

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**KATEDRA GEOLOGIE**

**STRATIGRAFIE A KONTAMINACE SEDIMENTŮ  
MRTVÝCH RAMEN ŘEKY MORAVY V ÚSEKU  
LITOVEL - PŘEROV**

**Diplomová práce**

**Bc. Pavla Křeháčková**

**Environmentální geologie (T1201)**

**Prezenční studium**

**Vedoucí práce: prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.**

**Olomouc 2016**

## **Prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací na téma „Stratigrafie a kontaminace sedimentů mrtvých ramen řeky Moravy v úseku Litovel - Přerov” vypracovala samostatně pod dohledem vedoucího práce a za použití literatury, kterou cituji a uvádím v seznamu použité literatury.*

V Olomouci dne .....

.....

Pavla Křeháčková

## **Poděkování**

*Chtěla bych na tomto místě poděkovat svému vedoucímu diplomové práce prof. Mgr. Ondřeji Bábkovi, Dr. za cenné rady, vstřícný přístup, odborný dohled při vypracování práce a poskytnutí potřebné literatury. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Janu Sedláčkovi, Ph.D., Mgr. Martinu Faměrovi, Ph.D. a Mgr. Patriku Netopilovi, Ph.D. za odbornou pomoc v laboratoři. V neposlední řadě zde patří velký dík mé rodině a přáteli, kteří mě po celou dobu studia plně podporovali.*

## Bibliografická identifikace:

**Jméno a příjmení:** Bc. Pavla Křeháčková

**Název práce:** Stratigrafie a kontaminace sedimentů mrtvých ramen řeky Moravy v úseku Litovel - Přerov

**Typ práce:** Diplomová

**Pracoviště:** Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie

**Vedoucí práce:** prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

**Rok obhajoby práce:** 2016

**Abstrakt:** Práce se zabývá analýzou stratigrafického záznamu z mělkých sond, které byly odebrány ze sedimentů mrtvých ramen řeky Moravy v úseku Litovel – Přerov. Tento úsek se nachází v poměrně hustém osídlení (Mohelnice, Olomouc) a je zde také výskyt bodových zdrojů antropogenní kontaminace, zejména toxických kovů. Ke zpracování výsledků bylo využito parametrů hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$ , prvkové geochemické analýzy (EDXRF), magnetické susceptibility, zrnitostní analýzy (laserová granulometrie), spektrální odraznosti ve viditelném světle a stanovení celkového organického uhlíku (TOC). Z naměřených výsledků byla vypočtena rychlost sedimentace, vliv antropogenní kontaminace a vliv zrnitosti, dále byla zpracována prostorová distribuce toxických kovů. V neposlední řadě byla zjištěna míra znečištění celkového organického uhlíku v sedimentech mrtvých ramen.

**Klíčová slova:** kontaminace, sedimenty, mrtvá ramena, EDXRF, magnetická susceptibilita, hmotnostní aktivita  $^{137}\text{Cs}$ , parametr TOC, spektrální odraznost ve viditelném světle, laserová granulometrie

**Počet stran:** 75

**Počet příloh:** 0

**Jazyk:** čeština

## Bibliographical identification:

**Author's first name and surname:** Bc. Pavla Křeháčková

**Title:** Stratigraphy and sediments contamination of dead branches in the Morava river in the section Litovel – Přerov

**Type of thesis:** Diploma

**Institution:** Palacký University in Olomouc, Fakulty of Science, Department of Geology

**Supervisor:** prof. Mgr. Ondřej Bábek, Dr.

**The year of presentation:** 2016

**Abstract:** This research analyzes the stratigraphic record from shallow wells, which were taken from sediments of oxbow lakes of the river Morava in the section Litovel - Přerov. This area is relatively populous (Mohelnice, Olomouc) and it hosts several point sources of anthropogenic contamination, especially toxic metals. For processing of results, the following methods were used: mass activity of  $^{137}\text{Cs}$ , elemental geochemical analysis (EDXRF), magnetic susceptibility, grain size analysis (laser granulometry), the reflectance spectroscopy in visible light and determination of total organic carbon (TOC). Based on these methods, we calculated: sedimentation rate, the impact of anthropogenic contamination and the influence of grain size, spatial distribution of toxic metals and measure of pollution of total organic carbon in sediments of oxbow lakes.

**Keywords:** contamination, sediments, oxbow lakes, EDXRF, magnetic susceptibility, mass activity  $^{137}\text{Cs}$ , total organic carbon (TOC), reflectance spectroscopy in visible light, laser granulometry

**Number of pages:** 75

**Number of appendices:** 0

**Language:** Czech

# OBSAH

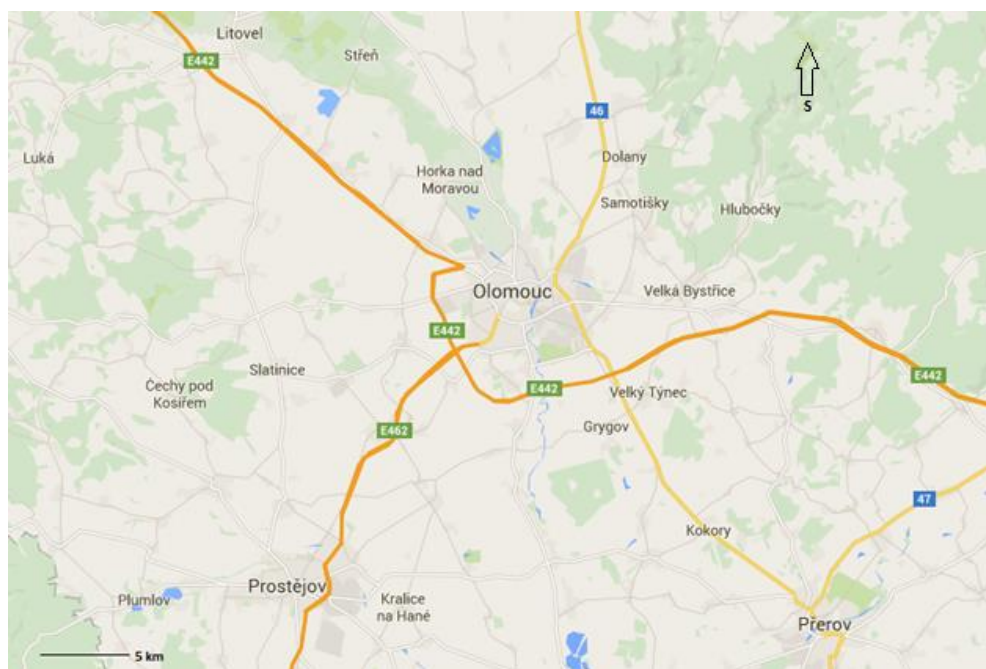
OBSAH.....	6
1. VYMEZENÍ OBLASTI .....	7
2. GEOMORFOLOGIE .....	8
3. KLIMATICKÉ POMĚRY .....	8
4. HYDROLOGIE .....	10
5. GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ .....	11
5.1. REGIONÁLNĚ – GEOLOGICKÉ ZAŘAZENÍ ÚZEMÍ.....	11
5.2. STRATIGRAFIE.....	12
6. MRTVÁ RAMENA .....	19
7. ANORGANICKÉ POLUTANTY .....	22
8. RADIOAKTIVNÍ POLUTANTY A IZOTOP <sup>137</sup> CS.....	26
9. UKLÁDÁNÍ POLUTANTŮ V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ.....	27
10. KONTAMINACE SEDIMENTŮ .....	28
10.1. ZNEČIŠTĚNÍ V ZÁJMOVÉ OBLASTI.....	28
11. METODIKA .....	29
11.1. VÝBĚR LOKALIT .....	29
11.2. TERÉNNÍ ČÁST, ODBĚR VZORKŮ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ .....	29
11.3. LABORATORNÍ ČÁST .....	29
12. VÝSLEDKY.....	33
12.1. LOKALITA OLOMOUC - CHARVÁTY .....	33
12.2. LOKALITA OLOMOUC - ŘEPČÍN.....	41
12.3. LOKALITA ROZVADOVICE.....	45
12.4. LOKALITA HORKA NAD MORAVOU.....	51
12.5. GEOCHEMICKÁ CHARAKTERISTIKA SEDIMENTŮ .....	54
12.6. STRATIGRAFICKÁ DISTRIBUCE TĚŽKÝCH KOVŮ .....	56
13. DISKUZE .....	64
14. ZÁVĚR .....	69
POUŽITÁ LITERATURA .....	70

# 1. VYMEZENÍ OBLASTI

Zájmová oblast výzkumu se nachází v geomorfologické oblasti Hornomoravského úvalu. Jedná se o úsek mezi Litovlí (na Obr. 1 pod číslem 1) a Přerovem (číslo 2), ve vzájemné vzdálenosti cca 46 km. (Obr. 1, 2).



Obr. 1 Vymezení lokality v ČR (<http://www.maps.google.cz/>)



Obr. 2 Vymezení oblasti (<http://www.maps.google.cz/>)

## 2. GEOMORFOLOGIE

Hornomoravský úval (dále jen HÚ) patří do jednotky Západních vněkarpatských sníženin (Demek a kol. 1965). Tvoří styčné území na hranici Českého masivu a Západních Karpat (Demek a kol. 2006). HÚ je sníženina, která má protažený tvar ve směru SSZ- JJV, který se táhne od Libiny na SSZ po Otrokovice na JJV. Západně je vymezen Drahanskou vrchovinou, Litenčickými vrchy, Vyškovským úvalem, Chřiby a na východě Nízkým Jeseníkem, Moravskou bránou, Kelčskou pahorkatinou, Hostýnskými vrchy a také i zčásti Vizovickou vrchovinou (Barth a kol. 1971). V západní části se vyskytují nížinné pahorkatiny, východní část je tvořena zejména náplavovými kužely toků, jež stékají z Jeseníků (Demek a kol. 1965).

Maximální délka oblasti HÚ dosahuje 85 km, maximální šířka se blíží k 30 km. V oblasti HÚ lze vymežit čtyři geomorfologické podcelky: Prostějovská pahorkatina, Středomoravská niva, Holešovská plošina a Uničovská plošina (Malý 1986a).

V HÚ je typický výskyt erozně – akumulačního reliéfu s plochými pahorkatinami a rovinami. V oblastech akumulace jsou rozsáhlé údolní nivy, říční terasy a také sprašové hlíny. Na západě je HÚ budován nízkými pahorkatinami, na východě je v HÚ patrný výskyt mohutných náplavových kuželů toků, které stékají z Jeseníků (Mísař a kol. 1982).

## 3. KLIMATICKÉ POMĚRY

Z hlediska klimatických poměrů spadá oblast HÚ do teplé klimatické oblasti T2 a MB, mírně teplé oblasti MT11 (Quitt 1971).

Dle Köppenovy klasifikace patří klima HÚ do podnebí listnatých lesů mírného pásma Cfb. Vymezená oblast výzkumu je charakteristická poměrně dlouhým létem, teplým, suchým a velmi krátkým přechodným obdobím s teplým a mírně teplým jarem. Charakteristickým rysem je krátká, suchá a až velmi suchá zima (Tolasz a kol. 2007). Sněhová pokrývka se objevuje v průměru od poloviny prosince do poloviny března a období tání sněhové pokrývky není pravidelné (Reidinger 1995).

Dle naměřených průměrných měsíčních teplot (Tab. 1) je v HÚ nejvíce chladným obdobím leden s průměrnými teplotami  $-2,1^{\circ}\text{C}$ . Naopak nejteplejším měsícem HÚ je červenec s průměrnými teplotami  $16,9^{\circ}\text{C}$ . Rozdíl teplot mezi těmito měsíci kolísá tedy kolem  $15^{\circ}\text{C}$ .



Tab. 1 Územní teploty v Olomouckém kraji za rok 2014

měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
<b>T</b>	0,2	2,4	6,3	9,6	12,3	15,8	19,4	15,9	14,1	9,6	6,3	1,0
<b>N</b>	-2,1	-1,4	2,4	7,5	12,5	15,5	16,9	16,5	13,0	8,2	2,7	-1,3
<b>O</b>	3,3	3,8	3,9	2,1	-0,2	0,3	2,5	-0,6	1,1	1,4	3,6	2,3

Zdroj: <http://www.chmi.cz/>

Vysvětlivky:

T- teplota vzduchu (°C)

N- dlouhodobý normál teploty vzduchu 1961-1990 (°C)

O- odchylka od normálu (°C)

Dlouhodobý roční úhrn srážek se pohybuje mezi 500 a 750 mm/rok, přičemž s vyšší nadmořskou výškou se zvyšuje i množství srážek. Nižší srážky ve studované oblasti jsou způsobené lokací na závětrné straně Zábřežské a Dražanské vrchoviny (Malý 1986a).

Maximální úhrn srážek je v červnu a v červenci, kdy dosahují měsíční úhrny srážek až 94 mm. Nejméně prší v měsíci únoru a srážky dosahují 40 mm (Tab. 2).

Celá oblast HÚ patří k nejteplejším oblastem na Moravě a zároveň i k oblastem, kde prší méně, než jinde na Moravě (Tolasz a kol. 2007). Neméně důležitým ukazatelem klimatu je i výpar, jenž vyjadřuje množství vody vypařené do ovzduší z vodní hladiny, povrchu půdy nebo vegetace za určitý čas. K nejnižším hodnotám výparu dochází v zimních měsících a k největším v letních měsících, dosahujících hodnot kolem 630 mm (Malý 1986a).

Tab. 2 Územní srážky v Olomouckém kraji za rok 2014

měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
<b>S</b>	33	14	36	43	96	53	82	102	94	41	24	41
<b>N</b>	42	40	41	49	80	94	90	84	55	48	56	52
<b>%</b>	79	35	90	88	120	56	91	121	171	85	43	79

Zdroj: <http://www.chmi.cz/>

Vysvětlivky:

S- úhrn srážek (mm)

N- dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 (mm)

%- úhrn srážek v % v normálu 1961-1990

## 4. HYDROLOGIE

Řeka Morava je třetí nejdelší řekou České republiky, která pramení pod Králickým Sněžníkem (ve výšce 1 380 m n. m.) v katastru obce Dolní Morava, poté se vlévá do Dunaje, který nakonec ústí do Černého moře. Východní a západní hřbet Králického Sněžníku je oddělen hlubokým údolím. Strmý žleb je vytvořen v jižním úbočí Králického sněžníku a dochází zde k přijímání několika dalších potoků. Celkově má zde řeka Morava ráz mohutného horského potoka, ale v nižší části pak přechází do poklidnější řeky. V Jeseníkách Morava zesiluje a přibírá tři větší přítoky: Krupou, Brannou a Desnou. Poté řeka Morava protéká Mohelnickou brázdou a dále pak do HÚ (Vlček 1984).

Řeka Morava má v oblasti HÚ také několik neméně významných přítoků. Jedná se zejména o řeky Oskavu, Trusovický potok, Sitku, Bystřici, Bečvu, Blatu, Moštěnku, Rusavu, Dřevnici, Valovou a Hanou (Malý 1986a). Nejvýznamnějším přítokem Moravy je řeka Bečva, zasahující do HÚ její spodní částí. (Vlček 1984).

Povodí řeky Moravy se nachází v JV části České republiky mezi 48° 10' a 50° 15' severní šířky a 15° 05' a 18° 26' východní délky (Bratránek 1939). Povodí řeky Moravy zasahuje též do Rakouska, Polska a Slovenska. Celé povodí řeky Moravy se na základě výskytu dvou hlavních říčních soustav rozděluje na povodí horní a střední Moravy (po ústí řeky Dyje), dále pak na povodí Dyje a také na povodí dolní Moravy (pod ústím Dyje). Zhruba 30 % plochy povodí řeky Moravy je zalesněno, zejména v horní části povodí převládá výskyt jehličnatých lesů. V nižších částech řeky Moravy je charakteristický výskyt lužních lesů (Rybka 1996).

Během roku dochází na řece Moravě k poměrně velkým průtokovým stavům, jejichž velikost je závislá na velikosti povodí, intenzitě dešťových srážek, charakteru sklonu toku, teplotních rozdílech, vegetačním pokrytí a dalších faktorech. Tyto velké průtoky jsou na řece Moravě vázány zejména na období tání sněhové pokrývky a v letních měsících na intenzivní bouřky (Ondračka a kol. 2003).

Povodí Moravy má rozlohu 26 580 km<sup>2</sup> a délka řeky je 352 km. Během této délky Morava poklesne v horní části toku o 993 m, ve střední části toku o 97 m a v dolní části toku se snižuje jen o 50 m, jelikož zde má nejmenší spád (Ondračka a kol. 2003). Vývoj vodního toku řeky Moravy je na spádové křivce charakteristický vymezením třech úseků. Na horním toku (první úsek) dochází k velkému spádu s vysokou rychlostí proudění. Vodní proud disponuje velkým množstvím energie, díky které

může rozrušovat dno a břehy. Dochází tedy k rozšiřování a prohlubování vodního toku. Ve středním toku (druhý úsek) dochází k snižování spádu i rychlosti proudění, dochází k poklesu energie toku. V dolní části úseku vodního toku (poslední úsek), ztrácí tok spád i rychlost proudění, dochází ke ztrátám unášivé schopnosti a dochází zde k akumulaci transportovaného materiálu (Vlček 1984). Velká spousta vodních toků spádovou křivku vyrovnanou nemá a dochází zde k periodickému střídání rychlostí proudění v určitých úsecích.

Mezi charakteristické krajinné prvky, jež se vyskytují v HÚ, patří přirozené a také i umělé vodní plochy, jezera, rybníky, nádrže. V údolních nivách jsou typickým krajinným prvkem pořiční jezera, vznikající postupným vývojem meandrů, kdy dojde až k jejich uzavření (Šafář a kol. 2003).

## **5. GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ**

### **5.1. REGIONÁLNĚ – GEOLOGICKÉ ZAŘAZENÍ ÚZEMÍ**

HÚ se nachází na hranici Českého masivu a Západních Karpat a vznikl po ústupu badenského moře. Jako celek představuje HÚ poklesovou jednotku s podélnou osou SSZ – JJV, která je značně diferenciovaná. Na S se vyskytuje materiál z Českého masivu a na J z Karpat (Chlupáč a kol. 2002). Karpaty vznikly při alpinském vrásnění, jsou tedy mladší než Český masiv, který byl konsolidován při variské orogenezi. Do České republiky zasahuje část vnějších Západních Karpat, které jsou tvořené flyšovým pásmem a karpatskou předhlubní. Předhlubeň se pak dělí na jižní, střední a severní část. Přičemž ve střední části je předhlubeň porušena strukturou (Mísař a kol. 1982).

Severní část HÚ je vymezena Hanušovickou vrchovinou, na V pak Nízkým Jeseníkem, Moravskou Bránou a Podbeskydskou pahorkatinou. JV hranice je tvořena Vizovickou vrchovinou, na J je pak HÚ vymezen Napajedelskou bránou od Dolnomoravského úvalu. Na JZ části sousedí oblast HÚ s Chřiby a Litenčickou pahorkatinou, na Z pak s Vyškovskou bránou a Dražanskou vrchovinou. Na SZ hraničí se Zábřežskou vrchovinou (Chlupáč a kol. 2002).

Prakticky celá oblast HÚ je tvořena pliocenními sedimenty, které jsou transgresivně uloženy na svém podloží a které pronikají na východě až do oblasti Fryštácké brázdy a na jihozápadě do Chřibů. Tyto sedimenty jsou tvořeny zejména křemenem a občasně i pískovcem a jejich barva je povětšinou nažloutlá, narezavělá, až šedá (Barth a kol. 1971).

V údolní části řeky Moravy můžeme nalézt drobné fragmenty hornin pocházející z Českého masivu. Hluběji uložené sedimenty tvoří pestře zbarvené (zejména šedožluté, žlutohnědé, zelenošedé,

namodralé) psamiticko-pelitické sedimenty s variabilním obsahem prachovité a písčité příměsi. V pelitech se vyskytují čočky šedých písků a štěrků, jejichž valounový materiál tvoří horniny flyše. Typické jsou pro nívné oblasti řeky Moravy, východně od Kroměříže, dosahující mocnosti až 120 m (Barth a kol. 1971).

## **5.2. STRATIGRAFIE**

### **5.2.1. PŘEDDEVONSKÉ PATRO**

Nejstarší horniny, jež pocházejí z oblasti HÚ, jsou krystalinické horniny brunovistulika. Brunovistulikum vystupuje ve střední části HÚ v oblasti Krčmaň – Drahlov – Hněvotín – Lípy – Kaple – Studenec – Svárov - Bolelouc. Jedná se o granitoidový masiv o složení granitu, dvojslídnych granitů, hrubozrnných pegmatoidních granitů, biotitických granodioritů až granodioritů mladoproterozoického stáří. Plášť tohoto masivu tvoří fylity, případně jiné epizonálně metamorfované horniny (Mísař a kol. 1982).

Povrch brunovistolika se směrem na JV snižuje a dochází zde k zanoření pod mladší sedimenty. Stavba brunovistolika naznačuje tvar klenby, jejíž osa je ve směru SZ-JV (Barth a kol. 1971). Na JV části zaklesává klenba do hloubky podle zlomů, které jsou rovnoběžné s okrajem neogenní karpatské předhlubně a flyšového pásma Západních Karpat. V příčném řezu je tato klenba výrazně asymetrická. Na základě poměrně hojného výskytu granitoidových hornin a zčásti i epizonálních metamorfitů materiálu flyšového pásma Západních Karpat lze říci, že krystalinikum tohoto typu tvoří velkou oblast i v podloží flyšového pásma Karpat, zejména v podloží Chřibů (Chlupáč a kol. 2002).

### **5.2.2. MORAVSKOSLEZSKÝ DEVON**

V devonu začíná sedimentace bazálními klastickými uloženinami, jež se často nazývají jako facie Old Red. Jedná se většinou o křemenné slepence, pískovce, arkózy a prachovce o proměnlivé mocnosti od několika m až přes 1 km. Později během variské orogeneze došlo k výraznému tektonickému zkrácení devonských hornin (Chlupáč a kol. 2002).

Nadloží devonských bazálních klastik je tvořeno macošským souvrstvím, které obsahuje tmavě a světle šedé vápence nebo dolomity útesového komplexu, o mocnosti až 1000 m. Je zde také velký výskyt bentické fauny stratigrafického rozpětí eifel, givet až frasn (Müller a kol. 2000). V rámci

macošského souvrství lze rozlišit: josefovské vápence, lažánecké vápence a vilémovické vápence. Bylo zjištěno, že dochází k opakování těchto jednotlivých členů nad sebou, tedy že dochází k cyklické sedimentaci (Hladil 1983).

V nadloží macošského souvrství se nachází souvrství líšeňské, které se od svého podloží výrazně liší proměnlivostí facií a zánikem útesotvorné korálové a stromatoporoidové fauny (Chlupáč a kol. 2002). Líšeňské souvrství je charakteristické převahou nečistých karbonátů a kolísavým podílem pelitické substance. Fauna je zastoupena sesilně i vagilně bentózními, planktonními i nektonními formami ukazuje na stáří vyššího svrchního devonu až tournai. Mocnost je do 20 m. V rámci líšeňského souvrství se rozlišují tři hlavní facie: křtinské, hádsko-říčské a hněvotínské vápence (Chlupáč a Zupalová 1982).

### **5.2.3. SPODNÍ KARBON V KULMSKÉ FACII**

Spodní karbon v kulmské facii je v okolí studovaného území odkryt v oblasti Nízkého Jeseníku, Dražanské vrchoviny, kry Maleníku a drobných výskytů uvnitř HÚ. Kulm Nízkého Jeseníku je tvořen siliciklastickými sedimenty, jílovci, prachovci, psamity a psefity převážně hlubokomořského původu (turbidity), které se člení do 4 hlavních stratigrafických jednotek: souvrství andělskohorského (spodní tournai až střední visé), hornobenešovského (spodní až svrchní visé), moravického (svrchní visé) a hradecko-kyjovického (svrchní visé až spodní namur) (Kumpera a Martinec 1995). Souborná mocnost těchto souvrství je až 7 km. Souvrství andělskohorské je mocným komplexem flyšového vývoje a dochází zde k rytmickému střídání jílovitých a siltových břidlic, drob, pískovců, slepenců. Andělskohorské souvrství je nejnižším členem kulmu Nízkého Jeseníku, přičemž západní hranice je po celé délce tvořena horninami vrbenské skupiny; východní hranice je mnohem méně výrazná. Mocnost souvrství se odhaduje od 1000 – 2000 m. (Zapletal a kol. 1989)

Na andělskohorské souvrství v západní části svého výskytu nasedá souvrství hornobenešovské. Hornobenešovské souvrství je tvořeno masivními, tmavě šedými droby s čůčkami gravelitových konglomerátů. Mocnost hornobenešovského souvrství je 1500 - 2000 m (Misař a kol. 1982). V nadloží hornobenešovského souvrství se nachází moravické souvrství, které na hornobenešovském souvrství spočívá konkordantně. Moravické souvrství je ve východní části Nízkého Jeseníku. Je tvořeno droby, jílovými břidlicemi, prachovými břidlicemi až prachovci. Maximální mocnost moravického souvrství je 1500 m. Toto souvrství pak postupně přechází do mladšího hradecko-kyjovického souvrství, které

je tvořeno hrubozrnnými drobami, jílovými břidlicemi a místy i slepenci. Mocnost souvrství se pohybuje kolem 1500 m (Chlupáč a kol. 2002). Sedimenty moravického a hradecko-kyjovického souvrství obsahují poměrně bohatou bentickou a nektonní faunu (měkkýši, goniatiti) a společenstva fosilních stop. Andělskohorské souvrství obsahuje vzácně konodontovou a korálovou faunu, v hornobenešovském souvrství nebyla nalezena významná stratigrafická fauna.

Litostratigraficky se ke kulmu Nízkého Jeseníku řadí i výskyty v HÚ a kulm kry Maleníku. Kulm Dražanské vrchoviny má podobné litologické složení a paleontologický obsah a skládá se ze 3 souvrství, protivanovského (tournai až báze svrchního visé), rozstáňského (spodní až svrchní visé) a myslejovického (svrchní visé), mocnost není známa (Dvořák 1987).

#### **5.2.4. MESOZOIKUM A TERCIÉR FLYŠOVÉHO PÁSMÁ ZÁPADNÍCH KARPAT**

Ve svrchním karbonu a permu byla oblast HÚ souší (Chlupáč a kol. 2002). V triasu se stala součástí tzv. vindelické pevniny. V mesozoiku byl JV okraj Českého masivu zatopen mořem, které se zde dostávalo z druhohorního moře, z Tethydy, jež se vyvinulo mezi Laurasií a Gondwanou před cca 250 miliony let (Mísař 1965). Tato etapa je spojena s vývojem Západních Karpat. Jurským mořem byla zaplavena cetechovická sedimentační oblast, která zasahuje k JV okraji HÚ.

Vnitřní strukturou flyšového pásma Západních Karpat je magurská skupina příkrovů, která sousedí s HÚ. Tato skupina příkrovů je charakteristická flyšovou sedimentací se střídáním psamitů a pelitů. Magurský sedimentační prostor vznikl v cenomanu, jako podélně protáhlá pánev. Na JV byl omezen hřbetem czorsztynským považsko - pieniského bradlového pásma a na SZ jej od sedimentačního prostoru slezské jednotky oddělovala slezská kordilera. Kontinuální vrstevní sled magurské skupiny je v rozsahu cenoman až spodní oligocén.

Magurská skupina má souvislý průběh a zabírá část Chřibů, Hostýnských a Vsetínských vrchů, Vizovické vrchoviny, Javorníků a Bílých Karpat. Lze zde tektonicky rozlišit račanskou jednotku, bystrickou a bělokarpatskou. Jednotky jsou na sebe nasunuty ve směru JV–SZ, jejich příkrovová stavba je složitá a je porušena zlomy (Chlupáč a kol. 2002).

Račanská a bystrická jednotka vykazují velkou litofaciální příbuznost a téměř analogický vývoj, lze u nich rozlišit souvrství soláňské, belovežské a u bystrické jednotky je také ještě souvrství zlínské. Sedimentace v račanské jednotce začíná ve svrchní juře, kdy se začínají usazovat kurovické vápence. Ty se objevují jako tektonické útržky na čele magurského příkrovu a jsou známy z Kurovického

bradla. Další útržky hornin jurského stáří vystupují uvnitř magurské skupiny příkrovů ve Chříbech a Hostýnských vrších.

Bělokarpatká jednotka má však rozdílnou stratigrafii i litofacii. Sedimentace bělokarpatké jednotky (vyšší senon – střední eocén) se diferencovala na vývoj vlárský a hlucký. Vlárský vývoj se člení na souvrství javorinské a nadložní svodnické. Hlucký vývoj začíná souvrstvím svodnickým, dále pak nivnickým a nadložním kuželovským (Buday a kol. 1967).

### **5.2.5. KARPATSKÁ PŘEDHLUBEŇ**

Karpatská předhlubeň je tvořena podélnými depresiemi v předpolí karpatského horstva, které jsou vyplněny nejvíce miocenními marinními a pliocenními sladkovodními sedimenty. Na našem území se člení na tři části: jižní – od hranic s Rakouskem po osu nesvačilského příkopu, střední – po severní omezení HÚ a severní - po hranice s Polskem. Zaujímá dnes tedy oblast moravských úvalů, Moravské a Vyškovské brány, Ostravsko a Opavsko. Směr karpatské předhlubně je SV – JZ a SZ – JV. Stavba je pak ovlivněna starými tektonickými liniemi těchto směrů. Na horninách Českého masivu leží karpatská předhlubeň diskordantně. Ve střední části je karpatská předhlubeň rozdělena nesvačilským příkopem na jihu a HÚ na severu a takto vzniklá příkopová propadlina je pak vyplněna fluviolakustrinními sedimenty pliocenního stáří. Dnes je to oblast HÚ a Mohelnické brázdy (Chlupáč a kol. 2002).

Sedimentační prostor karpatské předhlubně se nachází ve vnějším oblouku Západních Karpat. Mocnost sedimentů (eggenburg až baden) velmi kolísá. Celková mocnost všech miocenních sedimentů je zhruba 1600 m. Sedimenty stáří eggenburg až ottnang mají mocnost kolem 600 m, v zastoupení bazálních klastik s vápnitými jíly až jílovci s vložkami písků a pískovců. (Mísař a kol. 1982). Sedimentační záznam karpatské předhlubně začal v pozdním egeru/eggenburgu a ukončen byl až na počátku badenu (Nehyba a kol. 2008).

### **5.2.6. SVRCHNÍ MIOCÉN AŽ KVARTÉR HORNOMORAVSKÉHO ÚVALU**

Litologicky lze mladou výplň HÚ rozdělit do dvou souvrství: spodní a svrchní souvrství. Ve spodním souvrství (spodní baden) se střídá sled štěrků, písků, prachů, prachovitých jílů a jílů. Členy tohoto souvrství jsou také typické střídáním červenohnědého, rezavého, nebo modrozeleného zbarvení (Čtyroký 1994). Pestré zbarvení je zapříčiněno redepozicí pestrých zvětralin, nejčastěji rudého

zbarvení podložních paleozoických hornin, vyskytující se v SV ukončení HÚ a po okrajích Mohelnické brázdy. Mocnost tohoto souvrství je 80 – 100 m a vyskytuje se po celém HÚ a Mohelnické brázdě (Růžička 1989). Pro spodní souvrství nebyly nalezeny žádné přímé paleontologické nálezy, které by svědčily o jeho stáří. Svrchní souvrství je charakteristické proměnlivým střídáním sledů písků, prachů, písčitých a prachovitých jíílů barvy šedé, šedozelelé až černohnědé. Typický je zde také výskyt poloh uhelných jíílů a lignitu. Maximální mocnost (stejně jako u souvrství spodního) se pohybuje do 100 m (Čtyroký 1994). Toto souvrství se vyskytuje nejvíce v tektonicky pokleslých krátech HÚ. Z hlediska paleontologie byly ve spodním souvrství nalezeny především fragmenty měkkýšů a skořepatců (Růžička 1989).

V kvartéru byly geologické pochody ovlivňovány jak klimatickými podmínkami, tak i neustále probíhajícími pohyby ker. V HÚ lze pozorovat typický výskyt fluviálních, deluviálních, fluvioлимnických a eolických sedimentů (Malý 1986a).

Vývoj lakustrinní a fluviální sedimentace lze pozorovat již od pleistocénu, kdy dochází ke vzniku sítí vodních toků. Při střídání akumulace a eroze se odrážejí opakující se tektonické pohyby i klimatické výkyvy. Neotektonické pohyby způsobují poruchy porušující jednak pestrou sérii, ale také i pleistocénní spraše, fosilní půdy a fluviální sedimenty, jež se vyskytují zejména na v jižní oblasti území a dosahují mocnosti i přes 100 m (Barth a kol. 1971). V chladnějších obdobích převládala akumulace, v teplých oblastech docházelo ke vzniku fosilních půd (Chlupáč a kol. 2002).

Při okraji HÚ vznikaly mohutné náplavové kužely. S glaciály je spjat vznik spraší, které tvoří velkou část HÚ. Nejstarší sprašové pokryvy vznikly v rissu (staršího i mladšího) a ze tří stadiálů würmu. Spraše z posledního stadiálu würmu mají typickou sloupcovitou odlučnost. Na povrchu sprašových pokryvů jsou zejména fosilní půdy, velké množství malakofauny a také i vodní měkkýši, svědčící o návátí spraše do vodního prostředí (Czudek 2005).

HÚ je poměrně jednoduchým prolomem, avšak složitější kerná stavba je patrná ve střední části HÚ, jenž byla tektonikou pliocénu a kvartéru rozčleněna (Barth a kol. 1971).

Na základě morfologického a petrografického hlediska lze pleistocénní sedimenty HÚ rozdělit do osmi stratigrafických jednotek, a sice: kokorské slepence, relikty fluviálních štěrků v relativní výšce 35 m, lukovská terasa, staropleistocénní sedimenty v depresích, brodecká terasa, kralická terasa, nenakonická terasa a údolní terasa (Malý 1986b). Do nejdůležitější morfologické a stratigrafické jednotky v terasovém systému HÚ patří kralická terasa, jež je tvořena akumulací štěrků a písků, které



jsou od sebe odděleny fosilními půdami. Sedimenty vyskytující se na této terase jsou překryty sprašemi o poměrně velké mocnosti. Ty pokrývají velkou část oblasti HÚ, přičemž mocnost sprašového pokryvu dosahuje až 22 m (starší riss). Na spraších můžeme rozlišit fosilní půdy, kde se jedná zejména o parapodzoly, parahnědozemě, pseudoglejové půdní horizonty, paračernozemě (Barth a kol. 1971).

Mezi nejznámější sedimenty vyskytující se na studované lokalitě patří fluvioalakustrinní souvrství písků a jílů, které s úhlovou diskordancí nasedají na pliocénní sedimenty (Czudek 2005).

Souvrství fluvioalakustrinních sedimentů stáří mindelského je omezeno holešovským zlomem na V a kvasickým zlomem na Z. V nadloží se vyskytují až 2 mocné fluviální štěrkopísky a také i hrubozrnné písky o velikosti valounů 3 - 5 cm, s fosilně navětralými drobami a břidlicemi. Ty jsou zakryté fosilními půdami typu „Braunlehm“, což je zvětralá, jílovitá a silně kyselá půda. Z období nejstaršího pliocénu jsou tyto sedimenty známy v cihelně u Prostějova a také v Holicích u Olomouce. Nevelká vzdálenost těchto lokalit dokládá nejspíše reliktní sedimenty jezerní pánve, která se vyskytovala v této části HÚ ve starším pleistocénu (Barth a kol. 1971).

V HÚ fluviální sedimenty vyplňují četné deprese. Jedná se o sedimenty stáří mindelského. Jsou tvořeny šterky a písky, s polohami jílů o velké mocnosti. Fluviální sedimenty jsou strukturně velmi složité, jelikož vznikly kombinací usazování, následného rušení destrukční činností ledovců během zalednění a opětovné sedimentace. Výsledkem jsou kombinované usazeniny štěrků, štěrkopísků, písků a i přeplavovaných hlín (Czudek 2005).

Fluviální sedimenty mají různý charakter podle části toku, kde docházelo k jejich nahromadění (Malý 1986b). Lze rozlišit sedimenty divočících toků (hlavně v horních úsecích řek s velkým spádem a častým překládáním koryt, sedimenty meandrujících toků (ve středních a dolních úsecích s menším spádem), vytvářející terasovitě vyvinuté akumulace písčitých štěrků a sedimenty dolních částí toků s převahou jemnozrnných, často horizontálně zvrstvených uloženin nivních akumulací (Chlupáč a kol. 2002).

### **5.2.7. TEKTONICKÁ STRUKTURA STUDOVANÉHO ÚZEMÍ**

Tektonické poměry na východní části Českého masivu jsou složité, jelikož tato část území prodělala všechny horotvorné procesy, od tektogeneze assyntské, přes kaledonskou, variské vrásnění a až po tektoniku saxonskou. Nejvíce se na tomto území projevila tektogeneze variská (Svoboda a kol. 1962). Nejprve postihla oblast fáze bretonská (směrem od Z k V), výsledkem bylo zvrásnění s urgencí vrás

k Z – SSZ. V této fázi vznikly hlavní směrné linie, jako je např. ramzovské nasunutí. Druhá fáze byla asturská, během které došlo k intenzivnímu zvrásnění a porušení kulmských vrstev Nízkého Jeseníku a Dražanské vrchoviny. Mezi Nízkým Jeseníkem a Dražanskou vrchovinou je bušínská porucha směru sudetského, jež vznikla v důsledku asturské orogeneze. V místech, kde došlo ke střetu asturské a bretonské fáze, nastalo vyvrásnění a vyvlečení devonského podkladu do kulmských sedimentů. Ve svrchním terciéru dochází k postupnému zřetelnějšímu rýsování HÚ. Sedimentace svrchního a spodního pliocenního komplexu je rozdělena obdobím intrapliocenní tektonické aktivity, kvůli které pak došlo k zúžení sedimentačního prostoru a také k denudaci sedimentů spodního komplexu a došlo zde k poklesu pliocenních sedimentů. Holešovská porucha, jež se vyskytuje mezi depresi HÚ a kulmem Nízkého Jeseníku (V a SV od Olomouce), je zde projevena nejvýrazněji. U Kroměříže zlomy také omezují výskyt pliocénu. Zlom SSZ – JJV směru (na východ od Mohelnice), odděluje pak západní kru od východní. Ve spodním pleistocénu proběhla hlavní fáze neotektonických pohybů (Sturmová 1996).

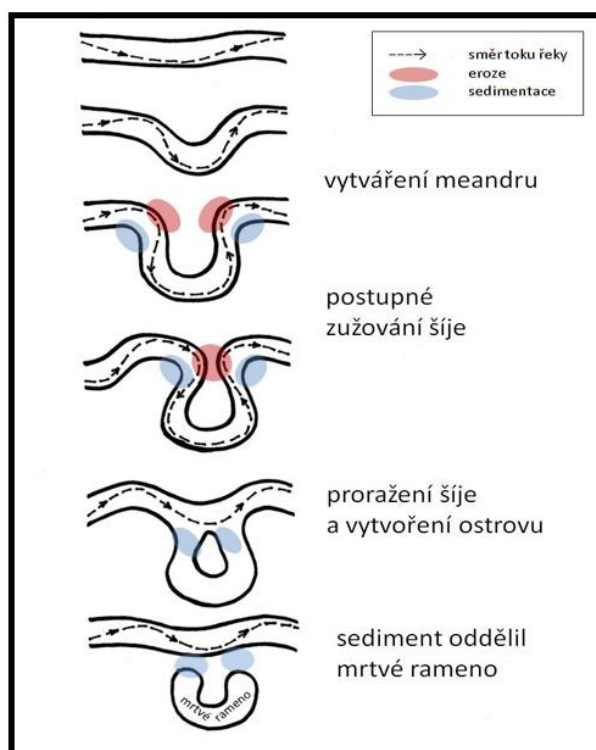
Geologický vývoj HÚ se odehrál ve třech krátech, jež jsou omezeny ve směru SZ-JV až SSZ-JJV. Ústřední poloha HÚ zahrnuje severní část Dražanské vrchoviny. Severovýchodně tato kra sousedí s krou bradelsko- malenickou. Mezi těmito krami je význačný zlom olomoucko- přerovský, který se táhne od okolí Litovle přes Olomouc směrem na Přerov. Na JZ sousedí kra HÚ s krou dražanskou. Tyto kry jsou vzájemně od sebe odděleny zlomem konickým. Na západě od Prostějova přes Kojetín se táhne zlom kojetínský a všechny tyto zlomy tvoří poruchové pásmo Hané (Mísař 1965).

Poruchové pásmo Hané mělo vliv na vývoj moravskoslezské oblasti Českého masivu a také i části Západních Karpat. Pohyby ker podél zlomů založených v předdevonském období se projevovaly od paleozoika až do kvartéru a docházelo k ovlivňování paleografického vývoje oblasti (Chlupáč a kol. 2002).

## 6. MRTVÁ RAMENA

Říční systém je charakteristický propojením říčních koryt v povodí. V meandrujících říčních systémech se uplatňuje laterální migrace koryta, která je typická erozí na výsepních valech a sedimentací na jesepních valech. Na základě tohoto jevu lze zjistit posloupnost sedimentů dílčích zrnitostních frakcí (Collinson 1996). Říční systém má dva nejdůležitější rysy, a sice koryto řeky a záplavovou oblast. Podle stavby a geometrie řek lze rozlišit pak čtyři typy, které však mohou přecházet i do jiných typů (zejména během povodní). Jedná se o řeky přímé, meandrující, divočící, anastamózní (Hudson – Edwards 2006).

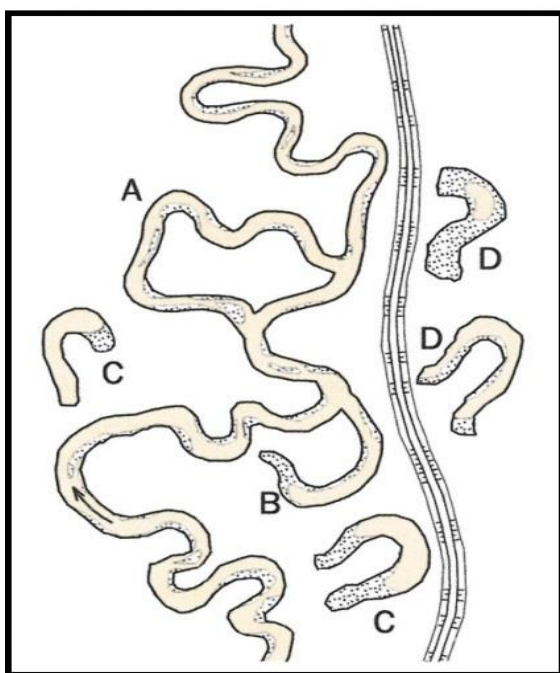
Meandry jsou nejznámějším fluviálním tvarem, jedná se o zvlněné úseky vodních toků, jež se vytvářejí především v říční nivě. Při vývoji těchto meandrů se uplatňuje nejvíce eroze hloubková a boční. Meandry jsou tedy zákruty koryta větší délky, než je polovina obvodu kružnice opsané nad jeho tětvou a jejichž středový úhel je větší než  $180^\circ$  (Demek 1983). Může docházet též ke spojení meandru. V průběhu transportu erodovaného materiálu dochází k poklesu unášecí schopnosti rychlosti proudění vody a dochází zde k ukládání sedimentů. Ke vzniku mrtvých ramen tedy dochází v důsledku změn průběhu koryta, např. propojováním meandrů, nebo také oddělováním částí toku mělčinami (Obr. 3).



Obr. 3 Vytváření meandrů, upraveno (Just a kol. 2005)

Jako mrtvé rameno se označuje část toku meandrující řeky, která byla nejprve říčním korytem, pak ale došlo k jejímu úplnému oddělení. Koryto mrtvého ramene je na obou stranách uzavřeno a dochází u něj ke stagnaci vody. Mrtvá ramena vznikají důsledkem změny průběhu koryta, dále také propojováním meandrů, oddělováním částí toku mělčinami apod. (Obr. 4). V České republice jsou mrtvá ramena hojná nejenom na již zmíněné řece Moravě, ale také i podél Labe, Ohře a Dyje.

Spodní voda velmi často napájí mrtvá ramena a jejich velikost podle množství a dostupnosti vody velmi kolísá. Říční ramena, která takto vzniknou, charakterizují určitý druh říčního jezera, které je často zarostlé a které jsou pak s řekou spojeny při záplavách. Takto vzniklé říční jezero má tvar srpku nebo pentle. Mrtvé rameno může také někdy zapříčinit vznik tůní (Reineck a kol. 1980).



A) vedlejší rameno

B) staré rameno

C) mrtvé rameno

D) mrtvé rameno oddělené hrází

Obr. 4 Popis ramen, upraveno (Just a kol. 2005)

Sedimenty mrtvých ramen reprezentují fluviální sedimenty koryt, která byla opuštěna hlavním tokem. Odškrcením ramene dojde ke snížení sinuosity toku a ke zvětšení jeho sklonu a dojde také tedy i k zvýšení rychlosti proudění. V toku jsou tak vyvolány erozně-akumulační procesy. Podle geneze můžeme popsat 2 typy přirozeného odškrcení meandru, a sice “chute cut-off“ a “neck cut-off“ (Walker 1984). Ke vzniku “chute cut-off“ (neboli šijové koryto) dochází při opakujícím se zvýšeném průtoku, jenž vyvolává ve spodní části meandru zpětnou erozi do doby, než nastane propojení s horním koncem. Dochází tedy k pomalé změně koryta, jež se odchyluje od původního tvaru. Tento

způsob odškrčení se vyskytuje u řek, které mají vyšší sklon koryta a slabý vegetační pokryv (Křížek 2007). Oproti tomu “neck cut off“ (neboli odškrčení v šíji) vzniká rychlým zkrácením toku v nejužším místě meandru a odříznutím meandru. Dochází tedy k postupné erozi na konkávním břehu a ukládání sedimentů na břehu konvexním, do té doby, než dojde k protržení šíje meandru. Ihned po odříznutí je ukládání velmi rychlé a nastává zanesení přístupového kanálu od hlavního toku. V další fázi je ukládání pomalejší a sedimentace se podobá sedimentaci v povodňových plošinách (Julien a kol. 2008).

Po odškrčení meandru dochází ke tvorbě aluviálních zátek a postupně se zanáší rameno organickým materiálem. Zátky vznikají v místech s nejmenší hloubkou a jejich tvorba začíná ihned po odškrčení meandru. Aluviální zátka má obecně nižší úroveň než niva a působí též jako překážka při zanášení toku dalším materiálem a je tedy také důležitým ukazatelem životaschopnosti ramene. Změna tvaru odškrčeného meandru, zmenšování hloubky a zužování koryta je také způsobena remodelací geomorfologických procesů (Máčka a kol. 2011).

Rychlost sedimentace v odškrčeném rameni ovlivňuje i tzv. diversion angle, což je úhel, při jakém se rameno oddělí od aktivního toku. U toků, kde je tento úhel větší, dochází k rychlejší izolaci jezera od aktivního toku a nastupuje zde sedimentace jemnozrnného materiálu, který pochází od rozlivu toku. U toků s menším úhlem dochází k ukládání hrubozrnného materiálu a ramena tak jsou zanesena podstatně rychleji (Constantine a kol. 2010).

Fluviální sedimentace v údolní nivě nemá rovnoměrný průběh v důsledku mikrotopografie a místních hydraulických podmínek, které jsou již dány tvarem a průběhem koryta. Tyto hydraulické podmínky kontrolují rozmístění a transport sedimentů v době, kdy dojde k rozlévání v nivě. Největší akumulace je v té části nivy, kde tvoří deprese vůči okolí (Křížek 2007).

Sedimentace v mrtvých ramenech je typická laminovaným prachem a jílem a sediment má vysoký podíl organické hmoty. Laminování sedimentu může být zapříčiněno změnou barvy, složením nebo velikostí zrn (Reineck a kol. 1980).

Mezi další specifika mrtvých ramen patří i zazemňování (neboli postupné vyplňování ramene sedimentem vedoucí k jeho zániku a přeměně na souš), jenž je dáno ukládáním anorganických i organických částic vyskytujících se v samotném toku. Rostlinný opad z vegetace přibřežních rostlinných společenstev přispívá tak tedy k dalšímu zazemňování (Reidinger 1995).

Další možným způsobem vzniku mrtvých ramen je antropogenní činnost při regulaci toku.

Regulace říčních toků u nás započala již v 18. století, kdy docházelo k budování kanálů, hrází, apod. V polovině 17. století je zaznamenána snaha o vybudování propojení mezi Moravou a Odrou a od 18. století se uvažuje o spojení Moravy a Labe (Bratránek 1939). První regulace na řece Moravě proběhla roku 1818 mezi Kroměříží a Kvasicemi, kdy docházelo k narovnávání toků a ohrazování meandrů, přičemž byly některé zasypány a některé ponechány jako slepá ramena, kterých je na řece Moravě více než 180. Tyto slepá ramena jsou dnes nejčastěji využívána jako přírodní nádrže pro chov ryb. Říční systém řeky Moravy byl celou dobu antropogenně ovlivňován, zejména z důvodu zkrácení koryta. Zkrácení proběhlo o více než 40% v celé jeho délce. Regulační práce na jedné straně zabránily vzniku velkých škod při možných povodních, ale na straně druhé došlo k ovlivnění vodního režimu celé krajiny a také i úrovně hladiny spodních vod (Ondračka a kol. 2003).

Mezi způsoby regulace toku patří zejména zpevnění břehů, tvorba kaskád, důležitých při zpomalení toku nebo při zvýšení hladiny při splavnění a překládání toku. Regulace toku ale způsobuje řadu negativních dopadů, které mají na ekosystém neblahý vliv. Jedná se především o omezení schopnosti infiltrace, snížení biodiverzity, prohlubování eroze, zrychlení odtoku vody z krajiny a snížení schopnosti samočištění.

## **7. ANORGANICKÉ POLUTANTY**

Zařazení kovů do jednotlivých skupin lze rozlišit na bodové a plošné, neboli difuzní. Dále lze znečištění dělit na antropogenní a přírodní.

Bodové znečištění poukazuje na jasně vymezený úsek, takže znečištění lze lépe kontrolovat a monitorovat. Bodové znečištění představuje zejména průmysl, plošné znečištění zahrnuje např. postřiky z hnojiv (Perry a Taylor 2007).

Antropogenní znečištění sedimentů a vod je způsobeno opět průmyslem na dané oblasti. Rozdílná kontaminace sedimentů téhož prvkem má za následek rozdílné znečištění na odlišných místech v České republice (Veselý 1994). V místech, kde nedocházelo k těžbě a pracování rud, se kontaminanty těžkých kovů skládaly zejména ze spadů popílků (obohacených o Zn, Cr), spotřeba olovnatých benzínů (Pb) atd. Výrazné navýšení částic kovů má vliv na magnetickou susceptibilitu.

V životním prostředí se vyskytuje značné množství rizikových prvků, jež jsou důsledkem působení lidské činnosti. Vysoké obsahy těchto prvků ovlivňují biologické a fyzikálně-chemické procesy v půdách a později tak působí nepříznivě na zdraví samotného člověka. V půdě jsou schopny se udržet po tisíce let a jejich toxicita je vysoká a nebezpečná jak pro rostliny, živočichy, ale také samozřejmě pro půdu. V dostatečně stabilním sedimentárním prostředí je možno na základě změn koncentrace rizikových prvků s hloubkou odhadnout, kdy došlo ke kontaminaci.

Mezi organické rizikové látky vyskytující se v půdě se řadí ropa a její deriváty, polycyklické aromatické uhlovodíky, polychlorované bifenyly, aromatické uhlovodíky, chlorované uhlovodíky a heterocyklické uhlovodíky. Lze pak rozlišit perzistentní organické polutanty (POPs), což jsou organické substance, které jsou škodlivé pro životní prostředí. Jsou dobře distribuovány v prostředí a jsou charakteristické tím, že v přírodě setrvávají poměrně dlouhou dobu. Do skupiny POPs spadají: polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), polychlorované bifenyly (PCB), organické pesticidy (OCP), polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDD) a polydichlorodibenzofurany (PCDF) (Jones a de Voogt 1990).

Dále lze rozlišit kovy stopové, těžké a toxické. Za nejvíce toxické formy kovů jsou považovány jednoduché iontové formy, jež se ve vodných roztocích koncentrují při pH nižší než 4, pak i organické sloučeniny způsobené lidskou činností. Za méně toxické jsou považovány komplexy s anorganickými a organickými vlastnostmi (Bencko a kol. 1995).

Stopové prvky jsou charakteristické tím, že se v životním prostředí a potažmo v lidském organismu vyskytují ve velmi nízkém množství, řádově v jednotkách ppm. Mezi tyto prvky patří Zn, Cr, Fe. Zinek se podílí na kontaminaci zejména galvanizací, zemědělstvím, komunálním odpadem. Chrom se do životního prostředí dostává nejvíce z chemického průmyslu, výroby cementu a spalováním fosilních paliv. Železo je v životním prostředí obsaženo zejména z metalurgie (Kafka a Punčochářová, 2002). Tyto stopové kovy se i přesto podílejí velkou měrou na kontaminaci životního prostředí, výskyt v sedimentech je spojen s výskytem zdrojů jak lidskou činností, tak i působením přírodních zdrojů (Campbel 1987). Stopové prvky mají značný ekologický dopad, jelikož dochází k regulaci rychlosti koloběhu prvků a hromadění těchto prvků v sedimentech může představovat také vážné ekologické problémy.

Kovy, jež mají specifickou hmotnost vyšší než  $5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , se nazývají kovy těžkými. Mezi tyto kovy patří Cd, Hg, Pb, Zn, Ag, Cr a také se zde řadí i prvky Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt. Dle právních předpisů

platicích na území České republiky, jsou tyto prvky označovány jako kovy nebo metaloidy (nekovové prvky, mající některé vlastnosti kovů). Ekotoxikologická terminologie však spíše používá termín rizikové kovy, jelikož se jedná o prvky, které jsou jakkoliv nebezpečné a ohrožující životní prostředí. Kadmium se dostává do životního prostředí fosforečnými hnojivy, pigmenty pro barvy a plasty a jedná se také o doprovodný kov v zinkových a olovených rudách. Rtuť se v životním prostředí vyskytuje zejména díky zpracování rud, spalování fosilních paliv, elektrochemií. Olovo se na kontaminaci životního prostředí podílí také nemalou měrou, a sice zejména z chemického průmyslu, rafinerie, z výroby hnojiv, spalování uhlí, výroby cementu (Tab. 3).

Tab. 3 Zdroje kovů a polokovů v životním prostředí, upraveno

Těžba a zpracování rud	Fe, Zn, Hg, As, Se, Mn, Cu
Elektrotechnika	Ag, Se, Ge, Mn, Ni, Pb, Cu, Hg
Hutní průmysl	Al, Cr, Mo, Ni, Pb
Polygrafický průmysl	Zn, Cr, Ni, Cd, Cu, Pb
Buničina, papír	Ti, Zn, Al, Ba, Sr, Cr, Se, Cu, Hg
Těžba uhlí	Fe, Al, Mn, Ni, Cu, Zn
Strojírenství	Cr, Cu, Ni, Zn, Cd, Fe, Al, Fe, Al, W, Mo, Zn, Pb, Cu, Hg
Chemický průmysl	Hg, Cr, Pb, Zn, Ti, Al, Ba, Sr, Mn, As
Průmyslová hnojiva	Hg, As, Cu, Zn, Ba
Automobilová doprava	Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Pb
Spalování uhlí	As, Ti, Al, Ge, Se, Hg, Be, Zn, Mo, Ni
Koroze potrubí, inhibitory	Cd, Mn, As

Zdroj: Adámek a kol. 2010

Zdroje těžkých kovů se dělí na esenciální a toxické. Mezi esenciální těžké kovy se řadí kobalt, měď, železo, mangan, molybden, nikl, selen, vanad, mezi toxické patří pak stříbro, kadmium, platina a rtuť. Esenciální těžké kovy mají důležité biologické funkce a jsou běžnou součástí biomasy organismů.

Kontaminace horninového prostředí těžkými kovy se v České republice rozmohlo kvůli zvýšené poptávce po těžbě rud a nerostných surovin. V celosvětovém měřítku jsou největšími antropogenními



zdroji těžkých kovů odpadní vody z těžby a metalurgie, z fotografického, textilního, kožedělného a chemického průmyslu, z energetiky a zemědělství. I v malém množství se těžké kovy stávají vysoce toxickými. Podílejí se velkou měrou na kontaminaci půd a kvůli působení zvyšující se lidské činnosti dochází také k jejich nárůstu. U těžkých kovů nedochází k degradaci a váží se s organickými látkami - dojde tedy k několikanásobnému zvýšení toxicity. Kontaminace u těchto kovů souvisí s jejich schopností kumulace a nyní tak představují vážný problém v oblasti škodlivých anorganických látek. Tyto těžké kovy jsou tedy prakticky neodbouratelné a znečištění životního prostředí se tak stává velkým problémem.

Toxické kovy jsou škodlivé při působení na člověka i na ostatní biotické složky ekosystému. Do skupiny toxických kovů patří Pb, Cr, Ni, Hg, Cd, Zn, Cu, Se, As (Kafka a Punčochářová 2002). Toxický účinek kovu z výčtu uvedených prvků je vždy výsledkem složitých interakcí, v nichž hraje roli dávka, mechanismus vstupu do organismu, délka expozice, metabolismus. Množství toxických kovů roste s rozvojem moderní techniky a větší produkce těchto prvků kontaminujících ovzduší, povrchové vrstvy půdy a také podzemní vody. Jejich vznik je spojen s výrobou kovů, s množstvím výfukových plynů, spalování fosilních paliv a spalování odpadů.

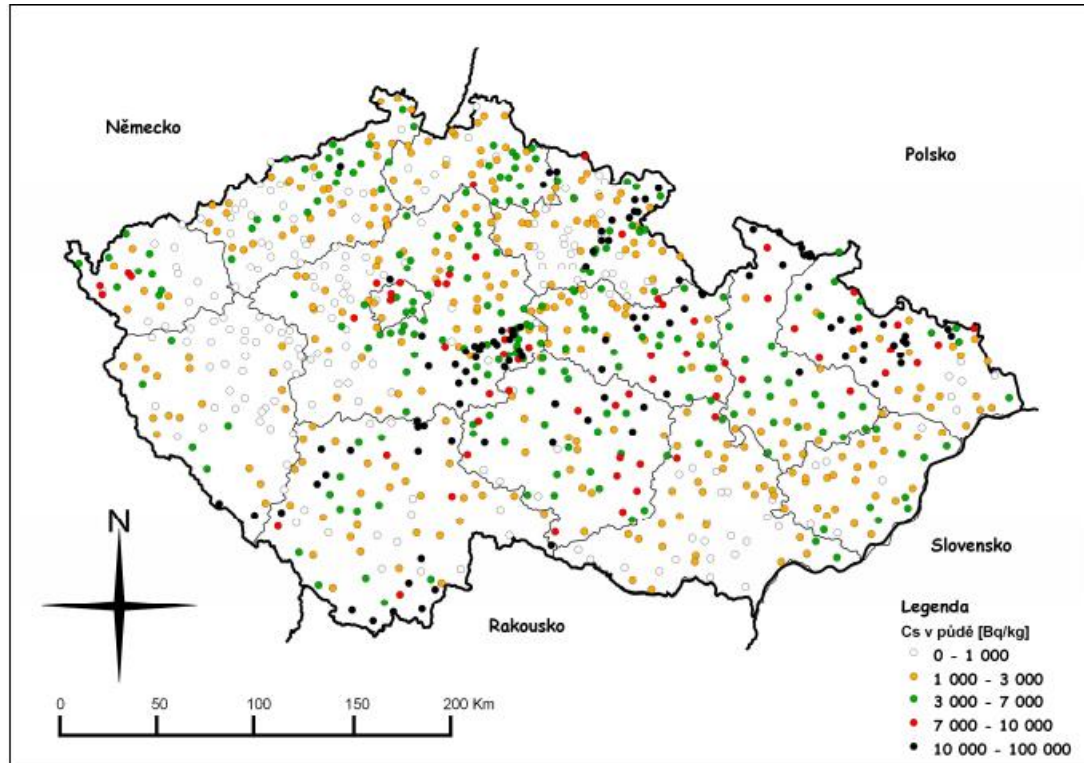
Transport toxických látek je zprostředkováno řekami a jejich obsah je vázán na jemnozrnné pevné částice, které se nachází v podobě kontaminovaných říčních sedimentů podél toků (Förstner 2004). Šíření těchto kontaminantů v životním prostředí se uskutečňuje zejména při povodních.

Toxicita látek v sedimentech dává dobrý a ucelnější přehled o celkové kontaminaci na daném území než zjištění okamžité koncentrace těchto prvků. Odhad mobility těžkých kovů, jež se vyskytují v životním prostředí, je důležitý pro zhodnocení stavu kontaminace sedimentů a půd. Díky extrakci, která je separační metodou zaměřenou na přecházení složky ze směsi látek v kapalně či tuhé fázi do jiné kapalně fáze, je možno simulovat vymývání toxických prvků z půd nebo sedimentů. Extrakční pokusy poskytují také cenné informace o koncentraci těžkých kovů přístupných rostlinám kořenovým systémem (Ferrguson 1990).

## 8. RADIOAKTIVNÍ POLUTANTY A IZOTOP $^{137}\text{Cs}$

Kontaminace radionuklidy v České republice byla způsobena zejména izotopy  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  a  $^{103}\text{Ru}$ . Na přiložené mapě lze vidět plošnou kontaminaci cesiem v České republice bezprostředně po výbuchu Černobylu (Obr. 5). Objemová aktivita  $^{137}\text{Cs}$  je závislá na přísunu z vyšších vrstev atmosféry a resuspenzí původního spadu z půdního povrchu. Její hodnota se nyní pohybuje okolo  $1 \text{ Bq/m}^3$ . Izotop  $^{137}\text{Cs}$  je využíván v současnosti pro datování sedimentů. Tato metoda je však vhodná pro mladší sedimenty, ze kterých nelze získat spolehlivý materiál pro datovací metodu pomocí  $^{14}\text{C}$ .

Výsledkem antropogenního znečištění je izotop  $^{137}\text{Cs}$ , jehož výskyt v atmosféře a následný spad je spojen s testováním jaderných zbraní (50. - 60. léta 20. stol.) a jadernými haváriemi. Jedná se o havárii Černobylu z roku 26. 4. 1986. Únik radioaktivity z reaktoru souvisel s radioaktivním zamořením, které trvalo 10 dnů, přičemž mezi radioaktivní plyny vyzářené bezprostředně po havárii patřily krypton, xenon, dále izotopy jódu a také telur a cesium, které se do atmosféry dostaly ve formě aerosolů nebo s částicemi rozprášeného paliva. V menším zastoupení se jednalo také o radioizotopy málo těkavých prvků, jako je zirkon, baryum a stroncium. Celkový únik radioaktivity z Černobylu je odhadován na  $1,2 \cdot 10^{19} \text{ Bq}$ .



Obr. 5 Plošná kontaminace cesiem v ČR bezprostředně po výbuchu Černobylu, upraveno, (<http://suro.cz>)

## 9. UKLÁDÁNÍ POLUTANTŮ V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ

Škodlivé látky vznikající v důsledku silného znečištění se do vody a půdy mohou dostávat přímou i nepřímou cestou. Velké množství sedimentů se do vodních toků dostává zejména erozí půdy. Samotný přenos těchto sedimentů je způsoben transportními médii, jako je voda, vítr. Kovy, zejména ty těžké, které se dostanou do vodního toku, se snadno vstřebávají na povrch malých částic především organického původu, jako jsou huminové kyseliny a fulvokyseliny a poté na jemnozrnné složky sedimentu, zejména pak na částice menší než 63  $\mu\text{m}$ . Tyto drobné částice se posléze ukládají jako dnový sediment nebo dochází k jejich vznášení ve vodním sloupci (Adámek a kol. 2010).

Existují také rozdíly ve vaznosti jednotlivých prvků na jemnozrnnou složku, a sice Cd, Hg, As, Ag, Pb, Be a dochází tak ke koncentraci v zrnitostní frakci menší než 4  $\mu\text{m}$ . Tato drobná frakce je unášena tokem ve formě suspenze a i po sedimentaci je lehce resuspenzována. Ke koncentraci mědi dochází ve frakci větší než 20  $\mu\text{m}$ , tato frakce není lehce přenositelná a je jednodušší odhalit zdroj její kontaminace (Borovec, 1994). Zvýšená vaznost frakcí organického původu a jemnozrnné frakce je způsobena jejich velkým povrchem, povrchovým nábojem a kationtovou výměnnou kapacitou (Perry a Taylor 2007). Vaznost těžkých kovů je také spojována s hydratovanými oxidy Fe, Mn, nebo dochází ke tvorbě sulfidů, hydroxidů a karbonátů. Krystalizace oxidů a hydroxidů je charakteristická klesáním jejich schopnosti při sorpci těžkých kovů (Miller a kol. 2007). Dochází tedy k vyššímu obsahu koncentrace těžkých kovů v sedimentech, ve srovnání s vodními toky.

Dle posledních výzkumů se říční sedimenty vyznačují velkým rezervoárem a eventuálním zdrojem kontaminantů, dochází tak k ovlivňování kvality celého ekosystému (Borovec 1994). Mezi parametry, ovlivňující distribuci těžkých kovů ve vodách, patří např. typ jílového minerálu. Ten udává velikost povrchu, na němž může dojít k samotné sorpci. Vodní režim v celém půdním profilu také ovlivňuje distribuci těžkých kovů (oxidačně- redukční podmínky Eh).

V oxidačních podmínkách jsou kovy vázány na povrch Fe a Mn oxidů, nebo také i na oxohydroxidy a hydroxidy. V redukčních podmínkách dochází k vazbě kovů na sulfidy a organickou hmotu (Miller a kol. 2007). Parametry Eh a Ph udávají formu výskytu prvku a s tím souvisí také mobilita prvků. Neméně důležitým vlivem je přítomnost roztoků, jež vyplňují póry mezi zrny a jsou schopny pak fungovat jako migrační mosty toxických kovů, také sem patří i vliv bioturbace, která způsobuje redistribuci prvků. Doba uložení kovů je proměnlivá, pohybuje se v rozmezí 10- 103 let a závisí na stabilitě prostředí, poněvadž niva je více stabilní oproti sedimentům, jež se vyskytují poblíž hlavního

kanálu. Doba uložení sedimentů je také proměnlivá, trvá od 1 - 104 let. Samotná koncentrace kovů se mění v důsledku stáří a množství kontaminovaného sedimentu (Perry a Taylor 2007).

Metody, které se využívají pro zhodnocení obsahu těžkých kovů v sedimentech, jsou geoakumulační index ( $I_{geo}$ ) nebo faktor obohacení (EF). Index geoakumulace ( $I_{geo}$ ) porovnává koncentrace se zátěží pozadí v jílovitých horninách uvedených v tabulce (Müller 1979). Faktor obohacení (EF) vyjadřuje samotnou kontaminaci, přičemž vliv horniny na složení sedimentu je eliminován. Abychom zjistili kontaminaci prostředí, je potřeba vzít také v potaz kontaminaci ve vodách a také i v organismech samotných.

## **10. KONTAMINACE SEDIMENTŮ**

Sedimenty, které prošly procesy zvětrávání, erozí a transportem jsou také vystaveny oxidačnímu prostředí, čemuž odpovídá minerální paragenese. Sedimentací dílčí hmoty u dna řeky dojde k následnému překrytí původního sedimentu. Do větší hloubky roste a překrytí dochází k omezení výměny mezi vodou nad sedimentem a samotným roztokem v sedimentu. Pozdější rozklad organické hmoty bakteriemi vede k poklesu kyslíku, kde poté dojde ke vzniku sulfidů, jelikož bakterie způsobí redukci sulfátů. Poté jsou reakční produkty uvolňovány do intragranulárních roztoků a jsou schopny pak dosáhnout vysokých koncentrací, vznikající v důsledku omezené výměny s vodou a uloženinami. Intragranulární roztoky a dílčí hmota se na povrch sedimentu a do vod mohou dostat např. fyzikální disturbancí nebo tokem roztoků. Fyzikální disturbance jsou způsobeny vlněním, prouděním, bioturbací, atd. Tok roztoků je způsoben difuzním prouděním v důsledku velkých koncentračních rozdílů. Koncentrace látek v intragranulárním roztoku bývá většinou vyšší v letních měsících, dochází pak k uvolňování toxických látek (Pitter 1999).

### **10.1. ZNEČIŠTĚNÍ V ZÁJMOVÉ OBLASTI**

V oblasti, kde probíhal výzkum, je znečištění způsobeno zejména průmyslem, jelikož řeka Morava se táhne řadou větších měst, jako je Litovel, Šumperk, Zábřeh apod. Dochází zde k větší koncentraci průmyslu jako takového a s tím je spojen výskyt těžkých kovů v sedimentech, odebraných z mrtvých ramen řeky Moravy. Stejně důležitým zdrojem těžkých kovů je také nemalý výskyt skládek. V zájmové oblasti je nejrozšířenější průmysl strojírenský, farmaceutický, elektrotechnický (TOS Olomouc, FARMAK a.s., MORA MORAVIA, atd.) a četný výskyt nelegálních „černých“ skládek.

## **11. METODIKA**

### **11.1. VÝBĚR LOKALIT**

Výběr lokalit vhodných k terénnímu výzkumu byl vybrán na základě ortofotografických snímků ([www.geoportal.cuzk.cz](http://www.geoportal.cuzk.cz) 2015) a kombinací map ([www.maps.google.com/maps](http://www.maps.google.com/maps) 2015).

### **11.2. TERÉNNÍ ČÁST, ODBĚR VZORKŮ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ**

Odběr proběhl na celkem 4 lokalitách mrtvých ramen řeky Moravy a bylo odebráno 11 jader. Jejich mocnost byla od 20 do 140 cm. Odběr jader byl proveden pístovým odběrákem firmy Eijkelkamp Multisampler. První odběr jader proběhl na začátku měsíce dubna roku 2014 a druhý odběr byl proveden na začátku listopadu roku 2015.

Při samotném odběru jader docházelo ke kompakci sedimentu v jádrovnicí, takže bylo nutno provést dekompakci - přepočítat hodnoty mezi hloubkou zaražení odběráku a délkou sedimentu v jádrovnicí. Výpočet dekompakce byl proveden podle lineárního modelu kompakce, tj. reálná hloubka vzorku = hloubka vzorku v jádrovnicí x hloubka zaražení/ délka jádra. Jádra odebraných sedimentů byla litologicky popsána, nafotografována a nakrájena po 2 cm. Celkem se jedná o 294 vzorků. Vzorky byly poté usušeny v sušárně při 50°C po dobu 24 hodin.

### **11.3. LABORATORNÍ ČÁST**

#### **11.3.1. MĚŘENÍ HMOTNOSTNĚ-SPECIFICKÉ MAGNETICKÉ SUSCEPTIBILITY**

Magnetická susceptibilita udává schopnost minerálů magnetizovat se po vystavení vnějšího magnetického pole. Dle toho lze látky dělit na paramagnetické s nízkými a kladnými hodnotami (např. illit, muskovit), diamagnetické látky s nízkými až zápornými hodnotami (např. křemen, kalcit) a látky ferromagnetické s vysokými hodnotami magnetické susceptibility např. magnetit, hematit.

Magnetická susceptibilita je důležitým parametrem využívaným při měření koncentrace magnetických částic v půdách i v sedimentech. Je také odrazem množství magnetických minerálů v hornině. Vyšší hodnota magnetické susceptibility poukazuje na zvýšený obsah antropogenních částic, které unikají do životního prostředí zejména spalováním fosilních paliv.

Magnetická susceptibilita (MS) je bezrozměrnou fyzikální veličinou, jenž vyjadřuje schopnost materiálů magnetovat se ve vnějším magnetickém poli. Měření hmotnostně-specifické magnetické

susceptibility bylo provedeno u všech 294 vzorků odebraných sedimentů na kapamůstku typu KLY - 2 (AGICO s.r.o., ČR) na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci (intenzita magnetického pole:  $300 \text{ Am}^{-1}$ ; frekvence: 920 Hz; citlivost:  $4 \cdot 10^{-8} \text{ SI}$ ). Měření každého vzorku trvalo cca 30 sekund. Každý měřený vzorek byl poté zvážen a jeho hmotnost byla zaznamenána k přepočtu na hmotnostní magnetickou susceptibilitu:

$$(\text{SI} / \text{hmotnost vzorku [g]} * 10/1000 = \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1})$$

### **11.3.2. SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE (KOLORIMETRIE)**

Při měření spektrální odraznosti ve viditelném světle (kolorimetrie) byl použit ruční spektrální fotometr SP-62 (X-RITE) s obslužným software X - Rite Color Master, který je umístěný na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Spektrofotometr snímá a zobrazuje celé viditelné spektrum v rozsahu 400 až 700 nm s rozlišením 10 nm a umožňuje prezentaci kolorimetrických dat v barevných prostorech CIE L\*a\*b\*, CIE L\*C\*h. Při měření dochází k přiložení zaměřovacího kruhu na vzorek umístěný v polypropylenovém sáčku a samotné měření trvá pár sekund. Vzorek musí být vysušený, jemně rozemletý. Vlnově - délková pásma jsou dělena na světlo viditelné (400 - 700 nm), ultrafialové (200 - 400 nm), blízké infračervené (700 - 2500 nm) a střední infračervené spektrum (2500 - 25000 nm). Výsledkem měření je spektrální křivka, jež je funkcí vlnové délky vyjadřující odraznost materiálu.

### **11.3.3. STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)**

Parametr TOC (total organic carbon) vyjadřuje hmotnostní podíl veškerého organického uhlíku k hmotnosti vzorku v procentech. Je to analytický skupinový ukazatel, který vyjadřuje množství organických látek ve vodě, jenž je využitelný pro stanovení kvality vody a ke sledování emisí vypouštěných do vod. TOC je tedy klíčovým komponentem v množství chemických, fyzikálních a biologických procesů v sedimentech. Hmotnostní podíl celkového organického uhlíku k hmotnosti vzorku je vyjádřen v procentech. Obsah TOC se dělí do pěti skupin: velmi nízký (pod 0,6 % C), nízký (0,6 - 1,1 % C), střední (1,2 - 1,7% C), vysoký (1,75 - 2,9% C) a velmi vysoký (nad 2,9 % C). Skupina TOC obsahuje velké množství látek, zejména látky vznikající rozkladem odumřelých mikroorganismů a zbytky produktů jejich metabolických přeměn (Zbiral 2002). Vzorky byly před samotným stanovováním TOC pomocí titrace naváženy po 0,5 g, byl přidán dichroman draselný a kyselina sírová a vzorky se nechaly ustálit 1 hodinu v digestoři (Obr. 6). Poté byla přidána

destilovaná voda, kyselina trihydrogenfosforečná a indikátor o - fenantrolin. Spotřeba titrace Mohrovou solí byla poté zapsána. Při výpočtu % celkového organického uhlíku bylo využito vzorce:

$$10\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - f \times \text{spotř. Mohrovy soli} \times 0,3/\text{g navážky}$$



Obr. 6 Příprava vzorků na stanovení TOC, katedra ekologie PŘF UP v Olomouci

#### 11.3.4. GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ $^{137}\text{Cs}$

Gamaspektrometrie je petrofyzikální metoda užívaná k měření přirozené radioaktivity a stanovení koncentrací  $^{137}\text{Cs}$ , U, Th a K v horninách. Při měření hmotnostní aktivity  $^{137}\text{Cs}$  byl využit stíněný laboratorní gamaspektrometr GS-320 (Exploranium Inc., Kanada), umístěný na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci, pro laboratorní měření spekter záření gama s obslužným PC a software. Detekční limit byl  $9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ , doba měření jednoho vzorku trvala 30 minut. Vzorky z 11 odebraných jader byly před samotným měřením na gamaspektrometru vysušeny, zváženy a uzavřeny po dobu až 1 měsíce v polypropylenových sáčcích z důvodu ustálení radioaktivní rovnováhy plynného radonu. Pro měření byly použity stejné vzorky, jako pro magnetickou susceptibilitu; vzorky však byly sloučeny po 3 nebo po 4 pro zvýšení celkové hmotnosti a získání silnějšího signálu aktivity  $^{137}\text{Cs}$ . Vertikální distribuce měření je tedy 6 až 8 cm, dle lokality. Na lokalitách byla vypočtena rychlost sedimentace.

### **11.3.5. GRANULOMETRICKÁ ANALÝZA**

Vybrané vzorky sedimentů byly měřeny v laserovém granulometru FRITSCH analysette 22 MicroTec plus (0,0008 – 2 mm) na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci. Pomocí laserové granulometrie dochází k stanovování velikosti částic pomocí laserové difrakce. Analýza velikosti částic pomocí laserového rozptylu, založená na Fraunhoferově aproximaci a teorii MIE. Jemné částice jsou měřeny snímáním rozptylového obrazce, daného měřeným vzorkem. Jemné částice jsou měřeny snímáním rozptylového obrazce, daného měřeným vzorkem, které procházejí tzv. průtokovou optickou celou přes laser. Fotodetektořem je následně snímána intenzita dopadajícího světla a interferenční obrazce vznikající rozptylem laserového paprsku na procházejících částicích. Větší částice jsou měřeny pomocí rychlé Fourierovské transformace, prováděné v reálném čase díky digitálnímu signálnímu procesoru. Signál s detektorem je přenášen do počítače a následně zpracováván.

Výsledkem zrnitostní analýzy jsou kumulativní křivky zrnitosti.

### **11.3.6. RENTGEN-FLUORESCENČNÍ ANALÝZA**

Při stanovování koncentrace těžkých kovů (EDXRF) bylo využito energiově disperzního RTG fluorescenčního spektrometru (DELTA, Innov-X, Inc., USA) na Přírodovědecké fakultě UP v Olomouci, který pak identifikuje spektrum RTG záření vyvolaného na vzorek dopadajícím primárním zářením na základě energie sekundárních fotonů. Působením RTG záření jsou elektrony excitovány do vyšších orbitů. RTG záření je schopno vyrazit vnitřní elektron z obalu atomu. Ve chvíli, kdy se uvolní vnitřní elektron, elektrony z vyšších slupek deexcitací zaplní jeho místo a uvolní přebytečnou energii ve formě fotonu, která bude nižší (větší vlnová délka), než byla energie původního rentgenového fotonu (menší vlnová délka). Rentgenová fluorescenční spektrometrie je tedy založena na emisi sekundárních rentgenových paprsků - neboli fluorescenci, z materiálů excitovaných pomocí vysoce energetického rentgenového záření (Mestek 2010). Je to přesná a rychlá nedestructivní chemická analýza kovových a nekovových materiálů. Výsledkem měření je koncentrace prvků vyjádřená v ppm. Vzorky byly měřeny po dobu 60 sekund a musely být řádně usušeny a rozemlety v třecí misce na jemnozrný prášek. Tato metoda pomohla k určení makro i mikro prvků ve vzorcích.

Data byla zpracována v program MS Excel, Corel Draw.



## 12. VÝSLEDKY

### 12.1. LOKALITA OLOMOUC - CHARVÁTY

Souřadnice:

- Bod 1: 49°31'29.873''N, 17°15'53.584''E
- Bod 2: 49°31'27.234''N, 17°15'47.414''E
- Bod 3: 49°31'23.539''N, 17°15'48.370''E
- Bod 4: 49°31'20.535''N, 17°15'43.350''E

Tato lokalita se nachází cca 9 km od centra Olomouce (Obr. 7). Jednalo se levostranné rameno. K vzniku mrtvého ramene došlo ve 30. letech 20. století. Letecké snímky získané z ČÚZK z archivu zachycují nejprve poměrně zarostlou oblast, poté ovšem došlo k regulaci ramene a nyní je rameno obrostlé jen zčásti. Lokalita je poměrně dobře přístupná, Na této lokalitě byly odebrány celkem 4 jádra v průběhu celého mrtvého ramene. Místa odběrů jsou znázorněny čísly v mapě. Jádra mají zkratku CHR 1, CHR 2, CHR 3 a CHR 3/B.

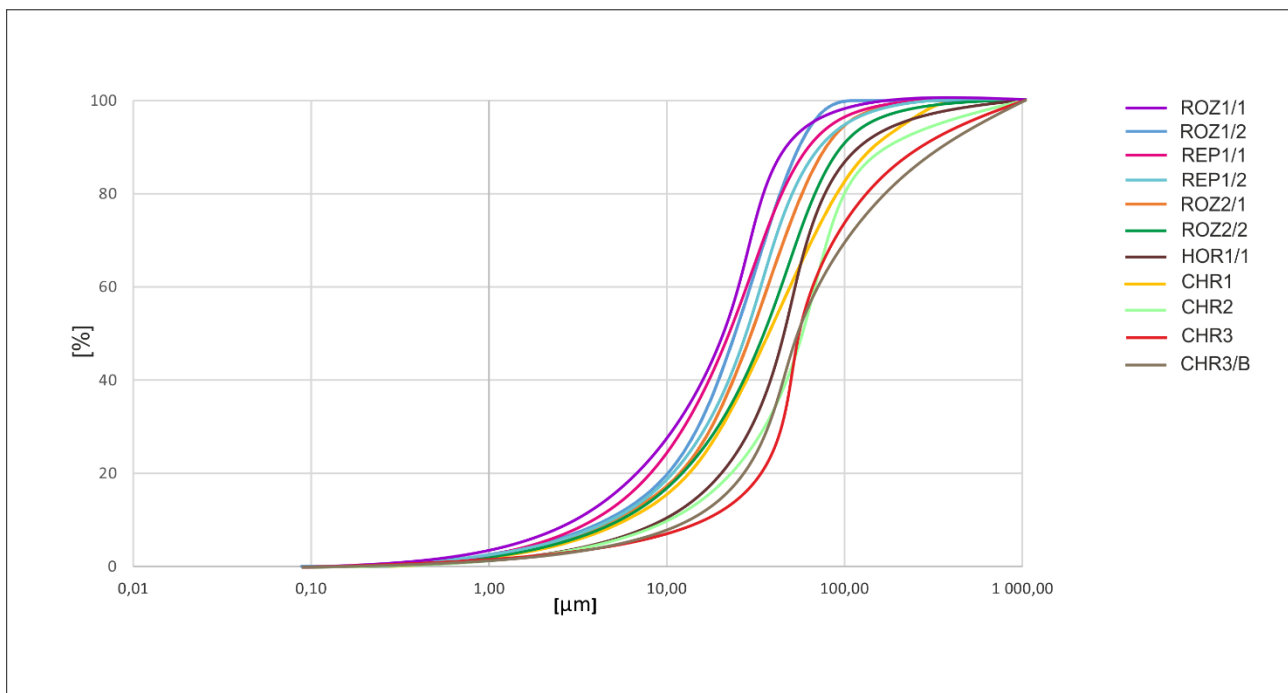


Obr. 7 Lokalita Olomouc - Charvátý, upraveno z mapového portálu (<http://geoportal.gov.cz>)

### 12.1.1. JÁDRO CHR1

#### LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU

Na základě makroskopického pozorování se jádro skládalo zejména ze siltu, písčitého siltu a poměrně hojného množství organického materiálu. Jádro nebylo laminováno a kolem 70 cm byl patrn výskyt písčitého siltu. Barva jádra byla středně hnědá, s tmavšími místy po celém jádře. Délka jádra byla 110 cm. Z výsledků laserové granulometrie vyplynulo, že složení odpovídá písčitému siltu. Jádro se skládá z 70 - 80% siltové složky, 4 % jílové složky 10 - 16 % písčité složky. Nejvíce organického materiálu se vyskytovalo od 60 – 30 cm s příměsí částečně rozložených listů a množství drobných klacíků (Obr. 8).



Obr. 8 Zrnitostní křivky z laserové granulometrie

## MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Hodnoty magnetické susceptibility se pohybují od  $6,96 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 72 cm) do  $3,44 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 24 cm). Průměrná magnetická susceptibilita (MS) je  $2,45 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Trend křivky MS je rozkolísaný, od báze do 80 cm je křivka poměrně rovná, směrem k povrchu pak roste (Obr. 9).

## SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

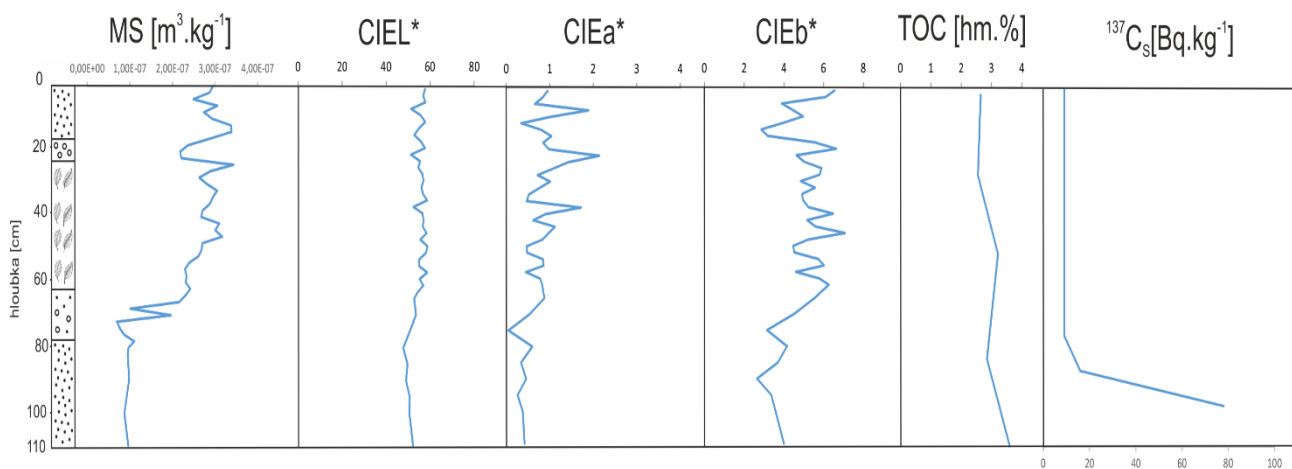
Parametry CIE L\* získané z kolorimetrie vykazují hodnoty od 47,82 do 58,7. CIE a\* nabývá hodnot od 0,05 do 2,14. CIE b\* se pohybuje v rozmezí od 2,65 do 7,07. Průměrné hodnoty jsou: CIEL\* 54,91, hodnota u CIEL a\* je 0,80 a průměrná hodnota u CIE b\* je 4,94. Křivka u CIE L\* je od báze poměrně vyrovnaná, od 80 cm dochází k mírnému růstu hodnot. Křivka CIE a\* má od báze výrazně rozkolísaný charakter, od 40 cm pak dochází k nejvýraznějším vychýlením a nárůstu hodnot. Křivka CIE b\* má od báze rozkolísaný charakter a postupně dochází k velkému nárůstu hodnot, které se vyskytují od 20 cm do 60 cm (Obr. 9).

## STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)

Obsah uhlíku vykazuje vysoké hodnoty (1,75 - 2,9 % C), od báze do 70 cm dochází k poklesu hodnot, přičemž nejvyšších hodnot dosahuje až kolem 55 cm, v centrální části jádra (Obr. 9). Celkový organický uhlík lze zde charakterizovat tedy jako velmi vysoký (nad 2,9 % C).

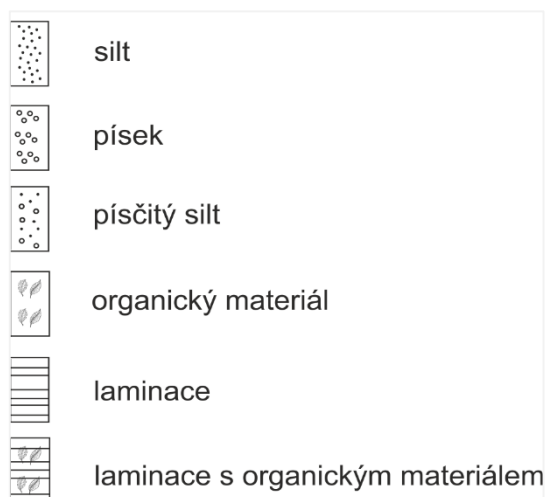
## GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ $^{137}\text{Cs}$

Nejvyšší naměřené hodnoty izotopu  $^{137}\text{Cs}$  byly od 110 cm - 87 cm. Jednalo se o hodnoty  $16 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  a  $78 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Tyto naměřené hodnoty radioaktivního izotopu  $^{137}\text{Cs}$  jsou přisuzovány výbuchu jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986 (Obr. 9).



Obr. 9 Stratigrafie sondy CHR 1

Legenda:



Obr. 10 Legenda k litologickým popisům odebraných jader

### 12.1.2. JÁDRO CHR2

#### LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU

Na základě makroskopického popisu bylo jádro tvořeno zejména písčitým siltem, vyskytujícím se ve střední části jádra. Jsou zde patrné také laminy s vyšší příměsí organické složky, které se začínaly vyskytovat od 44 cm a poté v hloubce kolem 10 cm. Barva odpovídala středně až tmavě hnědé. Délka jádra byla 60 cm. Litologicky se jedná opět o písčitý silt, stejně jako v případě jádra CHR 1. Siltová složka byla obohacena 75-83%, jílovitá složka 3% a písčitá složka 12 - 14% (Obr. 8).

#### MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Hodnoty, které byly při provedení magnetické susceptibility naměřeny, se pohybují od  $9,94 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 8 cm) do  $2,09 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 22 cm). Naměřená průměrná magnetická susceptibilita na této sondě je  $1,64 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Trend křivky MS je velmi rozkolísaný, od báze do 35 cm je charakter křivky poměrně monotónní a bez výrazných změn, směrem k povrchu pak dochází k jejímu značnému rozkolísání (Obr. 11).

#### SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

Parametry CIE L\* získané z kolorimetrického měření se pohybují od hodnot 49,89 do 59. Parametr CIE a\* nabývá hodnot od 0,02 do 1,53. Parametr CIE b\* vykazuje hodnoty v rozmezí od 0,46 do 5,07. Z průměrných hodnot u CIEL\* lze zjistit hodnotu 53,94, hodnota u CIEL a\* je 0,67 a průměrná hodnota u CIE b\* je 3,31. Křivka u CIE L\* od báze vykazuje poměrně stálý trend do 28 cm a poté dochází k jejímu velmi mírnému rozkolísání. Křivka CIE a\* od báze postupně roste, nejvyšších

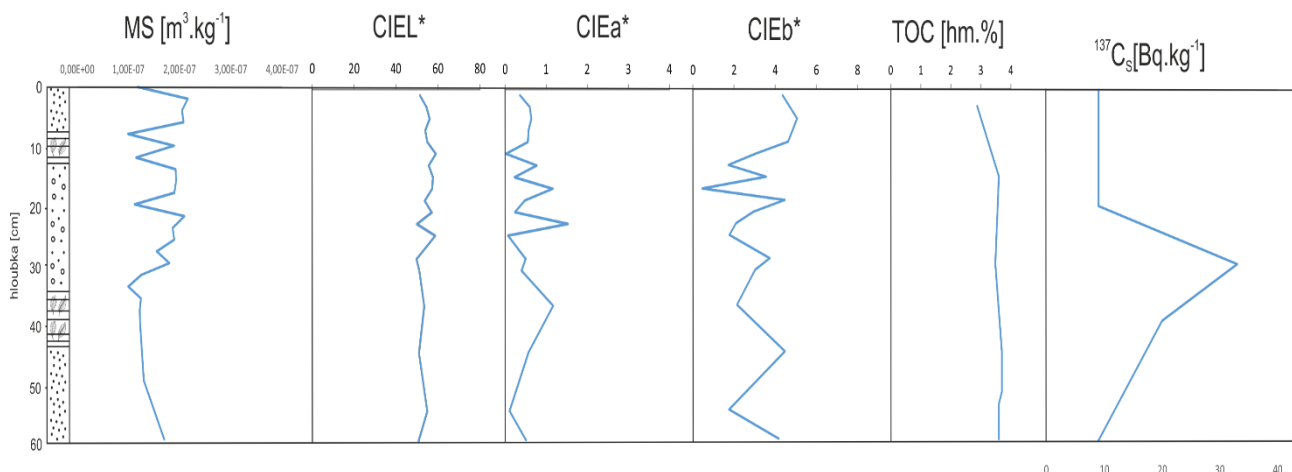
hodnot dosahuje kolem 23 cm. Křivka CIE b\* má od báze výrazně rozkolísaný trend, přičemž nejvyšších hodnot dosahuje při povrchu (Obr. 11).

### STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)

Parametr TOC vykazuje vysoké hodnoty obsahu uhlíku (1,75 - 2,9 % C) po celé délce jádra, k mírnému snížení hodnot pak dochází až při povrchu. Celkový obsah organického uhlíku lze zde charakterizovat jako velmi vysoký, a sice 3,7% C. Je zde významná přítomnost lamin, které obsahují organický materiál v různém stadiu rozložení (Obr. 11).

### GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ <sup>137</sup>Cs

Maximální naměřené hodnoty izotopu <sup>137</sup>Cs byly od 29 cm - 38 cm. Získaná data odpovídala 33 Bq·kg<sup>-1</sup> (v 29 cm) a 20 Bq·kg<sup>-1</sup> (v 38 cm). Směrem k povrchu již nebyla zjištěna žádná data výskytu izotopu <sup>137</sup>Cs (Obr. 11).



Obr. 11 Stratigrafie sondy CHR 2

### **12.1.3. JÁDRO CHR3**

#### **LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU**

Jádro se skládalo z velkého množství organického materiálu, vyskytující se při bázi a dále pak v hloubce od 50 – 25 cm. Jádro bylo tvořeno zejména písčítým siltem. Barva sedimentu byla středně hnědá s místy světlejšího zbarvení. Délka jádra byla 85 cm. Z naměřených výsledků, zjištěných z laserové granulometrie, vyplývá, že se opět jedná o písčítý silt. Siltová složka byla v rozmezí 70- 86%, jílovitá složka byla stanovena na 4% a písčítá na 10% (Obr. 8).

#### **MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA**

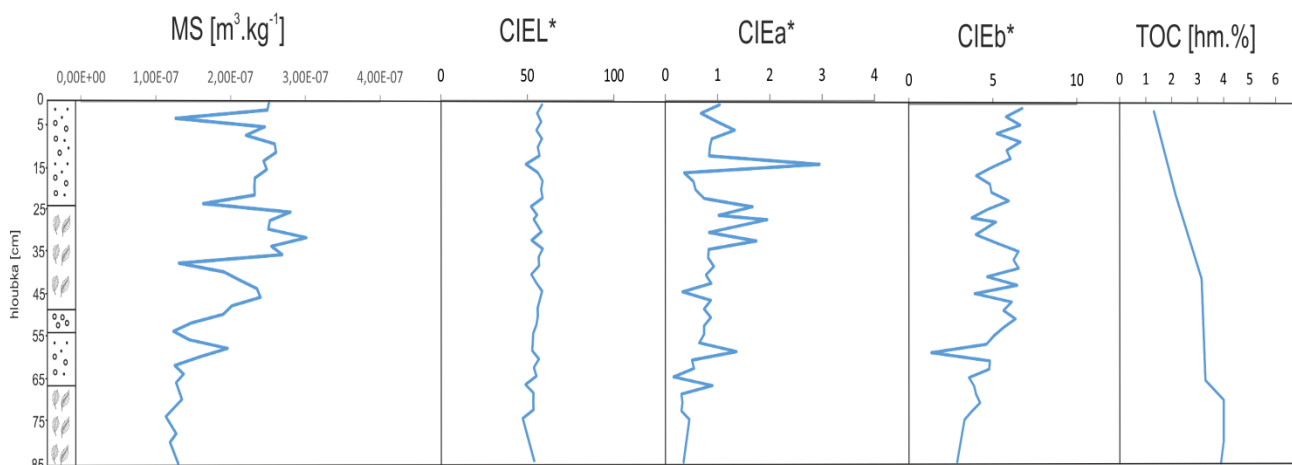
Hodnoty, jež byly při provedení magnetické susceptibility naměřeny, se pohybují od  $1,24 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 54 cm) do  $3,01 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 32 cm). Naměřená průměrná magnetická susceptibilita na sondě je stanovena na  $1,99 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Celkový charakter křivky MS je značně nevyrovnaný, od hloubky kolem 60 cm dochází k výraznému rozkolísání a nejvyšších maximálních hodnot dosahuje křivka v hloubce mezi 35 cm a 25 cm (Obr. 12).

#### **SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOT VE VIDITELNÉM SVĚTLE**

Parametry CIE L\* , jež byly získány z kolorimetrického měření, se pohybují od hodnot v rozmezí 49,17- 58,94. Parametr CIE a\* vykazuje hodnoty od 0,16- 2,95. U parametru CIE b\* se hodnoty pohybují v rozmezí od 1,34 - 6,64. Průměrná naměřená hodnota u CIEL\* 55, 12, hodnota u CIEL a\* je 0,91 a průměrná hodnota u CIE b\* je 4,99. Křivka u CIE L\* má poměrně vyrovnaný trend, bez žádných extrémních vychýlení. Oproti tomu křivka CIE a\* má v 15 cm výrazné vychýlení a dosahuje zde nejvyššího maxima. Křivka CIE b\* má od báze rostoucí trend. Nejnižší hodnoty se objevují v 60 cm (Obr. 12).

#### **STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)**

TOC vykazuje velmi vysoké obohacení uhlíkem, od báze do 45 cm dosahuje svých nejvyšších hodnot (4, 6 %C), směrem k povrchu pak dochází k snižování obsahu uhlíku (1, 2 – 1,7 %C). Vysoký obsah organického materiálu (listy, zbytky stébel trav apod.) se vyskytoval od báze až do 25 cm (Obr. 12).



Obr. 12 Stratigrafie sondy CHR 3

#### 12.1.4. JÁDRO CHR3/B

##### LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU

Jádro bylo při bázi laminováno, s výskytem písčitého siltu. Od 30 – 20 cm bylo značné množství organického materiálu, tvořeného zejména listím a zbytky kořenů. Převážná část jádra byla tvořena písčítým siltem. Sediment byl hnědé barvy, občasně se střídáním tmavších poloh. Délka jádra byla 40 cm. Stejně jako u všech předešlých jader z lokality Charváty se ani v tomto nevyskytovaly žádné markantní rozdíly v litologickém složení. Siltová složka se v tomto jádře pohybovala v rozmezí 72- 80%, jílovitá složka byla 3% a písčítá zde byla přítomna 10 - 17% (Obr. 8).

##### MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

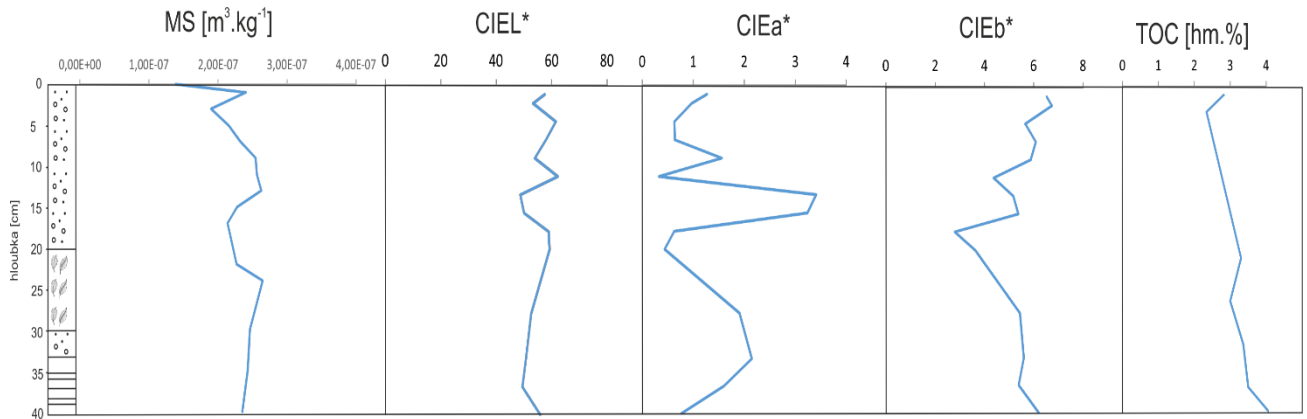
Naměřené hodnoty MS se pohybují od  $1,38 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 1 cm) do  $2,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 24 cm). Průměrná magnetická susceptibilita je stanovena na  $2,30 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Celkový charakter křivky MS od báze směrem k povrchu postupně klesá s občasnými výkyvy (Obr. 13).

##### SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

Hodnoty CIE L\* , jež byly získány z kolorimetrického měření, se pohybují od 48,74 - 62,23. Parametr CIE a\* se pohybuje v rozmezí od 0,33- 3,41. U parametru CIE b\* byly naměřeny hodnoty od 2,81 - 6,74. Průměrná hodnota u CIE L\* 55, 15, hodnota u CIE a\* je 1,39 a průměrná hodnota u CIE b\* je 5,34. Křivka u CIE L\* má do cca 20 cm rostoucí trend, poté dochází k poklesu hodnot. Křivka CIE a\* má nejvýraznější výkyv kolem 15 cm a dosahuje zde také svých maximálních hodnot, směrem k povrchu již dochází ke klesání křivky. Křivka CIE b\* od báze do cca 20 cm klesá, směrem k povrchu již dochází k postupnému navyšování hodnot (Obr. 13).

## STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)

Parametr TOC od báze směrem k povrchu vykazuje klesající trend, nejnižší hodnota je v 3 cm při povrchu, a sice 2,34 % C. Nejvyšší hodnota se vyskytuje v hloubce kolem 23 cm (3,3 %C). Toto jádro má opět velmi vysoké obohacení uhlíkem (Obr. 13).



Obr. 13 Stratigrafie sondy CHR 3/B

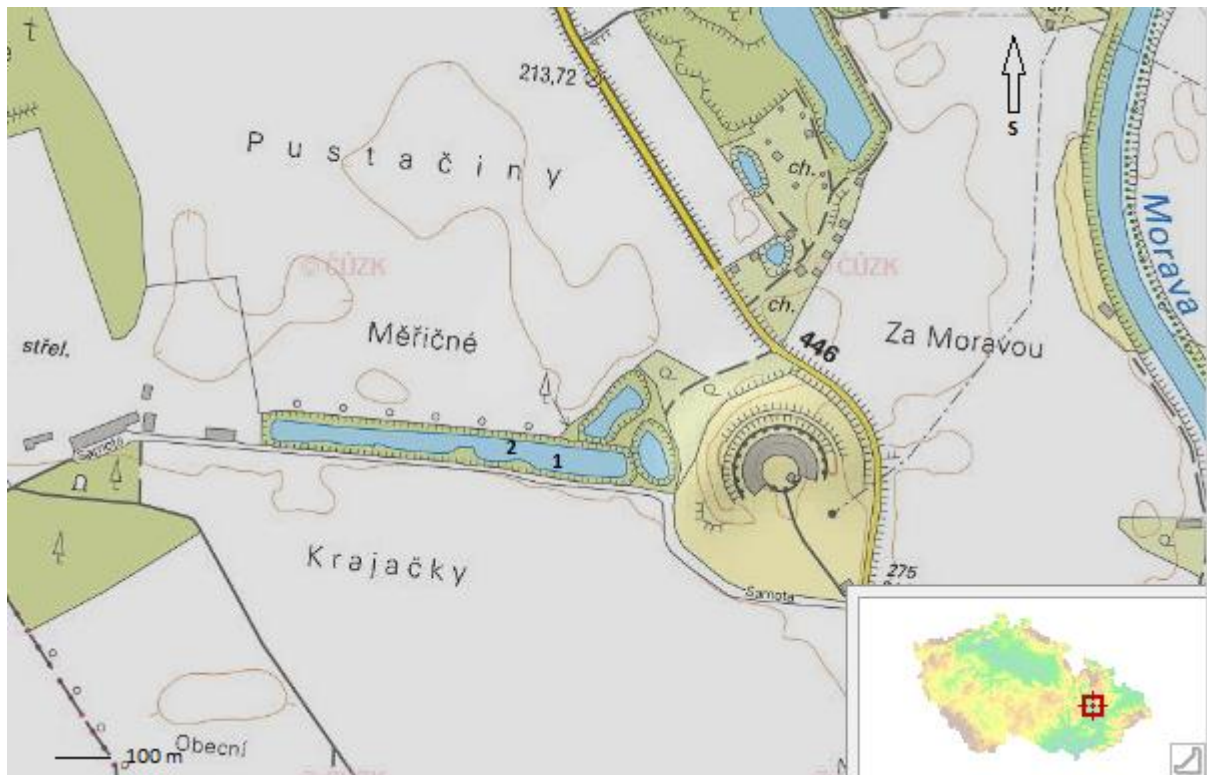


## 12.2. LOKALITA OLOMOUC - ŘEPČÍN

Souřadnice:

- Bod 1: 49°37'09.8"N, 17°14'49.7"E
- Bod 2: 49°37'09.9"N, 17°14'46.5"E

Lokalita Olomouc - Řepčín je poblíž pískovny a je tudíž dobře přístupná (Obr. 14). Ke vzniku ramene došlo pravděpodobně v 50. letech 20. století. Lokalita je poměrně hustě zarostlá křovinami. Nedochází zde ani k částečnému napojování na řeku Moravu. Byly zde odebrány celkem 2 jádra. Místa odběrů jsou znázorněny čísla v mapě. Jádra mají zkratky REP 1/1 a REP 1/2.



Obr. 14 Lokalita Olomouc - Řepčín, upraveno z mapového portálu (<http://geoportal.gov.cz>)

### **12.2.1. JÁDRO REP 1/1**

#### **LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU**

Jádro bylo tvořeno převážně písčítým siltem a organickým materiálem, který tvořil po celé délce jádra různě široké horizonty. Výskyt jemnozrného písku byl kolem 70 cm. Barva sedimentu byla tmavě hnědá. Délka jádra byla 140 cm. Z hlediska litologie jádro obsahuje procentuální zastoupení jednotlivých frakcí o složení: 60-77% silt, jíl 1-3% , písek 8-20%. Z výsledků laserové granulometrie vyplynulo, že složení jádra odpovídá písčitému siltu (Obr. 8).

#### **MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA**

Zjištěné hodnoty magnetické susceptibility se pohybují v rozmezí od  $3,50 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (ve 4 cm) do  $5,53 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 48 cm). Průměrná magnetická susceptibilita na sondě REP 1/1 je  $1,80 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Křivka MS je od báze do hloubky 60 cm poměrně vyrovnaná, pak dochází k velkému nárůstu hodnot, přičemž svého maxima dosahuje křivka v hloubce 50 cm, odkud má pak klesající trend (Obr. 15).

#### **SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOTA VE VIDITELNÉM SVĚTLE**

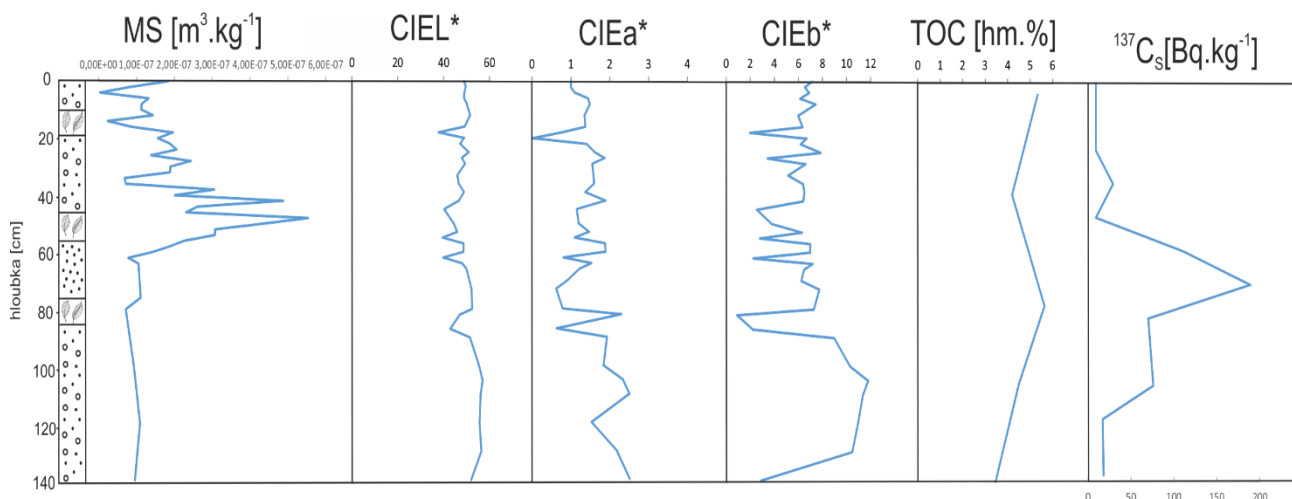
Parametr CIE L\* , získán z kolorimetrického měření, se pohybují v rozmezí hodnot od 37,83 - 57,08. Hodnoty u parametru CIE a\* se pohybují v rozmezí od 0,02 - 2,51. U parametru CIE b\* byly naměřeny hodnoty od 0,92 - 11,82. Průměrná hodnota u CIE L\* 48, 81, hodnota u CIE a\* je 1,44 a průměrná hodnota u CIE b\* je 6,33. Křivka u CIE L\* má od báze do cca 60 cm poměrně vyrovnaný trend, poté dochází směrem k povrchu k rozkolísání. Křivka CIE a\* vykazuje své největší hodnoty při bázi kolem 110 cm a naopak nejnižší hodnota je zaznamenána při povrchu v 20 cm. Od báze má pak křivka klesající trend. Křivka CIE b\* vykazuje enormní výkyv hodnot při bázi od 130 cm - 90 cm. Tato křivka je pak výrazně rozkolísaná (Obr. 15).

#### **STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)**

Parametr TOC vykazuje extrémně vysoké obohacení organickým uhlíkem. Od báze do 80 cm má křivka rostoucí trend, poté do 40 cm klesá a při povrchu již dochází k opětovnému nárůstu hodnot. Maximum naměřené hodnoty TOC je 5,5 % C, vyskytující se v 80 cm. Celé jádro odebrané na této lokalitě REP 1/1 vykazuje po celé své délce velmi vysoké obohacení TOC (nad 2,9% C) (Obr. 15).

#### **GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ <sup>137</sup>Cs**

Maximální naměřená hodnota izotopu <sup>137</sup>Cs byla v 71 cm, a sice  $189 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Hodnoty výskytu <sup>137</sup>Cs se pohybovaly od  $29 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  do  $189 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Do 23 cm nebyla zjištěna přítomnost radioaktivního izotopu <sup>137</sup>Cs, jelikož detekce gamaspektrometru je do  $9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Obr. 15).



Obr. 15 Stratigrafie jádra REP 1/1

### 12.2.2. JÁDRO REP 1/2

#### LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU

Toto jádro se skládalo převážně z písčitého siltu, vyskytujícího se po celé délce jádra. Byly zde patrné i vrstvičky organického materiálu, které byly při bázi a také od 80 cm – 70 cm. Sediment byl barvy tmavě hnědé, místy se světlejším zbarvením. Délka jádra byla 120 cm. Z výsledků laserové granulometrie vyplynulo, že jádro má velice podobné složení, jako jádro předchozí. A sice se jedná o hodnoty: 60 - 70% silt, jílu 1 - 5% , písek 9 - 25%. Na základě laserové granulometrie odpovídá jádro složení písčitého siltu (Obr. 8).

#### MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

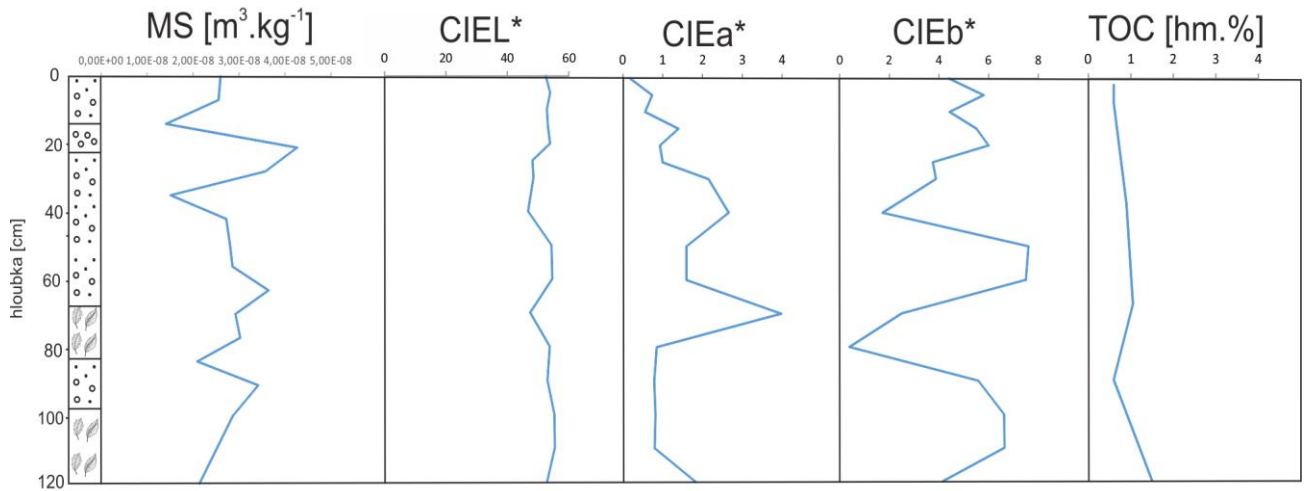
Naměřené hodnoty magnetické susceptibility při tomto odběru se pohybují v rozmezí od  $1,42 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 14 cm) do  $4,27 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 21 cm). Průměrná magnetická susceptibilita je  $2,78 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Křivka MS je nevyrovnaná, od báze rozkolísaná. Od báze do 90 cm křivka roste, pak dochází již k postupným výkyvům. Největší zaznamenaný výkyv je od 35 cm – 14 cm (Obr. 16).

#### SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

Hodnoty CIE L\* se pohybují od 46,73 - 54,67. Parametr CIE a\* je v rozmezí od 0,18 - 3,98. CIE b\* se pohybuje v hodnotách od 0,40 - 7,60. Průměrná hodnota u CIE L\* 52, 32, hodnota u CIE a\* je 1,37 a průměrná hodnota u CIE b\* je 4,78. Křivka u CIE L\* je od báze bez výrazných výkyvů, pouze v 70 cm a 40 cm - 25 cm mírně klesá. Křivka CIE a\* má největší nárůst hodnot v 70 cm, od této hloubky má pak křivka klesající trend. Křivka CIE b\* vykazuje největší vychýlení od 80 cm - 40 cm, od 40 cm má pak křivka rostoucí trend (Obr. 16).

## STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)

Stanovení celkového organického uhlíku vykazuje oproti REP 1/1 naprosto odlišné hodnoty. Do 90 cm lze vidět klesající trend a od 70 cm má pak křivka mírně rostoucí trend. Na tomto jádře je uhlík přítomen v nízkém obohacení, jenž je charakterizováno v hodnotě od 0,6 - 1, 1% C (Obr. 16).



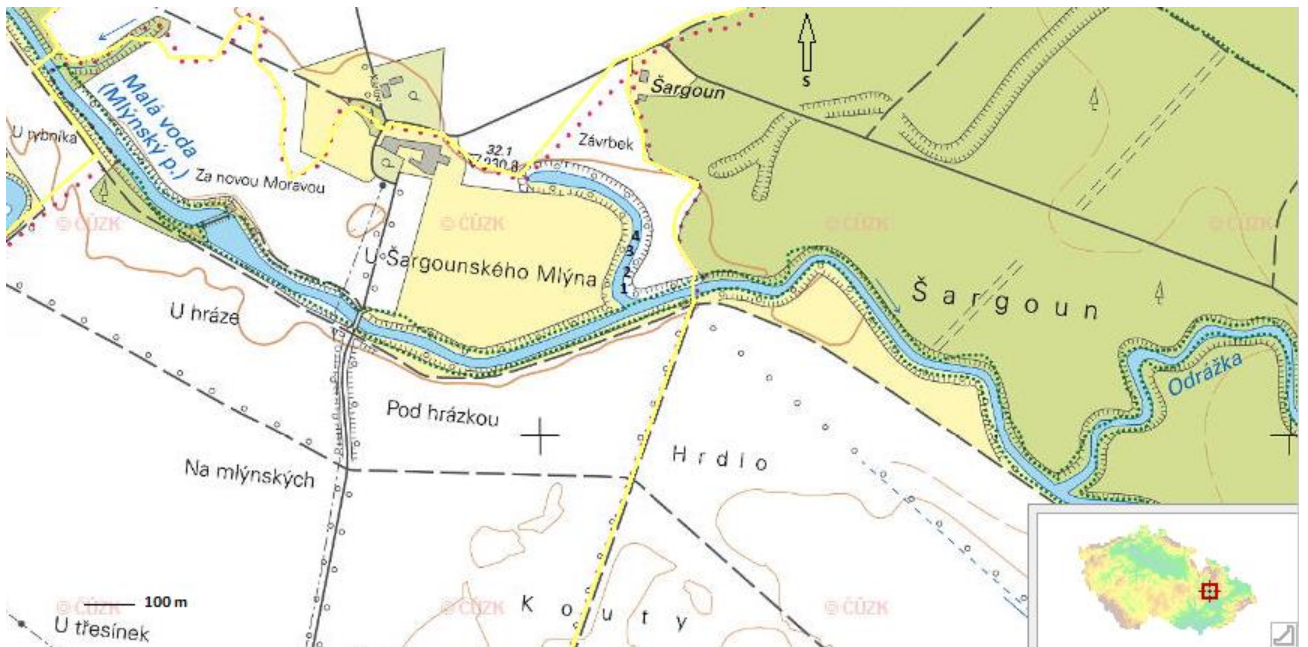
Obr. 16 Stratigrafie sondy REP 1/2

### 12.3. LOKALITA ROZVADOVICE

Souřadnice:

- Bod 1: 49°69'05.383"N, 17°10'02.264"E
- Bod 2: 49°69'04.167"N, 17°10'07.147"E
- Bod 3: 49°69'01.392"N, 17°10'09.561"E
- Bod 4: 49°68'96.150"N, 17°10'07.467"E

Lokalita Rozvadovice se nachází 16 km od Olomouce a je dobře přístupná (Obr. 17). Vznik ramene je datován na 70. léta 20. století. Mrtvé rameno je částečně svým jedním koncem připojeno na Mlýnský potok. Lokalita je opět hojně prorostlá křovinami, avšak i nadále dobře přístupná. V této oblasti byly odebrány celkem 4 jádra v průběhu celého ramene. Místa odběrů jsou znázorněny čísla v mapě. Jádra jsou popsány zkratkami ROZ 1/2, ROZ 1/1, ROZ 2/1 a ROZ 2/2.



Obr. 17 Lokalita Rozvadovice, upraveno z mapového portálu (<http://geoportal.gov.cz>)

### **12.3.1. JÁDRO ROZ 1/2**

#### **LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU**

Na základě makroskopického popisu bylo jádro tvořeno zejména písčítým siltem, jen občas se vyskytovaly drobné zbytky organického materiálu. Jedna výrazná organická vrstva byla kolem 40 cm. Sediment měl monotónní hnědou barvu po celé délce. Délka jádra byla stanovena na 70 cm. Litologicky se skládá jádro z 70 - 80% siltu, 2 - 5% jílu a 7 - 15% písku. Opět je toto jádro litologicky charakterizováno jako písčítý silt (Obr. 8).

#### **MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA**

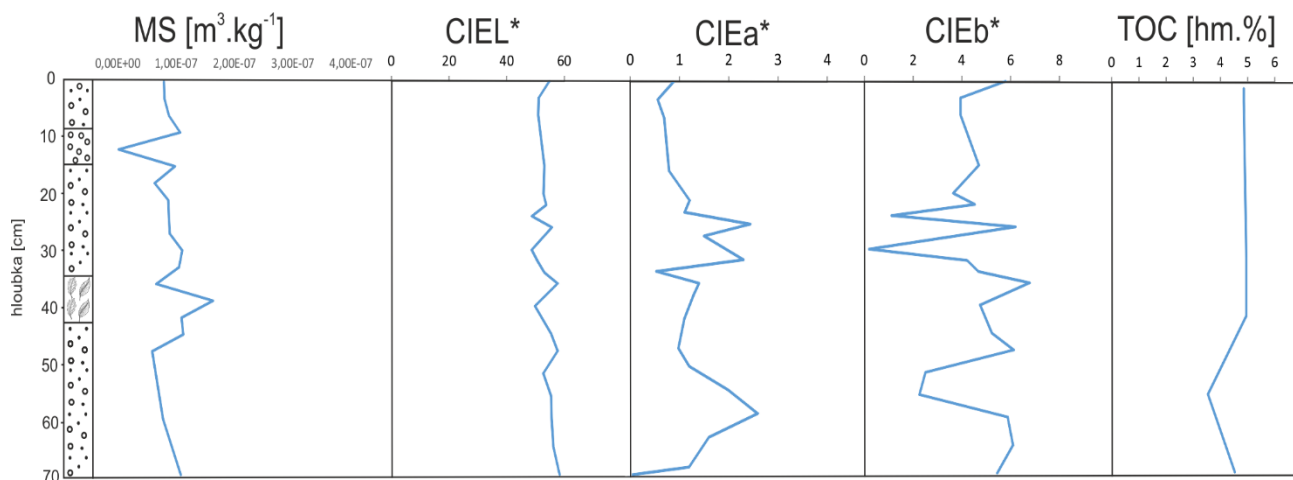
Průměrná magnetická susceptibilita je  $8,92 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Naměřené hodnoty MS se na tomto jádře pohybují v rozmezí od  $1,84 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 12 cm) do  $1,64 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (v 39 cm). Křivka MS má při bázi do hloubky 50 cm klesající trend, pak dochází k rostoucímu trendu do 39 cm a zde se také vyskytuje největší naměřená hodnota MS (Obr. 18). Křivka pak směrem k povrchu klesá.

#### **SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE**

Hodnoty CIE L\* se pohybují od 48,69- 58,41. Parametr CIE a\* se pohybují v rozmezí od 0,53 - 2,59. U parametru CIE b\* byly naměřeny hodnoty od 0,20 - 6,78. Průměrná hodnota u CIE L\* je 53, 62, hodnota u CIE a\* je 1,33 a průměrná hodnota u CIE b\* je 4,40. Křivka u CIE L\* je poměrně vyrovnaná, od 50 cm až 25 cm lze spatřit mírné rozkolísání. Křivka CIE a\* má výrazně rozkolísaný charakter, největší výkyv je v 58 cm a 22 cm. Od 22 cm má pak křivka klesající trend. Křivka CIE b\* má nejvyšší naměřené hodnoty kolem 36 cm a nejnižší hodnota byla zaznamenána v 30 cm. Křivka je výrazně rozkolísaná, při povrchu pak mírně roste (obr. 18).

#### **STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)**

Nejnižší hodnota naměřeného uhlíku je při bázi, v hloubce 56 cm (3, 54 % C), poté křivka roste. Od 40 cm až k povrchu má křivka zcela vyrovnaný průběh a dosahuje pak konstantní hodnoty 4, 95 % C. Celkově je toto jádro tedy obohaceno extrémním množstvím organického uhlíku, svědčící o vysokém podílu organických látek (Obr. 18).



Obr. 18 Stratigrafie sondy ROZ 1/2

### 12.3.2. JÁDRO ROZ 1/1

#### LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU

Na základě makroskopického popisu bylo celé jádro opět obohaceno o organický materiál a písčité silt, byly zde patrné také výrazné laminy šifce, vyskytující se po celé délce jádra. Barva sedimentu byla středně až tmavě hnědá. Jádro bylo dlouhé 50 cm. Z hlediska litologického složení jádro obsahuje 65 - 75% siltu, 2 - 5% jílu a 15 - 20% písku. Z výsledků laserové granulometrie vyplynulo, že složení jádra odpovídá písčitému siltu (Obr. 8).

#### MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Naměřená průměrná magnetická susceptibilita u jádra ROZ 1/1 je  $8,99 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Hodnoty MS se pohybují v rozmezí od  $4,29 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  do  $2,18 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Křivka MS má od báze nevyrovnaný průběh, s rostoucím trendem do 20 cm a poté již směrem k povrchu křivka klesá (obr. 19).

#### SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

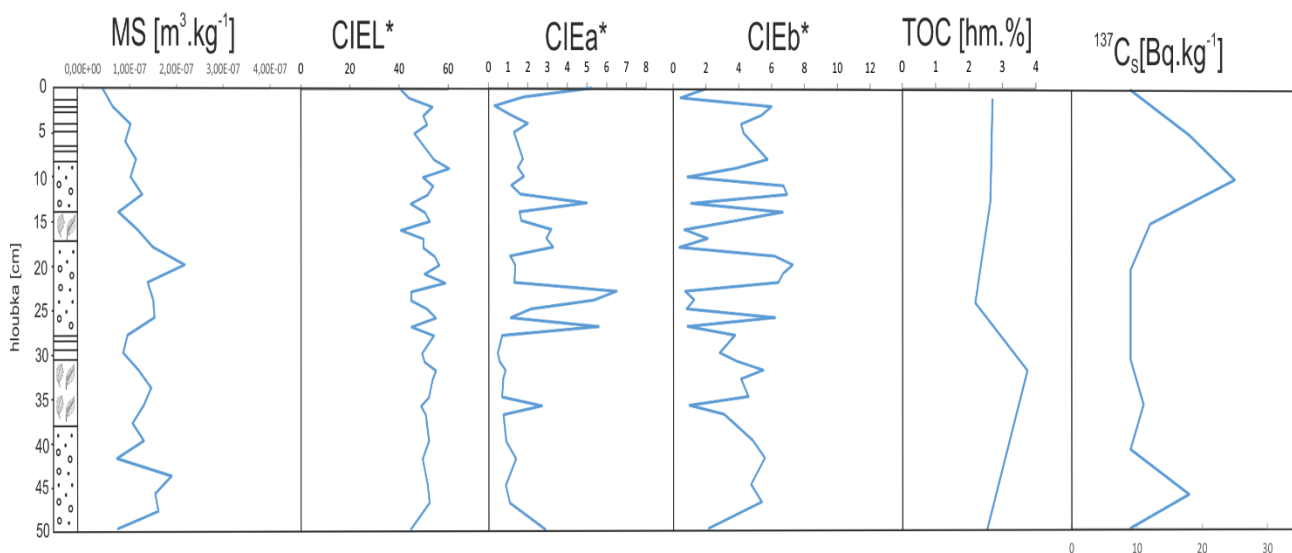
Hodnoty CIE L\* jsou v rozmezí hodnot 40,83 - 60,49. Parametr CIE a\* vykazuje hodnoty od 0,31- 6,51 a u parametru CIE b\* se hodnoty pohybovaly od 0,39 - 7,29. Průměrná hodnota u CIE L\* 50, 63, CIEL a\* má průměrnou hodnotu 2,01 a hodnota u CIE b\* je 3,83. Křivka u CIE L\* vykazuje nejvyšší hodnotu v hloubce 9 cm, má rozkolísaný trend, avšak od báze do cca 32 cm je bez výrazných výkyvů a je poměrně vyrovnaná. Křivka CIE a\* má výrazně rozkolísaný charakter, největší nárůst hodnot je zaznamenán v 23 cm a 13 cm, při bázi je oproti zbytku jádra křivka nejvíce vyrovnaná. Křivka CIE b\* je velmi rozkolísaná a tento trend se projevuje po celé její délce (Obr. 19).

### STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)

Stanovení parametru TOC u tohoto jádra vykazuje od báze do hloubky 32 cm rostoucí trend. Je zde také zaznamenána nejvyšší naměřená hodnota 3,75 % C. Do 25 cm dochází ke snížení hodnot a poté je křivka až k povrchu vyrovnaná. Celkově je toto jádro opět obohaceno extrémním množstvím celkového organického uhlíku (Obr. 19).

### GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ $^{137}\text{Cs}$

Nejvyšší naměřená hodnota izotopu  $^{137}\text{Cs}$  je v 10 cm, a sice 25  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . V 46 cm dochází k dalšímu většímu výkyvu naměřeného u tohoto jádra o hodnotě 18  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Obr. 19).



Obr. 19 Stratigrafie sondy ROZ 1/1

### 12.3.3. JÁDRO ROZ 2/1

#### LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU

Na základě makroskopického popisu se organický materiál vyskytoval od 40 cm – 25 cm a dále pak kolem 15 cm. Po celém jádře docházelo ke střídání různě širokých a organický materiál byl patrně téměř po celé délce jádra v různě širokých pásčích. Sediment byl středně hnědé barvy, s občasnými úseky tmavšího zbarvení. Délka jádra byla 60 cm. Litologicky se jádro skládá z 65 - 80% siltu, 1 - 4% jílu a 10 - 16% písku, odpovídá tedy písčitému siltu. (Obr. 8).

#### MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Průměrná magnetická susceptibilita naměřená u jádra ROZ 2/1 je  $1,05\cdot 10^{-7} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ . Hodnoty magnetické susceptibility se pohybují v rozmezí od  $2,76\cdot 10^{-8} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$  do  $1,58\cdot 10^{-7} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ . Křivka



MS má od báze klesající trend a je nevyrovnaná, nejvyšší naměřená hodnota se pak vyskytuje až při povrchu (Obr. 20).

### SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

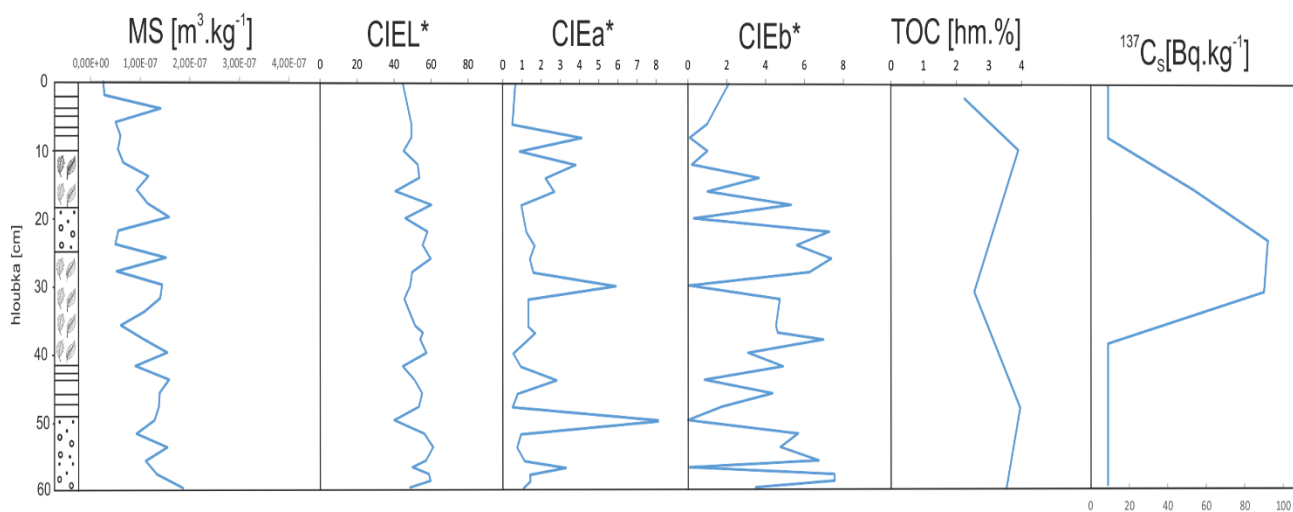
Hodnoty CIE L\* , jež byly získány z kolorimetrického měření, jsou v hodnotách od 40,15 - 61,16. Hodnoty u CIE a\* se u tohoto jádra pohybují v rozmezí od 0,50 - 7,99. Parametr CIE b\* vykazuje hodnoty od 0,01 - 7,56. Průměrná hodnota u CIE L\* je 52, 07, CIEL a\* je 1,89 a průměrná hodnota u CIE b\* je 3,65. Křivka u CIE L\* je po celé délce jádra rozkolísaná, pouze při povrchu v posledních 8 cm je vyrovnaná a lehce klesá. Křivka CIE a\* je také nevyrovnaná, největší výkyvy jsou zaznamenány v 50 cm, 30 cm a 4 cm. Křivka CIE b\* má od báze sestupný trend, nejvyšší nárůst hodnot je zaznamenán kolem 25 cm (Obr. 20).

### STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)

Třetí jádro, které bylo odebráno na lokalitě Rozvadovice, má od báze rostoucí trend a opět je zde velmi vysoké obohacení celkovým organickým uhlíkem (nad 2, 9 % C). Od 50 cm až do 30 cm křivka klesá, poté opět dochází k nárůstu hodnot a v posledních 10 cm dochází opět k snižování hodnot. V 48 cm dosahuje parametr TOC nejvyšších hodnot 4,8 % C. Toto jádro tak opět vykazuje extrémně vysoké množství míry obohacení organickým uhlíkem (Obr. 20).

### GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ <sup>137</sup>Cs

Hodnoty izotopu <sup>137</sup>Cs se pohybují v rozmezí hodnot 53 - 92 Bq·kg<sup>-1</sup>. Tyto hodnoty se vyskytují od 30 – 20 cm. Od báze do 40 cm nebyl zjištěn výskyt <sup>137</sup>Cs, jelikož detekce je 9 Bq·kg<sup>-1</sup> (Obr. 20).



Obr. 20 Stratigrafie sondy ROZ 2/1

#### **12.3.4. JÁDRO ROZ 2/2**

##### **LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU**

Poslední odebrané jádro na lokalitě Rozvadovice se skládá převážně z písčitého siltu, vyskytujícího se po celém jádře. Organický materiál byl patrn nejvíce od 18 – 13 cm a byl tvořen zejména listím a kořeny. Jádro velmi zapáchalo. Barva sedimentu byla středně až tmavě hnědá. Délka jádra byla 40 cm. Jádro odpovídalo složení 60 - 85% siltu, 1 - 5% jílu a 10% písku (Obr. 8).

##### **MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA**

Zjištěná průměrná magnetická susceptibilita u tohoto jádra je  $1,35 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Hodnoty magnetické susceptibility se pohybují v rozmezí od  $7,23 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  do  $1,87 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Křivka MS má od báze klesající trend s menšími odchylkami po celé délce jádra (Obr. 21).

##### **SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE**

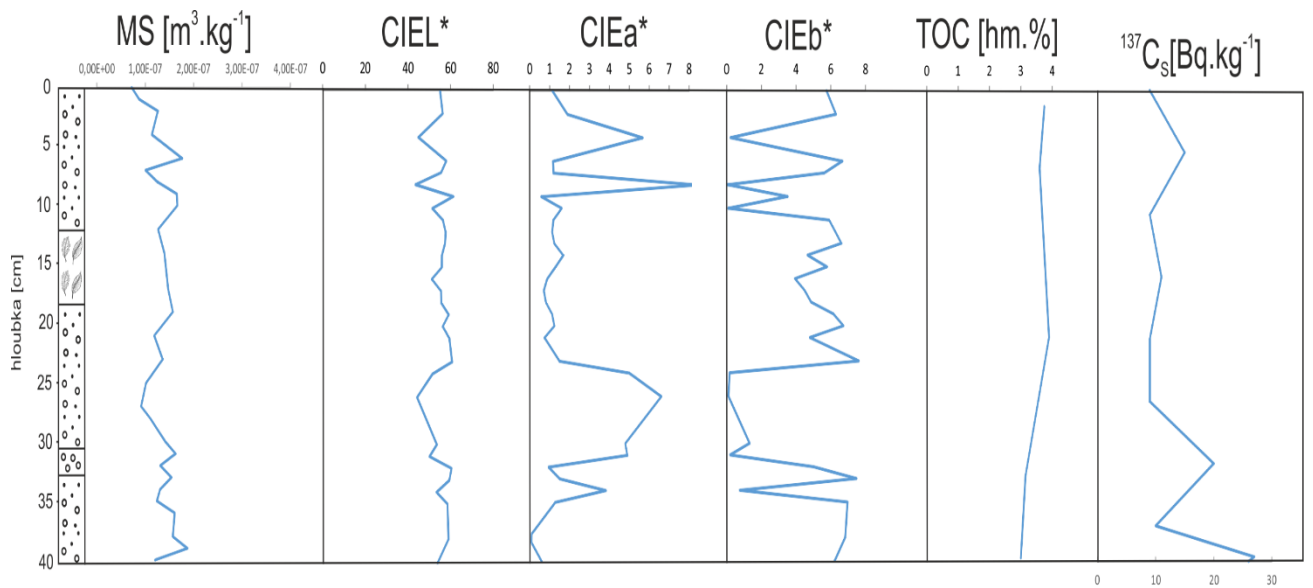
Hodnoty CIE L\* vykazují hodnoty od 43,56 - 61,31, parametr CIE a\* je 0,04 - 8,00 a hodnota u CIE b\* se pohybuje v rozmezí od 0,06 - 7,61. Průměrná hodnota u CIE L\* byla naměřena 55,07, hodnota u parametru je 2,16 a průměrná hodnota u CIE b\* je 4,37. Křivka u CIE L\* má od báze klesající trend, nejnižších hodnot dosahuje v 26 cm. Křivka CIE a\* má tři výrazné výkyvy v 26 cm, 8 cm a 4 cm. Křivka CIE b\* má od báze sestupný trend, od 25 cm až 12 cm dochází k nejvýraznějšímu nárůstu hodnot (Obr. 21).

##### **STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)**

Toto odebrané jádro má od báze mírně rostoucí trend a opět je zde velmi vysoké obohacení celkovým organickým uhlíkem (nad 2,9 % C) jako u ostatních jader odebraných v Rozvadovicích. Od báze do 21 cm má křivka rostoucí trend a zároveň je zde nejvyšší míra obohacení TOC (3,9% C), poté je křivka s téměř vyrovnaným průběhem. Naopak nejnižší hodnota byla 3,4% C při bázi, mezi 40 cm až 35 cm. Jádro ROZ 2/2 je opět velmi vysoce obohacené celkovým organickým uhlíkem po celé délce jádra (Obr. 21).

##### **GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ <sup>137</sup>Cs**

Hodnoty izotopu <sup>137</sup>Cs se pohybují v rozmezí hodnot 11 - 27 Bq·kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnoty se vyskytují v 40 - 32 cm při bázi, a sice 20 - 27 Bq·kg<sup>-1</sup>. (Obr. 21).



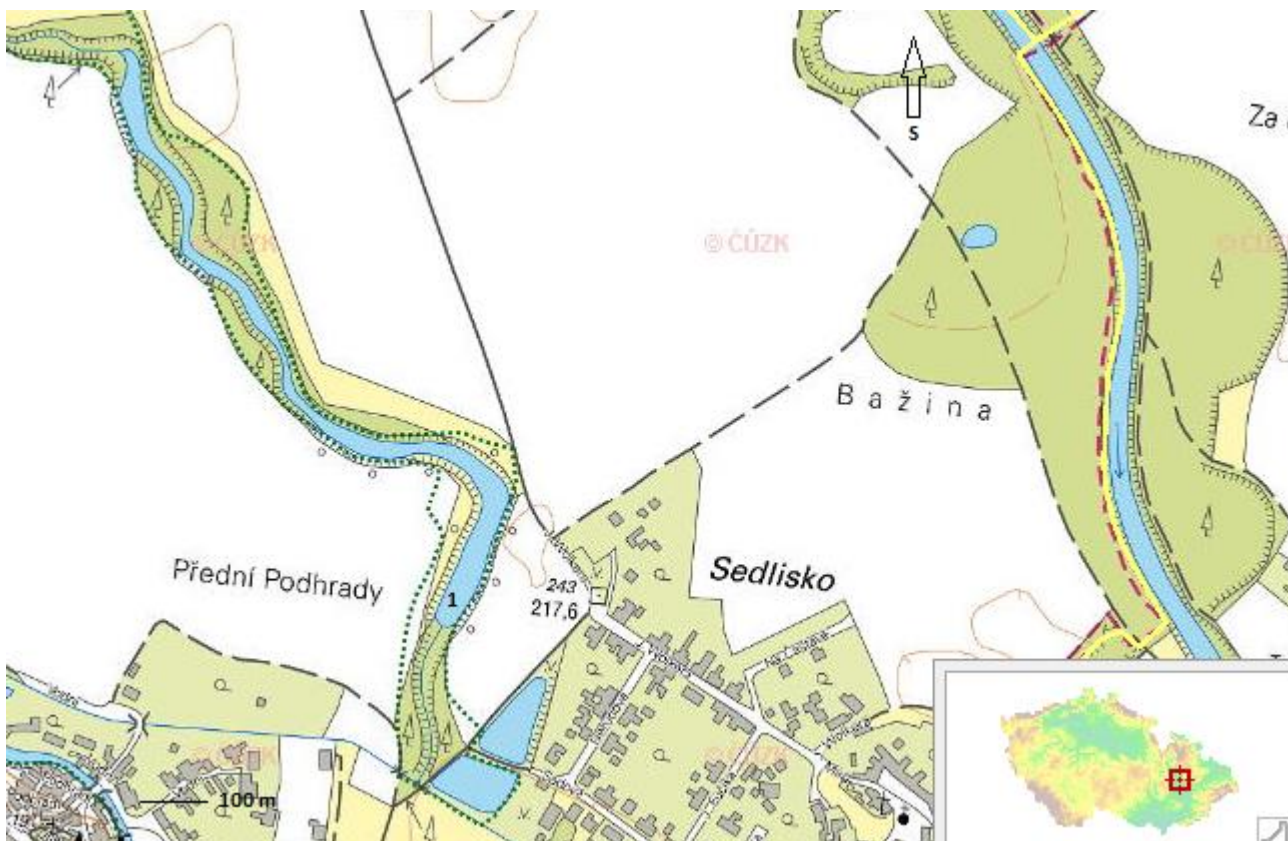
Obr. 21 Stratigrafie sondy ROZ 2/2

## 12.4. LOKALITA HORKA NAD MORAVOU

Souřadnice:

- Bod 1: 49°38'36.9"N, 17°12'54.7"E

Lokalita Horka nad Moravou je od Olomouce vzdálená 7 km (Obr. 22). Odtržení ramene od hlavního toku proběhlo pravděpodobně v 30. letech 20. století. Na této lokalitě bylo odebráno 1 jádro. Lokalita byla velmi dobře přístupná a už bez dalšího napojení na řeku. Místo odběru je znázorněno číslem v mapě a má zkratku HOR 1/1.



Obr. 22 Lokalita Horka nad Moravou, upraveno z mapového portálu (<http://geoportal.gov.cz>)

#### 12.4.1. JÁDRO HOR 1/1

##### LITOLOGIE A ZRNITOST SEDIMENTU

Na základě makroskopického popisu se jádro sestávalo zejména z písčitého siltu a organických horizontů, který byly patrný kolem 12 cm a 7 cm. Toto jádro také velmi zapáchalo. Sediment měl téměř černou barvu. Délka jádra byla 20 cm. Jádro se litologicky řadí k písčitému siltu. Jeho složení odpovídalo: 60 - 70% siltu, 3 - 5% jílu a 15 - 25% písku (Obr. 8).

##### MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Průměrná magnetická susceptibilita naměřená u tohoto jádra je  $3,56 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Hodnoty MS se pohybují v rozmezí od  $2,19 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  do  $6,07 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ . Křivka MS má od báze do 6 cm mírně rostoucí trend, poté až k povrchu klesá (Obr. 23).

### SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

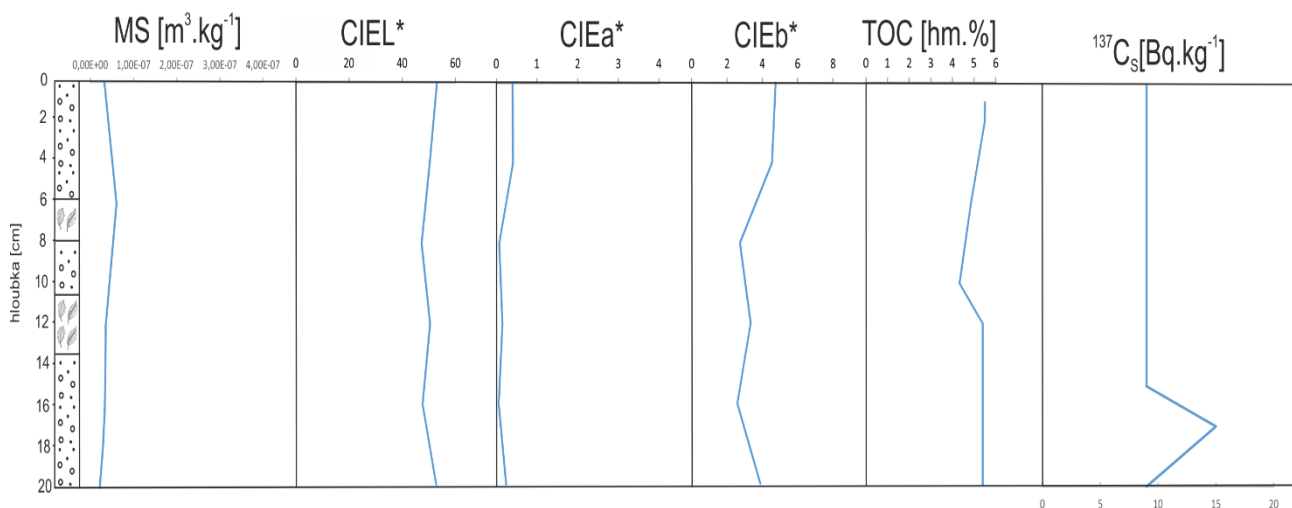
Hodnoty CIE L\* se pohybují od 47,30- 53,09. Parametr CIE a\* je stanoven v rozmezí od 0,06 - 0,41. U parametru CIE b\* byly zjištěny hodnoty od 2,59 - 4,75. Průměrná hodnota u CIE L\* je 50, 27, hodnota u CIE a\* je 0,22 a průměrná hodnota u CIE b\* je stanovena na 3,64. Křivka u CIE L\* od báze mírně klesá a od 8 cm dochází k nárůstu hodnot. Křivka u CIE a\* má poměrně konstantní průběh, od 8 cm má pak rostoucí trend. Křivka CIE b\* má od báze klesající trend, nárůst hodnot je zaznamenán opět až při povrchu (Obr. 23).

### STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)

Křivka TOC má od báze do 13 cm konstantní průběh, hodnota TOC je zde 5, 8 % C. Od 13 cm až 9 cm dochází k snížení hodnot a poté směrem k povrchu dochází opět k nárůstu. Na tomto jádře je patrné extrémní obohacení uhlíkem (Obr. 23).

### GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ $^{137}\text{CS}$

Gamaspektrometrie, která byla u tohoto jádra provedena, detekovala jeden jediný naměřený výskyt  $^{137}\text{CS}$ , a sice pouze v hloubce 17 cm. Jednalo se o hodnotu  $15 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Zbytek měření nezaznamenal žádný jiný výskyt  $^{137}\text{CS}$  na této lokalitě, jelikož detekce je do  $9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Obr. 23).



Obr. 23 Stratigrafie sondy HOR 1/1

## 12.5. GEOCHEMICKÁ CHARAKTERISTIKA SEDIMENTŮ

V uvedené tabulce je zaznamenána základní jednorozměrná statistika prvků v celém souboru dat pro všechna měřená jádra, jedná se tedy o stanovení minimální hodnoty (MIN), maximální hodnoty (MAX), aritmetického průměru (PRŮMĚR) a směrodatné odchylky (SM.ODCH.), viz Tab. 4.

Tab. 4 Statistika prvků

	MIN	MAX	PRŮMĚR	SM.ODCH.
Mg	0,98	10,7	4,45	1,67
Al	2,75	6,17	4,97	0,53
Si	10,953	26,11	21,645	2,075
P	0,066	0,665	0,246	0,083
S	0,186	3,821	0,943	0,775
K	0,657	2,059	1,604	0,219
Ca	0,313	3,854	0,832	0,494
Ti	0,158	0,569	0,477	0,059
V	0,012	0,038	0,027	0,004
Mn	0,012	0,114	0,052	0,013
Fe	1,254	9,063	4,012	1,241
Cu	0,002	0,014	0,008	0,002
Zn	0,006	0,044	0,024	0,007
As	0,0008	0,0081	0,0024	0,0009
Rb	0,004	0,015	0,012	0,001
Sr	0,005	0,022	0,012	0,001
Zr	0,01	0,036	0,029	0,005
Mo	0,0004	0,002	0,001	0,004
Pb	0,002	0,01	0,006	0,001
Th	0,004	0,001	0,003	0,0001

Zdroj: vlastní tvorba

Data, která byla získána z EDXRF analýzy, byla přepočtena a byla zpracována polomatice korelačních koeficientů (Tab. 5). Z vypočítaných korelačních koeficientů lze spatřit, které prvky a v jaké míře spolu korelují. Lze pak vyčlenit prvky, které mají podobné geochemické chování. Modrou barvou byly zvýrazněny prvky o vysoké míry korelace 0,5 – 0,8. Jedná se o korelaci prvků Mg a Mo, Mg a Th, Al a Si, Si a K, Si a Ti, S a Fe, S a Zr, K a Zr, atd. Žlutě jsou znázorněny prvky, které spolu nejlépe korelují, přičemž jejich korelační koeficient je vyšší než 0,8. Jedná se o korelaci prvků K s Ti, K s Rb. Černě jsou vyznačeny pozitivní korelace do 0,5. Jedná se především o pozitivní korelaci P, Ca, V, atd. s ostatními prvky.

Tab. 5 Polomatice korelačních koeficientů

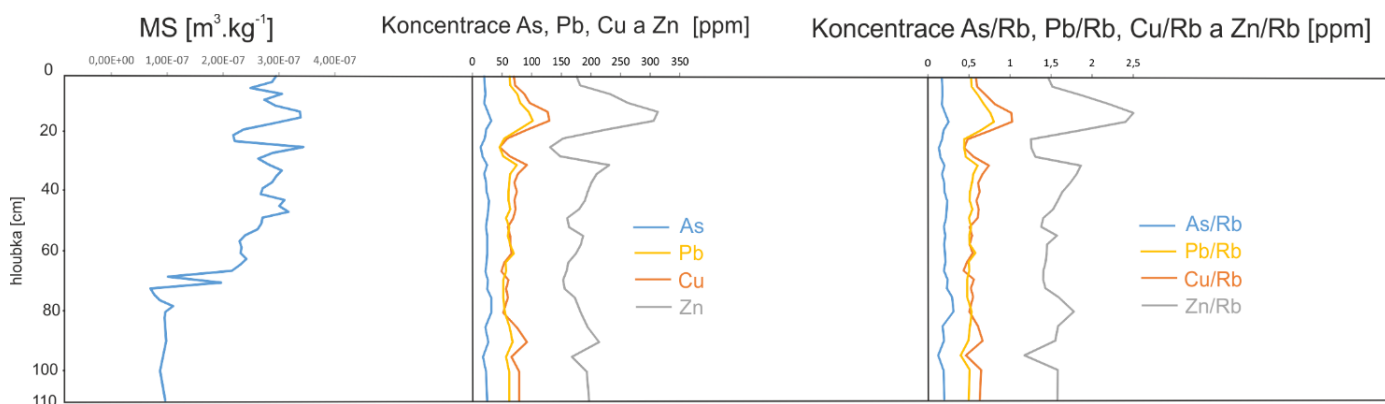
	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Mo	Pb	Th
Mg	1	0,0004	0,0003	0,1408	0,079	0,0887	0,0238	0,1212	0,077	0,1375	0,0254	0,0081	0,0018	0,005	0,0836	0,0217	0,1053	0,6361	0,1655	0,573
Al		1	0,6223	0,0479	0,0531	0,4158	0,0383	0,3696	0,2649	0,0186	0,0021	0,1918	0,0006	0,1027	0,417	0,095	0,1088	0,0193	0,1393	0,0261
Si			1	0,0196	0,1555	0,5531	0,0233	0,5231	0,1749	0,0033	0,0895	0,045	0,0033	0,005	0,3606	0,2834	0,3834	0,0217	0,0338	0,0369
P				1	0,0632	0,0305	0,0003	0,0576	0,0268	0,2627	0,0005	0,0603	0,0218	0,0121	0,0219	0,0018	0,0791	0,0827	0,1866	0,0595
S					1	0,4327	0,222	0,452	0,0279	0,0002	0,5391	0,1517	0,0579	0,1101	0,303	0,0642	0,5284	0,0616	0,1073	0,2094
K						1	0,0401	0,8571	0,2806	0,0126	0,2242	0,1835	0,0084	0,0012	0,8282	0,25	0,5527	0,1755	0,2516	0,3101
Ca							1	0,0248	0,015	0,0195	0,0056	0,0487	0,0002	0,0028	0,0871	0,0609	0,0677	0,0386	0,0054	0,0082
Ti								1	0,2871	0,026	0,221	0,2119	0,0156	0,0004	0,7363	0,2628	0,684	0,1915	0,2665	0,306
V									1	0,2939	0,0088	0,0045	0,1326	0,0016	0,1507	0,033	0,1412	0,2793	0,203	0,0566
Mn										1	0,1127	0,0207	0,1009	0,0005	0,0294	0,0003	0,0222	0,075	0,129	0,0237
Fe											1	0,0966	0,1211	0,143	0,0665	0,1609	0,2566	0,0517	0,0111	0,1743
Cu												1	0,5487	0,0166	0,2307	0,026	0,0771	0,0159	0,4556	0,0659
Zn													1	0,0866	0,0025	0,0033	0,0072	0,0078	0,1889	0,0064
As														1	0,0324	0,0057	0,0651	0,025	0,0005	0,0034
Rb															1	0,1513	0,4006	0,13	0,3257	0,2113
Sr																1	0,1383	0,1136	0,68	0,053
Zr																	1	0,1265	0,1659	0,2403
Mo																		1	0,1193	0,6463
Pb																			1	0,1855
Th																				1

Zdroj: vlastní tvorba

## 12.6. STRATIGRAFICKÁ DISTRIBUCE TĚŽKÝCH KOVŮ

### 12.6.1. JÁDRO CHR1

Křivka As je od báze poměrně vyrovnaná, menší výkyv lze vidět v 15 cm, kde ostatně zbylé prvky Cu, Pb, Zn také vykazují méně či více vychýlení. Rozsah hodnot u As se pohybuje od 14 – 32 ppm. Křivka Pb má nepravidelný tvar, dvě odchylky v 24 cm a další v 15 cm. Rozsah hodnot je od 46 – 102 ppm. Křivka Cu téměř koreluje s tvarem křivky Pb, hodnoty jsou od 46 – 130 ppm. Křivka Zn má značně rozkolísaný průběh a hodnoty se pohybují od 131 – 313 ppm. Největší a nejvýraznější vychýlení lze opět spatřit v 15 cm. Prvkový poměr u křivky As/Rb má vyrovnaný trend, křivka Pb/Rb a Cu/Rb má nejvýraznější pík při povrchu, naopak Zn/Rb je ze všech křivek nejvíce rozkolísaná, s řadou vychýlení, při bázi její hodnoty klesají a při povrchu dochází k markantnímu nárůstu (Obr. 24). Stanovené hodnoty prvkových poměrů na křivkách jsou: As/Rb 0,16 – 0,31; Pb/Rb 0,39 – 0,80; Cu/Rb 0,44 – 1,02; Zn/Rb 1,38 – 2,50.

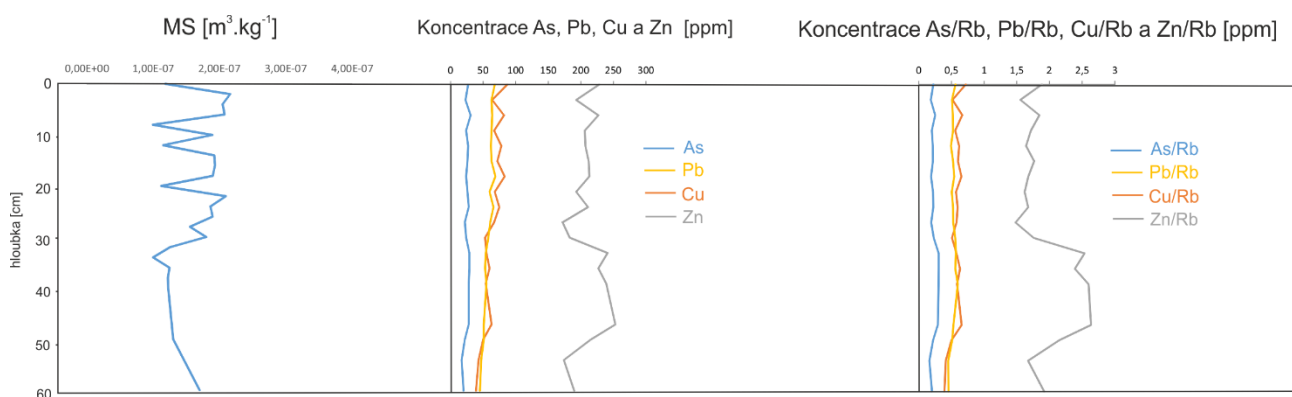


Obr. 24 Vývoj těžkých kovů u CHR1



### 12.6.2. JÁDRO CHR2

Průběh křivky As je konstantní, nedochází zde k žádnému výraznému vychýlení. Hodnoty se pohybují od 17 -31 ppm. Křivka Pb je velmi podobná křivce předchozí, žádný výrazný pik zde není zachycen. Hodnoty v ppm se pohybují od 45 – 69. Průběh křivky Cu od báze mírně roste, menší odchylky jsou patrné od 24 cm. Naměřené hodnoty jsou zde od 39 – 87 ppm. Průběh křivky Zn je značně rozkolísaný, od báze do 33 cm roste, poté dochází k postupnému snižování s menšími odchylky až po povrch jádra. Hodnoty jsou v rozsahu od 172 – 253 ppm. Prvkový poměr As/Rb vykazuje konstantní průběh, podobně jako křivky Pb/Rb a Cu/Rb. Prvkový poměr Zn/Rb je vykazuje od báze největší vychýlení, od 33 cm má už vyrovnanější průběh (Obr. 25). Hodnoty prvkových poměrů jsou: As/Rb 0,16 – 0,30; Pb/Rb 0,45 – 0,59; Cu/Rb 0,39 – 0,71; Zn/Rb 1,48 – 2,63.

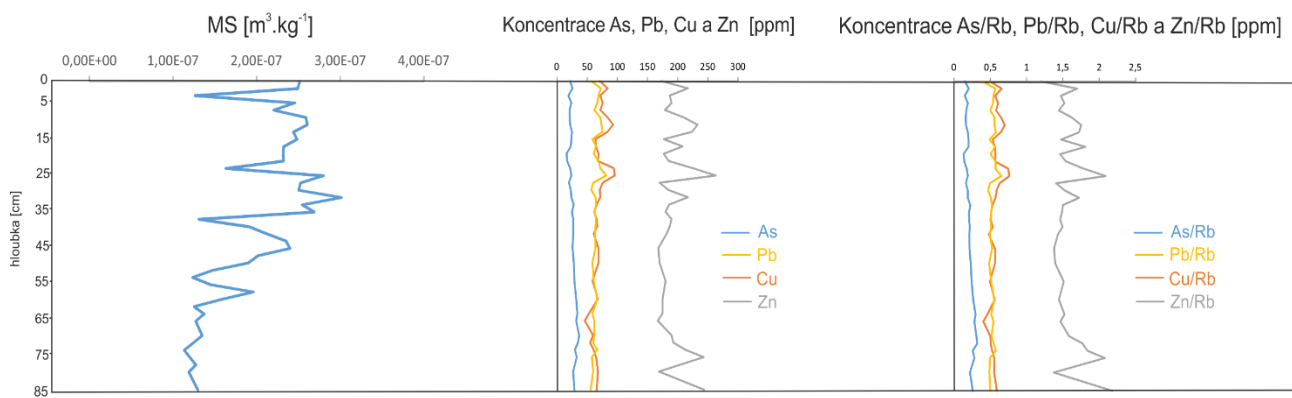


Obr. 25 Vývoj těžkých kovů u CHR2

### 12.6.3. JÁDRO CHR3

Křivka As je s velmi monotónním průběhem, hodnoty se zde pohybují od 19 – 37 ppm. Křivka Pb má velmi podobný průběh, avšak od 28 cm vykazuje vychýlení ke kladným hodnotám, poté však dochází opět k snížení hodnot, ty se zde pohybují od 56 – 82 ppm. Křivka Cu od báze do 66 cm klesá a v 26 cm a 12 cm má pak vychýlení ke kladným hodnotám, jež se zde pohybují v rozsahu od 53 – 96 ppm. Průběh křivky Zn je značně rozkolísaný, s maximem v 26 cm (263 ppm). Rozsah hodnot je zde od 170 – 263 ppm. Prvkový poměr As/Rb, Pb/Rb je velmi podobný, s žádnými výraznými odchylkami. Cu/Rb má rozkolísané hodnoty od hloubky 26 cm až k povrchu. Prvkový poměr Zn/Rb vykazuje

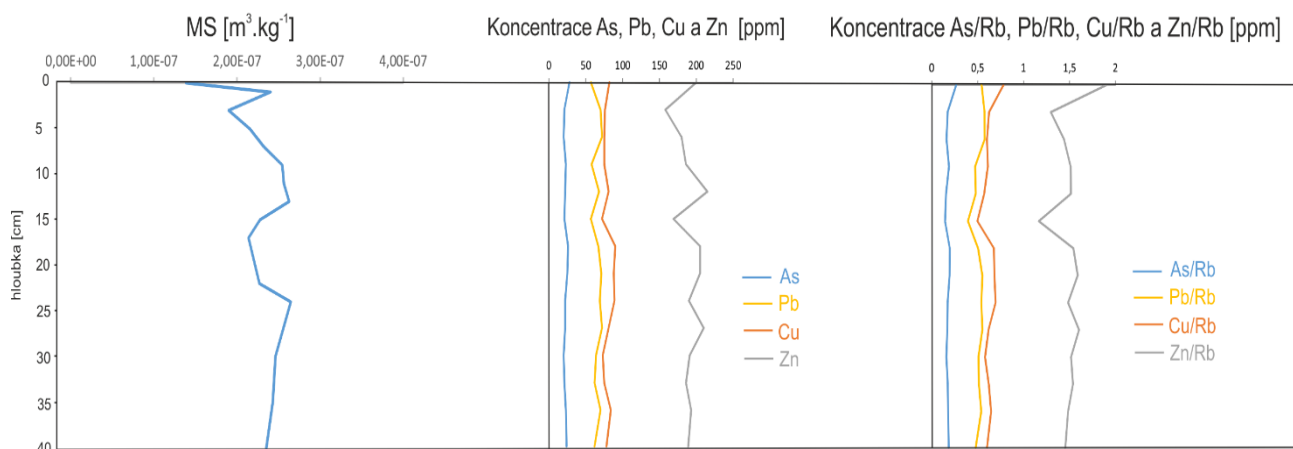
klesající trend od 26 cm k povrchu (Obr. 26). Stanovené hodnoty prvkových poměrů na křivkách jsou: As/Rb 0,13 – 0,32; Pb/Rb 0,39 – 0,65; Cu/Rb 0,48 – 0,76; Zn/Rb 1,20 – 2,17.



Obr. 26 Vývoj těžkých kovů u CHR3

#### 12.6.4. JÁDRO CHR3/B

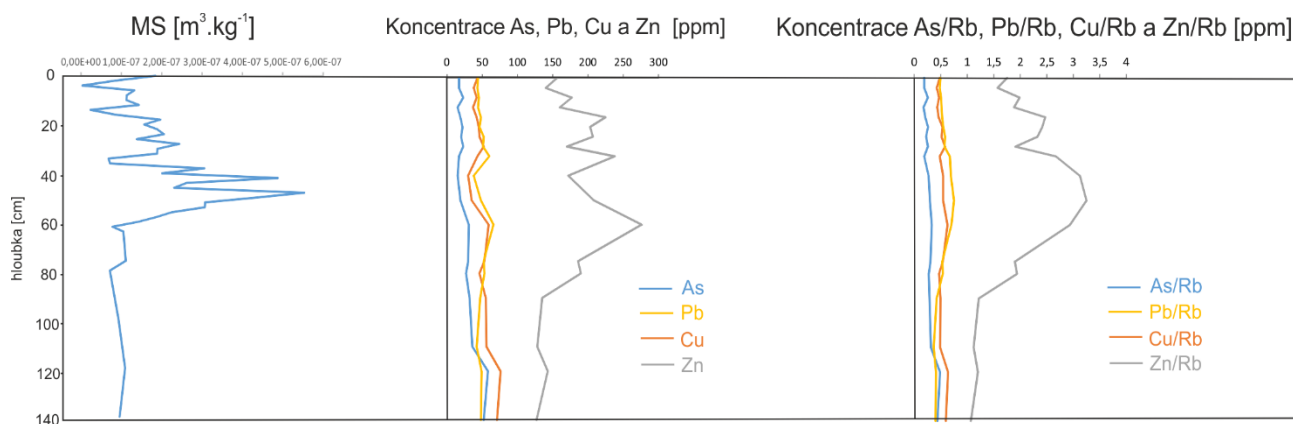
Křivky As, Pb, Cu mají podobný průběh, nedochází u nich k žádným markantním odchylkám. U křivky Pb dochází k mírným odchylkám při bázi a pak od 15 cm – 3 cm. Křivka Cu od báze do 24 cm koreluje s Pb. Hodnoty u As se pohybují od 20 – 28 ppm, u Pb je to v rozmezí od 57 – 72 ppm, u Cu jsou hodnoty od 72 – 90 ppm. Křivka Zn je po celé délce nepravidelně rozkolísaná, nejnižších hodnot dosahuje v 3 cm (158 ppm) a maximum se nachází v 12 cm (215 ppm). Prvkový průměr u As/Rb je monotónní, Pb/Rb a Cu/Rb mají podobný trend, u Cu/Rb dochází při povrchu však k růstu hodnot, oproti křivce Pb/Rb. Prvkový průměr u Zn/Rb má do 18 cm poměrně konstatní průběh, nejnižší hodnota je zaznamenána v 15 cm (Obr. 27). Hodnoty prvkových poměrů jsou: As/Rb 0,14 – 0,26; Pb/Rb 0,39 – 0,57; Cu/Rb 0,49 – 0,78; Zn/Rb 1,16 – 1,90.



Obr. 27 Vývoj těžkých kovů CHR3/B

### 12.6.5. JÁDRO REP 1/1

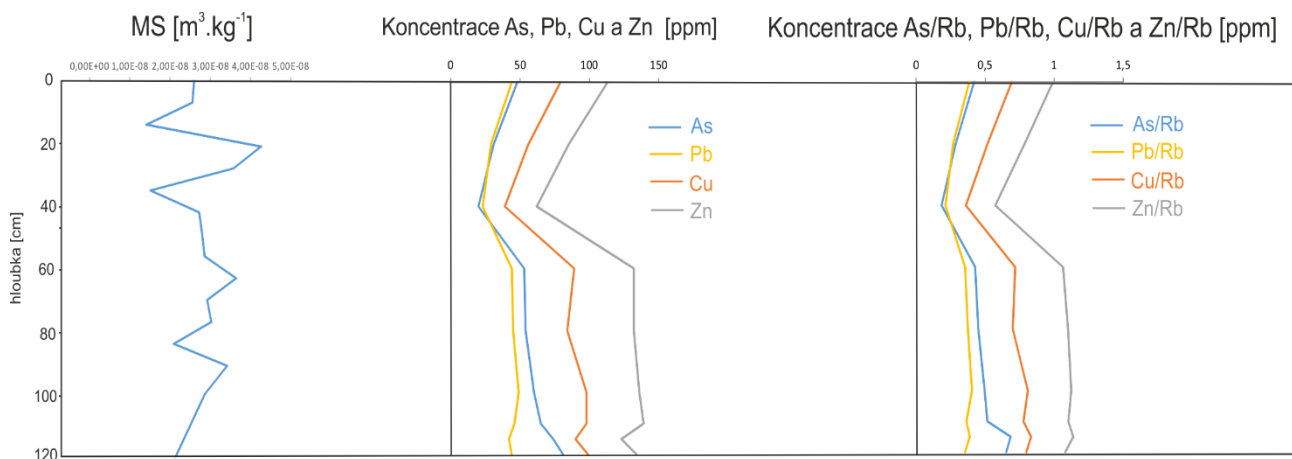
Koncentrace As od báze klesá, maximum bylo zjištěno v 140 cm, a sice 58 ppm. Nejnižší detekovaná hodnota 15 ppm, se vyskytovala v 15 cm. Koncentrace křivky Cu koreluje s křivkou As, hodnoty se pohybují od 30 – 59 ppm. Křivka Pb má od báze do 60 cm rostoucí trend, poté dochází ke snižování hodnot, jež se celkově pohybují od 42 – 66 ppm. Křivka Zn má do 60 cm rostoucí trend, s nejvyšším naměřeným maximem 276 ppm, nejmenší detekovaná hodnota se vyskytuje při bázi, a sice 128 ppm. Prvkový průměr křivek As/Rb, Cu/Rb je téměř identický. Pb/Rb má rostoucí trend opět do 60 cm. Křivka Zn/Rb je značně rozkolísaná, největší rozsah hodnot je zaznamenán od 75 cm – 28 cm (Obr. 28). Stanovené hodnoty prvkových poměrů jsou: As/Rb 0,17 – 0,48; Pb/Rb 0,36 – 0,79; Cu/Rb 0,41 – 0,64; Zn/Rb 1,16 – 1,90.



Obr. 28 Koncentrace těžkých kovů REP 1/1

### 12.6.6. JÁDRO REP 1/2

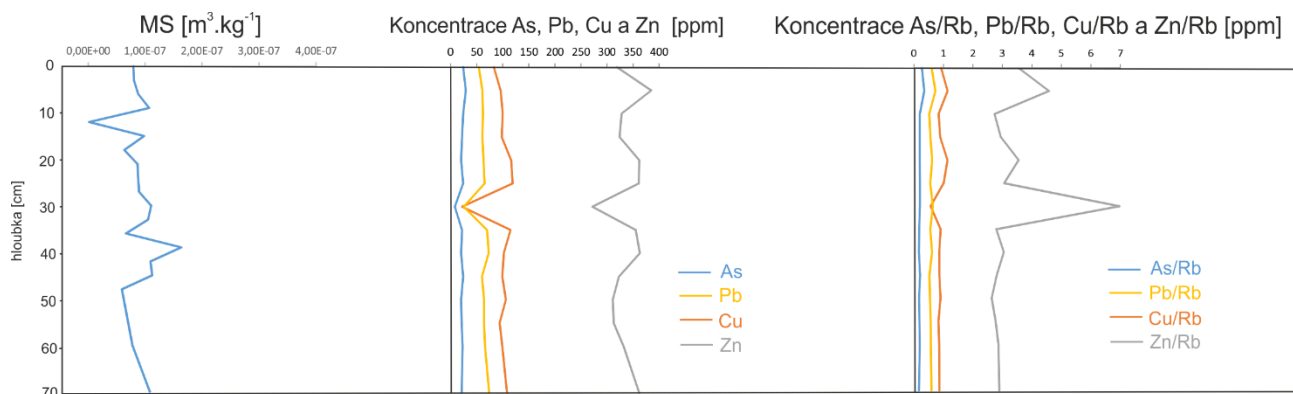
Křivky As, Pb, Cu, Zn mají téměř identický průběh. K rapidnímu poklesu dochází v 40 cm. Rozsah hodnot u As je od 20 – 81 ppm, u Pb to je od 23 – 49 ppm. U Cu se hodnoty pohybují od 39 – 99 ppm a u křivky Zn to je rozsah od 62 – 139 ppm. Tento pokles hodnot koreluje s MS. Prvkový poměr má opět u všech křivek stejný průběh (Obr. 29) Hodnoty prvkových poměrů jsou: As/Rb 0,18 – 0,68; Pb/Rb 0,21 – 0,40; Cu/Rb 0,36 – 0,83; Zn/Rb 0,57 – 1,13.



Obr. 29 Koncentrace těžkých kovů REP 1/2

### 12.6.7. JÁDRO ROZ 1/2

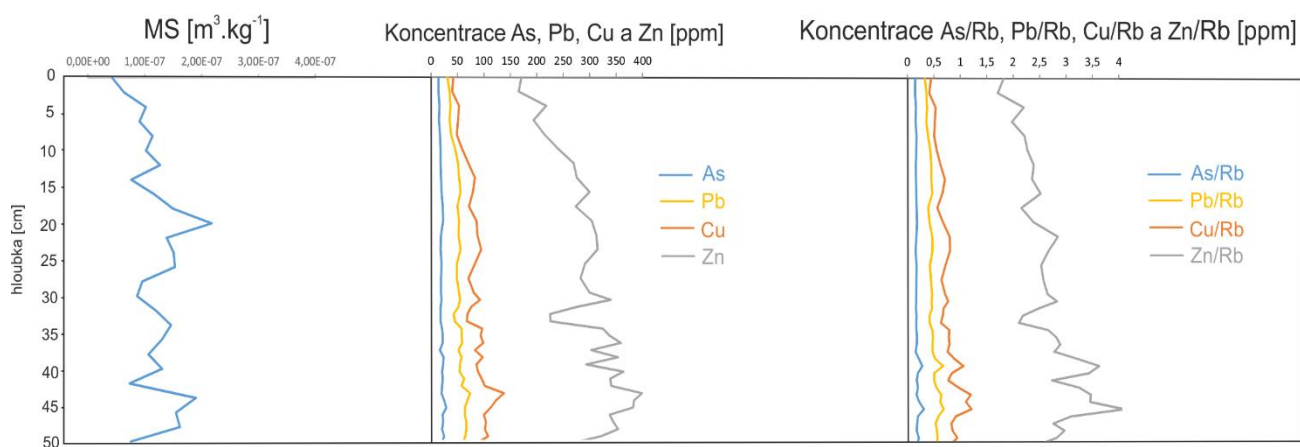
Křivka As má konstantní charakter, nejmenší hodnota je zaznamenána v hloubce 30 cm. Hodnoty se u As pohybují od 8 – 29 ppm. Křivka Pb má od báze mírně klesající trend, přičemž minimální naměřená hodnota (25 ppm) se vyskytuje v 30 cm, maximum je v 40 cm (73 ppm). Křivka Cu má výrazný pík v 30 cm, poté dochází ke klesajícímu trendu k povrchu. Hodnoty se pohybují ve velkém rozpětí od 22 – 119 ppm. Křivka Zn je rozkolísaná, od báze má rostoucí trend s minimální hodnotou opět v 30 cm, a sice 272 ppm. Maximum bylo zjištěno v 5 cm (385 ppm). Prvkový poměr křivek As/Rb, Pb/Rb má konstantní průběh, u Cu/Rb dochází k vychýlení v 30 cm. Zn/Rb má do 40 cm poměrně vyrovnaný průběh, pak se výrazně vychyluje (Obr. 30). Hodnoty prvkových poměrů jsou: As/Rb 0,16 – 0,34; Pb/Rb 0,51 – 0,72; Cu/Rb 0,56 – 1,14; Zn/Rb 2,63 – 6,97.



Obr. 30 Koncentrace těžkých kovů ROZ 1/2

### 12.6.8. JÁDRO ROZ 1/1

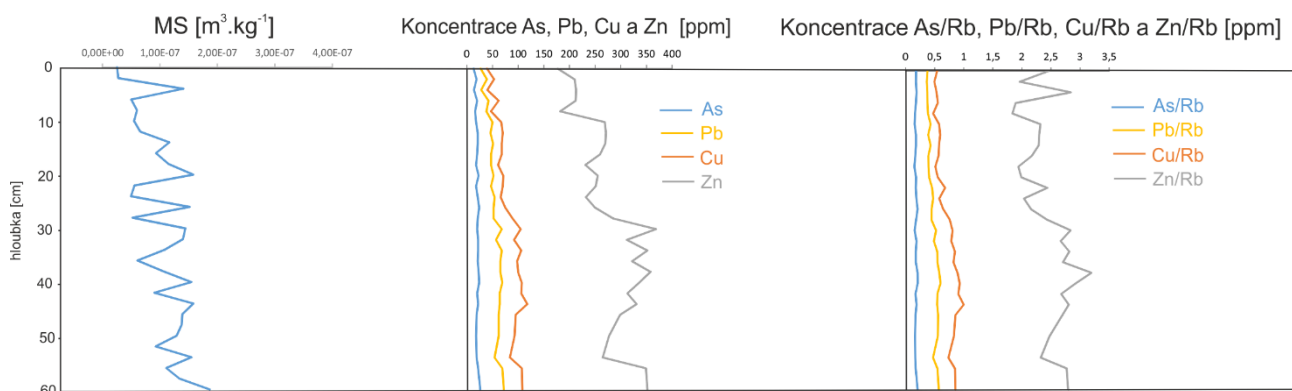
Křivka u koncentrace As se pohybuje v rozmezí hodnot od 14 – 29 ppm a má konstantní průběh. Křivka Pb má od báze mírně klesající trend, s maximem v 44 cm (74 ppm) a minimem v prvních centimetrech při povrchu (31 ppm). Křivka Cu je rozkolísaná, od báze do 44 cm roste a zároveň má zde největší hodnotu (138 ppm) a poté má směrem k povrchu již trend klesající, s nejnižší hodnotou při povrchu (42 ppm). Křivka Zn je značně rozkolísaná, nejnižší hodnota byla zjištěna v 24 cm (226 ppm) a maximum se nachází v 44 cm (399 ppm). Od 30 cm má pak klesající trend. Prvkový poměr křivek As/Rb, Pb/Rb, Cu/Rb je téměř identický. Zn/Rb má největší vychýlení při bázi, poté dochází ke klesajícímu trendu (Obr. 31). Zjištěné hodnoty prvkových poměrů jsou: As/Rb 0,14 – 0,31; Pb/Rb 0,32 – 0,68; Cu/Rb 0,44 – 1,2; Zn/Rb 1,81 – 4,10.



Obr. 31 Koncentrace těžkých kovů ROZ 1/1

### 12.6.9. JÁDRO ROZ 2/1

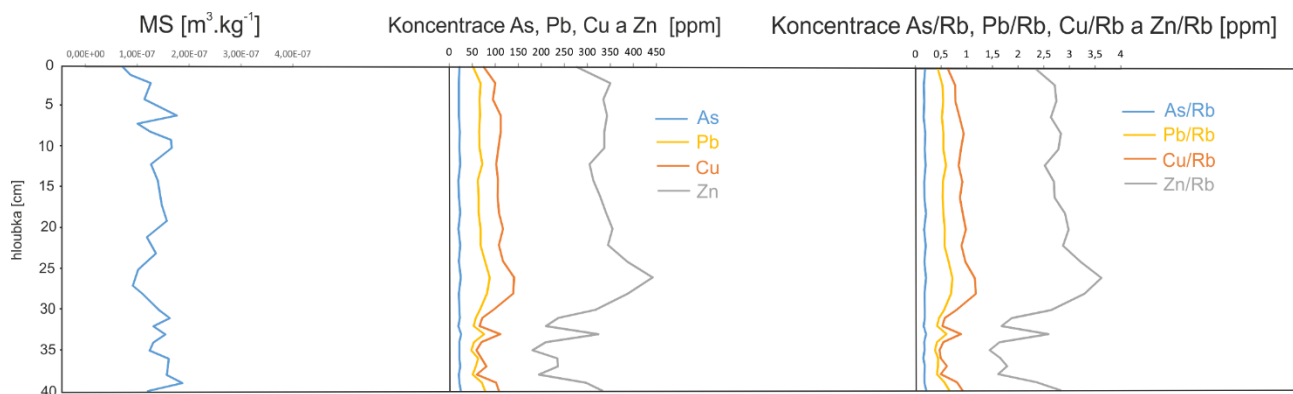
Křivka As, Pb je u tohoto jádra téměř identická. U obou dochází od 10 cm hloubky pak ke klesajícímu trendu. U As se hodnoty pohybují od 13 – 26 ppm, u Pb jsou to hodnoty 27 – 72 ppm. Křivka Cu má od báze do 30 cm rostoucí trend, poté dochází k poklesu hodnot až k povrchu. Hodnoty se zde pohybují od 40 – 118 ppm. Koncentrace křivky Zn od báze stupňovitě roste, od 30 cm pak dochází ke klesajícímu trendu. Hodnoty jsou od 177 – 369 ppm. Prvkový poměr u As/Rb, Pb/Rb, Cu/Rb má konstantní průběh. U Zn/Rb dochází od báze k rostoucímu trendu, poté hodnoty klesají, až při povrchu dochází opět k růstu tohoto prvkového poměru (Obr. 32). Hodnoty prvkových poměrů u As, Pb, Cu a Zn jsou: As/Rb 0,15 – 0,20; Pb/Rb 0,36 – 0,6; Cu/Rb 0,47 – 1,01; Zn/Rb 1,83 – 3,19.



Obr. 32 Koncentrace těžkých kovů ROZ 2/1

### 12.6.10. JÁDRO ROZ 2/2

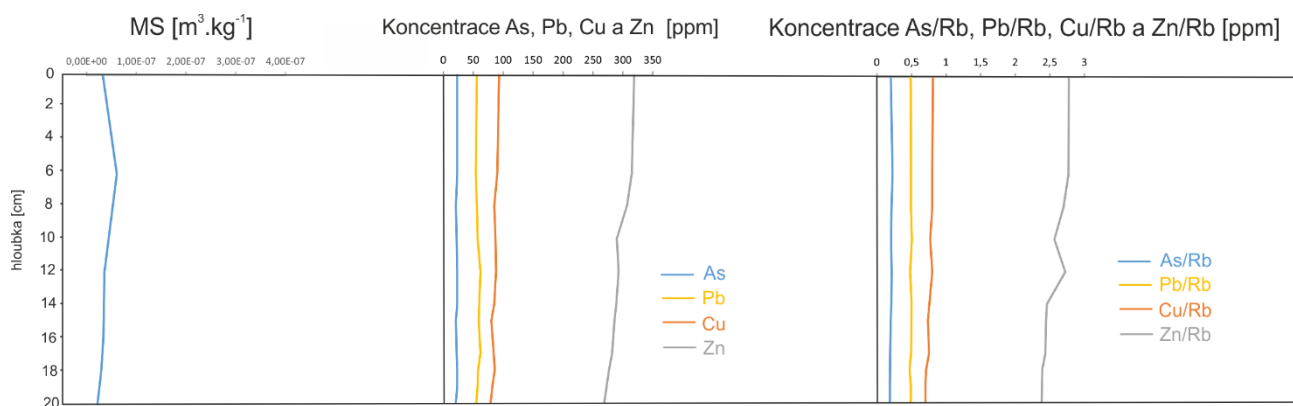
Křivka As má od báze až k povrchu naprosto vyrovnaný průběh, hodnoty se u této křivky pohybují od 20 – 26 ppm. Křivka Pb od báze do hloubky kolem 26 cm vykazuje rostoucí trend, poté dochází k vyrovnání křivky s hodnotami od 48 – 88 ppm. Křivka Cu má podobný trend jako Pb a obě mají při bázi stejný průběh jako MS. Hodnoty u Cu se pohybují od 59 – 141 ppm. Křivka Zn má od báze rostoucí trend do hloubky 26 cm, pak dochází k postupnému snižování hodnot, jež se pohybují od 210 – 442 ppm. Prvkový poměr křivky As/Rb má konstantní průběh, křivka Pb/Rb a Cu/Rb vykazují od báze rostoucí trend, při povrchu dochází k snižování hodnot. Zn/Rb má nepravidelný průběh, rostoucí trend se projevuje u báze do 26 cm (Obr. 33). Hodnoty jsou: As/Rb 0,15 – 0,21; Pb/Rb 0,38 – 0,72; Cu/Rb 0,47 – 1,17; Zn/Rb 1,44 – 3,62.



Obr. 33 Koncentrace těžkých kovů ROZ 2/2

### 12.6.11. JÁDRO HOR 1/1

Průběh křivek As, Pb, Cu a Zn je prakticky stejný, bez odchylek a výrazných maximálních hodnot. Všechny hodnoty se pohybují ve velmi malých rozsazích. U As to je od 21 – 23 ppm, Pb vykazuje hodnoty od 54 – 60 ppm, u Cu se hodnoty pohybují od 79 – 93 ppm a u Zn to jsou hodnoty od 269 – 319 ppm. Křivka Zn, jako jediná, má nejvíce výrazný rostoucí trend, a sice od báze. Prvkové poměry u křivek As/Rb, Pb/Rb, Cu/Rb mají identický průběh. U Zn/Rb dochází k výkyvu od 14 – 10 cm (Obr. 34). Hodnoty prvkových poměrů jsou: As/Rb 0,18 – 0,22; Pb/Rb 0,47 – 0,50; Cu/Rb 0,69 – 0,80; Zn/Rb 2,38 – 2,77.



Obr. 34 Koncentrace těžkých kovů HOR 1/1

## 13. DISKUZE

### MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA

Magnetická susceptibilita (MS) byla změřena u všech 294 vzorků. MS se u odebraných sedimentů pohybovala v rozmezí hodnot od  $3,50 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (jádro REP 1/1) do  $1,58 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$  (jádro ROZ 2/1). Jak uvádí studie od Ghiraldi a kol., vydaná roku 2007, na složení sedimentu má větší vliv magnetická susceptibilita, než zrnitost. Pokud má křivka MS rozkolísané hodnoty, jako je tomu například u jádra CHR3 a ROZ 2/1, je sediment špatně vytríděný. Pokud je v tomto jádře sediment obohacen o zrnka křemene, dochází k snižování hodnot MS a naopak přítomnost oxidů železa na zrnkách křemene naznačuje zvyšování hodnot MS. U jádra HOR 1/1 naopak dochází k stabilně nízkým hodnotám MS po celé délce jádra, což značí přítomnost paramagnetických látek. Magnetická susceptibilita však není úplně jasným faktorem.

### SPEKTRÁLNÍ ODRAZNOST VE VIDITELNÉM SVĚTLE

Stanovení barvy je závislé zejména přítomností nebo naopak absencí železo-nosných minerálů a redukčními stavy u těchto minerálů. Výskyt šedé barvy je způsoben redukcí železitých minerálů a také výskytem organické hmoty. Červená barva poukazuje na přítomnost minerálu např. hematitu, tato hojná přítomnost hematitu naznačuje diagenézi. Naproti tomu hnědá a žlutá barva souvisí s oxidací železitých minerálů, dochází pak ke vzniku minerálů, jako je např. limonit, goethit. Velmi světle žluté barvy charakterizují absenci železa, k čemuž může dojít při extrémním chemickém zvětrávání feromagnetických minerálů (Bridge 2003). Základním principem barvy minerálů je jejich schopnost vstřebávat určitou část viditelného spektra. Tuto schopnost absorpce viditelného světla lze vyjádřit pomocí odraznosti (Bábek 2013).

U jader odebraných v Rozvadovicích, a sice ROZ 1/1, ROZ 1/2, ROZ 2/1, ROZ 2/2, dochází jako u jediných, k částečnému napojení na tok a tedy aspoň minimálnímu a tedy i neustálému přínosu vody. Z tohoto důvodu je zde patrn větší výskyt oxo – hydroxidů Fe svědčící o zrychleném okysličování org. hmoty. Křivky jsou tedy nakloněny více k žluté barvě u parametru CIE  $b^*$  a dochází zde k organické sedimentaci. U těchto jader je tedy také vysoké obohacení organickým uhlíkem na základě zjištěného parametru TOC. U zbylých odebraných jader již nedocházelo ani k částečnému napojení na tok a organická sedimentace proběhla v odděleném rameni bez přínosu vody. Rozsah naměřených barev je širší a pohybuje se ve větším rozsahu.



## **STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC)**

Celkový obsah TOC v sedimentech ovlivňuje biologické, fyzikální i chemické procesy a také i kyselost vod. TOC je významným ukazatelem kvality vod a důležitým parametrem sedimentů. Tvorbou organických komplexů může TOC ovlivňovat přístupnost živin a může regulovat rozpustnost a toxicitu kontaminantů. Rozpuštěný organický uhlík je komplexotvorný činitel pro Fe, Cu, Al, Zn a Hg. Celkový organický uhlík (TOC) je složen z rozpuštěného uhlíku (DOC) a organického uhlíku, jenž je vázán na částice (POC). Největším zdrojem TOC v přírodě je rostlinný materiál, a sice zejména listy, kořeny, klacíky, stonky, atd. (Di Toro a kol. 1992).

Organický materiál je důležitým faktorem ve vazbě znečišťujících látek na sediment kvůli svému hydrofobnímu povrchu. Na zvýšení TOC se podílí zejména přírodní procesy a také samozřejmě působení člověka (mýcení lesů, zvýšená zemědělská činnost, atd.). Mezi antropogenní zdroje emisí TOC se řadí organické látky unikající do přírodních vod, jako jsou např. kejda, odpadní vody, splaškové odpadní vody, výluhy ze skládek, odtoky ze siláží, atd.

Zvýšené TOC ovlivňuje negativně celý ekosystém, dochází poté k snižování obsahu kyslíku ve vodě. Vznikají pak anaerobní mikroorganismy, kterým takovéto prostředí vyhovuje (Simpson a kol. 2005). Specifické mikroorganismy dokáží pak sírany obsažené v sedimentech přeměnit na sirovodík, který je toxický zejména pro vyšší organismy, které jako jedny z mála dokázaly přežít v prostředí s velmi nízkým obsahem kyslíku. Sirovodík je velmi zápachající a je ukazatelem vysokého znečištění TOC. Ve všech odebraných jader bylo zjištěno velmi vysoké obohacení TOC, vyskytující se prakticky po celé délce jader. Pouze jádro REP 1/2 obsahovalo jen 1,5 % C, nejméně ze všech odebraných jader. Naopak nejvyšší obohacení uhlíkem bylo u jádra HOR 1/1, a sice 5,8 % C.

## **GAMASPEKTROMETRIE A DATOVÁNÍ POMOCÍ <sup>137</sup>Cs, RYCHLOST SEDIMENTACE**

Jak jsem již zmínila výše, radioaktivní izotop <sup>137</sup>Cs se do přírodního prostředí dostal antropogenní cestou, při pokusu s atomovými zbraněmi v 50. - 60. letech 20. stol. a při jaderné havárii Černobylu v roce 1986. Chování a mobilita <sup>137</sup>Cs je ovlivňována především dynamikou sedimentačního prostředí. Rozdíly, které se projevují v hloubkách označujících rok 1986, byly zapříčiněny migrací a postupným spadem <sup>137</sup>Cs. Studie sedimentů provedená Ciszewskim a kol. 2008 uvádí, že izotop <sup>137</sup>Cs je velmi mobilní a v některých sedimentech se vyskytují maxima <sup>137</sup>Cs horizontech, které jsou starší než první jaderné pokusy. Zásadní význam pro rychlost sedimentace mají zejména povodňové události.

Datování pomocí  $^{137}\text{Cs}$  jsem provedla u všech 11 jader ze 4 lokalit, přičemž radioaktivní izotop  $^{137}\text{Cs}$  byl zjištěn u 7 jader. Datování je založeno na hloubce píku  $^{137}\text{Cs}$ , který je interpretován jako spadová událost z Černobylské havárie v dubnu 1986 (celkový uplynulý čas do roku odběru jádra, 2015, je 29 let). Pík se podařilo lokalizovat jen v některých jádrech.

Naměřené hodnoty  $^{137}\text{Cs}$  se pohybují v rozsahu od  $15 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  až na max. naměřenou hodnotu  $189 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Přičemž detekce zařízení je  $9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Že čtyř jader odebraných v Olomouci – Charvátech, byla zjištěna přítomnost  $^{137}\text{Cs}$  pouze u dvou. U jádra CHR1 byla největší hodnota v hloubce 98 cm ( $78 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a vypočtená rychlost sedimentace byla stanovena na cca 3,38 cm/rok. U jádra CHR2 bylo maximum zjištěno v hloubce 24 cm ( $33 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), rychlost sedimentace zde byla cca 0,82 cm/rok. Z lokality Horka nad Moravou (HOR 1/1) došlo k zjištění jediné hodnoty  $^{137}\text{Cs}$  a sice v hloubce 17 cm ( $15 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). U této lokality byla rychlost sedimentace cca 0,58 cm/rok. Z lokality Rozvadovice byly odebrány 4 jádra, přítomnost  $^{137}\text{Cs}$  byla zjištěna avšak jen u 3. U této lokality, jako jediné, přetrvávalo napojení na tok. Dala by se tedy očekávat větší rychlost sedimentace z důvodu neustálého přínosu velkého množství sedimentu. U jádra ROZ 2/1 bylo viditelné maximum v hloubce 15 – 30 cm, rychlost sedimentace zde pohybovala od cca 0,51 – 1,03 cm/rok. Jádro ROZ 1/1 má naproti tomu dva výkyvy, a sice ten největší je v hloubce 11 cm ( $25 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a další v hloubce 46 cm ( $18 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), rychlost sedimentace je zde cca 1,58 cm/rok, tedy největší z odebraných jader v Rozvadovicích. Jádro ROZ 2/2 má největší maximum v hloubce 39 cm ( $27 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), rychlost sedimentace zde byla pravděpodobně 1,34 cm/rok. U jader z Olomouce - Řepčína byla zjištěna přítomnost  $^{137}\text{Cs}$  pouze u jednoho. U jádra REP 1/1, byla největší naměřená hodnota v hloubce 71 cm ( $189 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), rychlost sedimentace je zde cca 2,45 cm/rok.

V řadě jader je distribuce  $^{137}\text{Cs}$  značně rozkolísaná, často do několika píků. Je pravděpodobné, že některé drobnější píky vznikly v důsledku redepozice kontaminovaného materiálu v povodí Moravy (např. při povodních). Na základě výzkumu, provedené Kielarem a Bábkem roku 2013, byla dolní hranice rychlosti sedimentace v HÚ stanovena na cca 2 cm/rok, přičemž maximální hodnota se pohybovala v rozmezí od 7 – 8 cm/rok. Mnou zjištěné hodnoty rychlosti sedimentace se pohybovaly na vymezeném území v HÚ od 0,5 – 3,38 cm/rok.

### **GRANULOMETRICKÁ ANALÝZA**

Základní vlastností sedimentu je jeho velikost, ta nám pak může pomoci ohledně toho, jak sediment vznikal a při jakém druhu transportu (Pye a Blott 2004). Data z laserové granulometrie byla zpracována do přehlednějšího grafu, s diferenciální rozdělovací funkcí, jenž vyjadřuje četnost

zastoupení částic specifické velikosti (obr. 7). Nejvíce se na složení podílela frakce hrubého siltu až velmi jemného písku. Frakce jílová byla téměř zanedbatelná. Proto jádra odpovídala složení písčitého siltu. Všechna jádra měla velmi monotónní složení, pouze v některých se vyskytovaly patrné laminy s velkým výskytem organické hmoty (listí, klacíky, kořeny) a byly také v různém stádiu rozkladu a některá velmi zapáchala, což svědčilo o redukčním prostředí. Byly zde patrné také organické horizonty, např. u jádra REP 1/1 a HOR 1/1. Vzorky, z celkového množství 11 jader, měly velmi podobnou kumulativní křivku. Průměrně byly jednotlivé frakce zastoupeny v poměru 70 – 90% siltové složky, 10 – 25% písčité a do 5% složky jílovité. Po vysušení byly vzorky sedimentů barvy středně hnědé až tmavě hnědé. Byla zde patrna i laminace lišící se barvou a hrubozrnnější a jemnozrnnější frakcí, často s organickým detritem.

### **VÝVOJ TRENDŮ TĚŽKÝCH KOVŮ**

Při vývoji trendů těžkých kovů u jader odebraných v Charváttech CHR 1, CHR 2, CHR 3 docházelo ke zvyšování As, Pb, Cu a Zn až při povrchu. Naproti tomu u jader z Rozvadovic, ROZ 1/1, ROZ 2/1, ROZ 2/2 docházelo k opačnému trendu, u nich tedy nastával pokles hodnot prvků As, Pb, Cu a Zn při povrchu. Lokalita Horka nad Moravou je naprosto atypická trendem svých křivek, jelikož jsou křivky prakticky vyrovnané, bez žádného výrazného píku. Obohacení kovy As, Pb, Cu, je tedy po celé délce jádra stejné. Pouze křivka Zn vykazuje vyšších hodnot při bázi. Na lokalitě Řepčín docházelo k opačnému trendu vývoji těžkých kovů. As, Pb, Cu vykazovaly nejvyšší obohacení těmito prvky ve střední části jádra a poté byl průběh křivek podobný, u Zn docházelo k vyššímu obohacení při bázi do 60 cm, pak obsah těžkých kovů výrazně klesal. Hodnoty As se na vymezeném území pohybovaly od 8 – 81 ppm. Olovo bylo obohaceno od 23 – 102 ppm, Cu bylo v rozmezí hodnot 22 – 141 ppm a Zn se pohyboval v největším rozsahu hodnot od 62 – 442 ppm. Jak uvedl ve své práci Ettler a kol. roku 2006, olovo je málo mobilním prvkem a jeho obsah směrem do vyšších hloubek postupně klesá. Vyšší obsah Pb může být důsledkem historické kontaminace. Přirozený obsah Pb se pohybuje od 2 – 300 ppm, přičemž průměrné hodnoty jsou stanoveny na 5 – 50 ppm. Olovo se přirozenou cestou do prostředí dostává při zvětrávání, při lesních požárech, z vulkanické činnosti. V důsledku antropogenní činnosti se olovo v prostředí vyskytuje zejména kvůli těžbě a zpracování olova (také i z odpadních vod vzniklých při zpracování), z odpadů z barevné metalurgie a také i ze sklářského průmyslu. Neméně důležitým zdrojem olova je aplikace hnojiv a pesticidů ( Ferrguson 1990). Naproti tomu Zn je poměrně mobilním prvkem, koncentrace Zn se udává od 5 – 300 ppm. V důsledku antropogenního znečištění je zinek v prostředí přítomen zejména z barevné metalurgie, z důlní

činnosti, výroby oceli apod. Přírozenou cestou se zinek dostává do prostředí v důsledku přírodních procesů. Měď, jakožto toxický kov a také jako jeden z nejméně mobilních prvků v půdě, bývá průměrně zastoupen 10 – 50 ppm. Měď se přírozeně do prostředí dostává např. zvětráváním, lesními požáry, rozklady biomasy. Antropogenně je výskyt mědi spojen zejména se spalováním fosilních paliv, z odpadů z barevné metalurgie, z elektrotechnického průmyslu, z komunálního odpadu, apod.

## 14. ZÁVĚR

Tato diplomová práce se sestává z celkem 11 odebraných jader z mrtvých ramen řeky Moravy, na celkem 4 lokalitách (Charváty, Rozvadovice, Řepčín, Horka nad Moravou). Magnetickou susceptibilitu ovlivňuje zrnitost a složení sedimentu. Hodnoty magnetické susceptibility byly značně variabilní a zvýšené hodnoty MS poukazují na výraznější podíl siltové frakce. Při makroskopickém pozorování sedimentů lze spatřit barevnou změnu sedimentu, která je důsledkem oxidačně – redukčních podmínek. Platí, že magnetická susceptibilita se zvyšuje při povrchu a hodnoty kolorimetrie pak klesají, až na výjimky. Na základě spektrální odraznosti ve viditelném světle byly odebrané sedimenty odlišeny tím, že v Rozvadovicích, kde přetrvávalo napojení na tok, docházelo k org. sedimentaci za alespoň minimálního přínosu vody a barva u těchto jader byla více nakloněna k žluté, u zbylých odebraných jader na ostatních lokalitách již nedocházelo ani k částečnému napojení na tok a org. sedimentace tak proběhla v odděleném rameni a tedy bez přínosu vody. Odebrané vzorky sedimentů z mrtvých ramen řeky Moravy se řadí k písčitému siltu, často také u odebraných jader docházelo k laminaci a jádra se sestávala z velkého množství organického materiálu. Nejvíce se na složení podílela frakce hrubého siltu až velmi jemného písku. U těžkého kovu Cu došlo ve vymezeném území na všech lokalitách ke zvýšení hodnot, naproti tomu olovo nevykazovalo žádné nadlimitní koncentrace. Koncentrace zinku byla ve zvýšeném množství pouze na lokalitě Rozvadovice. Ve všech odebraných jader bylo zjištěno velmi vysoké obohacení TOC. Jen jádro REP 1/2 obsahovalo pouze 1,5% C, nejméně ze všech odebraných jader. Naopak nejvyšší obohacení uhlíkem bylo u jádra HOR 1/1, a sice 5,8% C. Na celkovém obohacení TOC se podílejí nejvíce přírodní a také i samozřejmě antropogenní procesy. Takto zjištěné velmi vysoké TOC poukazuje na velkou míru znečištění (také i zakalení) vod na lokalitách, kde byly provedeny odběry. Rychlost sedimentace se na odebraných lokalitách pohybovala od 0,5 cm až do 3,38 cm/rok. Přičemž nejvyšší rychlost sedimentace byla v Olomouci - Charvátech.

## POUŽITÁ LITERATURA

Adámek, Z. - Helešic, J. – Maršálek, B. – Rulík, M. (2010): Aplikovaná hydrobiologie. - Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 77- 80. Vodňany.

Barth, V. – Kopečný, V. – Panoš, V. – Pek, I. – Zapletal, J. (1971): Geologická exkurze do Hornomoravského úvalu a okolí. - Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého. 96 s. Olomouc.

Bábek, O. (2013): Moderní metody stratigrafické analýzy. – Univerzita Palackého v Olomouci. 69 s. Olomouc.

Bencko, V. - Cikrt, M. - Lener, J. (1995): Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. - Grada Publishing. 288 s. Praha.

Borovec, Z. (1994): Mobilita toxických prvků v říčních sedimentech. - Vesmír, 73, 10, 561 - 563. Praha.

Bratránek, A. (1939): Morava. – Ústav hydrologický a hydrotechnický. - Souborná studie hydrologická a vodohospodářská. 85 s. Praha.

Bridge, J. S. (2003): Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record. - Blackwell Publishing, 280 - 295. Malden.

Buday, T. - Cicha, I. - Hanzlíková, E. - Chmelík, F. - Koráb, T. - Kuthan, M. - Nemčok, J. - Pícha, F. - Roth, Z. - Seneš, J. - Scheibner, E. - Stránil, Z. - Vaškovský, I. - Žebera, K. (1967): Regionální geologie ČSSR, II, Západní Karpaty. – Ústřední ústav geologický. 624 s. Praha.

Ciszewski, D. - Czajka, A. - Blazej, S. (2008): Rapid migration of heavy metals and <sup>137</sup> Cs in alluvial sediments, Upper Odra River halley, Poland. – Environmental Geology, Springer-Verlag, 55, 1580-1586.

Collinson, J. D. (1996): Alluvial sediments. In: Reading, H. G.: Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. - Blackwell Science. 37-82.

Constantine, J. A. – Dunne, T. – Piégay, H. – Kondolf, G., M. (2010): Controls on the alluviation of oxbow lakes by bed - material load along the Sacramento River. – Sedimentology, 57, 2, 389-407.

- Czudek, T. (2005): Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru. - Moravské zemské muzeum. 236 s. Brno.
- Čtyroký, P. (1994): Stratigrafie svrchního miocénu a pliocénu Hornomoravského úvalu. – Český geologický ústav. 28 - 31. Praha.
- Demek, J. – Balatka, B. – Láznička, Z. – Linhart, J. – Loučka, J. – Panoš, V. – Raušer, J. – Seichterová, H. – Sládek, J. – Stehlík, O. – Štelcl, O. – Vlček, V. (1965): Geomorfologie českých zemí. – Nakladatelství československé akademie věd. 335 s. Praha.
- Demek, J. (1983): Nauka o krajině. – Státní pedagogické nakladatelství. 234 s. Praha.
- Demek, J. – Mackovčín, P. – Balatka, B. (2006): Zeměpisný lexikon ČR, hory a nížiny. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 590 s. Praha.
- Dvořák, J. (1987): Paleozoikum Drahanské vrchoviny a jejího JV okolí. - Ústřední ústav geologický. 147 s. Praha.
- Di Toro, D. M. - Mahony, J. D. - Hansen, D. J. - Scott, K. J. - Carlson, A. R. - Ankley, G. T. - (1992): Acid volatile sulphide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. - Environmental Science and Technology, 26, 95–100.
- Ettler, V. – Mihaljevič, M. – Šebek, O. – Molek, M. – Grygar, T. – Zeman, J. (2006): Geochemical and Pb isotopic evidence for sources and dispersal of metal contamination in stream sediments from the mining and smelting district of Příbram, Czech Republic, Environmental Pollution, 142: 409-417.
- Fergusson, J. E. (1990): The Heavy Elements - Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. - Pergamon Press. 382 - 399.
- Förstner, U. (2004): Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers - an interdisciplinary approach. - Lakes and Reservoirs, Research and Management, 9, 25–40.
- Hladil, J. (1983): Cyklická sedimentace v devonských karbonátech macošského souvrství - Zemní plyn a nafta, 28, 1, 1–14. Hodonín.
- Hudson – Edwards, K. (2006): Fluvial environments. 75-143. In: Perry C., Taylor K. (2006): Environmental Sedimentology. 416 s.

- Chlupáč, I. - Zukalová, V. (1982): Stratigrafická klasifikace nemetamorfovaného devonu moravskoslezské oblasti. - Časopis pro mineralogii a geologii, 27, 3, 225 - 241. Praha.
- Chlupáč, I. – Brzobohatý, R. – Kovanda, J. – Stráník, Z. (2002): Geologická minulost České republiky. - Nakladatelství Akademie věd České republiky. 436 s. Praha.
- Jones, K. C. - de Voogt, P. (1999): Persistent organic pollutant (POPs): State of the science. - Environmental Pollution, 100, 209-221.
- Julien, P. – Shah - Fairbank, S. – Kim, J. (2008): Restoration of Abandoned Channels - Colorado State University. - Engineering Research Center, Department of Civil and Environmental Engineering. 49 s.
- Just, T. - Matoušek, V. – Dušek, M. – Fischer, D. – Karlík, P. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. - Český svaz ochránců přírody. - Ekologické služby. 359 s. Praha.
- Kafka, Z. - Punčochářová, J. (2002): Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. - Chemické listy, 96, 611-617. Praha.
- Kielar, O. – Bábek, O. (2013): Rychlosti sedimentace recentních fluviálních sedimentů v mrtvých ramenech Moravy mezi Postřelmovem a Olomoucí. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku. 45 – 48. Brno.
- Křížek, M. (2007): Údolní niva jako geomorfologický fenomén. In: Langhammer, J. (ed.): Povodně a změny v krajině. - Nakladatelství P3K, 169 - 186. Praha.
- Kumpera, O. – Martinec, P. (1995): The development of the Carboniferous accretionary wedge in the Moravian – Silesian Paleozoic Basin. – Journal of the Czech Geological Society, 40, 1-2, 47 – 64.
- Malý, J. (1986a): Hornomoravský úval – hydrogeologická syntéza - Závěrečná zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu kvartéru Hornomoravského úvalu. – Geotest. Brno.
- Malý, J. (1986b): Pliopleistocenní uloženiny Hornomoravského úvalu severně od Olomouce - Závěrečná zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu plioleistocenních uloženin Hornomoravského úvalu severně od Olomouce. – Geotest. Brno.



Máčka, Z. – Ondruch, J. – Michalková, M. (2011): Geomorfologické a vegetační změny opuštěného meandru Moravy v oblasti Osypaných břehů pět let po odškrcení. - Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 2, 37- 42, Brno.

Mestek, O. (2010): Stanovení prvků pomocí přenosného rentgenově fluorescenčního analyzátoru. – Vysoká škola chemicko – technologická v Praze. 19 s. Praha.

Miller, J. R. - Orbock Miller, S. M. (2007): Contaminated Rivers - A Geomorphological-Geochemical Approach to Site Assessment and Remediation. – Springer Science & Business Media. 418 s.

Mísař, Z. (1965): Regionální geologie ČSSR: oblast moravskoslezská. - Československá akademie věd. 205 s. Praha.

Mísař, Z. - Dudek, A. – Havlena, V. – Weiss, J. (1982): Geologie ČSSR I, Český masiv. - Státní pedagogické nakladatelství. 333 s. Praha.

Müller, G. (1979): Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. – GeoJournal, 2, 108-118.

Müller, P. - Novák, Z. - Bubík, M. - Buriánková, K. - Čurda, J. - Eliáš, M. - Gregerová, M. - Grym, V. - Hanák, V. - Hanžl, P. - Havlíček, P. - Hrádek, M. - Kadlec, J. - Krejčí, O. - Květoňová, E. - Melichar, R. - Müller, V. - Müllerová, H. - Novák, M. - Otava, J. - Pálenský, P. - Petrová, P. - Píše, J. - Sedlák, J. - Šmerdová, B. - Varloch, K. - Vít, J. (2000): Geologie Brna a okolí. - Český geologický ústav. Praha.

Nehyba, S. - Tomanová Petrová, P. - Zágöršek, K. (2008): Sedimentological and palaeocological records of the evolution of the south-western part of the Carpathian Foredeep (Czech Republic) during the Early Badenian. - In: Geological Quarterly, 52 (1), 45-60.

Ondračka, I. - Karkošová, A. - Fiala, L. - Čmelík, M. - Menzl, M. (2003): Přírodní a technická památka Bařův kanál. – Studie povodí Moravy a. s. Veselí nad Moravou. (*nevydáno*)

Quitt, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. – Nakladatelství Academia. 73 s. Brno.

Perry, C. - Taylor, K. (2007): Environmental Sedimentology. - Blackwell Publishing, 447 s.

- Pitter, P. (1999): Hydrochemie, 2. přepracované a rozšířené vydání. – Státní nakladatelství technické literatury. 565 s. Praha.
- Pye, K. – Blott, S. (2004): Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purpose using laser granulometry.- Forensic Science International, 144, 19- 27.
- Reidinger J. (1995): Ochrana před povodněmi v ČR. - Sborník ze semináře Povodňová ochrana na Labi, Povodí Labe, a. s., 298 - 310. Hradec Králové.
- Růžička, M. (1989): Pliocén Hornomoravského úvalu a Mohelnické brázdy. – Sborník geologických Věd. 19, 129 – 151. Praha
- Rybka, V. (1996): Od pramenů Moravy po Napajedelskou bránu, zeměpisná charakteristika. – Nakladatelství Veronica, 10, 3, 3- 12. Brno.
- Reineck, H. E. – Singh, B. (1980): Depositional sedimentary environments. – Verlag Springer. 549 s.
- Simpson, S. L. - Batley, G. E. - Chariton, A. A. - Stauber, J. L. - King, C. K. - Chapman, J. C. - Hyne, R. V. - Gale, S. A. - Roach, A. C. - Maher, W. A. (2005): Handbook for Sediment Quality Assessment. – CSIRO publishing. 117 s.
- Sturmová, J. (1996): Deprese Hornomoravského úvalu vyplněné štěrkopískou ve vztahu k podzemní vodě, diplomová práce. - Katedra geologie a paleontologie přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Brno.
- Svoboda, J. – Chaloupský, J. - Dohnal, Z. – Václ, J. (1962): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1:200000. - Geofond v nakladatelství Československé akademie věd. 124 s. Praha.
- Tolasz, R. – Brázdil, O. – Dobrovolný, P. – Dobrovský, M. – Hájková, L. – Halasová, O. – Hostýnek, J. – Janouch, M. – Kohout, M. – Krška, K. – Křivancová, S. – Květoň, V. – Lepka, Z. – Lipina, P. – Macková, J. – Metelka, L. – Míková, T. – Mrkvica, Z. – Možný, M. – Nekovář, J. – Němec, L. – Pokorný, J. – Reitschläger, J., D. – Richterová, D. – Rožnovský, J. – Řepka, M. – Semerádová, D. – Sosna, V. – Stříž, M. - Šercl P. – Šlachová, H. – Štěpánek, P. – Štěpánková, P. – Šuvanírová, P. – Trnka, M. – Valeriánová, A. – Valter, J. – Vaníček, K. – Vavruška, F. - Voženílek, V. – Vráblík, T. – Vysoudil, M. – Zahradníček, J. – Zusková, I. – Žák, M. – Žalud, Z. (2007): Atlas podnebí Česka. – Český hydrometeorologický ústav. 256 s. Praha.

- Šafář, J. - Mackovičín, P. - Sedláček, M. (2003): Olomoucko: Chráněná území ČR, svazek VI. – Agentura pro ochranu přírody a krajiny ČR, EkoCentrum Brno. 454 s. Praha.
- Veselý, J. (1994): Kontaminace českých řek stopovými prvky- O prvé regionální studii říčních sedimentů v České republice. - Vesmír, 73, 10, 558–562. Praha.
- Vlček, V. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR, vodní toky a nádrže. – Nakladatelství Academia. 96 s. Praha.
- Walker, R. G. (1984): Facies models, Second edition. – Geology Association of Canada department of Earth Sciences. 317 s.
- Zapletal, J. - Dvořák, J. - Kumpera, O. (1989): Stratigrafická klasifikace kulmu Nízkého Jeseníku. - Věstník Ústředního ústavu geologického, 64, 4, 243 - 250. Praha.
- Zbiral, J. (2002) Analýza půd III: jednotné pracovní postupy. - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Laboratorní odbor. 197 s. Brno.

## **INTERNETOVÉ ZDROJE**

Maps.Google.com[online].[citováno2015-06-29].Dostupné z URL.

<<http://www.maps.google.com/>>

Mapa kontaminace půdy České republiky [online]. Vydáno 2011,[cit. 2016-03-27]. Dostupné z URL. <[http:// https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/Zprava%202011%20-%202022%20-%20Kontaminace%20pudy%20Ceske%20republiky%20137Cs%20-%20Mapa.pdf](http://https://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/plosna-aktivita-radionuklidu-zjistena-ve-vzorcich-odebranych-pud/Zprava%202011%20-%202022%20-%20Kontaminace%20pudy%20Ceske%20republiky%20137Cs%20-%20Mapa.pdf)>.