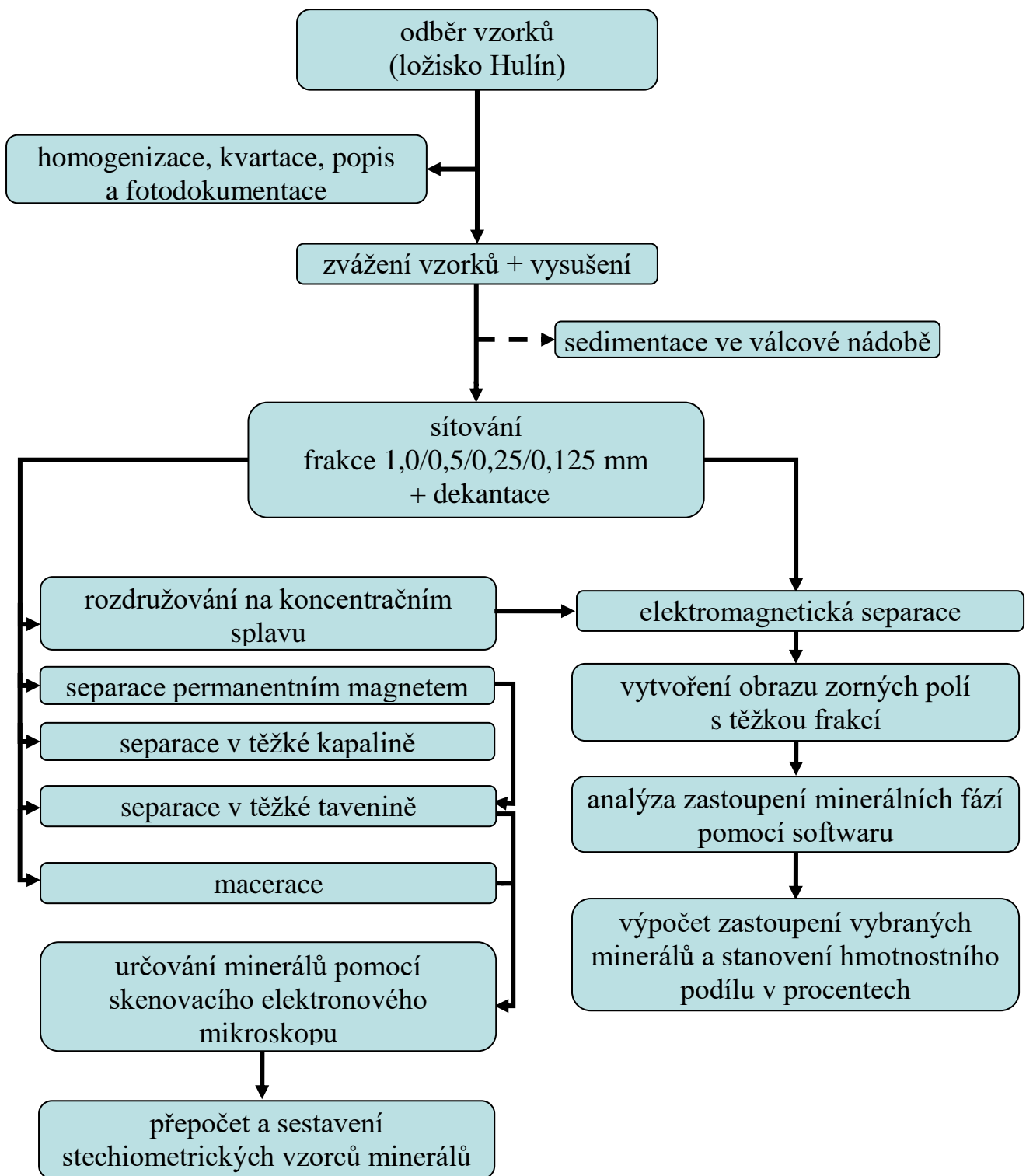
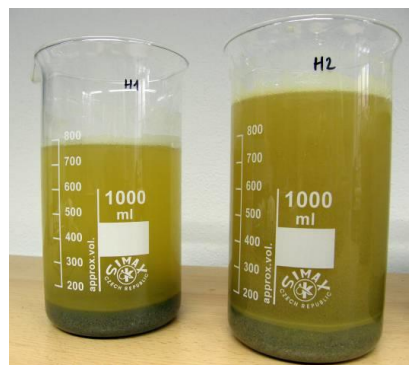


Schéma 1: Pracovního postupu při separaci, určování a vyhodnocení těžkých minerálů ze štěrkopísku

Sedimentace (*Obr. 26*) byla provedena pro potřeby stanovení podílu jílové frakce vzhledem k zrnité, pouze jako doplňková metoda. Z každého vzorku bylo odváženo 250 g, které sedimentovaly v kádince o objemu 1000 ml po dobu 30 minut. Pomocí milimetrového měřidla byl následně zjištěn podíl jílové frakce.



Obr. 26: Sedimentace v kádince (foto: Mikysek)

Koncentračního splavu (*Obr. 27*) se využívá k předkoncentrování objemných vzorků. Separace se provádí v kapalném prostředí na podélně a příčně nakloněné desce opatřené podélnými žlábkami. Voda stéká po nakloněné desce, která se otřásá současně podélně i příčně. Lehké minerály ovlivňované více proudem vody jsou strhávány přes spodní okraj stolu, těžší jsou koncentrovány na bočním okraji desky. Touto metodou lze oddělit minerály, jejichž rozdíl v hustotě je alespoň 0,5. Separaci ovlivňují faktory jako: podélný sklon splavu, velikost podélného a příčného pohybu, frekvence a intenzita úderů a množství protékající kapaliny (Táborský, Tomas, 1987).

Pro účely předkoncentrace bylo této metody použito jen na vzorky s označením H2 (4 frakce po 200 g) a H4 (2 frakce po 200g), spoluprací s AV SR v Bratislavě.



Obr. 27: Koncentrační splav (foto: Mikysek)

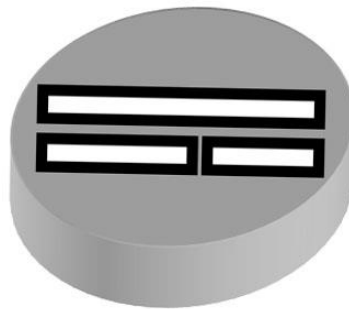
Po oddělení vzorků v bromoformu obsahují stále velké množství lehkého podílu. Můžeme sice využít jiných, již zmíněných těžkých kapalin o vyšší hustotě, nicméně pro svoji toxicitu, náročnost přípravy i cenu nejsou příliš vhodné.

Jako těžkých tavenin využíváme sloučeniny s nízkým bodem tání, vysokou hustotou, co nejmenší viskozitou a snadnou rozpustností. Nejčastěji chloridy a dusičnany těžkých kovů (AgNO_3 , $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, TlNO_3 , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, PbCl_2). Dělení provádíme v porcelánovém kelímku nebo ve zkumavce. Zvolená frakce se smíchá s mnohonásobným přebytkem zvolené soli. Zahříváním sůl taje, lehké minerály vyplavou na hladinu, těžší klesnou ke dnu. Po utužení se zkumavka rozbije, váleček taveniny se rozdělí na lehký a těžký podíl a rozpustí se v horké vodě okyselené kyselinou dusičnou nebo chlorovodíkovou, podle toho zda používáme jako

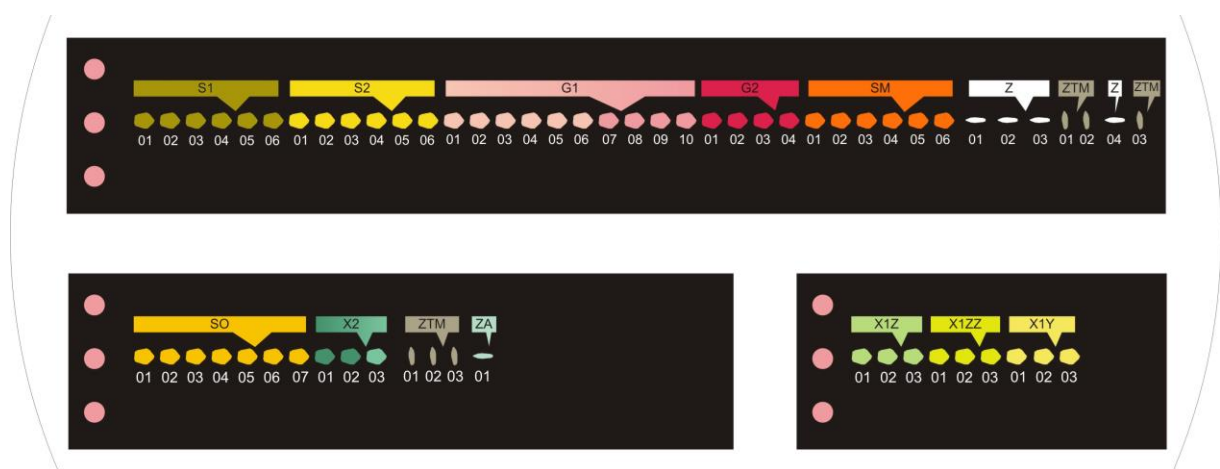
tavnou sůl dusičnan nebo chlorid. Lehký i těžký podíl zfiltrujeme, dobře promyjeme a následně vysušíme (Rost, 1956; Dolníček 2005).

Za nevýhodu by se dala považovat jedovatost těžkých kovů, vyšší viskozita a rozpustnost ve vodě. Tyto faktory však nejsou o nic méně problematické než u těžkých kapalin. Navíc variabilita solí, cena a vysoká hustota tavenin jsou spíše pozitivním přínosem této metody.

Pro určování jednotlivých minerálů pomocí skenovacího elektronového mikroskopu bylo zapotřebí připravit vzorky. Nejdříve byly jednotlivé zrnitostní frakce, které prošly předchozími metodami zkoumány pod binokulárním stereomikroskopem. Pomocí preparační jehly byly minerály stejného vzhledu roztríděny a označeny. Na ocelový terčik byla umístěna ve dvou řadách oboustranná uhlíková lepicí páska, na niž byla pod stereomikroskopem vložena jednotlivá minerální zrna roztríděná předchozím postupem (*Nákres 1*, *Nákres 2*). Tento preparát byl pokoven vodivým materiálem a následně zkoumán skenovacím elektronovým mikroskopem JOEL – JSM 6490LV s ED analyzátozem.



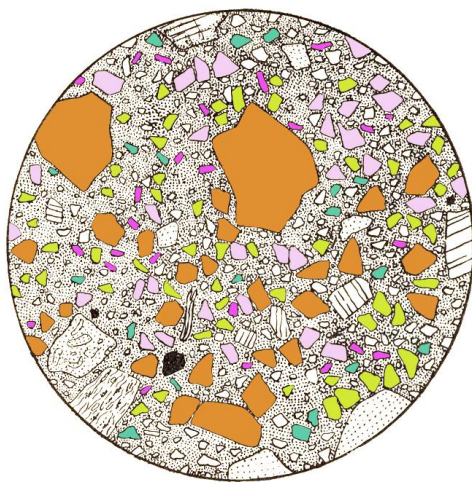
Nákres 1: ocelový terčik s uhlíkovou páskou



Nákres 2: Rozložení minerálních zrn na uhlíkové pásce

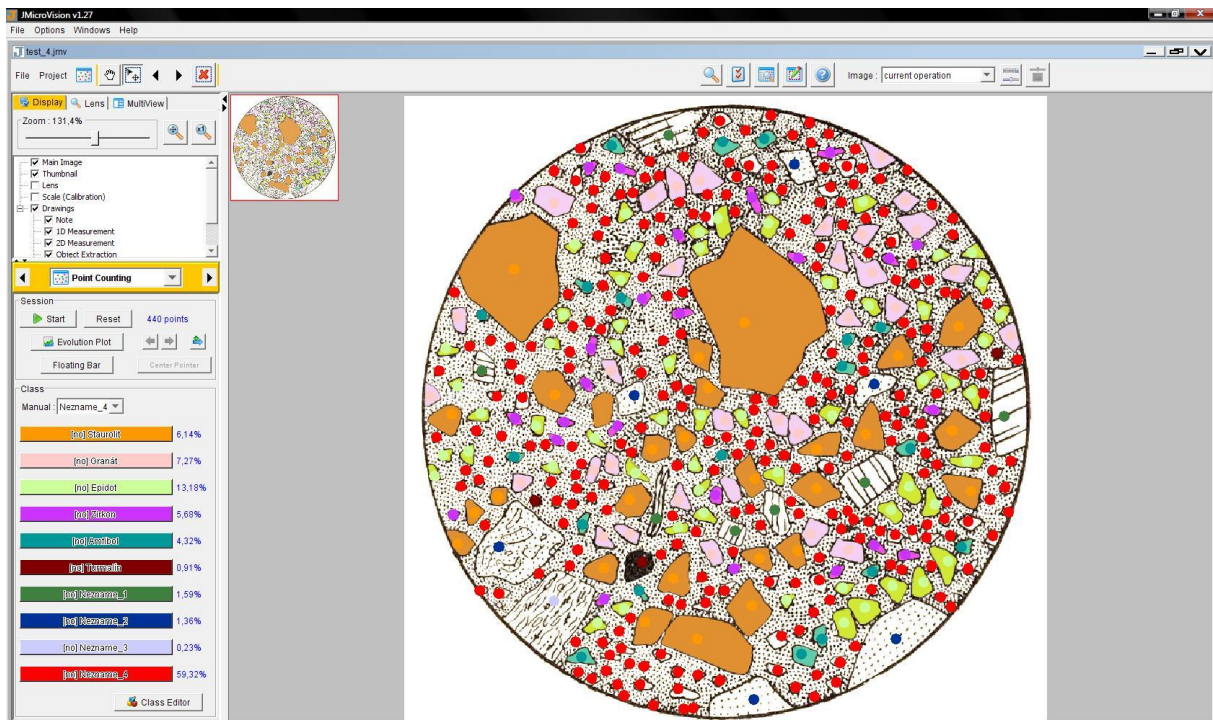
Hodnoty získané analýzou minerálů byly přepočítány pomocí vzorců vytvořených v programu MS Excel (*Příloha 2, Tab. 1 – 4*). Výsledkem těchto přepočtů jsou přibližné stechiometrické vzorce zkoumaných minerálů. Vzhledem k tomu, že se jednalo o přírodní, tedy neleštěný povrch vzorků, byla suma oxidů upravena na 100 procent, proto je také zbytečný dopočet např. H₂O, B₂O₃ a jiných nestanovovaných prvků.

Vytvoření obrazu zorných polí s těžkou frakcí je třeba uskutečnit pro potřeby dalšího pozorování, zejména analýz pomocí softwaru. Na Petriho misce jsou v tenké vrstvě rozmístěna minerální zrna. Takto vzniklé zorné pole (*Nákres 3*) jsou pak zachycena digitální videokamerou Leica DFC 480 umístěnou na stereomikroskopu Leica MZ16.



Nákres 3: Zorné pole s různými druhy minerálů

K analýze zastoupení vybraných minerálních fází bylo využito softwaru JMicroVision ver. 1.2.7. Funkce umožňující sledovat a analyzovat procentuální zastoupení zájmových minerálů se nazývá point counting. Nejprve je třeba stanovit třídy, kterým odpovídá barevná škála, a do kterých jsou minerály po označení daným barevným bodem řazeny. Program následně automaticky spočítá procentuální zastoupení vybraných minerálů (*Nákres 4*).



Nákres 4: Ukázka metody Point counting in JMicroVision

Finální metoda a cílem práce je výpočet zásob vybraných minerálů. Nejdříve musíme stanovit zásoby vlastní nerostné suroviny podle vzorce: $Q = s \cdot m \cdot d$ [m^3], kde s – plocha ložiska; m – průměrná mocnost ložiska; d – objemová váha nerostné suroviny¹. Zásoby určité složky pak určíme ze vzorce: $P = Q \cdot c$ [$g \cdot m^{-3}$], případně $P = Q \cdot c/100$ [%], kde c – průměrný obsah složky ve vypočtených zásobách (Smirnov, 1955).

Získáme tak hodnoty ukazující kolik gramů nebo procent užitečných minerálů obsahuje metr krychlový nerostné suroviny.

¹ $Q = v \cdot d$ [m^3]; $v = s \cdot m$ [m^3], kde v – objem tělesa užitečného nerostu

7 Závěr

Cílem mé práce bylo sestavení rešerše pojednávající o těžkých minerálech v povodí řeky Moravy, geologii ložiska Hulín, zdrojových oblastech těchto minerálů a metodách studia fluviálních sedimentů. V rámci této problematiky jsou uvedeny také výsledky starších průzkumů.

Z výzkumů vyplývá, že nejvíce zastoupenými těžkými minerály jsou staurolit, granáty, ilmenit, epidot. Podstatně nižší obsahy vykazují zirkon a rutil. Velký důraz je kladen především na metody studia fluviálních sedimentů, což dokumentuje vlastní schéma pracovního postupu pro separaci, vyhodnocování a určování těžkých minerálů ze štěrkopísků.

Starší studie se opírají především o závěrečné zprávy a průzkumy prováděné v 90. letech na ložiscích štěrkopísků ležících v povodí řeky Moravy (Mohelnice, Náklo, Tovačov, Polešovice, Ostrožská Nová Ves) a regionální šlichovou prospekci České republiky. Bilance obsahu těžkých minerálů není vyrovnána především vlivem variability obsahů v ložisku, při zpracování a v odpadech.

Při srovnání výsledků z jednotlivých štěrkoven můžeme říci, že obsahy těžkých minerálů jsou nejvyšší na ložisku Mohelnice (nejvýše položené na řece Moravě), předpokládáme-li jejich původ z krystalinika Jeseníků. Neplatí to však u všech sledovaných minerálů. Obdobná situace je při porovnání obsahů v produktech 0 – 4 mm a při zpracování (otěry z pásů). Nejbohatší je opět Mohelnice, následovaná ložisky Náklo, Tovačov, Polešovice, Ostrožská Nová Ves. Konečně obsahy těžkých minerálů na odkalištích jsou zcela jednoznačně závislé na technologii třídění, stavu a seřízení technologických zařízení. Ložiska Mohelnice a Tovačov vykazují nižší obsahy těžkých minerálů na odkalištích, než v předchozích úsecích výroby, na rozdíl od ložisek Náklo, Ostrožská Nová Ves a Polešovice. Obsahy zjištěné na odkalištích závisí také na místě odběru. Nejvyšší koncentrace těžkých minerálů jsou při ústí kalů na odkaliště a v jejich proudnici.

Tato práce se snaží poznatky o těžkých minerálech a jejich získávání rozšířit a zohlednit tak nové metody, které by pomohly při kvalitativním i kvantitativním vyhodnocování.

Použitá literatura a zdroje

Abraham M. et al. (1999): Regional heavy mineral prospecting of the Czech Republic, subtask XI - 1st phase: Complementary sampling of the Cretaceous and Neogene, subtask XII - Compilation of results of the heavy mineral prospecting in the Cretaceous and Neogene into maps at 1:50 000 and 1:200 000 scales. — Unpublished Report, Geofond Prague. (In Czech).

Abraham M. et al. (2001): Regional heavy mineral prospecting in the Territory of the Czech Republic - Atlas of maps. — Unpublished Report, Geofond Prague. (In Czech).

Bernard J. H. (2000): Minerály České republiky – stručný přehled. — Academia. Praha.

Dolníček Z. (2005): Laboratorní metody výzkumu. — PřF UP, Olomouc. — <http://www.geology.upol.cz/soubory/labmetody.pdf>

Duda J. et al. (1990a): Mohelnice - zlato ve štěrkopískách. — MS, závěrečná zpráva. Geindustria s.p. Jihlava.

Duda J. et al. (1990b): Náklo - těžké minerály. — MS, závěrečná zpráva. Geindustria s.p. Jihlava.

Duda J. et al. (1990c): Ostrožská Nová Ves - odpadní kaly. — MS, závěrečná zpráva. Geindustria s.p. Jihlava.

Duda J. et al. (1990d): Polešovice. — MS, doplněk závěrečné zprávy. Geindustria s.p. Jihlava.

Havlíček P., Holásek O., Kašpárek M., Krejčí O., Manová M., Novák Z., Nováková D., Pačesová E., Pálenský P., Pecina V., Rudolský J., Šalanský K. (2001): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000 - list 25-31 Kroměříž. — Český geologický ústav. Praha.

Hochleitner R. (1996): Kapesní atlas - minerály a krystaly. — Slovart. Praha.

Cháb J., Stráník Z., Eliáš M. (2007): Geologická mapa České republiky. 1:500000. — Česká geologická služba. Praha.

Kužvart M. et al. (1983): Ložiska nerudných surovin ČSR. — UK, Praha.

Malec J., Kavalír J. (1989): Vyhodnocení obsahu těžkých minerálů ve velkoobjemovém vzorku písku z ložiska Mohelnice. — MS. ÚNS. Kutná Hora.

Pauliš P. (2003): Minerály České republiky. — Kuttna. Kutná Hora.

Přichystal A., Obstová V., Suk M. eds. (1993): Geologie Moravy a Slezska. — Moravské zemské muzeum. PřF MU, Brno.

Rost R. (1956): Těžké minerály - příručka k určování těžkých minerálů ve výplavcích. — Nakladatelství ČSAV, Praha.

Slavík F., Novák J., Kokta J. (1974): Mineralogie. — Academia. Praha

Smirnov V. I. (1955): Výpočet zásob nerostných surovin. — Nakladatelství ČSAV, Praha.

Táborský Z., Tomas J. (1987): Příprava vzorků pro mineralogické studium. — ÚÚG. Praha.

Vávra V., Losos Z. (2006): Multimediální studijní texty z mineralogie pro bakalářské studium. — http://www.sci.muni.cz/mineralogie/kap_3_6_prepocty/kap_3_6_prepocty.htm.

Internetové zdroje:

<http://www.mapy.cz>

<http://www.geology.cz>

<http://www.unimed.cz>

<http://www.topgeo-group.cz>

<http://www.diamondlab.com.au>

<http://spa.upce.cz>

<http://www.geology.sk>

http://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/mineralformulaerecalculation.html

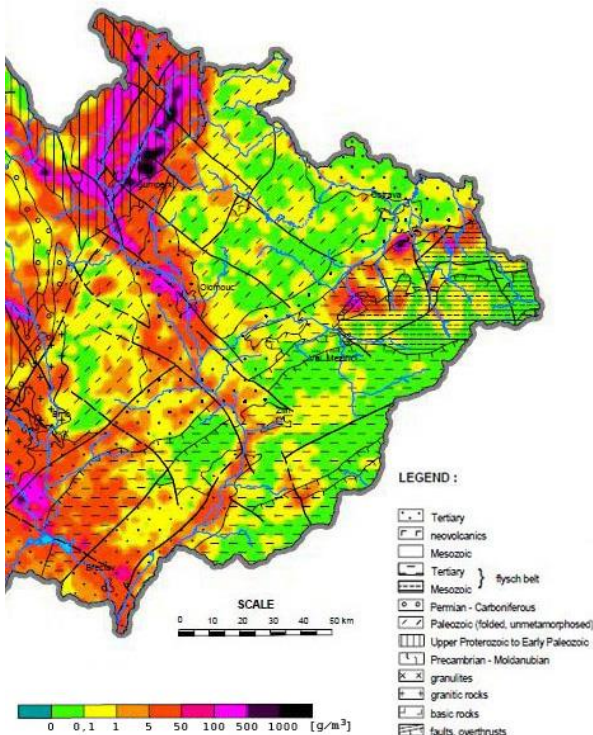
<http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGTWebPages/AGTSoft.html>

Přílohy

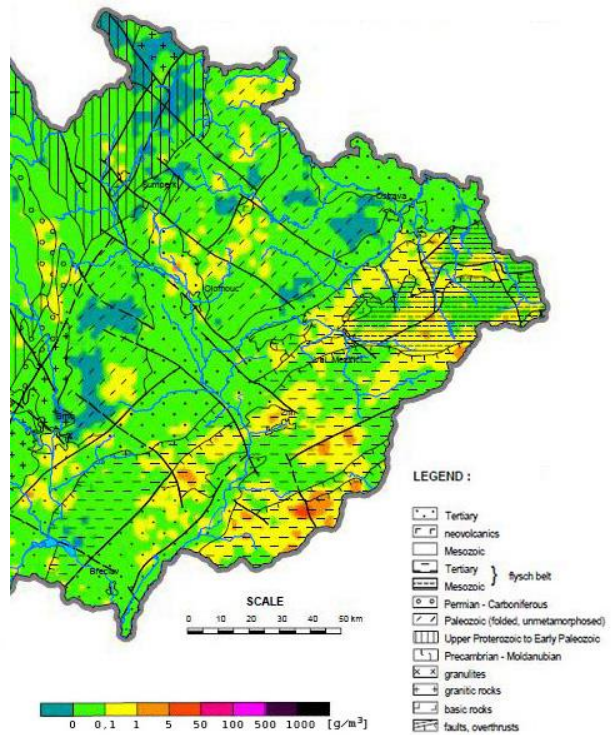
- Příloha 1:
- Mapa distribuce amfibolů ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce anatasu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce epidotu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce granátů ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce ilmenitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce kyanitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce monazitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce rutilu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce staurolitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm
 - Mapa distribuce zirkonu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm

- Příloha 2:
- Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro skupinu granátu
 - Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro staurolit
 - Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro epidot
 - Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro zirkon

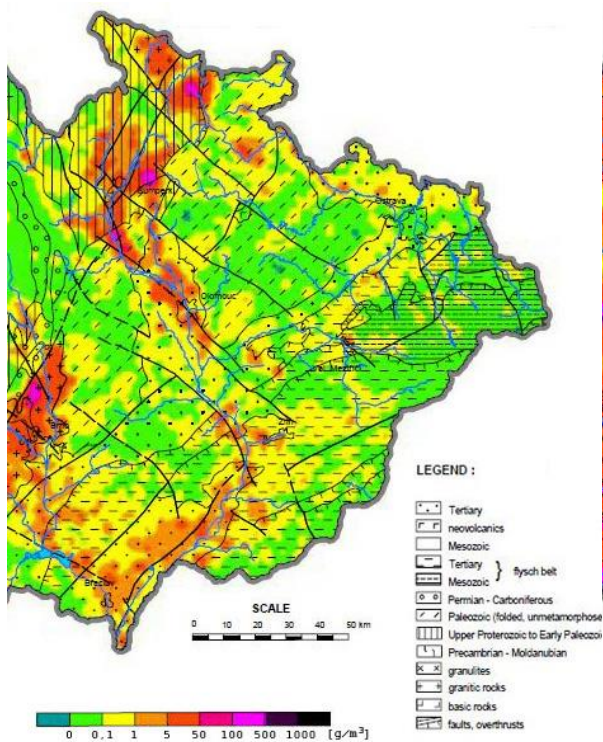
Příloha 1



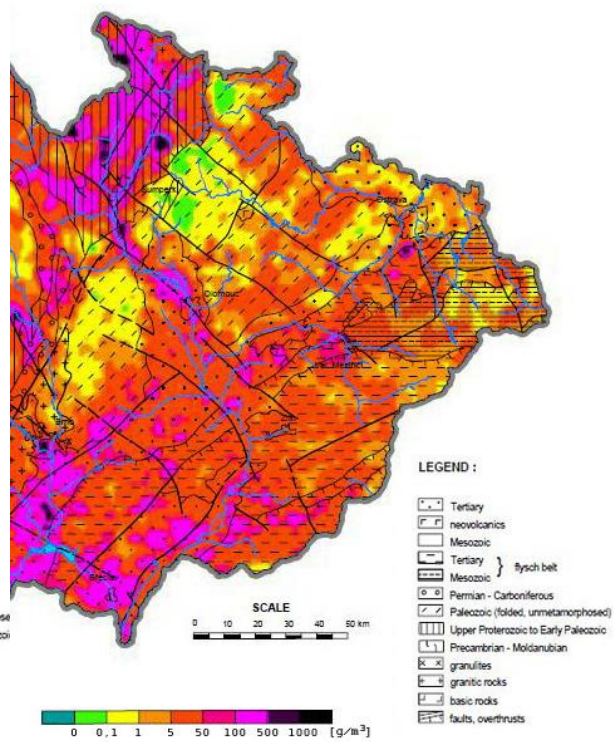
a) Mapa distribuce amfibolů ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



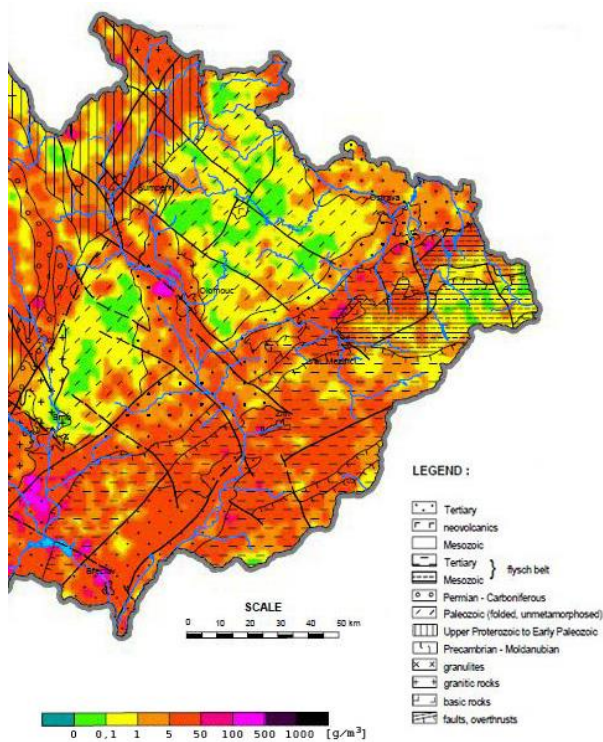
b) Mapa distribuce anatasu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



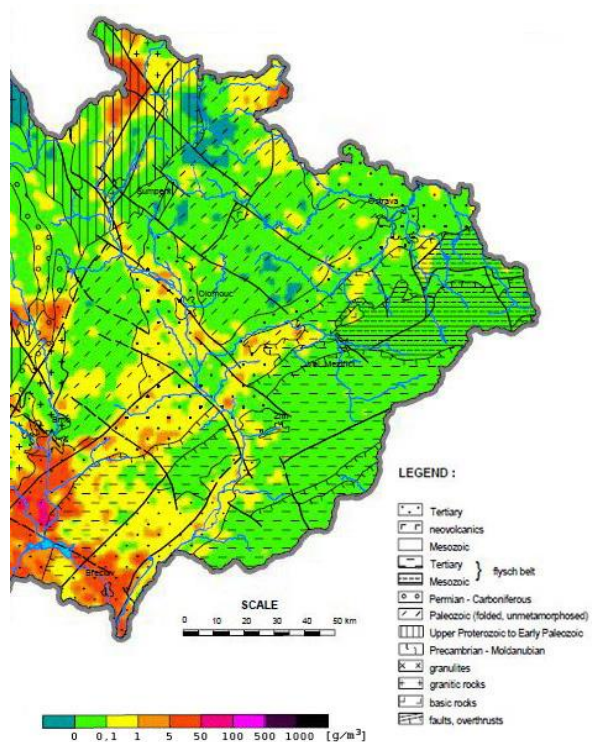
c) Mapa distribuce epidotu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



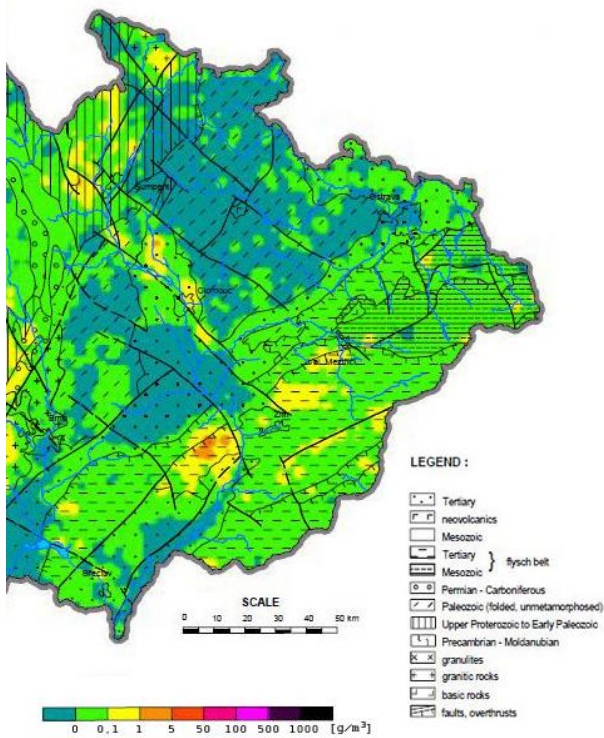
d) Mapa distribuce granátů ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



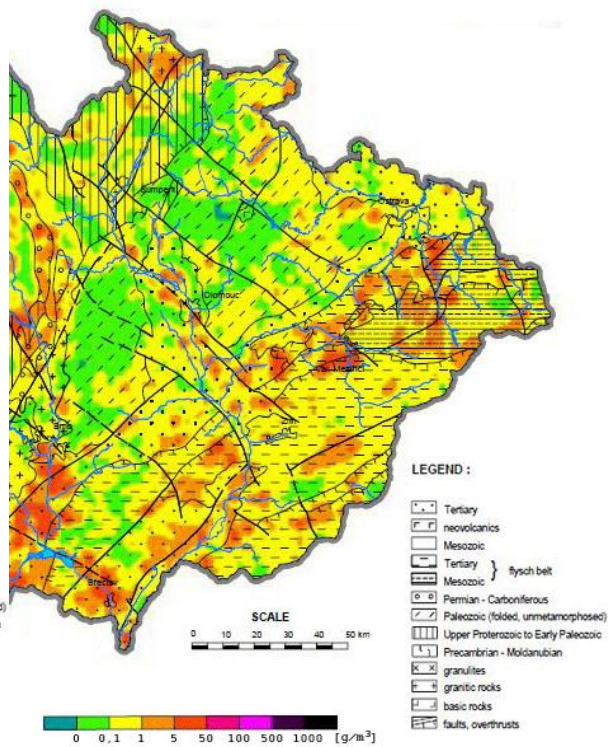
e) Mapa distribuce ilmenitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



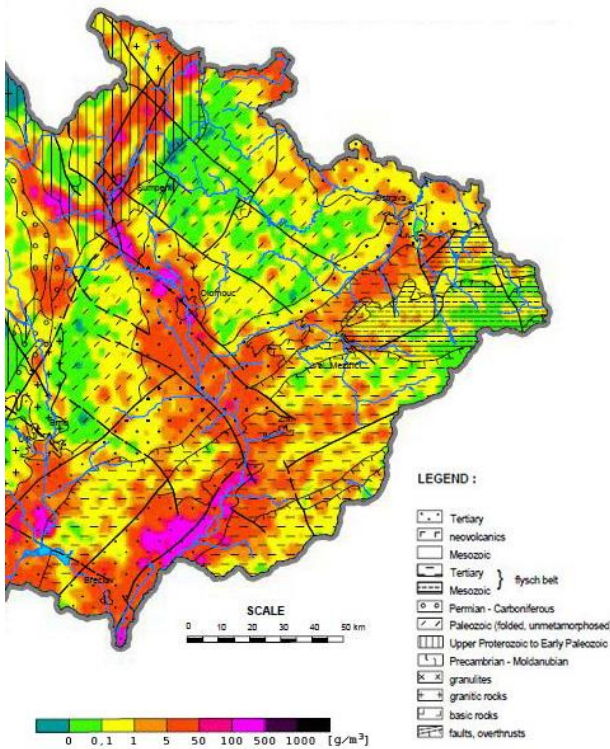
f) Mapa distribuce kyanitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



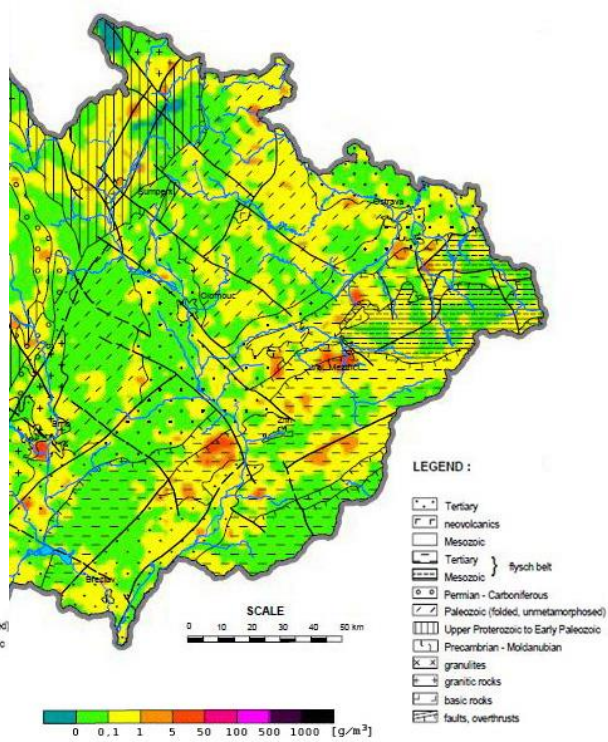
g) Mapa distribuce monazitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



h) Mapa distribuce rutilu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



i) Mapa distribuce staurolitu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)



j) Mapa distribuce zirkonu ve šlichových vzorcích, frakce 0,15 – 2,0 mm (Abraham et al., 2001)

Příloha 2

Tab. 1: Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro skup. granátu (podle Vávra, Losos, 2006)

1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	46,59	60,09	0,7753	1,5507	0,7753	3,26
FeO	3,34	71,85	0,0465	0,0465	0,0465	0,20
CaO	3	56,8	0,0528	0,0528	0,0528	0,22
MgO	22,14	40,31	0,5492	0,5492	0,5492	2,31
Al ₂ O ₃	23,9	101,96	0,2344	0,7032	0,4688	1,97
Cr ₂ O ₃	0,79	152	0,0052	0,0156	0,0104	0,04
suma	99,76		suma O	2,9180	kyslík	12,27
				f =	4,2037	∑ kat. = 8,00

Tab. 2: Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro staurolit (podle Vávra, Losos, 2006)

1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	32,67	60,09	0,5437	1,0874	0,5437	8,93
FeO	8,28	71,85	0,1152	0,1152	0,1152	1,89
Na ₂ O	0,49	61,98	0,0079	0,0079	0,0158	0,26
MgO	1,74	40,31	0,0432	0,0432	0,0432	0,71
Al ₂ O ₃	56,32	101,96	0,5524	1,6571	1,1047	18,14
TiO ₂	0,5	79,9	0,0063	0,0125	0,0063	0,10
suma	100		suma O	2,9233		
			f (48 O)	16,4197		

Tab. 3: Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro epidot (podle Vávra, Losos, 2006)

1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	44,38	60,09	0,7386	1,4771	0,7386	3,30
FeO	12,43	71,85	0,1730	0,1730	0,1730	0,77
Al ₂ O ₃	23,01	101,96	0,2257	0,6770	0,4514	2,02
CaO	20,18	56,8	0,3553	0,3553	0,3553	1,59
suma	100		suma O	2,6824		
			f (12 O)	4,4736		

Tab. 4: Příklad přepočtu výsledku elektronové mikroanalýzy pro zirkon (podle Vávra, Losos, 2006)

1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	30,71	60,09	0,5111	1,0221	0,5111	1,29
FeO	1	71,85	0,0139	0,0139	0,0139	0,04
ZrO ₂	68,29	123,22	0,5542	0,5542	0,5542	1,39
suma	100		suma O	1,5903		
			f (4 O)	2,5153		