

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Makrozoobentos řeky Olše v Třinci

Šárka Pidaničová

Bakalářská práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Bc. v oboru
Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D.

Olomouc 2018

Pidaničová, Š. (2018): Makrozoobentos řeky Olše v Třinci. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 50 pp., v češtině.

Abstrakt

Práce se zaměřuje na průzkum složení makrozoobentosu řeky Olše v Třinci. Cílem bylo zjistit druhovou bohatost a faunistickou podobnost makrozoobentosu na vybraných lokalitách a možnou přítomnost těžkých kovů ve vodě a sedimentech, abychom potvrdili nebo vyvrátili možný vliv provozu Třineckých železáren – Moravia Steel na vodní biotu v daném toku. Odběr vzorků vody a sedimentů pro analýzu na těžké kovy a měření základních fyzikálních a chemických vlastností vody proběhl 27. 5. 2017. Vzorky makrozoobentosu byly odebírány 26. 11. 2016, 27. 5. 2017 a 31. 8. 2017 na třech lokalitách a následně determinovány. Pomocí Jaccardova a Sørensenova indexu byla vypočtena faunistická podobnost lokalit. Měření základních fyzikálních a chemických parametrů prokazatelně detekovalo zvýšené hodnoty na lokalitě za areálem železáren. Výsledky analýzy vzorků vody na těžké kovy prokázaly zvýšené hodnoty na lokalitě za železárnami, mimo kadmia, to nebylo detekováno. V sedimentech byla zaznamenána pouze přítomnost zinku, chromu a železa na lokalitě za železárnami. Celkem bylo nalezeno a determinováno 4618 jedinců v 72 taxonech. Všechny taxony patřily k běžnějším taxonům. Třinecké železářny – Moravia Steel tedy mají vliv řeku Olši, ale ne v takové míře, aby to ovlivnilo makrozoobentos.

Klíčová slova: faunistická podobnost, makrozoobentos, řeka Olše, těžké kovy, znečištění

Pidaničová, Š. (2018): Macrozoobenthos in the Olše River in Třinec. Bachelor's Thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc, 50 pp., in Czech.

Abstract

The thesis focuses on the exploration of the composition of the macrozoobenthos in the Olše river in Třinec. Its goal was to determine the richness and faunistic similarity of macrozoobenthos at chosen sites and the possible presence of heavy metals in water and sediments in order to confirm or refute the possible influence of Třinecké železářny - Moravia Steel on the aquatic biota in the given stream. Sampling of water and sediments for analysis of heavy metals and measurements of the basic physical and chemical properties of water took place on 27. 5. 2017. Samples of macrozoobenthos were collected on 26. 11. 2016, 27. 5. 2017 a 31. 8. 2017 at three locations and then determined. We calculated faunistic similarity of sites by using Jaccard and Sørensen indexes. The measurement of basic physical and chemical parameters has detected increased values at the site behind the ironworks. The results of the water sample analysis for heavy metals proved increased values at the location behind the ironworks, except cadmium, which was not detected. In sediments was recorded only the presence of zinc, chromium and iron at the site behind the ironworks. We have found and determined 4618 specimens belonging to 72 taxa in total. All taxa were among the more common taxa. Třinecké železářny - Moravia Steel affects the river Olše, but not to such an extent that it affects the makrozoobenthos.

Key words: faunistic similarity, macrozoobenthos, river Olše, heavy metals, pollution

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Makrozoobentos řeky Olše v Třinci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Martina Rulíka, Ph.D., a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci

.....
Podpis

Obsah

Seznam tabulek	viii
Seznam obrázků	ix
Poděkování	x
1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	3
3. Studovaná problematika.....	4
3.1 Revitalizace řeky Olše v intravilánu města Třince.....	4
3.2 Těžké kovy	5
3.3 Bentál	6
3.4 Bentos.....	7
4. Materiály a metody	8
4.1 Charakteristika města Třince.....	8
4.2 Třinecké železářny – Moravia Steel.....	9
4.2.1 Historie.....	9
4.2.2 Vodní hospodářství	10
4.2.3 Životní prostředí.....	11
4.3 Řeka Olše	11
4.4 Popis lokalit.....	14
4.4.1 Lokalita Vendryně	16
4.4.2 Lokalita Třinec	17
4.4.3 Lokalita Ropice	18
4.5 Metody měření fyzikálních a chemických vlastností vody	19
4.6 Odběr vzorků vody a sedimentů.....	19
4.7 Odběr vzorků bentosu	20
4.8 Indexy druhové podobnosti	21

5. Výsledky	22
5.1 Základní fyzikální a chemické vlastnosti vody	22
5.2 Analýzy vzorků na těžké kovy	23
5.3 Přehled zachycených taxonů	27
5.4 Indexy druhové podobnosti	30
6. Diskuze.....	31
7. Závěr	36
8. Seznam použité literatury.....	37
8.1 Knižní zdroje	37
8.2 Elektronické zdroje	40

Seznam tabulek

Tab. 1: Naměřené hodnoty základních fyzikálních a chemických vlastností vody	22
Tab. 2: Obsah těžkých kovů ve vodě	24
Tab. 3: Obsah těžkých kovů v sedimentech.....	24
Tab. 4: Meze detekce pro těžké kovy.....	25
Tab. 5: Mezní hodnoty tříd jakosti vod.....	25
Tab. 6: Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v sedimentu v mg.kg ⁻¹ sušiny.....	26
Tab. 7: Přehled zachycených taxonů.....	27–29

Seznam obrázků

Obr. 1: Tok řeky Olše v České republice	13
Obr. 2: Tok řeky Olše v Moravskoslezském kraji	13
Obr. 3: Umístění vybraných lokalit na mapě	15
Obr. 4: Lokalita Vendryně	16
Obr. 5: Lokalita Třinec.....	17
Obr. 6: Lokalita Ropice.....	18

Poděkování

Moje poděkování za podporu a cenné rady při tvorbě této bakalářské práce patří především panu doc. RNDr. Martinu Rulíkovi, Ph.D., vedoucímu mé práce. Za pomoc s chemickou částí této práce bych chtěla poděkovat panu RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D., který mě trpělivě provázel všemi testy a analýzami potřebnými k dokončení této části bakalářské práce. V neposlední řadě bych svůj dík ráda vyjádřila panu Mgr. Lukáši Weberovi, který mi ochotně pomáhal s výpočty indexů podobnosti. Oporou mi byla také má rodina, která mě podporovala a dávala neocenitelné rady a nápady, jak tuto práci vylepšit, za což jsem jí velmi vděčná.

V Olomouci, 3. 5. 2018

1. Úvod

Ve světě v posledních několika desetiletích narůstá potřeba zabývat se ekologickými tématy a ochranou životního prostředí. Stále se objevují nové trendy, které mají pomoci naši přírodu chránit a zachovat ji pro budoucí generace. Jedním z trendů moderní doby je i revitalizace vodních toků, neboli obnova a oživení řek. Státy, firmy i jednotlivci se snaží o obnovu života v řekách, které byly znečištěny například průmyslovou výrobou. Jednou z těchto firem v České republice jsou i Třinecké železárny – Moravia Steel, které jsou významným českým výrobcem ocelových dlouhých válcovaných výrobků a dlouhodobě jsou jedním z největších průmyslových podniků na severovýchodě českého Slezska [1].

V rámci svého provozu podnik využívá řeku Olši, která protéká celým areálem Třineckých železáren, jako zdroj vody pro svůj provoz, hlavně pro chlazení přístrojů použitých při výrobních procesech. Poté, co vodu z řeky železárny použijí, putuje do čističky odpadních vod, kde je vyčištěna a vrácena zpět do říčního koryta. S ohledem jak na šetrné nakládání s povrchovými zdroji vod, tak na nízký stupeň znečištění odpadních vod vypouštěných do řeky Olše, zavedly železárny systém uzavřených vodních okruhů a čistíren odpadních průmyslových vod [2].

Voda, která však prošla průmyslným zpracováním a následným čištěním, není nikdy stoprocentně čistá. Vždy obsahuje určité množství částic, které při případné sedimentaci na dně řeky mohou mít akumulaci tendenci. Některé látky jsou ve vyšších koncentracích pro životní prostředí nebezpečné, dokonce toxické. Tyto látky mají vliv na celou biotu prostředí.

Mezi toxické látky patří právě těžké kovy. Termín těžké kovy zahrnuje kovové prvky s atomovou hmotností větší než 40, ale s výjimkou kovů alkalických zemin, alkalických kovů, lanthanidů a aktinidů (Abel, 2000). Jejich významnou negativní schopností je vysoká schopnost kumulovat se v sedimentech a ve vodní flóře a fauně. Ukazatelem celkového skutečného znečištění vodního prostředí není pouze koncentrace těchto kovů ve vodě, ale hlavně obsah kovů v sedimentech a především ve fauně v daném biotopu.

Tento jev popisuje bioakumulace. Bioakumulace je obecně používaný termín, který popisuje retenci polutantu v nějaké živé složce společenstva, a vyjadřuje tedy čistý výsledek akumulace perzistentní kontaminující látky, která je rychlejší než její uvolnění

(Adámek a kol., 2010). V této práci budou zjišťovány koncentrace kadmia, chromu, mědi, niklu, olova, zinku a železa ze vzorků vody i sedimentů ze tří sběrných lokalit.

Rozhodli jsme se zkoumat složení makrozoobentosu, vodních bezobratlých větších než 1 mm, v oblasti Třineckých železáren. Jednotlivé druhy makrozoobentosu jsou citlivé na obsah látek rozpuštěných ve vodním prostředí. Podle množství a druhu látek rozpuštěných ve vodě se mění i diversita bentosu na jednotlivých úsecích toku v rámci jedné řeky. Reakcí makrozoobentosu na různé polutanty, mezi něž patří i těžké kovy, se zabývají i tyto studie: Rosenberg a Resh (1993), Metcalfe-Smith (2009), Bere a kol. (2015), Yanygina (2017), Dalu a kol. (2017), Qu a kol. (2017).

Na základě studia bentosu, chemických analýz vzorků vody a sedimentů a dostupné literatury k danému tématu budeme vyhodnocovat možný vliv provozu Třineckých železáren na biotu řeky Olše.

2. Cíle práce

V této bakalářské práci budeme určovat druhovou bohatost a faunistickou podobnost makrozoobentosu na vybraných úsecích řeky Olše v intravilánu města Třince. Na stejných lokalitách jednorázově změříme základní parametry vodního prostředí (pH, vodivost, rozpuštěný kyslík), abychom získali další informace o zkoumaných lokalitách.

Budeme zjišťovat též možnou přítomnost těžkých kovů a železa překračujících stanovenou mez výskytu ve vodě a sedimentech, abychom potvrdili, nebo vyvrátili případný vliv provozu Třineckých železáren na vodní biotu v daném toku.

3. Studovaná problematika

3.1 Revitalizace řeky Olše v intravilánu města Třince

V důsledku vývoje společnosti, ekonomického růstu a rozvoje průmyslu se v posledních několika desetiletích stává stále více prioritní ochrana přírody a přírodních zdrojů. Proto se stále více firem a měst zapojuje do různých ekologických projektů, mezi něž patří i revitalizace blízkého okolí.

Ani město Třinec není výjimkou, jelikož se aktivně podílí na revitalizaci toku řeky Olše, která jím protéká. Pro Třinec a jeho obyvatele je voda v řece velmi důležitá, protože zavlažuje přilehlé pozemky, díky čemuž mohou majitelé oněch pozemků pěstovat plodiny pro svou obživu. Na březích řeky je hojná vegetace, která prospívá pastevectví. Pasou se zde hlavně ovce a kozy, jež produkují mléko, sýry a vlnu.

Představitelé města se proto shodli na záměru chránit okolí řeky a rozhodli se vytvořit projekt Revitalizace povodí Olše. Tento projekt probíhal v letech 2009 až 2011 a byl spolufinancován z Fondu soudržnosti a Státního fondu životního prostředí ČR. Slavnostně byl ukončen 26. září 2011 v obci Vendryně po splnění všech předložených cílů. Jelikož řeka Olše, občany přilehlých měst nazývaná Olza, neprotéká pouze Třincem, ale i jinými městy, projektu se zúčastnilo celkem 8 obcí ležících na povodí Olše. Jmenovitě to byly Mosty u Jablunkova, Jablunkov, Návsí, Bystřice, Vendryně, Český Těšín a Těrlicko [3].

V každé z uvedených obcí se jeho představitelé snažili o zlepšení situace v povodí. V obcích Mosty u Jablunkova, Jablunkov a Návsí podpora revitalizace spočívala ve vybudování splaškové kanalizace, aby se splašky a jiný organický odpad nezákonně nevléval do povodí Olše. Obec Bystřice přispěla k obnově povodí hlavně stavbou čistírny odpadních vod. V Bystřici poté pokračovali rekonstrukcí stávající kanalizační sítě a vybudovali novou kanalizační síť v místech, kde dosud chyběla. Český Těšín a Těrlicko se zapojily do tohoto projektu stavbou a rekonstrukcí staré kanalizační sítě [3].

V obci Vendryně projekt spočíval ve stavbě soustavné kanalizační sítě, jelikož odpadní a splaškové vody v dané obci byly sváděny do žump či septiků. Tato zařízení na skladování splašků však byla ve velmi nevyhovujícím stavu a jejich obsah byl často nelegálně vypouštěn do povodí Olše, což vedlo k jejímu znečišťování.

Tato nově vybudovaná kanalizační síť je v současné době napojena na kanalizaci města Třince a je sváděna do čističky odpadních vod.

V zájmové oblasti města Třince byla výstavba rozdělena do 6 dílčích částí. Hlavním cílem bylo postavit dvě čističky odpadních vod v aglomeraci zmiňovaného města, a to v Kojkovicích a v lokalitě Dolní Líštná – Němcův kopec. Součástí projektu byla i výstavba cca 10 860 m kanalizace v různých částech města a přilehlých obcích patřících k Třinci. Došlo také k likvidaci septiků v části Třinec – Podlesí a Dolní Líštná – Němcův kopec [4].

Tento projekt byl významným přínosem pro ochranu životního prostředí v blízkém okolí, a to hlavně díky potenciálu zlepšit kvalitu vody v toku pomocí odstranění soustavného znečišťování splašky. Bylo vybudováno celkem 5 čistíren odpadních vod, 93 734 m nové kanalizace a bylo zrekonstruováno 2 431 m stávající kanalizace [4].

3.2 Těžké kovy

Ve vodách se přirozeně vyskytují různé kovy, polokovy a prvky vzácných zemin. Jednou z možných cest, jak se kovy dostávají do prostředí, je výrobní činnost, kde dochází například ke zpracování rud a pokovování výrobků (Hartman a kol., 2005). Tyto procesy používají v rámci svého provozu i Třinecké železářny – Moravia Steel.

Z chemického hlediska jsou za těžké kovy považovány kovy se specifickou hmotností vyšší než $0,5 \text{ g/cm}^3$. Další definice stanovuje těžké kovy jako kovy, jejichž soli se srážejí se sulfidem sodným za vzniku málo rozpustných sulfidů. Tyto kovy se normálně vyskytují v zemské kůře. Nelze je degradovat ani zničit. V této práci se budeme zabírat pouze určitou částí těchto prvků, která dokáže způsobovat škody v životním prostředí, a to jak prostřednictvím některých svých sloučenin, tak i svou vyšší koncentrací v daném biotopu.

Za nejdůležitější kovy, co se týče znečišťování životního prostředí, jsou považovány zinek, nikl, měď, olovo, kadmium a chrom. Jelikož ale železářny v rámci své výroby zpracovávají i železo, které je ve větších koncentracích pro vodní biotu toxické, budeme se zabývat i jím (Vuori, 1995).

Mezi hlavní problémy souvisejícími s obsahem těchto kovů je patrně schopnost tvorby organokovových komplexů a vysoký potenciál akumulace v prostředí a v organismech (Markert, 2007). Kovy mají tendenci se ukládat v sedimentech, kde žije makrozoobentos, a tudíž s nimi přijde do styku. Vysoký obsah kovů v sedimentech nevyhovuje některým druhům makrozoobentosu, a proto se buď sníží počty jedinců, nebo vymizí úplně.

3.3 Bentál

Pojem bentál označuje oblast dna vodních útvarů od jejich břehů do hlubin. Jednoduše řečeno, bentál označuje dno vodního útvaru. V případě řeky je to její koryto. Na dně koryta řeky je rychlost proudu nižší, než je tomu u volné vody, a také v hloubkách je intenzita světla mnohem menší (Lellák, Kubíček, 1992).

Co se týče materiálu dna koryta, ten je odlišný jak kvalitativně, tak kvantitativně, a to v příčném i podélném profilu. V prudce tekoucích řekách převládá kamenité dno se štěrkopísky, jelikož menší sedimenty jsou proudem odnášeny do klidnějších částí toku. Dnu mírně tekoucích vod dominují štěrkopísky a písky, protože se zde začíná ukládat materiál. Ale i zde je proud dostatečně silný na to, aby malé částičky sedimentů odnášel do další části toku. Nejmenší částice, písky a bahno, se ukládají až v klidných, téměř stojatých vodách lenitických řek (Lellák, Kubíček, 1992).

Když chceme studovat oživení dna toků, musíme mít na mysli, že plocha hladiny není adekvátní celkové ploše kamenů na dně (Lellák, Kubíček, 1992). Plocha kamenů, která je osídlena živočichy, není rovnoměrná. Vše závisí na velikosti, tvaru a expozici kamenů. Kameny větších velikostí mají trvale pod vodní hladinou pouze část své celkové plochy, proto jsou méně osídleny než kameny menších rozměrů. Nejvíce osídleny jsou kameny středních velikostí, jelikož jsou celou plochou pod vodní hladinou a poskytují ideální útočiště pro živočichy.

Oživení dna závisí také na nárostech vegetace v korytě řeky a na listovém opadu, který se zde během roku objevuje. Slouží totiž jako kolonizovatelný podklad pro různé populace živočichů.

3.4 Bentos

Pojmem bentos rozumíme biocenózu, která je vázaná na podklad vodního objektu. Patří do ní živočichové, rostliny i mikroorganismy. Bentos dělíme dle systematické příslušnosti na fytobentos (rostlinné organismy) a zoobentos (živočišné organismy). Podle velikosti jej dělíme na mikrobentos (do velikosti 0,1 mm), meiobentos (0,1 mm až 0,5 mm) a makrobentos (velikost větší než 1 mm). V této bakalářské práci se budeme zabývat právě makrozoobentosem [5].

Základním faktorem, který určuje druhové složení a dynamiku zoobentosu, je rychlost vodního proudu. Aby živočichové přežili, musely se u nich vyvinout nápadné adaptace na podmínky vyskytující se v rychle tekoucí vodě. Mezi ně patří např. přísavky, lepivé žlázy, ploché tělo a těžké schránky, které chrání tělo. Avšak u živočichů žijících pod kameny nebo v klidně tekoucí vodě nebyl vývoj různých morfologických adaptací zapotřebí (Hartman a kol., 2005).

Makrozoobentosu se v praxi využívá například jako bioindikátoru znečištění vodních toků. Jako indikátor je ideální nejen díky své schopnosti reagovat na různé disturbance a zhoršení životních podmínek ve svém přirozeném prostředí, ale také díky své abundanci a diversitě (Rosenberg, Resh, 1993).

4. Materiály a metody

4.1 Charakteristika města Třince

Třinec se nachází v nejvýchodnější části Moravskoslezského kraje České republiky. Město je vzdáleno cca 20 km od hranic s Polskem a cca 2 km od hranic se Slovenskem.

Z hlediska geomorfologického členění v rámci České republiky je město součástí provincie Západních Karpat, soustavy Vnějších Západních Karpat, podsoustavy Západních Beskyd a Západobeskydského podhůří. Skoro polovina území města Třince se nachází v celku Podbeskydská pahorkatina. Můžeme zde nalézt flyšové jíly, pískovce, jílovce spadající pod slezskou a podslezskou jednotku a také kvartérní sedimenty, mezi něž patří náplavové kužely sprašových hlín. Celým městem protéká řeka Olše, která významně ovlivňuje přilehlé území. V okolí řeky nalezneme nivní půdy s charakterem semiglejů nebo oglejených nivních zemí. Nížiny jsou charakteristické hnědými lesními půdami, které jsou hlinité nebo jílovohlinité. Ve sníženinách se nachází půdy glejové a ve vyšších polohách zase pseudogleje a glejové fluvizemě. Na výchozech vápenitých pískovců se vyskytují pararendziny (Demek, Mackovcin a kol., 2006). V rámci klimatologického členění spadá Třinec do oblasti mírně teplé, s průměrnými úhrny srážek přes 800 mm za rok.

Z hlediska druhové diverzity bezobratlých na tom Třinec není špatně. V 80. letech minulého století se na území běžně vyskytoval rak říční (*Astacus fluviatilis*). Vyskytuje se zde i levatka ostrá (*Physa acuta*). Z hmyzu se na daném území vyskytuje jepice obecná (*Ephemera vulgata*), jepice západní (*Ephemera danica*), motýlice obecná (*Calopteryx virgo*) a motýlice lesklá (*Calopteryx splendens*). V tocích můžeme nalézt schránky chrostíků, ploštěnku potoční (*Dugesia gonocephala*) a larvy pošvatek (Cichá a kol., 2000).

Město se však zapsalo do povědomí spoluobčanů hlavně díky Třineckým železárnám – Moravia Steel, celostátně i nadnárodně významnému výrobcí válcované oceli. Odběry pro praktickou část této práce byly prováděny v intravilánu města [6].

4.2 Třinecké železářny – Moravia Steel

Železářny jsou největší českou hutí s domácím kapitálem a vyrábí nejvíce oceli v České republice. Své produkty vyváží do více než 60 zemí všech světadílů. Taktéž patří k významným průmyslovým uskupením ve střední Evropě spolu se svými dceřinými společnostmi. Mezi hlavní produkty patří kolejnice, válcovaný drát, válcované tyče, bezešvé trubky, lité a válcované polotovary a také tažená ocel [1].

4.2.1 Historie

V roce 1836 byla zahájena stavba první pece na dřevěné uhlí na základě rozhodnutí Těšínské komory, což vedlo k rozvoji města Třince. V oblasti města se nacházela naleziště kvalitní železné rudy s nízkým obsahem manganu, a proto byla roku 1842 zprovozněna první slévárna a roku 1845 smaltovna. Díky těmto zařízením byly hlavními marketingovými artikly nově vznikajících železáren strojní a stavební litiny a také smaltované hrnce (Wawreczka, 1997).

V 60. letech 19. století docházelo na území města Třince k velkému rozvoji hutnictví, což mělo za následek zvýšení poptávky po železné rudě, surovém železe a palivech. Dalším důležitým aspektem pro rozvoj Třineckých železáren bylo dostavění Košicko-bohumínské dráhy roku 1871. Díky tomuto kroku byla usnadněna doprava dobře koksovateľného uhlí z Ostravsko-karvinských dolů a kvalitních železných rud ze Slovenska do železáren na další zpracování. Spolu se zprovozněním první koksovný v roce 1873 byly vystavěny striktně koksové vysoké pece I a II, a to v letech 1872–1874 (Wawreczka, 1997).

Další rozvoj železáren byl zapříčiněn přesunutím ocelárny z Karlovy hutě a válcovny z Hildegardiny hutě v Ustroni v letech 1877–1878. Vznikaly nové provozy a stoupala spotřeba paliva, proto byla vystavěna tzv. III. koksová baterie. Na počátku 20. století převzal vedení železáren nový majitel. Následovala rozsáhlá modernizace provozu, elektrifikace a celková reorganizace. V té době vznikla i ochranná známka železáren, která má tvar tří kladiv v kruhu.

Rozvoj železáren byl pozastaven v období první světové války, nejvíce v období bojů o Těšínské Slezsko, které skončily v roce 1920 po uplatnění českých nároků. V roce 1938 však došlo k záboru železáren, kdy se z nich stala nejmodernější huť

Polska. Později je zabralo Německo, které provoz železáren používalo pro zbrojní výrobu (Wawreczka, 1997).

Druhá světová válka neměla na železářny příliš velký dopad. Avšak v poválečném Československu byl kladen velký důraz na těžký průmysl, a proto nastal další rozvoj Třineckých železáren. Hlavním vývozním produktem se v té době staly válcované polotovary a kolejnice. Rokem 1996 skončila post-komunistická privatizace a Třinecké železářny se staly kompletně soukromou firmou (Wawreczka, 1997).

4.2.2 Vodní hospodářství

Již v minulosti byla voda nepostradatelnou surovinou pro chod Třineckých železáren – Moravia Steel. Olše byla využívána pro přepravu dřeva, které se využívalo k topení. Voda byla jedinou hnací silou při rozvoji železáren do 70. let 19. století. S růstem počtu provozů rostly i nároky na vodu v původní vodní nádrži (Cichá a kol., 2000).

Voda z řeky byla tehdy využívána jako zdroj pro hutnické procesy. Řeka sloužila také jako kanál pro odvod odpadních vod a splašků. Bohužel však neexistovaly žádné technologie v rámci čištění odpadních vod. Později byla voda přiváděna do areálu vodovodem z Těrlické přehrady, jelikož rapidně vzrostla její spotřeba (Wawreczka, 1997).

V současné době se železářny snaží o likvidaci ekologických zátěží, které za posledních 170 let způsobily. Nespočetné investice do projektů zabývajících se zlepšením životního prostředí a používaných technologií nesou své ovoce. Je pozorován klesající trend v množství vypouštěných emisí a zlepšení životního prostředí. Například v roce 2014 snížily množství emisí na mokřích odlučovačích o 50 % v mg/m^3 v porovnání s rokem 2011 na rekonstruovaných zdrojích. V roce 2016 se snažily předcházet riziku znečištění spodních vod a vzniku havárie nebo požáru (Walica, 2016).

Řeka Olše je dodnes nedílnou součástí provozu železáren. Voda z ní je využívána k chlazení vysokých pecí, k čištění plynů, skrápění strusky, k dopravě struskového granulátu a dalším činnostem. Voda z řeky je rovněž využívána ke zpracování na tzv. koupelenskou vodu, která slouží k osobní hygieně zaměstnancům železáren i dalších dceřiných společností (Ondraszek a kol., 2009).

4.2.3 Životní prostředí

V rámci svého podnikatelského programu se železářny snaží o ochranu životního prostředí a o snížení ekologické zátěže svého okolí. Zavedly například systém uzavřených vodních okruhů a čistíren odpadních průmyslových vod, čímž zajišťují šetrné nakládání s povrchovými zdroji vod a nízký stupeň znečištění odpadních vod vypouštěných do vodního toku [2].

Pečují dokonce o biokoridor vedoucí podél řeky Olše a snaží se řešit staré ekologické zátěže, které zde vznikaly díky provozu železáren v minulosti. Zavedly optimální hospodaření s energiemi, které vede ke snižování energetické náročnosti [2].

4.3 Řeka Olše

Olše pramení v Polsku nedaleko vesnice Jistebná ve Slezských Beskydech a spadá do povodí Odry a do úmoří Baltského moře (viz Obr. 2). Její povodí, které je tvořeno ze 49 větších přítoků, z ní činí druhou nejdelší řeku na území Slezských Beskyd. Celková délka řeky je 99 km a protéká dvěma státy. Z celkové délky je 48,5 km od ústí až po město Třinec upraveno člověkem [7].

Přímo na řece leží několik větších měst, mezi ně patří Jablunkov, Třinec a Český Těšín. Mezi městy Jablunkovem a Třincem tvoří řeka hranici mezi Moravskoslezskými a Slezskými Beskydami (viz Obr. 1). Řeka Olše plní také funkci hraničního pásma, a to mezi Českou republikou a Polskem na úsecích od Českého Těšína po Karvinou a od Závady až k ústí do Odry (Cichá a kol., 2000).

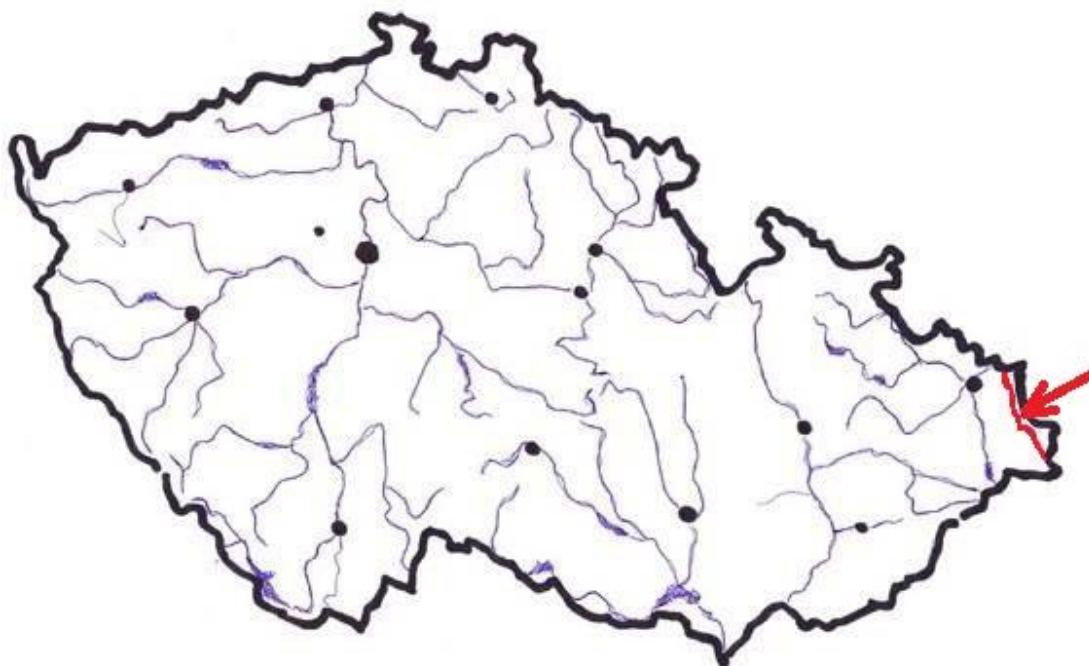
Řeka má charakter typických beskydských toků s vyšším sklonem dna, se strmými povodňovými vlnami a s méně stabilními směrovými poměry. Tok Olše se dělí na tři rybí pásma, pstruhové, lipanové a pak parmové, které pokrývá většinu délky řeky [8].

Část řeky je součástí průmyslového areálu Třineckých železáren – Moravia Steel. Jedná se o úsek mezi dvěma jezovými objekty, které dříve sloužily jako zásobovací uzly pro celý železárenský komplex. Od roku 1995 však železářny zásobuje výhradně horní jez. Spodní jez slouží železárnám výlučně jako havarijní zdroj.

Avšak Třinecké železářny – Moravia Steel a její dceřiné společnosti jsou spolu s komunálními čistírnami odpadních vod považovány za jeden ze zdrojů znečištění vody toku řeky. Vodu znečišťuje vypouštění odpadních vod z mořírén, pokovování, rudné úpravny, tavení rud a také fenolčpavková voda, která vzniká při zpracování černého uhlí.

Podle Zprávy o životním prostředí za rok 2015 (Walica, 2016) je tok řeky Olše postupně zatěžován zbytkovým znečištěním z vypouštěných odpadních vod jak z městských, tak z průmyslových ČOV, což se následně projevuje na kvalitě vody. V profilu nad Třincem je voda celkově klasifikována výslednou III. třídou jako znečištěná a v profilu Ropice vlivem vyššího obsahu celkového fosforu IV. třídou jakosti jako silně znečištěná. Obsah organických látek ve vodě je v horní části toku nejdříve na úrovni II. třídy jakosti, od profilu nad Třincem až do ústí však stoupá a vodu řadí do III. jakostní třídy. Voda v řece Olši v profilu řeky nad Třincem je podle těžkých kovů klasifikována do I. třídy jakosti. V profilu Ropice je voda klasifikována do I. třídy jakosti podle obsahu železa, mědi, niklu a olova. Podle obsahu kadmia je klasifikována do II. třídy jakosti a podle zinku do V. třídy jakosti.

Z hlediska ochrany přírody je řeka Olše velmi zajímavá. Úsek řeky od mostu Karpentná – Bystřice až po obec Bukovec patří do Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) Jablunkovsko. Na jejím dolním toku se také nachází ptačí oblast Heřmanský stav Odry – Poolší. Oblast Věřňovic je vyhlášena jako evropsky významná lokalita. Další evropsky významná lokalita se objevuje v úseku mezi Třincem a Vendryní [8].



Obr. 1 - Tok řeky Olše v České republice

(Zdroj: <http://www.zemepis.com/images/slmapy/reky4.jpg>)



Obr. 2 – Tok řeky Olše v Moravskoslezském kraji

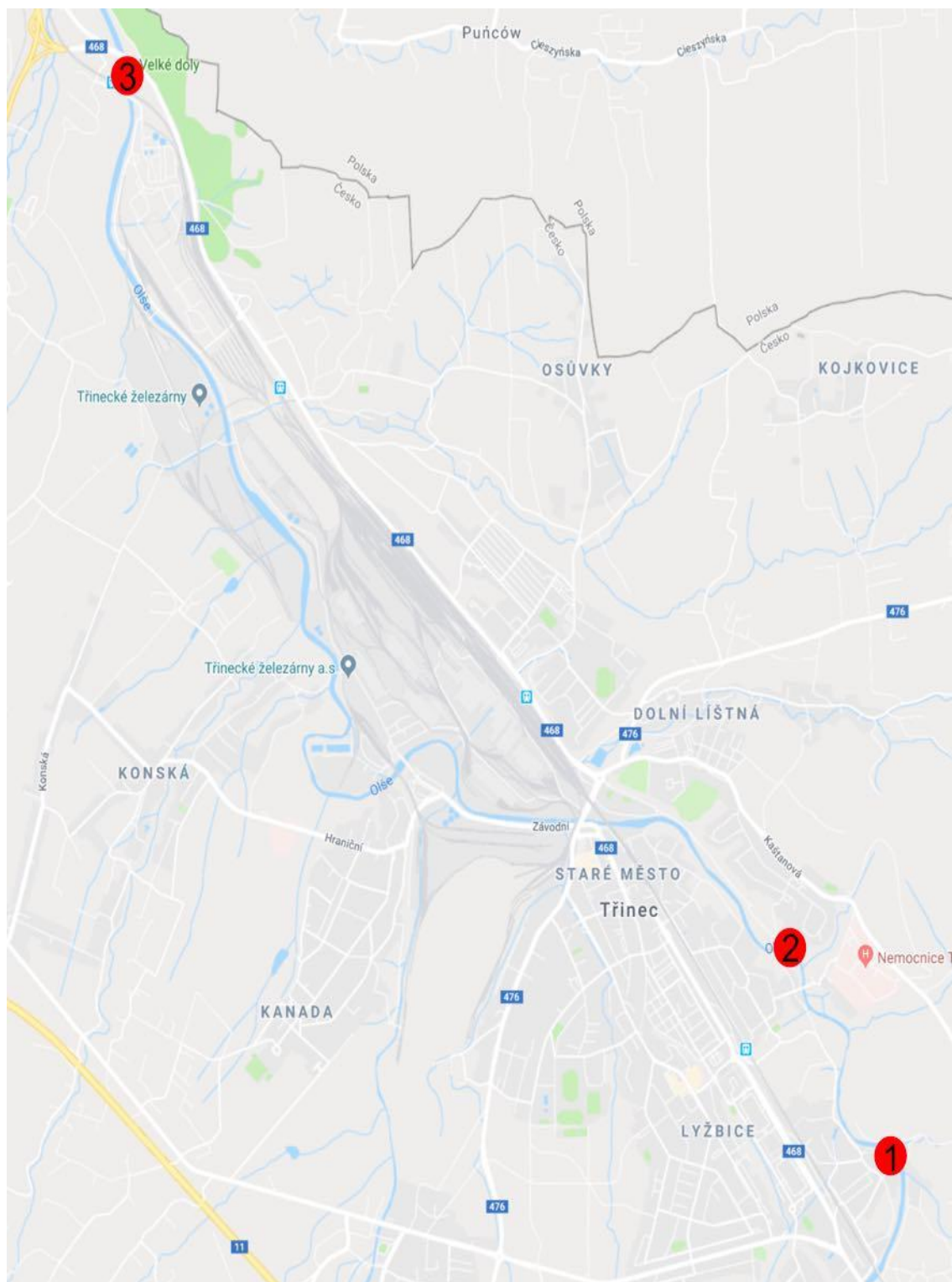
(zdroj: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>)

4.4 Popis lokalit

Pro tuto bakalářskou práci byly zvoleny celkem tři lokality. Lokality Vendryně a Třinec se nacházejí před areálem Třineckých železáren – Moravia Steel. Proto je zde předpoklad, že tato území by neměla být ovlivněna chodem dané firmy. Lokalita Ropice, nacházející se až za areálem železáren, byla vybrána vzhledem ke své poloze, jako místo kde by mohl být viditelný možný vliv železáren na složení bentických organismů (viz Obr. 3).

Všechna tři zájmová území byla v minulosti technicky upravena. Nacházejí se v nadmořské výšce kolem 300 m n. m. Reliéf oblastí tvoří Podbeskydská pahorkatina. V těsné blízkosti řeky se nacházejí nivní půdy, které mají charakter semiglejů a oglejených nivních půd. Charakter dna je v toku přirozený. V profilu koryta řeky můžeme nalézt hlavně šterky, šterkopísky a při březích řeky i písčito-bahnité sedimenty. U břehů jsou i časté šterkové náplavy, které na většině území zarůstají vegetací.

Vegetace v okolí řeky je poměrně bohatá. V blízkosti toku se vyskytují jasanovo-olšové luhy, polonské dubohabřiny a fragmenty kyselých bučin. Na šterkových náplavech roste třtina pobřežní, devětsil lékařský, chrastice rákosovitá, vrba lýkocová, vrba nachová a vrba šedá.



Obr. 3 - Umístění vybraných lokalit na mapě

(zdroj: <https://www.google.cz/maps/@49.680766,18.663661,14z?hl=cs>)

4.4.1 Lokalita Vendryně

Prvním vybraným územím, lokalita č. 1, je Vendryně. Zkoumaný úsek řeky se nachází přibližně 600 metrů jihovýchodním směrem od mostu spojujícího obce Vendryně a Třinec. Na levém břehu řeky se rozprostírá městská zástavba Třince a na pravém břehu jsou zemědělské pozemky. Koryto řeky je po březích porostlé hustou vegetací, která dodává biomasu a zastíňuje řeku u břehů. Střed řeky je však nezastíněn (viz Obr. 4).

Na lokalitě vznikají štěrkové náplavy tvořící břehy. V celém korytě řeky nalezneme kamenité dno s velikostí kamenů od 3 cm po 50 cm porostlé řasami. U břehů se nachází bahnito-písčité sedimenty. Ve středu koryta je poměrně silný proud, proto zde nedochází k ukládání malých částic sedimentu. Ty se ukládají právě u břehů, jelikož zde je téměř stojatá voda. Koryto má v profilu rozdílnou hloubku. U břehů je hloubka od 5 do 15 cm, kdežto ve středu je koryto hluboké až 50 cm.

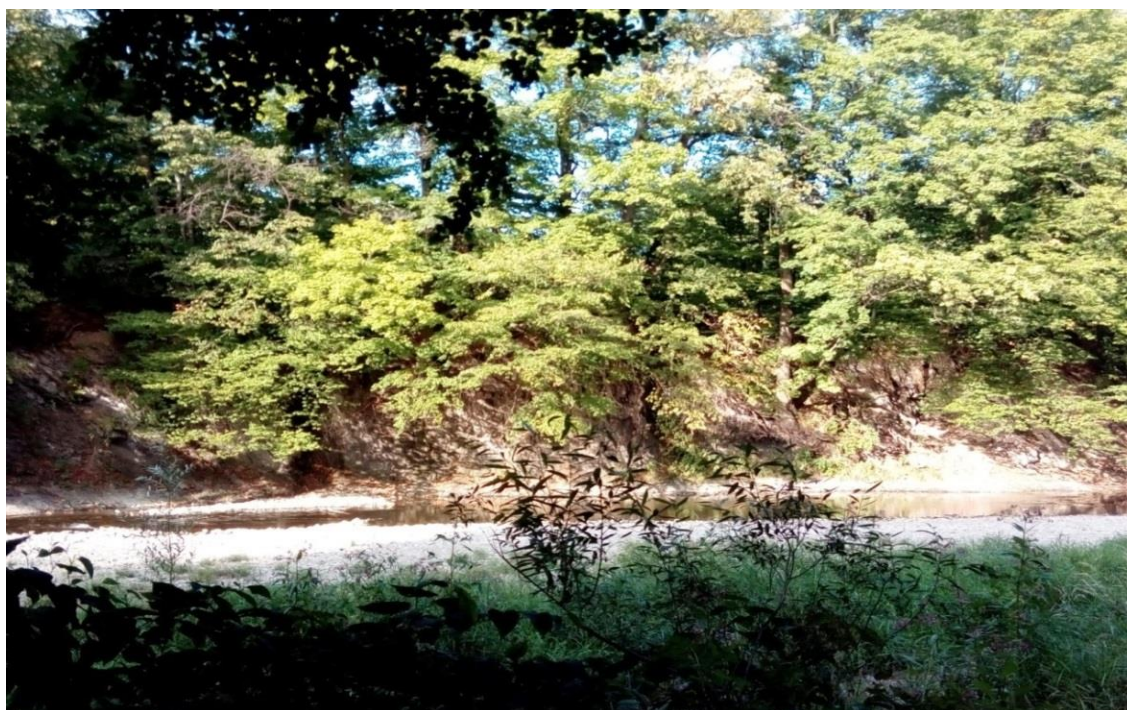


Obr. 4 - Lokalita Vendryně

4.4.2 Lokalita Třinec

Lokalitou č. 2 je Třinec. Zkoumaný úsek řeky se nachází přibližně 350 metrů severozápadním směrem od třinecké nemocnice Sosna. Celá lokalita se nachází v městské zástavbě. Blízké okolí lokality je opět hustě porostlé vegetací, a proto je oblast kolem břehů zastíněna. Střed řeky je opět nezastíněn.

Břehy jsou znovu tvořeny štěrkovými náplavy. Dno koryta je kamenité a u břehů se nachází bahnito-písčité sedimenty. Poměrně silný proud je ve středu toku, v okrajových částech vznikají místa se stojatou vodou. Hloubka v korytě je opět rozdílná. Hloubka koryta v pravé části toku může na některých místech dosahovat až 2 metrů, protože se zde nacházejí terasy vzniklé zařezáváním řeky v minulosti (viz Obr. 5). U levého břehu je hloubka koryta 5 cm a má tendenci se prohlubovat směrem k pravé části toku. I ve středu toku se ukládají štěrky, a proto hloubka kolísá.



Obr. 5 - Lokalita Třinec

4.4.3 Lokalita Ropice

Třetím zvoleným územím, lokalitou č. 3, je Ropice. Úsek, na kterém probíhal průzkum, leží zhruba 400 m severně od čističky odpadních vod za areálem železáren. V blízkosti vybraného území se nachází silniční komunikace spojující Třinec s Českým Těšínem. Koryto řeky je zde zpevněno v oblasti mostu kamennými bloky.

Vegetační porost zde není tak hustý jako u předchozích lokalit, proto je zde řeka téměř nezastíněná (viz Obr. 6). Dno koryta je jako u předchozích lokalit kamenité, s bahnito-písčitými sedimenty u břehů. Ve středu řeky v okolí podpůrného pilíře mostu vzniká z naplavených štěrků ostrůvek. V jeho okolí protéká řeka velmi silným proudem. U břehů je voda opět téměř stojatá. Hloubka koryta mezi břehy a ostrůvkem se pohybuje mezi 10 až 20 cm. V místech silného proudění dosahuje hloubka koryta až 1 metr.



Obr. 6 - Lokalita Ropice

4.5 Metody měření fyzikálních a chemických vlastností vody

Na všech vybraných lokalitách řeky Olše byly změřeny následující fyzikální a chemické vlastnosti vody - pH, vodivost a obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. Měření bylo provedeno 27. 5. 2017, abychom získali lepší přehled o podmínkách v toku.

Pro měření základních fyzikálních a chemických vlastností vody na všech vybraných lokalitách byly použity kalibrované přístroje pro měření v terénu. Pro měření pH vody jsme použili pH metr VOLTCRAFT, PH-100ATC. Obsah rozpuštěného kyslíku v tekoucí vodě jsme měřili přenosným oxymetrem HANNA, HI 9147 a vodivost jsme měřili pomocí konduktometru HANNA, DIST 3.

4.6 Odběr vzorků vody a sedimentů

Do plastových uzavíratelných nádob jsme odebrali vzorky tekoucí vody z jednotlivých lokalit v blízkosti břehu řeky. Vzorky se poté fixovaly kyselinou dusičnou pro pozdější použití a uchovávaly se v uzavřených nádobách. Odebraná voda nesměla přijít do styku s pomůckami vyrobenými z jakéhokoliv kovu, abychom předešli kontaminaci vzorku.

Pro odběr vzorků sedimentů byl použit hrabák, tj. tyč zakončená nádobou, která se zaboří do sedimentů na dně řeky. Z odebraného materiálu se odstranily jakékoli velké objekty a kameny, a byl tedy použit pouze bahnitý materiál. Tento materiál byl následně v laboratoři vysušen při pokojové teplotě a byl přeset přes jemné síto. Následovala druhá fáze sušení, a to při 100 °C po dobu 24 hodin. Následně jsme navážili 0,5 g jemného sedimentu a následovala mineralizace.

K naváženému vzorku jsme přidali 2 ml kyseliny dusičné a 6 ml kyseliny chlorovodíkové. Přístroj Speedwave 2 zahříval vzorek prvně při teplotě 140 °C po dobu 10 minut a následně při teplotě 175 °C po dobu 5 minut. Po vychladnutí byl vzorek doplněn na objem 50 ml destilovanou vodou a přefiltrován.

Vzorky sedimentů a vody byly zkoumány pomocí absorpční spektrofotometrie, abychom zjistili obsah těžkých kovů. V našem případě jsme použili přístroj GBC Avanta Σ.

4.7 Odběr vzorků bentosu

Vzorky byly odebírány ze všech lokalit ve stejný den. První odběr proběhl 26. 11. 2016, druhý odběr byl uskutečněn 27. 5. 2017 a poslední odběr byl proveden 31. 8. 2017.

Metodou sběru makrozoobentosu byl odběr pomocí sítě na bentos s velikostí ok 0,5 mm. Při odběru vzorků byl kladen důraz na odebrání vzorků z celého koryta řeky. Sběr makrozoobentosu byl založen na jeho strhávání z povrchu kamenů či jiných ponořených předmětů v proudící vodě do předem nastavené sítě. Za vybraný objekt směrem po proudu jsme položili kolmo na dno odběrovou síť s pevným rámem a rukou jsme odvalili kámen tak, aby jej proud vody omýval a přitom strhával přichycené organismy do nastavené sítě. Používali jsme i „kick sample“ metodu. Jde o kopací techniku, kdy kameny odvalujeme nohou (Abel, 2000).

Po odebrání byly vzorky přesunuty na větší plastovou plochou misku s trochou vody a vyčištěny od hrubých nečistot (kamenů, listů a větví), přičemž byly organismy dodatečně shrnuty ze zachycených hrubých nečistot do misky. Makrozoobentos byl následně přesunut do plastových nádob s dvojitým víkem a fixován 5% roztokem formaldehydu (Hartman a kol, 2005).

Při pozdějším zpracování v laboratoři se ze vzorku postupně odebíraly menší části, které jsme na hustém sítu propláchlí pod tekoucí vodou, abychom nepracovali ve výparech formaldehydu. Poté na Petriho misce pod binokulární lupou jsme vybírali živočichy pomocí entomologické pinzety. Živočichové byli tříděni do zkumavek podle druhu a znovu fixováni, tentokrát ale 70% ethanolem pro pozdější determinaci.

Ta probíhala opět pod binokulárním mikroskopem za pomoci determinační literatury: Chejsin (1955), Kunst (1978), Buchar a kol. (1995), Macek (2001), Motyčka a Roller (2001), Greenhalgh a Ovenden (2007), Hudec a kol. (2007). Vzorky makrozoobentosu byly určovány hlavně do čeledí.

4.8 Indexy druhové podobnosti

Druhová podobnost vyjadřuje shodu druhového složení dvou a více srovnávaných biocenóz. Diverzita vyjadřuje druhovou rozmanitost srovnávaných biocenóz. K výpočtu druhové podobnosti na vybraných lokalitách jsme použili Jaccardův index a Sørensenův index, u kterého má společná přítomnost druhů dvojnásobnou váhu oproti Jaccardovi (Laštůvka, Krejčová, 2000).

Jaccardův index podobnosti:

$$J_a = C/(C+A+B) \cdot 100 [\%]$$

A – počet nalezených druhů mimo druhy společné na lokalitě A

B – počet nalezených druhů mimo druhy společné na lokalitě B

C – počet druhů společných pro lokality A i B

Sørensenův index podobnosti:

$$S = 2C/(2C+A+B) \cdot 100 [\%]$$

A – počet nalezených druhů mimo druhy společné na lokalitě A

B – počet nalezených druhů mimo druhy společné na lokalitě B

C – počet druhů společných pro lokality A i B

Výsledky výpočtů Jaccardova a Sørensenova indexu sečteme a vypočteme průměr. Tato výsledná hodnota bude udávat přesnější hodnoty druhové podobnosti lokalit.

5. Výsledky

5.1 Základní fyzikální a chemické vlastnosti vody

Na vybraných lokalitách jsme změřili základní parametry vody. V tabulce je vidět rozdíl mezi parametry na lokalitách před Třineckými železárnami – Moravia Steel a lokalitou za areálem železáren (viz Tab. 1). Podle výsledků měření je na lokalitě č. 1 a č. 2 pH vody jemně kyselé až neutrální. Avšak na lokalitě č. 3 už je pH alkalické. Tato změna může být způsobená odlišným podložím, anebo vodou, která je do toku vypouštěna přes čističku železáren. Změna v pH mohla být způsobena i těžkými kovy. Ty tvoří hydroxidy, které mění hodnotu pH z kyselé na alkalickou.

Co se týče vodivosti, neboli konduktivity, tam je rozdíl mezi hodnotami před a za železárnami téměř dvojnásobný. Mohlo by to znamenat, že do řeky je vypouštěno určité procento rozpuštěných látek z provozu železáren, jelikož na zbylých dvou lokalitách je konduktivita téměř totožná.

Obsah rozpuštěného kyslíku na vybraných lokalitách je jedním z významných indikátorů kvality a čistoty vody. Je ovlivňován teplotou, tlakem, salinitou, hloubkou a hladinou, hlavně jejím povrchem, který je ve styku se vzduchem a dochází zde k difuzi kyslíku z atmosféry do vodního prostředí. Běžné množství rozpuštěného kyslíku ve vodě při teplotě kolem 7 °C se pohybuje kolem 12 mg/l, čemuž odpovídají hodnoty naměřené na lokalitách č. 1 a č. 2. Avšak hodnoty na lokalitě č. 3 jsou podstatně vyšší. Tento rozdíl může být způsoben přítokem vody z čističky nebo jezem, který se nachází těsně před areálem železáren. Další faktor ovlivňující obsah kyslíku ve vodě je členitost dna. V dané lokalitě se na dně nachází mnoho větších kamenů, které dávají vznik peřejím. Na těchto místech se voda obohacuje o kyslík.

Tab. 1 – Naměřené hodnoty základních fyzikálních a chemických vlastností vody

Lokality	pH	Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Obsah rozpuštěného kyslíku [mg/l]
Vendryně	6,86	140	12,1
Třinec	6,86	141	12,8
Ropice	7,4	213	18,2

5.2 Analýzy vzorků na těžké kovy

Ve vzorcích vody a sedimentů jsme měřili obsah těžkých kovů. Zaměřili jsme se na nikl, zinek, měď, olovo, kadmium, chrom a železo. Všechny vzorky byly odebrány 27. 5. 2017.

Jednotlivé kovy se do vody a sedimentů mohou dostávat hlavně z provozu železáren a jejich dceřiných firem. Voda je využívána při chladicích procesech, při výrobě produktů ze železa a slitin a také při zpracování železné rudy. Při těchto procesech se do vody mohou dostávat i částice železa. Ostatní kovy se do vodního prostředí mohly dostat z procesu pokovování nebo při výrobě slitin.

Množství částic těžkých kovů rozpuštěných ve vodě je zobrazeno v tabulce (viz Tab. 2). Největších hodnot zde dosahuje železo. Na všech lokalitách pozorujeme vysoké hodnoty železa obsaženého ve vodě. Avšak i tak na lokalitě č. 3 pozorujeme nárůst hodnot železa oproti ostatním lokalitám. Naopak kadmium se v našich vzorcích vyskytovalo v extrémně malých hodnotách hluboko pod mezí detekce (viz Tab. 4). Celkově pozorujeme navýšení hodnot obsahu těžkých kovů na lokalitě č. 3 oproti zbylým dvěma lokalitám. Můžeme tedy předpokládat, že se určité procento částic těžkých kovů do vodního prostředí dostává právě z výrobních procesů železáren.

Naměřené hodnoty těžkých kovů v sedimentech nejsou tak vysoké, jak jsme očekávali (viz Tab. 3). Většina kovů svou koncentrací v sedimentech nepřekračovala mez detekce. Na lokalitě č. 3 byl detekován výskyt některých kovů, který byl nad mezí detekce. Jmenovitě se jednalo o zinek, chrom a železo. Železo dosahovalo poměrně vysoké hodnoty oproti ostatním nalezeným kovům. Můžeme předpokládat, že zdrojem železa, chromu a zinku na lokalitě č. 3 je právě provoz železáren. Na lokalitě č. 1 žádná hodnota obsahu kovů ve vzorku sedimentů nepřekračovala mez detekce. Podobně tomu bylo i u lokality č. 2, avšak zde byla prokázána přítomnost železa.

Naměřené hodnoty obsahů těžkých kovů ve vodě byly srovnány a klasifikovány podle Klasifikace povrchových vod, ČSN 75 7221 (viz Tab. 5). Podle této klasifikace spadají skoro všechny naměřené hodnoty do páté kategorie jakosti vod, až na kadmium, které nepřesáhlo mez detekce, a proto nebylo klasifikováno. Nejvyšší naměřené hodnoty obsahů těžkých kovů ve vodě byly zjištěny na lokalitě č. 3, jak bylo předpokládáno. Naše naměřené hodnoty obsahu těžkých kovů v sedimentech byly srovnávány s limitními hodnotami z Vyhlášky č. 257/2009 Sb. (viz Tab. 6). Podle této vyhlášky žádná z našich naměřených hodnot nepřekračuje limitní hranici.

Tab. 2 – Obsah těžkých kovů ve vodě

Těžké kovy (mg/l)	Lokalita č. 1	Lokalita č. 2	Lokalita č. 3
Ni	0,187	0,135	0,225
Zn	0,732	0,645	1,398
Cu	0,489	0,112	0,797
Pb	0,105	0,059	0,253
Cd	< MD	< MD	< MD
Fe	148,300	142,357	188,810
Cr	0,290	0,172	0,486

MD – mez detekce

Tab. 3 – Obsah těžkých kovů v sedimentech

Těžké kovy (mg/kg)	Lokalita č. 1	Lokalita č. 2	Lokalita č. 3
Ni	< MD	< MD	< MD
Zn	< MD	< MD	13,8
Cu	< MD	< MD	< MD
Pb	< MD	< MD	< MD
Cd	< MD	< MD	< MD
Fe	< MD	4,1	29,0
Cr	< MD	< MD	5,6

MD – mez detekce

Tab. 4 – Meze detekce pro těžké kovy

Těžké kovy	Mez detekce pro vodu	Mez detekce pro sedimenty
	(mg/l)	(mg/kg)
Ni	0,030	3,0
Zn	0,020	2,0
Cu	0,030	3,0
Pb	0,050	5,0
Cd	0,020	2,0
Cr	0,041	4,1
Fe	0,050	5,0

Tab. 5 – Mezní hodnoty tříd jakosti vod

Těžké kovy	Měrná jednotka	Třída jakosti				
		I	II	III	IV	V
Ni	μg/l	< 5	< 20	< 50	< 100	≥ 100
Zn	μg/l	< 15	< 50	< 100	< 200	≥ 200
Cu	μg/l	< 5	< 20	< 50	< 100	≥ 100
Pb	μg/l	< 3	< 8	< 15	< 30	≥ 30
Cd	μg/l	< 0,1	< 0,5	< 1	< 2	≥ 2
Cr	μg/l	< 5	< 20	< 50	< 100	≥ 100
Fe	mg/l	< 0,5	< 1	< 2	< 3	≥ 3

Tab. 6 – Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v sedimentu v mg.kg⁻¹ sušiny

Pořad. číslo	Ukazatel	Limitní hodnoty
1	As	30
2	Be	5
3	Cd	1
4	Co	30
5	Cr	200
6	Cu	100
7	Hg1)	0,8
8	Ni	80
9	Pb	100
10	V	180
11	Zn	300
12	BTEX2)	0,4
13	PAU3)	6
14	PCB4)	0,2
15	uhlovodíky C10-C40	300
16	DDT (včetně metabolitů)	0,1

5.3 Přehled zachycených taxonů

Nalezení zástupci bentosu byli určováni převážně do čeledí. Celkem bylo zachyceno 72 taxonů a bylo určeno 4618 jedinců. Přehled všech zachycených taxonů, nalezených na všech lokalitách za tři sběrné dny, zobrazuje tabulka (viz Tab. 7). Všechny nalezené taxony patří k běžnějším v České republice, výjimkou byla klínatka rohatá (*Ophiogomphus cecilia*, Odonata), která spadá podle Červeného seznamu ohrožených druhů České republiky do kategorie téměř ohroženého druhu.

Lokalitou s největším počtem taxonů je lokalita č. 2 s 55 taxony. Na lokalitě č. 3 a lokalitě č. 1 bylo nalezeno shodně 49 taxonů na lokalitu. Na lokalitě č. 2 jsme zachytili největší počet jedinců ze všech tří lokalit, a to celkem 1914 jedinců. Lokalita č. 1 byla o něco méně bohatá, našli jsme zde celkem 1529 jedinců. Nejmenší počet jedinců jsme našli na lokalitě č. 3, a to 1175 jedinců.

Nejbohatší na taxony byl řád chrostíci (*Trichoptera*) s celkovým počtem šestnácti zachycených taxonů. Mezi bohaté řády, zastoupené v našem odběru, patřily jepice (*Ephemeroptera*) se čtrnácti zachycenými taxony a dvoukřídlí (*Diptera*) s dvanácti taxony. Čeledí s největším počtem jedinců byla čeleď pakomárovití (*Chironomidae*), následována druhou nejpočetnější čeledí *Hydropsychidae*.

Tab. 7 – Přehled zachycených taxonů

Taxon	Vendryně	Třinec	Ropice
<i>Dugesia gonocephala</i>		x	
<i>Bithynia tentaculata</i>	x		x
<i>Physella acuta</i>		x	
<i>Planorbis sp.</i>		x	
<i>Planorbarius sp.</i>	x		x
<i>Ancylus fluviatilis</i>		x	x
<i>Pisidium sp.</i>	x	x	x
<i>Tubificidae</i>	x	x	x
<i>Lumbricidae</i>		x	
<i>Eiseniella tetraedra</i>	x	x	x
<i>Lumbriculus sp.</i>	x		x
<i>Helobdella sp.</i>	x		x

<i>Erpobdella octoculata</i>	X		X
<i>Hydrachnellae</i>	X	X	
<i>Asellus aquaticus</i>	X	X	X
<i>Gammarus fossarum</i>	X	X	X
<i>Baetis sp. 1</i>	X	X	X
<i>Baetis sp. 2</i>	X	X	
<i>Baetis muticus</i>	X		
<i>Baetis rhodani</i>		X	X
<i>Ephemera danica</i>			X
<i>Ephemerella sp.</i>	X		
<i>Ephemerella ignita</i>	X	X	X
<i>Caenis sp.</i>	X	X	X
<i>Epeorus assimilis</i>		X	
<i>Ecdyonurus sp.</i>	X	X	X
<i>Rhithrogena sp.</i>	X	X	X
<i>Paraleptophlebia sp.</i>	X	X	
<i>Habroleptoides sp.</i>		X	X
<i>Habrophlebia sp.</i>			X
<i>Calopterygidae</i>			X
<i>Ophiogomphus cecilia</i>		X	X
<i>Perlodidae</i>	X	X	
<i>Nemouridae</i>	X		X
<i>Leuctra sp. 1</i>	X	X	X
<i>Leuctra sp. 2</i>	X	X	
<i>Sialis fuliginosa</i>	X	X	X
<i>Dytiscidae</i>		X	
<i>Gyrinus sp.</i>	X	X	
<i>Scirtidae</i>			X
<i>Elmidae</i>	X	X	X
<i>Elmis aenea</i>	X	X	X
<i>Limnius sp.</i>		X	X
<i>Limnius larvae</i>	X	X	X

<i>Trichoptera</i>	X		
<i>Rhyacophila sp.</i>	X	X	X
<i>Philopotamus sp.</i>			X
<i>Hydropsyche sp. 1</i>	X	X	X
<i>Hydropsyche sp. 2</i>		X	
<i>Polycentropus sp.</i>	X	X	
<i>Psychomyiidae</i>		X	X
<i>Brachycentrus sp.</i>		X	
<i>Brachycentrus subnubilus</i>	X	X	
<i>Limnephilidae</i>	X	X	X
<i>Anabolia sp.</i>	X	X	X
<i>Halesus sp.</i>	X		
<i>Allogamus auricolis</i>		X	
<i>Silo sp.</i>			X
<i>Leptoceridae</i>	X	X	
<i>Sericostoma sp.</i>	X	X	X
<i>Diptera larvae</i>	X	X	X
<i>Tipulidae</i>	X	X	X
<i>Limoniidae</i>			X
<i>Hexatoma sp.</i>	X	X	
<i>Dicranota sp.</i>	X	X	X
<i>Pediciidae</i>		X	X
<i>Psychodidae</i>	X	X	X
<i>Chironomidae</i>	X	X	X
<i>Ceratopogonidae</i>	X	X	X
<i>Simuliidae</i>	X	X	X
<i>Atherix ibis</i>			X
<i>Stratiomyidae</i>	X		

5.4 Indexy druhové podobnosti

Protože jsme měli zvolené tři lokality, počítali jsme indexy druhové podobnosti lokalit pro jednotlivá území mezi sebou. Zaměřili jsme se tedy na podobnost mezi lokalitou č. 1 a lokalitou č. 2, lokalitou č. 2 a lokalitou č. 3 a nakonec mezi lokalitou č. 1 a lokalitou č. 3.

Podobnost mezi lokalitou č. 1 a č. 2 vypočtená podle Jaccardova indexu byla 57,81 % a podle Sörrensenova indexu 73,23 %. Podobnost mezi lokalitou č. 1 a č. 3 vypočtená podle Jaccardova indexu činila 52,38 % a podle Sörrensenova indexu 68,75 %. Podobnost mezi lokalitou č. 2 a č. 3 vypočtená podle Jaccardova indexu dosahovala 50,75 % a podle Sörrensenova indexu 67,33 %.

V průměru se tedy lokality č. 1 a č. 2 shodují v 65,52 %. Lokality č. 1 a č. 3 jsou shodné v 60,565 %. Lokality č. 2 a č. 3 se shodují v 59,04 %. Nejvyšší podobnost nám potvrdily výpočty mezi lokalitami č. 1 a č. 2, jelikož obě lokality se nacházejí před železárnami a mají podobné podmínky.

6. Diskuze

Dnešní společnost má utkvělou představu, že průmyslová a hutní výroba je největším zdrojem znečištění v naší krajině, obzvláště pokud má dlouhodobě v daném území historickou tradici. Jedním z takových měst je i město Třinec. Nachází se zde totiž Třinecké železářny – Moravia Steel, které patří mezi významné výrobce válcované oceli. Většina místních obyvatel a hlavně pamětníků odsuzuje tento podnik kvůli utkvělé myšlence, že železářny jsou největším znečišťovatelem vody, vzduchu a celého okolí města. Mnoho z nich tvrdí, že železářny nenakládají s vodou z řeky Olše podle norem. Tato svá tvrzení odůvodňují výskytem bílé pěny v toku řeky za železářnami, kožními vyrážkami po koupání ve zmíněném úseku a podobně. Třinecké železářny ovšem tvrdí, že se snaží zlepšovat své nakládání s vodou z toku, a to hlavně investicemi do modernizace výrobních technologií a čištění vody.

Právě z těchto důvodů jsme se rozhodli v této práci zkoumat složení makrozoobentosu jako indikátoru možného znečištění. Zaměřili jsme se hlavně na druhovou bohatost. Jelikož železářny využívají vodu z toku pro své výrobní účely, zkoumali jsme i přítomnost těžkých kovů jak ve vodě, tak i v sedimentech. Makrozoobentos totiž reaguje na jejich přítomnost snížením druhové bohatosti (Rosenberg, Resh, 1993). Stejně tvrzení uvádí ve své práci i Qu a kol. (2017).

Pro lepší zhodnocení potenciálního znečištění řeky a druhové diverzity jsme si zvolili celkem tři lokality na řece Olši v intravilánu města Třince. První dvě lokality se nacházejí před areálem železáren. Lokalita č. 1 byla vybrána jako kontrolní lokalita, z tohoto důvodu leží výše na toku řeky Olše, na samém okraji města. Nepředpokládá se zde žádný potenciální zdroj znečištění kovy. Lokalitu č. 2 jsme vybrali v městské zástavbě a pro výběr lokality č. 3 byla rozhodující skutečnost, že se musí nacházet až za areálem Třineckých železáren – Moravia Steel z důvodu posouzení vlivu provozu dané firmy a jejich dceřiných společností na makrozoobentos.

Prováděli jsme odběry bentosu na všech lokalitách na podzim, na jaře a v létě, abychom získali ucelenější představu o druhovém složení makrozoobentosu v toku. Na jaře byly odebrány i vzorky vody a sedimentu a změřili jsme základní fyzikální a chemické vlastnosti vody pro získání podpůrných informací pro celkový přehled.

Výsledky jednorázového měření základních parametrů vody nám předběžně potvrdily předpoklad, že železářny vypouštějí určité množství polutantů do toku řeky

Olše. Na lokalitách č. 1 a č. 2 byly totiž hodnoty pH úplně totožné, ale na lokalitě č. 3 se hodnota pH zvýšila o 0,54. Tato změna však není nijak extrémní, ale mohla by naznačovat přítomnost těžkých kovů, jelikož těžké kovy při reakci s vodou tvoří hydroxidy, které mohou měnit pH.

Hodnoty vodivosti naměřené na lokalitě č. 3 se také výrazně lišily od hodnot naměřených na lokalitách č. 1 a č. 2. Tento výsledek potvrdil přítomnost zvýšeného množství rozpuštěných vodivých iontů ve vodním prostředí. Jelikož, jsme v okolí nezaznamenali žádné nápadné zdroje organického znečištění, předpokládáme, že za zvýšenou hodnotu konduktivity mohou právě částice těžkých kovů. Z fyziky je totiž známo, že kovy zvyšují konduktivitu.

Obsah rozpuštěného kyslíku byl překvapivě větší na lokalitě č. 3, avšak tento rozdíl může být způsoben přítokem vody z čističky odpadních vod do toku. Tyto údaje jsou však jen orientační a slouží k prvotnímu odhadu, jestli je tok ovlivňován, či nikoli. Jelikož tato měření byla provedena pouze jednou, bylo by vhodné provést měření vícekrát za rok. Mohli bychom zjistit, zda se hodnoty nemění výrazněji v jiných obdobích.

Vzorky vody a sedimentů z našich tří lokalit jsme podrobili spektrofotometrické analýze na obsah těžkých kovů. Voda z řeky je v železárnách používána nejčastěji k chladicím procesům, při zpracování železné rudy, při pokovování produktů a při výrobě slitin a produktů ze železa. Díky těmto procesům se mohou těžké kovy dostávat do vodního prostředí, kde se ukládají v sedimentech.

V rámci spektrofotometrické analýzy jsme studovali obsah niklu, zinku, mědi, olova, kadmia, chromu a železa. Ve zkoumaných vzorcích jsme detekovali všechny zmíněné prvky, až na kadmium, jeho hodnoty byly hluboko pod mezí detekce. Nejvyšší hodnoty obsahu těžkých kovů byly zjištěny na lokalitě č. 3 za železárnami. Můžeme tedy říci, že čistička nacházející se v areálu železáren není schopna vyčistit vodu z provozu do takové míry, aby se v ní nenacházely rozpuštěné prvky. Tím pádem můžeme předpokládat, že i těžké kovy nejsou odstraňovány do takové míry, aby se neobjevily ve vodě. Obsah železa ve vodě byl na všech lokalitách velmi vysoký, nejspíše z důvodu přítomnosti nalezišť železné rudy v okolí města Trince.

V sedimentech jsme detekovali pouze zinek, chrom a železo. Na lokalitě č. 1 byly hodnoty všech prvků pod mezí detekce, na lokalitě č. 2 bylo detekováno pouze železo, i když bylo jen velmi mírně nad mezí detekce. Na lokalitě č. 3 jsme detekovali obsah zinku 13,8 mg/kg; chromu 5,6 mg/kg a nejvyšší naměřenou hodnotu mělo železo,

a to 29,0 mg/kg. Protože železářny používají tyto prvky při povrchových úpravách svých výrobků, mohou se tyto kovy ukládat v sedimentech. Železo se může v sedimentech objevovat z důvodu uložení a zpracování železné rudy v areálu železáren.

Naše naměřené hodnoty obsahů těžkých kovů ve vodě byly klasifikovány podle Klasifikace povrchových vod, ČSN 75 7221. Na základě této klasifikace jsou zařazeny všechny detekované kovy do V. třídy jakosti vody. V roce 2005 byl však úsek řeky Olše protékající Třincem zařazen do III. jakostní třídy podle Zprávy o jakosti vody v tocích za rok 2014. Je zde tedy vidět určitý náznak zhoršení kvality vody, nicméně je třeba mít na paměti, že se jednalo o jednorázové odběry a stanovení.

Naše naměřené hodnoty obsahu těžkých kovů v sedimentech byly srovnávány s limitními hodnotami z Vyhlášky č. 257/2009 Sb. Podle této vyhlášky naměřené hodnoty všech sledovaných prvků jsou pod limitní hranicí, tudíž jsou v normě a není prokázán možný negativní dopad obsahu těžkých kovů v sedimentech. Je třeba zohlednit fakt, že námi naměřené hodnoty pocházejí jen z jednoho odběru. Bylo by však vhodné odběry vody a sedimentů provést ještě několikrát, nasbírat více vzorků a provést nejen spektrofotometrickou analýzu, ale i další podpůrné analýzy. Bylo by žádoucí také zkoumat i obsahy ostatních těžkých kovů a možná i zvážit použití analýz na výskyt organických polutantů.

Hlavním cílem naší práce bylo zjistit druhovou bohatost makrozoobentosu v toku a možné ovlivnění výskytu jednotlivých druhů v profilu řeky způsobené Třineckými železářnami – Moravia Steel. Celkově jsme zachytili 4618 jedinců v 72 taxonech. Všechny jedince jsme určovali do čeledí. Nejbohatší lokalitou co se týče taxonů, byla překvapivě lokalita č. 2, která se nachází v městské zástavbě. Podle mého názoru za tímto jevem je rozmanitost a bohatost vegetace v přilehlém okolí, neboť se zde nachází zahrádkářská kolonie. Opad totiž produkuje důležité živiny pro bentické organismy, a proto se jich zde asi nachází nejvíce. Jak jsme předpokládali, nejméně taxonomicky bohatou je lokalita č. 3 nacházející se za železářnami.

Všechny nalezené taxony patří k běžnějším taxonům v České republice, až na klínatku rohatou (*Ophiogomphus cecilia*), která spadá podle Červeného seznamu ohrožených druhů České republiky do kategorie téměř ohroženého druhu. Řád chrostíci (*Trichoptera*) byl v našich vzorcích nejbohatší na taxony. Celkem bylo zachyceno a určeno šestnáct taxonů. Z toho se na všech třech lokalitách vyskytovaly *Rhyacophila sp.*, *Hydropsyche sp. 1*, *Limnephilidae*, *Anabolia sp.* a *Sericostoma sp.*

Na lokalitě č. 3 byly nalezeny dva druhy, které nebyly zachyceny na předchozích dvou lokalitách, a to *Philopotamus sp.* a *Silo sp.*

Druhý nejpočetněji zastoupený řád v našem odběru představovaly jepice (*Ephemeroptera*) se čtrnácti zachycenými taxony. Společnými druhy zachycenými na všech lokalitách byly *Baetis sp.*, *Ephemerella ignita*, *Caenis sp.*, *Ecdyonurus sp.* a *Rhithrogena sp.*

Za zmínku stojí i další taxonomicky bohatý řád, a sice dvoukřídli (*Diptera*), s dvanácti taxony. Čeledí s největším počtem jedinců byla čeleď pakomárovití (*Chironomidae*), následována druhou nejpočetnější čeledí *Hydropsychidae*. Překvapivý byl nález klínatky rohaté na lokalitě č. 3, nacházející se za areálem železáren.

Taxony se v rámci řádu na jednotlivých lokalitách obměňovaly. Na úrovni řádů se na lokalitě č. 3 nenacházely pouze ploštěnky. To mohlo být způsobeno vysokými hodnotami železa a mědi. Jak uvádí Hart a Fuller (1974), pro ploštěnku potoční (*Dugesia gonocephala*), patřící do kmenu ploštěnci Platyhelminthes a řádu lalokostřevní Seriata, jsou toxické koncentrace železa překračující hodnotu 0,2 mg/l a koncentrace mědi překračující hodnotu 0,47 mg/l. Řád jepice podle Beltmana (1999) reaguje na výskyt kovů úbytkem nebo vymizením taxonů, což se v našem případě nepotvrdilo.

Výskyt taxonů může být, jak uvádějí Clements (1994) a Yanygina (2017), ovlivněn přítomností těžkých kovů. V námi zachycených taxonech však nijak výrazné rozdíly, jako například úplné vymizení čeledi, nenacházíme. Pro větší přehled a přesnost by bylo potřebné odebrat i kvalitativní vzorky makrozoobentosu pomocí bentometru. Tím bychom byli schopni přesněji a podrobněji zhodnotit druhovou bohatost jednotlivých lokalit a lépe je mezi sebou porovnat. Vhodné by též bylo určit jednotlivé taxony na menší taxonomické úrovni, než se je podařilo určit nám. Výsledek by byl podrobnější a přesnější.

Na základě bohatosti taxonů byly spočítány indexy druhové podobnosti lokalit podle Jaccardova a Sørensenova indexu. Jejich jednotlivé výsledky, pro doplnění výsledné hodnoty podobnosti lokalit, se zpřůměrovaly. Abychom dostali přesnější výsledek podobnosti lokalit, použili jsme oba indexy. Jelikož jsme měli zvoleny tři lokality, počítali jsme podobnosti mezi jednotlivými lokalitami navzájem.

Jak jsme předpokládali, nejvyšší podobnost mezi lokalitami nám vyšla u lokalit č. 1 a č. 2. Celkové výsledné hodnoty indexů nehodnotíme jako plně nejvyšší. Je to zapříčiněno faunistickou bohatostí na jednotlivých lokalitách.

Některé taxony na lokalitách chyběly, některé naopak přibyly. Celkově však nenastala žádná výrazná změna na úrovni řádů či čeledí. Výsledky indexů podobnosti lokalit by však byly přesnější, kdyby byly jednotlivé taxony určeny na nižší úroveň.

7. Závěr

Řeka Olše je velmi významným tokem pro město Třinec a firmu Třinecké železářny – Moravia Steel, které v tomto městě sídlí. Voda z toku je využívána v mnoha výrobních procesech. Ty mohou být pokládány za potenciální zdroj znečištění toku. Na základě výsledných dat z měření základních fyzikálních a chemických vlastností vody a analýz vzorků vody a sedimentů na těžké kovy jsme zachytili nepatrné znečištění, které se do toku dostává z železáren. Podle nalezených taxonů jsme popsali druhovou bohatost řeky Olše, a tím jsme naplnili hlavní cíl bakalářské práce. Výsledky jsou však kvalitativního rázu, proto by v budoucnu bylo vhodné zaměřit se i na kvantitativní vzorkování lokalit. Složení jednotlivých taxonů na lokalitách bylo velmi podobné. Nezaznamenali jsme žádné výrazné změny na úrovni řádů v rámci lokalit. Nevymizely ani taxony, které jsou běžně citlivé na těžké kovy. Mezi tyto taxony se řadí levatka ostrá, jepice a pošvatky. Tento fakt vyvrátil vliv provozu Třineckých železáren – Moravia Steel na druhovou bohatost makrozoobentosu nacházejícího se v toku.

8. Seznam použité literatury

8.1 Knižní zdroje

Abel P. D. (2000): *Water Pollution Biology*. Taylor And Francis, London, Second Edition, 286 pp.

Adámek Z., Helešic J., Maršálek B., Rulík M. (2010): *Aplikovaná hydrobiologie*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 350 pp.

Beltman D. J., Clements W. H., Lipton J., and Cacela D. (1999): Benthic invertebrate metals exposure, accumulation, and community-level effects downstream from a hard-rock mine site. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18: 299–307.

Bere T., Dalu T., Mwedzi T. (2016): Detecting the impact of heavy metal contaminated sediment on benthic macroinvertebrate communities in tropical streams, *Science of The Total Environment* 572: 147–156.

Buchar J., Ducháč V., Hůrka K., Lellák J. (1995): *Klíč k určování bezobratlých*. Scientia. Praha.

Clements W. H. (1994): Benthic Invertebrate Community Responses to Heavy Metals in the Upper Arkansas River Basin, Colorado, *Journal of the North American Benthological Society* 13, no. 1, 30–44.

Cichá I. a kol. (2000): *Olza od pramene po ujście*. Český Těšín: Region Silesia, 152 s, ISBN 80-238-6081-X.

ČSN 75 7221 (1998): Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod.

- Dalu T., Wasserman R. J., Tonkin J. D., Mwedzi T., Magoro M. L., Weyl O. L. F. (2017): Water or sediment? Partitioning the role of water column and sediment chemistry as drivers of macroinvertebrate communities in an austral South African stream, *Science of the Total Environment* 607–608; 317–325.
- Demek J., Mackovcin P. (eds.) a kol. (2006): *Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon ČR*. Vydání II. Brno: AOPK ČR. 582 s., 1 CD. ISBN 80-86064-99-9.
- Hart C. W., Fuller S. L. H. (1974): *Pollution ecology of freshwater invertebrates*. Academic Press, New York.
- Greenhalgh M., Ovenden D. (2007): *Freshwater life – Britain and Northern Europe*. HarperCollins Publishers, London.
- Hartman P., Příkryl I., Štědranský E. (2005): *Hydrobiologie*, učebnice Střední rybářské školy ve Vodňanech, 3. přepracované vydání, Informatorium Praha, 359 s.
- Hudec K., Kolibáč J., Laštůvka Z., Peňáz M. (2007): *Příroda České republiky. Průvodce faunou*. Academia, Praha. 439 s.
- Chejsin J. M. (1955): *Stručný klíč k určování sladkovodních živočichů*. Vydání I., Praha., SPN., 175 s.
- Kunst M. (1978): *Atlas bezobratlých*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Laštůvka Z., Krejčová P. (2000): *Ekologie*. Konvoj, Brno, 185 pp.
- Lellák J., Kubíček F. (1992): *Hydrobiologie*. Karolinum, Praha, 257 pp.
- Macek J. (2001): *Svět zvířat. XI. svazek. Bezobratlí. 2. část*. Albatros, Praha. 170 s.
- Markert B. (2007): Definition and principles for bioindication and biomonitoring of trace elements in the environment. *J.Trace Elements in Medicine and Biology*. 21, s1: 77–82.

Metcalf-Smith J. L. (1996): Biological water-quality assessment of rivers: use of macroinvertebrate communities, *The Rivers Handbook. Hydrological and ecological principles. Volume 1*. P. Calow & G. E. Petts (eds.): Blackwell Science Ltd. Oxford. 144–170.

Motyčka V., Roller Z. (2001): *Svět zvířat. X. svazek. Bezobratlí. 1. část*. Albatros, Praha. 171 s.

Ondraszek B. a kol. (2009): *170 let Třineckých železáren*. Vendryně: Beskydy, 183 s, ISBN 978-80-904165-2-9.

Potiorová J. (2015): *Zpráva o jakosti vody v tocích za rok 2014*. Povodí Odry, státní podnik, odbor vodohospodářských koncepcí a informací.

Qu X., Ren Z., Zhang M., Liu X., Peng W. (2017): Sediment heavy metals and benthic diversities in Hun-Tai River, northeast of China. *Environmental Science and Pollution Research* 24 (11), 10662-10673.

Rosenberg, D. M., Resh, V. H. (eds.), (1993): *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall. NY/London. 488 pp.

Vuori, K. M. (1995): Direct and indirect effects of iron on rivers ecosystems. *Annals Zoology Fennici* 32: 317–329.

Vyhláška č. 257/2009 Sb., Vyhláška o používání sedimentů na zemědělské půdě.

Walica P. (2016): *Zpráva o životním prostředí za rok 2015*, Slévárny Třinec, a.s.

Wawreczka H. (1997): *Třinec a okolí v proměnách času*. Vyd. 1. Třinec: Wart, 147 s.

Yanygina, L. V. (2017): Macrozoobenthos as an indicator of the ecological state of mountain watercourses. *Russian Journal of Ecology* 48(2); 185–190.

8.2 Elektronické zdroje

[1] Třinecké železářny – Moravia Steel [online]. [cit. 12. 12. 2017]. Dostupný na WWW: https://www.trz.cz/web/trzocel.nsf/link/historie_cz

[2] Třinecké železářny – Moravia Steel [online]. [cit. 12. 12. 2017]. Dostupný na WWW: https://www.trz.cz/web/trzocel.nsf/link/zivotni_prostredi_cz

[3] Revitalizace povodí Olše 2011 [online]. [cit. 29. 3. 2018]. Dostupný na WWW: http://www.trinecko.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=17089&id=6351&n=revitalizace%2Dpovodi%2Dolse%2D2011&p1=24842

[4] Revitalizace povodí olše, Třinec [online]. [cit. 29. 3. 2018]. Dostupný na WWW: <http://www.revitalizaceolse.cz/revitalizace-povodi-olse/trinec>

[5] Bentos [online]. [cit. 23. 3. 2018]. Dostupný na WWW: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bentos>

[6] Třinec [online]. [cit. 9. 4. 2018]. Dostupný na WWW: <http://www.trinecko.cz/o-nbsp-meste/ms-952/p1=952>

[7] Olše [online]. [cit. 30. 3. 2018]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Ol%C5%A1e_\(%C5%99eka\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Ol%C5%A1e_(%C5%99eka))

[8] Olše. *Povodí Odry* [online]. [cit. 30. 3. 2018]. Dostupné z: https://www.pod.cz/atlas_toku/olse.html