

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Možnosti bioindikace stavu povrchových vod pomocí
analýzy lastur sladkovodních mlžů se zaměřením na
morfológickou variabilitu druhu *Unio crassus***

Bakalářská práce

Autor práce: Hana Zuzáková

Vedoucí práce: Ing. Karel Douda, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti bioindikace stavu povrchových vod pomocí analýzy lastur sladkovodních mlžů se zaměřením na morfologickou variabilitu druhu *Unio crassus*" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. 4. 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Karlu Doudovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za jeho nekonečnou trpělivost, rady a zkušenosti od něj získané. Tadeuszovi Zajacovi a Katarzyně Zajac za poskytnutí lastur pro analýzu. Janu Svobodovi za vysvětlení a pomoc s GIS analýzami a své sestře Janě za opravy a spousty rad při formátování textu. Dále bych ráda poděkovala svým rodičům za podporu při studiu.

Možnosti bioindikace stavu povrchových vod pomocí analýzy lastur sladkovodních mlžů se zaměřením na morfologickou variabilitu druhu *Unio crassus*

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá především rešerší variability sladkovodního mlže velevruba tupého (*Unio crassus*), jehož schránky byly sesbírány na území Polska, Bulharska a Rumunska a to v 10 tocích. Konkrétně se jedná o lastury z 357 jedinců, kteří se podrobili klasické morfometrické metodě, tato analýza potvrdila zjištění nejčastějších velikostí schránek uváděné v literatuře, jedná se o 40 až 70 mm délky. Pomocí reziduálních hodnot délky se šířkou a délkou s tloušťkou byly lastury mezi sebou a povodími porovnávány základními statistickými testy, bodovými grafy a boxploty.

Výsledkem jsou signifikantní hodnoty u různých toků, jejich rozdíly jsou až v několika-milimetrovém rozptylu. Pro podstatnou rozdílnost v tvarových charakteristikách jedinců byly provedeny GIS analýzy u jednotlivých řek. K určení blízkého okolí vodních toků byly vhodně zvolené a vytvořené buffery ve velikosti odmocniny délek toků, v nichž došlo k určení land-use a jeho procentuálního i plošného zastoupení. Kategorie land-use byly charakterizovány pomocí mapové vrstvy Corine Land Cover classes. Zjištěné kategorie ve zkoumaných oblastech obsahují celkové zalesnění, celkové uměle zastavěné plochy, zemědělské a vodní plochy.

Výsledné statistiky krajinného využití byly porovnány a hodnoceny ve vztahu k tvarům schránek velevruba tupého a vedou ke zjištění druhové plasticity a variability tohoto živočicha, který je schopen i přes svou náročnost a vysokou potřebu kvalitních vod žít v různorodých podmínkách.

Jeho nejčastější výskyt a zároveň prostředí jemu hodné je v čistých oblastech s vysokým procentem zalesnění, průměrným zastoupením zemědělských ploch, co nejnižším zastavěním a s žádným industriálním využitím v blízkém okolí toku.

Klíčová slova: sladkovodní mušle, velevrub tupý, tradiční morfometrická analýza, land-use, GIS, vodní toky, bezobratlí

Possibilities for bioindication of the surface water status using freshwater bivalves' shells with focus on the morphological variability of *Unio crassus*

Summary

This bachelor thesis presents a review of scientific literature dealing with the possibilities for bioindication by freshwater mussels of the family *Unionidea*. In its practical part, it is about the variability of freshwater mussel *Unio crassus*, whose shells were collected from 10 streams in Poland, Bulgaria and Romania. Specifically, shells from 357 *U. crassus* individuals were measured by classical morphometric method. This analysis confirmed findings from literature where are mentioned most common size of shells (40 –70 mm of length). Using residual values of the relationship between shell length and width and between shell length and the thickness the shell shapes were compared between individuals and the watersheds with the use of basic statistical methods, scatterplots and boxplots.

The result is a significant value for different flows, their differences are only in the few-millimeter variance. For a substantial variation in shapes were made GIS analysis for each river. To describe the catchment area were delineated buffers in the size of square root lengths of streams, in which was to determine land-use and their percentage and surface representation. Land-use categories were characterized by Corine Land Cover classes. Identified categories in studied areas include total afforestation total artificially built-up areas, agricultural and water areas.

The resulting statistics of land use were compared and evaluated in relation to the shape characteristics of *U. crassus* and enabled the determination of species plasticity and variability which is capable, despite their demands and the need for high quality waters, live in diverse environmental conditions. Despite the limited set of population tested, study documents that typical environmental conditions for *U. crassus* are unpolluted areas with a high percentage of afforestation, the average representation of agricultural land, and the lowest representation of any built-up areas and industrial application in the nearby stream.

Keywords: freshwater mussels, *Unio crassus*, multivariate morphometric analysis, land-use, GIS, watercourses, invertebrates

OBSAH

1 ÚVOD	1
2 TEORETICKÁ ČÁST	2
2.1 Biodiverzita povrchových vod	2
2.1.1 Sladkovodní mlži rodu <i>Unio</i>	2
2.1.2 Biodiverzita tekoucích vod ČR.....	2
2.1.3 Legislativa ochrany toků a jejich biodiverzity.....	3
2.2 Obecný popis druhu	4
2.2.1 Obecný popis	4
2.2.2 Morfologické a biologické znaky	6
2.2.3 Úhyny druhu	6
2.3 Rozšíření a výskyt v českých vodách, problémy	8
2.3.1 Výskyt.....	8
2.3.2 Současné problémy	8
2.4 Celková legislativní ochrana	9
2.4.1 Natura 2000.....	10
2.5 Metody bioindikace a biomonitoringu vodního prostředí	11
2.5.1 Bioindikace vodního prostředí.....	11
2.5.2 Biomonitoring vodního prostředí.....	13
2.6 Morfometrie a její analýzy	14
2.6.1 Klasická morfometrie	15
2.6.2 Geometrická morfometrie.....	15
2.6.3 Fourierova morfometrická analýza.....	16
2.7 Působení vodního a vnějšího prostředí na schránku lastur	17
2.8 Využití území v povodí a jeho vliv na vodní organismy	19
3 PRAKTICKÁ ČÁST	21
3.1 Cíl práce	21
3.2 Metodika:	21
4 VÝSLEDKY	22
4.1 Charakteristika a land-use vybraných řek	22
4.1.1 Drawa a Brzeznicka	25
4.1.2 Jasiołka.....	26
4.1.3 Słupia a Radunia	27
4.1.4 Bega	28
4.1.5 Nishava	29
4.1.6 Ogosta	30
4.1.7 Palakariya.....	31
4.1.8 Tur.....	32

4.2	Tvarové rozdíly lastur.....	34
5	DISKUZE.....	42
6	ZÁVĚR.....	43
7	LITERATURA	44
8	SEZNAM ZKRATEK.....	47
9	PŘÍLOHY	48

1 ÚVOD

Vodní ekosystémy jsou důležitou složkou přírody, která je ohrožována využíváním vodního prostředí lidskou populací. Je ohroženo mnoho druhů mlžů, mezi které patří například perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*), škeble rybničná (*Anodonta cygna*), velevrub malířský (*Unio pictorum*) a velevrub tupý (*Unio crassus*, Philipsson 1788) (Lopes-Lima a kol., 2016). Jedná se o velkého zástupce sladkovodních mlžů, jehož délka se nejčastěji pohybuje mezi 40 a 70 mm a jeho věk kolem 10 až 15 lety (Bauer a Wächtler, 2012).

V České republice je potvrzeno pouze několik zástupců rodu velevruba. Jedná se o druhy velevrub malířský (*Unio pictorum*), velevrub nadmutý (*Unio tumidus*), a samozřejmě velevrub tupý (*Unio crassus*), který patří mezi nejohroženější druhy sladkovodních mlžů u nás a je předmětem této bakalářské práce. Jeho existence je natolik ovlivňována okolním prostředím, že je předmětem červeného seznamu ohrožených druhů IUCN a v České republice je veden jako silně ohrožený druh (Fet a Popov, 2007).

Velevrub tupý (*Unio crassus*) je ohrožen několika možnými faktory, které dokážou populace úplně vymístit nebo alespoň snížit. Jedním ze základních faktorů je dnes tolik rozšířená eutrofizace vod, jejíž intenzita je podporována převážně lidskou činností. S eutrofizací samozřejmě souvisí kvalita a čistota vod, která je pro našeho zástupce velmi důležitá (Galová, 2013).

Jelikož je velevrub bioindikátorem čistých vod, snadno nám také svým výskytem napovídá nejen o jakosti ale i o celkovém charakteru toku. Jeho život je také ovlivňován složením rybího společenstva, potravy a teploty. Co se týká těchto faktorů, je druh poměrně plastický, ale i přes poměrně vysokou přizpůsobivost velevruba k prostředí je stále na pokraji vyhynutí a jeho početný stav, jaký byl v minulosti na celém území ČR, je tak nenávratně pryč. Aktuálním i budoucím trendem by měla být přísná ochrana a další možný biomonitoring, který by zabraňoval neustálému úhynu a snižování populací tohoto živočicha (Hochwald, 2001).

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Biodiverzita povrchových vod

2.1.1 Sladkovodní mlži rodu *Unio*

Biologická rozmanitost se skládá z několika milionů odlišných druhů organismů na celé planetě, je to rozmanitost života, která disponuje všemi organismy, druhy, populacemi i genetickými variacemi. V řádu *Unionoida*, pod který spadá i námi sledovaný taxon *Unio crassus*, lze najít několik evropsky významných druhů velevrubů, kteří se vyskytují na našem území. V České republice je znám výskyt velevruba tupého (*Unio crassus*), velevruba malířského (*Unio pictorum*) a velevruba nadmutého (*Unio tumidus*) (Beran, 1998). Dalšími druhy s evropským výskytem jsou *Unio elongatulus gargottae*, *Unio turtoni* a již od roku 1994 vyhynulí druh *Unio Cariei*. Biodiverzitu mlžů rozdělujeme do 3 skupin, genetická, druhová a ekosystémová diverzita. Skupiny diverzit obsahují rozdílné geny, rozdílnost druhů i s rozdíly v rámci samotného druhu a rozdílnost stanovišť a společenstev (Švecová a kol., 2008).

2.1.2 Biodiverzita tekoucích vod ČR

Tekoucí vody České republiky- bystřiny, horské potoky, potoky, říčky, řeky dělíme do 4 základních rybích pásem podle Friče (1871). Do pásma pstruhového, lipanového, parmového, cejnového. Jednotlivá pásma jsou seřazena od pramene k ústí, podle šíře toku, druhu dna, spádu a hlavních zástupců ryb (Langrová a kol., 2012). Rozdělení do těchto pásem má velký potenciál pro biodiverzitu organismů. Biodiverzita v tekoucích vodách je v každém úseku rozdílná, záleží na podmínkách prostředí, kvalitě vody, nánosu na dně či obsahu kyslíku ve vodě. Názvy těchto pásem jsou určeny díky převládajícímu výskytu druhů ryb ichtyofauny. V pstruhovém pásmu nalezneme pstruha obecného (*Salmo trutta*), pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*), vranku obecnou (*Cottus gobio*). Pásmo je oživené i o fyto- a zoobentos například rozsivky, larvy jepic, pošvatek (Hanel a Lusk, 2005). Lipanové pásmo je charakteristické pro zástupce druhu lipan podhorní (*Thymallus thymallus*), mřenka mramorovaná (*Barbatula barbatula*), jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*), mník jednovousý (*Lota lota*). Rozsivky, larvy jepic, chrostíků, muchničků, blešivců, kamomil říční (*Ancalus fluviatilis*). Parma obecná (*Barbus barbus*), ostroretka

stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), hlavatka obecná (*Hucho hucho*), hrouzek obecný (*Gobio Gobio*), rozsivky, zelené řasy, larvy jepic chrostíků, pakomárů obývají parmové pásmo. Poslední nejnižší položené pásmo s písčitým či bahnitým dnem obývá cejn velký (*Abramis brama*), štika obecná (*Esox lucius*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*), úhoř říční (*Anguilla anguilla*), rozsivky, zelené řasy, stolístek, larvy jepic, chrostíků, pakomárů, plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*), okružák ploský (*Planorbarius corpus*) (Ambrožová, 2013). Velevrub tupý (*Unio crassus*) se vyskytuje spíše v potocích a větších řekách, nejčastěji v nadmořských výškách 200 – 250m (AOPK, 2007).

2.1.3 Legislativa ochrany toků a jejich biodiverzity

Spravování a ochranu toků podle vodního zákona 254/2001 Sb., O vodách a o změně některých zákonů § 48 Správci vodních toků, musí provádět u drobných toků obce, kterými řeka protéká, případně provádí fyzické či právnické osoby, kterým toky slouží. Významné vodní toky spravují ministerstvem určené státní podniky (Vodní zákon 254/2001).

České toky jsou rozděleny do 5 hlavních povodí. Povodí Labe, Vltavy, Ohře, Odry a Moravy. Všechny tyto státní podniky v působení ministerstva zemědělství spravují 93,4% délky všech vodních toků v České republice. Pod vodním zákonem 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů § 46. Ochrana vodních toků a jejich koryt. Není povoleno měnit směr, sklon, spád, příčný profil koryta, poškozovat břehy či těžít z koryt nahrnutou zeminu, písek, nerosty a vhazovat nevhodné předměty do toku, které by mohli následně narušit přirozený tok vody a ohrozit vodní společenstvo. Vyhláška č. 175/2006, kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve 3 přílohách udává jednotlivé chráněné druhy zástupců z bezobratlých (*avertebrata*), obojživelníků (*amphibia*), plazů (*reptilia*), ryb (*pisces*) a savců (*mamalia*), mezi které také patří ohrožený a chráněný druh velevruba tupého (*Unio crassus*). Celková legislativní ochrana je uvedena v kapitole 2.4 (Vyhláška č. 175/2006).

2.2 Obecný popis druhu

2.2.1 Obecný popis

Velevrub tupý (*Unio crassus*) je biologickým indikátorem, druhem velice citlivým na životní podmínky ve svém prostředí, na které klade vysoké nároky. Patří mezi evropské druhy a je jedním z mnoha zástupců zvláště chráněných a silně ohrožených (SO) živočichů nejen v ČR, ale i ve světě. Dle červeného seznamu (Red list IUCN) je *Unio crassus* vyznačován jako (NT), téměř ohrožený druh. V České republice je dále uveden na červeném seznamu ohrožených bezobratlých druhů a popisován jako druh Endangered (EN), tedy jako taxon ohrožený (dle vyhlášky č. 175/2006 Sb. O ochraně přírody a krajiny) (Machač, 2010). Výskyt v taxonomickém zařazení lze vyhledat a zapsat dle **Tab. 1**.

Tab. 1: Taxonomické zařazení *Unio crassus*

Skupina	Latinská taxonomie	Česká taxonomie
Říše	<i>Animalia</i>	živočichové
Kmen	<i>Mollusca</i>	měkkýši
Třída	<i>Bivalvia</i>	mlži
Řád	<i>Unionoida</i>	
Čeleď	<i>Unionidae</i>	velevrubovití
Rod	<i>Unio</i>	velevrub
Druh	<i>Unio crassus</i>	Velevrub tupý

Velevrub tupý je výborným bioindikátorem čistých, tekoucích vod. Jeho citlivost pro vyšší kvalitu vod a prostředí je podstatná, tudíž se druh ve stojatých vodách nevyskytuje především díky nižšímu obsahu kyslíku. Jeho nejčastějšími výskyty jsou toky v nadmořských výškách 150 – 250 m, v České republice pak 148 – 650 m.n.m. (Beran, 2002). Výskyt v našich vodách je poměrně slabý, vyskytuje se pouze v několika málo tocích - Labe, Klíčava, Ohře, Sázava, Lužnice, Nežárka, Odra (Douda a Beran, 2009). Ke svému životu potřebuje vodní koryta s kvalitními nánosy bahna, písku či štěrku na dně, a také rybí společenstvo, které paraziticky obklopují glochidia velevruba. Glochidia se poté ektoparaziticky vyvíjejí na sladkovodních

rybách. Parazitují na žábrách hostitelské ryby (Ollson, 2012) např. vranka obecná (*Cottus Gobio*), ježdík obecný (*Gymnocephalus cernuus*), perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*)(Douda a kol., 2012). Druh patří tedy mezi gonochoristy, jedince s odděleným pohlavím.

U druhu velevruba tupého (*Unio crassus*) byl pozorován jev spojený s glochidii „spurting“ tedy tryskání vody. Původní myšlenkou bylo stěhování mušlí k břehové linii toků z důvodu krmení z povrchu a vytryskávající voda z mušlí byla brána jako vylučování exkrementů. Další vysvětlení poskytl (Mentzen, 1926), který stál za myšlenkou, že takto chovající se jedinci jsou v nebezpečí klesající vodní hladiny a tím pádem jsou vystaveny přehřátí. Hierry Vicentini provedl testování tohoto jevu zvláště se chovajících sladkovodních mušlí a uvedl, že ani jedno z předchozích tvrzení není pravdivé. Zjistil, že tryskající jedinci jsou samičího pohlaví. Výstřiky jsou prováděny pouze v gravidní fázi, po reprodukční době nikoli. Je tedy zřejmé, že vystřikovaná voda obsahuje glochidia a jde o způsob, jak zvýšit rozptýlení a možnost infikovat hostitelské ryby uvolněnými glochidii. Tato metoda uvolňování parazitických stádií byla prokázána pouze u druhu velevruba tupého a pro ichtyofaunu má představovat její potravu (aby došlo k nalákání ryb). Proces je jedním z několika možných mechanismů, jak parazitovat na co největším množství vhodných hostitelských ryb (Vicentini, 2005). Velevrub je také považován za „sedavého“ živočicha, který je ale schopen pohybu. Dospělí jedinci mohou používat pohyb k aktivnímu výběru mikrohabitu a mohou se pohybovat, přesouvat na jakékoliv místo v tocích, které jsou například narušeny přírodními nebo uměle vytvořenými fluvialními procesy. Nejlepší prostor představují strmější stěny koryt s jemným sedimentem (Zajac a Zajac, 2011).

2.2.2 Morfologické a biologické znaky

U všech zástupců *Unio* i mezi celou populací velevruba tupého (*Unio crassus*) jsou značné rozdíly, například tvar lastury, délka, šířka, váha, zbarvení nebo výskyt jedince. Určitá rozdílnost se vykazuje také v délce života a modelu růstu lastury. Zmíněnou vnější charakteristiku schránky ovlivňují kvality řek a potoků. Nicméně v jedné řece se může nacházet i více různorodých jedinců, různého stáří a vitality (Bauer a Wächtler, 2001). Dle ovlivnění života vnějšími podmínkami se druh dožívá nejčastěji 10 – 15 let. Věk je možné sledovat pomocí přírůstkových zimních linií tzv. winter lines vykreslených na schránce druhu. V ojedinělých případech se mohou dožít až 50 let, pokud se nalézají v méně úživných tocích (Beran, 1998). Velevrub tupý je poměrně velkým druhem mlže, jeho schránka tvořená z chitinu, vápence a perleťoviny je dlouhá průměrně 40 – 70 mm. Tvar je vejčitý až oválný na obou stranách tupě zakončený. Stěny lastur jsou poměrně silné, výrazně rýhované, zbarvené do zelenohnědého až načernalého tónu (Obr. 1). Na jeho povrchu bývá často usazená vrstva vápníku, železa nebo manganu. Jednotlivé vrcholové lišty (*umbonal rugae*) schránky jsou velmi pevné, složené z vlnitých linií, které se nacházejí blízko u sebe. Tyto vrcholové lišty mohou být u větších jedinců překryty a poškozeny korozí. Levé a pravé lastury jsou propojeny silným zámkem a zámkovými zuby spolu se zámkovými lištami a konchinovým vazem (Obr. 2). Toto je jeden z mála rozdílů mezi *Unio crassus* a velice podobným druhem *Margaritifera margaritifera*. Perlorodka říční se vyznačuje přítomností pouze zámkových zubů, v jiném odlišném tvaru závěsu zubů (Ollson, 2013). Vystouplé vrcholy jsou také nejstarší částí schránky. Velevrub tupý disponuje třemi štěrbinovitými nesplývajícími otvory (branchiálním- přijímacím, análním- vyvrhovacím, supraanální) (Beran, 1998). Složení schránky a morfologie celého těla druhu velevruba tupého souvisí s velmi dobrou pružností přizpůsobit se teplotním a potravním podmínkám v daných lokalitách (Douda a Beran, 2009). Potravou velevruba, jako u většiny sladkovodních mlžů je filtrace jemného detritu z vodních toků, filtrace planktonu a organického materiálu, napomáhá tak i samočisticímu procesu přírody (Beran, 1998).

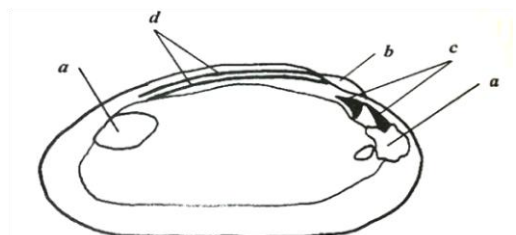
2.2.3 Úhyny druhu

I přes druhovou plasticitu a přizpůsobivost k okolním podmínkám, stále na našem území jedinců ubývá. V roce 2007 – 2008 na řece Nežárce byl hromadný úhyn populace až 30% a až 50% v okolí Bechyně (Douda a Beran, 2009). Při takovýchto úhynech ohrožených druhů je

nutné začít dodržovat ochranu a monitoring nad danými lokalitami. Jelikož každá lokalita má svou danou charakteristiku (nadmořská výška, složení rybního společenstva, složení vody, vyšší procento eutrofizace nebo odlišný nánosový materiál na dně toku), neexistuje jedna jediná univerzální metoda na ochranu lokality a taxonu. Na každém území musí tedy probíhat ochranná metoda zaměřená přímo pro danou lokalitu, která bude řešit důvody úhynu. Mezi nejčastějšími důvody úhynu *Unio* je nadměrná eutrofizace, přirozený proces obohacování a zvyšování produkce nových živin v toku, zejména pak nárůst dusíku a fosforu (Galová, 2013). Důsledkem eutrofizace je přemnožení řas, které v letním období vede k vysokému úhynu ryb nedostatkem kyslíku. Zdrojem kontaminace vod dusíkem je především zemědělství a zemědělská výroba, výroba chemických látek, léčiv, přípravků a vláken. U fosforu je kontaminace způsobena odpadními vodami městskými i průmyslovými, papírenská výroba, výroba vlákniny, výroba a rozvod elektřiny, plynu a vody (Ambrožová, 2013). Další příčinou je složení nekvalitního, znehodnoceného a nedostatečného rybního společenstva, na které je vázáno rozšiřování a rozmnožování taxonu velevruba tupého (*Unio crassus*), pomocí již zmíněných parazitických glochidií. Úhyny at' jednotlivců nebo skupin bývají podporovány lidským faktorem, znečišťováním řek, migračními přechody, stopami toxických látek vypouštěných do vod, zemědělstvím a s ním spojené hnojení, nevhodný obsah organických látek ve vodě. Všemi těmito faktory neustále oslabujeme a eliminujeme populaci a jedince velevruba tupého i dalších jeho významných druhů velevruba malířského (*Unio pictorum*), velevruba nadmutého (*Unio tumidus*) (Douda a Beran, 2009).



Obr. 1: Vnější vzhled lastury,
© Zuzáková Hana



Obr. 2: Vnitřní vzhled lastury; a- svalové vtisky, b- vrchol lastury, c- hlavní zuby, d- postranní zuby, lišty. (Beran, Luboš. Vodní měkkýši ČR1998, ISBN 80-902469-4-x)

2.3 Rozšíření a výskyt v českých vodách, problémy

2.3.1 Výskyt

Evropsky rozšířený taxon velevruba tupého (*Unio crassus*) nebyl vždy ohroženým a chráněným druhem velevruba v České republice. Až do druhé poloviny 20. století byl naprosto normálním zástupcem našich ekosystémů. Jeho četná přítomnost v našich vodách je potvrzena velkými nálezy v jámách na dolním Labi. V posledních letech 19. století byl také využíván jako potrava hospodářských zvířat (Douda a Beran, 2009). Nejčastější výskyt velevruba tupého je v nižších polohách, v potocích a větších řekách. Ovšem z důvodu zvyšování teplot a nadměrnému nánosu organických látek do toku vyšších výšek, a také díky jeho přizpůsobivosti k jiným klimatickým a potravním podmínkám byl zavlečen i do tekoucích vod do podhorských oblastí. Osidloval tedy vody od menších velikostí až po naše největší řeky (Vltava, Labe, Dyje, Morava)(Bílek a Beran, 2013). K velkému zlomu došlo v druhé polovině 20. století, kdy byl zjištěn nadměrný úhyn této populace, a nálezy větších skupin velevruba tupého byli jen minimální. Většinou byli nálezy jen v podobě slabých, méně početných a více roztroušených skupin. V dnešní době jsou zaznamenány výskyty v méně jak 20 oblastech, např. v povodí Labe (Sázava, Ohře, Nežárka, Lužnice) Odry (Odra), Moravy (Bečva) a Dyje (Douda a Beran, 2009).

2.3.2 Současné problémy

Jedním z mnoha problémů populací velevruba tupého je jeho vysoký rozptyl v tocích a tudíž i velmi nízký počet jednotlivců žijících ve skupinách. Není tak možné v plné míře sledovat a monitorovat jejich výskyt jak v České republice, tak v zahraničí. Soužití v tak malých komunitách má za následek snižování schopnosti reprodukce, a pokud k tomu začnou působit a projevovat se další faktory negativního charakteru, jako je například zvýšené obohacování vody dusíkem a fosforem či vysoké znečištění prostředí, ve kterém se druh nachází, bude taxon velevruba *Unio crassus* stále na hranici vyhynutí (Douda a Beran, 2009). V populačních skupinách se objevuje více starších jedinců a přítomnost juvenilních či mladých jedinců není nikterak vysoká. Na úhynu se z velké procentuální části podílí i již zmíněné vodní migrační přechody určené pro druhy ichtyofauny, které poškozují jedince při průchodu a snaze rozšířit se do dalších částí toků. Nepřirozeným predátorem a narušitelem zdejších biodiverzit jsou stále častěji invazivní, introdukované druhy savců. Nejvýznamnější

predace velevruba byla potvrzena poprvé u mývala severního (*Procyon lotor*) a u ondatry pižmové (*Ondatra zibethica*). Tyto živočichové zanechávají na lasturách mlžů výrazné stopy, jejichž nález byl uveden na řece Bečvě a Lukaveckém potoku. Mezi další současné problémy oslabení existence druhu můžeme zařadit nevhodné a nekvalitní složení společenstva ichtyofauny. Každý zástupce z několika mnoha druhů má jiné vlastnosti, tudíž pokaždé jinak ovlivňují vlastnosti vitality juvenilních stádií. Můžeme tedy říci, že hlavním a nejdůležitějším faktorem pro kvalitní život velevruba je zastoupení a složení ichtyofauny (Douda a Beran, 2009). Pro spojitost a vztah mezi rybím společenstvem a sledovaným druhem velevruba, je zapotřebí provádět ochranu nejen na větších mlžích, ale také na samotné ichtyofauně. Velký zřetel bychom měli klást na úpravy toků. Při špatném a nešetrném zacházení může docházet i k nenávratnému poškození určitých stanovišť a k úhynu jedinců (Galová, 2013).

2.4 Celková legislativní ochrana

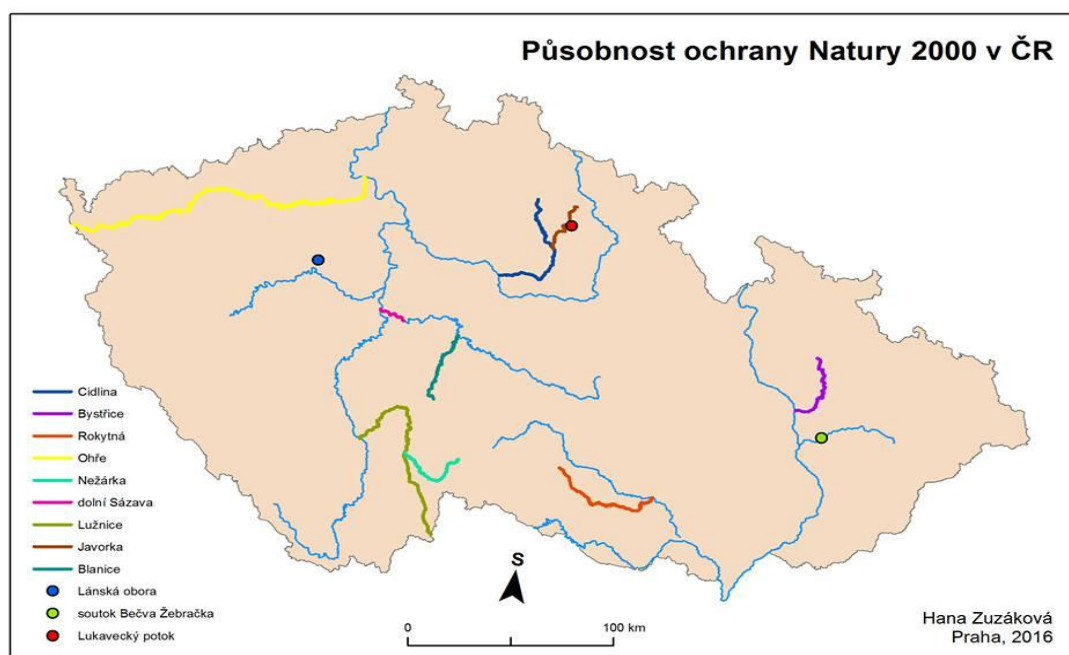
Většina legislativní ochrany pro velevruba tupého spadá pod zákon č. 114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny. Respektive pod ním můžeme najít důležitou směrnici Naturey 2000 92/43/EHS, která ve dvou přílohách spravuje ochranu druhu a také ochranu místa působení taxonu (AOPK, 2006). S vyhláškou 175/2006 došlo ke změně také vyhlášky 395/1992 Sb., která provádí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb., O ochraně přírody a krajiny, byl seznam ohrožených druhů doplněn do III přílohy o název velevrub tupý (*Unio crassus*) (Vyhláška 175/2006). Veškeré toky potom spadají a jsou zaštitěné Vodním zákonem 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů obsahuje úpravu podmínek hospodaření s vodou, její ochranu, ochranu vodního ekosystému, řeší právní vztahy mezi subjekty a snaží se snižovat nebezpečí v období záplav či v období sucha. Vodní zákon je tvořen jedenácti částmi o třinácti hlavách, které pojednávají o veškerém užívání, nakládání, ochraně, povolení, povodňových opatření, plateb a přestupků, co se toků týče (Vodní Zákon 254/2001). Pod vodní zákon spadá například také nitrátová směrnice 91/676/EHS, která zajišťuje ochranu vod před znečištěním způsobené dusičnany ze zemědělských strojů. Veškerá stavební činnost u nebo ve vodních tocích je zaštitěna také tímto zákonem. Několika paragrafy jsou pak upřesněny informace a podmínky staveb. Jedná se o například o tyto paragrafy. č. §15 Stavební povolení k vodním dílům, č. §15a Ohlášení vodních děl, č §45 Změny koryta vodních toků, č. §46 Ochrana vodních toků a koryt.

2.4.1 Natura 2000

„Natura 2000 je soustava chráněných území, které vytvářejí na svém území podle jednotných principů všechny státy Evropské unie. Cílem této soustavy je zabezpečit ochranu těch druhů živočichů, rostlin a typů přírodních stanovišť, které jsou z evropského pohledu nejcennější, nejvíce ohrožené, vzácné či omezené svým výskytem jen na určitou oblast (endemické)“ (AOPK, 2006).

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK) začala monitorovat a spravovat ochranu nad 13 lokalitami výskytu druhu na našem území, určené Naturou 2000, za kterou zodpovídá ministerstvo životního prostředí. Natura 2000 je soustava chráněných území, které na stejném principu určují jednotlivé státy na svém území. Pro Českou republiku a ochranu velevruba tupého byla zvolena s předmětem ochrany tato místa: Vlašimská Blanice, Dolní Sázava, Lánská obora, Lužnice a Nežárka, Ohře, Bystřice, Javorka a Cidlina, Lukavecký potok, Řeka rokytná, Soutok– Podluží, Bečva- Žebračka, Beskydy, Pododří (Obr. 3) (AOPK, 2006).

Natura 2000 obsahuje 2 důležité právní předpisy. Směrnici o ochraně volně žijících ptáků, „směrnice o ptácích“ a směrnici 92/43/EHS, o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin, „směrnice o stanovištích“. Ve směrnici o stanovištích je v příloze II Druhy živočichů a rostlin v zájmu společenství, jejichž ochrana vyžaduje vyhlášení zvláštních oblastí ochrany a v příloze IV Druhy živočichů a rostlin v zájmu společenství, které vyžadují přísnou ochranu obsažen velevrub tupý (*Unio crassus*) (Natura 2000, 92/43/EHS). Obě dvě směrnice jsou vloženy do národní legislativy pod zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.



Obr. 3: Řeky ČR zařazené v působnosti ochrany Natury 2000

2.5 Metody bioindikace a biomonitoringu vodního prostředí

2.5.1 Bioindikace vodního prostředí

Bioindikace, značí neustálé sledování biologických činitelů a ukazatelů podmínek různého prostředí podle druhové variability současného společenstva. Za bioindikátora lze považovat jakýkoliv živý organismus, který má specifické požadavky a nároky na životní prostředí. Pokud porovnáme vodní prostředí a souš je u vodního prostředí vyšší stabilita ekologických faktorů. Ve sladkovodních systémech a vodách je několik limitujících faktorů, které jsou zásadní pro ekologickou stránku. Řadí se mezi ně teplota, průzračnost (propustnost slunečních paprsků do hloubky), koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě. Koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě ovlivňuje vodní populace i osudy chemických látek. Kyslík může být více či méně ovlivněn činností vodních populací, organismů (Anděl, 2011). Při fotosyntéze veškeré autotrofní organismy vytvářejí kyslík, zatímco při dýchání je spotřebováván producenty, konzumenty a destruenty. S rostoucí teplotou okolí a vody, kyslíku pod hladinou ubývá, dochází k nabývání a rychlosti chemických reakcí a organismy projevují vyšší potřebu na využití kyslíku. Často tedy dochází ke zhroucení celých ekosystémů. Základním ukazatelem pro stanovení čistoty vody a metodou mezi bioindikačními testy je biochemická spotřeba kyslíku. BSK udává množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemickém

rozkladu organických látek, a je standardní metodou, která je i součástí legislativy ochrany vod. Znečištění povrchových tekoucích vod zejména odpadními vodami (ze zemědělství, průmyslu, splaškové vody) vede ke snížení podmínek kvality prostředí pro velevruba tupého (Anděl, 2011). Jelikož je velevrub výborným bioindikátorem čistých vod, jeho populace se postupně snižuje. Pro lepší monitoring a údržbu toků byla vytvořena spousta systémů, jak pro hodnocení kvality vody, tak organismů. Sládeček (1976) pro naše přírodní podmínky vypracoval bioindikační postupy a definoval 4 základní saprobiotické stupně.

- I. Katarobita – čistá voda bez živočichů a rostlin
- II. Limnosaprobita – oživené přírodní vody
- III. Eusaprobita – odpadní vody znečištěné odbouratelnými látkami
- IV. Transsaprobita – odpadní vody znečištěné neodbouratelnými látkami

Výsledky s hodnocením vychází z analýzy přítomnosti a početnosti, abundance indikátorů. Každý druh se vyznačuje rozdílnou saprobní hodnotou. Pro celkové vyhodnocení lze použít výpočet saprobního indexu S (1).

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot h_i \cdot I_i}{\sum_{i=1}^n h_i \cdot I_i} \quad (1)$$

S saprobní index společenstva

S_i individuální saprobní index i -tého taxonu

h_i individuální hojnost i -tého taxonu

I_i indikační váha i -tého taxonu (Ambrožová, 2013)

Stanovení saprobního indexu patří mezi nejvyužívanější bioindikační metody a je standardizováno pro výstupy legislativy ČSN 75 7716. Dalšími neméně používanými, bioindikačními metodami ve světovém měřítku zcela určitě patří metoda BEWS – Biological

early-warning systems, v překladu biologické systémy včasného varování. Systém spočívá ve vystavení bioindikátorů, organismů, neustálému proudění vody, kde jsou indikátory sledovány pomocí senzorů a v případě ekotoxikologického působení či změn chování dochází k nahlášení varování (Anděl, 2011).

2.5.2 **Biomonitoring vodního prostředí**

Biomonitoring je dlouhodobé sledování a posuzování životního prostředí, živých organismů a zpětných vazeb pro charakteristiku aktuálního stavu. Zkoumá, jaké účinky mají škodlivé látky na organismy, a které nikoliv. Biomonitoring vodního prostředí využívá pro své potřeby směrnici 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady (23. 10. 2000), která ustanovuje rámec pro činnosti společenství v oblasti vodní politiky. Rámcová směrnice o vodách RSV ustanovuje společné principy a jednání vodohospodářské politiky všech členských států Evropské unie (2000/60/ES). Směrnice zastřešuje bioindikační metody. V tekoucích vodách, řekách posuzujeme několik hlavních biologických ukazatelů. Složení a abundance vodní flóry, složení a abundance fauny bentických bezobratlých a složení, abundanci věkové struktury ichtyofauny (Anděl, 2011).

V dnešní době je v České republice potvrzeno 16 lokalit s výskytem velevruba tupého. Všechny tyto lokality, úseky na tocích (Ohře, Lužnice, Nežárka, Sázava, Chumava, Martinický potok, Klíčava, Javorka, Lukavecký potok, Bystřice, Bečva, Jihlava, Dyje, Rokytná, Jevišovka, Odra) jsou pod neustálým či pravidelným monitoringem (Beran, 2011). U vodních měkkýšů, jako je velevrub probíhá studie průzkumu ručním sběrem, pomocí kovových sítěk. Opatrně se prohledává dno, aby nedošlo k poškození mladých jedinců a shromažďují se nalezené schránky, které mohou nadále sloužit pro různé morfologické postupy. Existují také vhodné nástroje pro uklidnění vodní hladiny, díky kterým je snadno vidět na dno ve větších hloubkách. Jsou to tubusy se zvětšovacím sklem a průzračné desky.

Na Českých lokalitách probíhá sledování a pravidelné kontroly v různých intervalech. Vybrané lokality jsou kontrolovány jednou za 2 roky, detailní monitoring 1x za 2 roky, na ostatních lokalitách 1x za 5 let, lokality s historickou hodnotou jsou kontrolovány dle možností a podmínek, rybí obsádky 1x za 5 let. Na trvalých monitorovacích územích se provádí detailnější monitoring pro zjištění abundance skupin velevrubů a jejich bezpečí. Pravidelné kontroly jsou prováděny cca 1 až 2x do roka. Monitoring vodního prostředí je

rozdílný, pokud se jedná například o lokalitu s historickou hodnotou, kde závisí veškeré postupy na možnostech a postupech úřadů. U veškerého monitoringu by mělo probíhat hodnocení kvality vody a naměření hodnot pH, vodivosti, kyslíku, biochemické spotřeby kyslíku (BSK_5), chemické spotřeby kyslíku ($CHSK_{Mn}$), fosforu, chloridu a těžkých kovů (Beran, 2011). V České republice zaznamenává ochranu a biomonitoring velevruba tupého také Český hydrometeorologický ústav, kde jsou uvedeny jím sledované lokality, například na řece Jihlavě a Chumavě. Cílem všech prováděných biomonitoringů je sledování českých i evropských stanovišť pro ochranu organismů. Snaha o rozptýlení a rozšíření druhu do neosídlených částí toků, mapování jejich současných stanovišť, zkvalitnění jejich života a sběr schránkových vzorků pro další měření (morfometrické analýzy), to vše za plnění a chování dle zákonů a směrnic EU a ČR.

2.6 Morfometrie a její analýzy

Snaha kvantifikovat a více se zaobírat tvary organismů přišla s 19. stoletím. Snaha byla projevoována v porovnávání mezi dalšími jedinci stejného druhu na základě zjištěných dat. Postupně se tedy začala rozvíjet do té doby neznámá věda morfometrika i s jejími dalšími typy.

Morfometrie je věda zabývající se studiem a měřením tvarové plasticity všech, zejména živých systémů s jejich částí těl. Je to velmi oblíbená a čím dál více využívaná metoda v biologii, sloužící ke kvantitativnímu popisu (Gelšvartas). Spolupracuje a dále také studuje alometrii, nerovnoměrnost ve vývinu růstu, konkrétněji pak vztah velikosti daného organismu k velikosti jakékoli části jeho těla. Spousta morfometrických metod slouží k vykreslování a představě tvarů. Každá z nich slouží k jinému pozorování a vykreslení. Některé zkoumají rozložení objektu v rámci 2D obrazu buňky a snaží se ho, co nejpřesněji převést do 3D rozměrů, pro lepší posuzování stavby daného živého předmětu (Lackie, 2007). Každá skupina organismů vyžaduje jiné analýzy z důvodu rozmanitosti a složitosti. Pro velevrubovité mlže existují 3 postupy metod morfometrických analýz, které jsou v současné době hojně využívané k práci spojené s měřením. Jedná se o klasickou morfometrii, geometrickou morfometrii a fourierovu eliptickou analýzu tvaru (Jandáková, 2015).

2.6.1 Klasická morfometrie

Klasická morfometrická metoda (multivariate morphometric) zahrnuje měření a zjišťování jednotlivých parametrů (délka, šířka, tloušťka, tloušťka stěny) jedinců. Tyto měření mohou být dále propojovány i s věkem organismu, který je zjišťován za pomoci zimních přírůstových linií. Kladnou stránkou u klasické morfometrie je její snadná proveditelnost v terénním prostředí za pomoci několika málo pomůcek, jako je pravítko, metr či posuvné měřítko, mezi kladné stránky lze zařadit také posuzování naměřených dat a snadné posouzení výsledku. (Morais a kol., 2013) I přes rozšířenost a jednoduchost této metody, nemusí být metodou dostačující pro rozeznávání druhů a populací velevrubů nebo ostatních jedinců. Mohou vznikat chybná měření díky tvarové plasticitě druhu. Záleží na správném místě lineárního měření, každé odlišné body měřených parametrů udávají jiné vzdálenosti. Klasická morfometrie slouží tedy spíše jen jako doplňková metoda, která nedokáže zrekonstruovat výsledný 2D nebo 3D obrazec. Výsledným bodem této metody je pouze množina čísel, která se rovná naměřeným hodnotám a je vyjádřena maticí. Nedokonalostí této tradiční morfometrie se začala postupem času vyvíjet další geometricko-morfologická metoda.

2.6.2 Geometrická morfometrie

Technika geometrické morfometrické metody (geometric morphometric) umožňuje získat konkrétní kvantifikaci a analýzy variability tvarů velevruba tupého (*Unio crassus*). (Cruz a kol., 2012). Je metodou nejmodernější a nejvíce využívanou. Na rozdíl od metody tradiční se výsledky nezjišťují naměřenými vzdálenostmi, ale srovnáním obrysů a vyznačených bodů. Jiří Neustupa definuje geometricko- morfometrickou analýzu jako tu, která na základě matematického popisu a modelování umožňuje pochopit vznik tvarové rozmanitosti. Nachází uplatnění v evoluční biologii, zoologii, botanice, ekologii, medicíně a v dalších biologických oborech (Neustupa, 2006). Co se týče mlžů, tato metoda využívá při práci vnitřní strany lastur, na kterých se nacházejí využívané jizvy a zámkové zuby. Geometrická morfometrie dále využívá „Landmarky“ a jejich sety, základní body pro popis tvaru. Tyto body mohou být dvourozměrné nebo trojrozměrné striktně popisovány pevně stanovenými pravidly. Velký důraz je kladen na kvalitu landmarků, na jejich rozmístění a výběr orientačních bodů s vysokým evolučním významem (Gelšvartas).

Každý studovaný, sledovaný organismus musí mít charakteristický landmark, pokud nastane situace, že organismus není vybaven alespoň jedním orientačním bodem, určí se bod přibližný

nebo se organismus vyřadí ze studie. Pro označování existují 3 typy landmarků. Jedná se o opravdové landmarky, které jsou definovatelné biologickým významem. Pseudo-orientační, které jsou definovány umístěním, například bodem a landmarky semi- orientační, které jsou popisovány vztahem umístění dalších landmarků. Získané data disponují více variantami jak v polohách, měřítkem, i orientaci. (Gelšvartas). I přes to, že se jedná o nejmodernější metodu, nese s sebou jisté nevýhody. Hlavní nevýhodou je časová náročnost, ruční umíst'ování orientačních bodů, pokud možno na co nejlépe zachovalé vnitřní strany schránky. Za potřebí je vysoké pečlivosti a trpělivosti, aby nedošlo k mylnému měření.

2.6.3 Fourierova morfometrická analýza

Fourierova eliptická analýza tvaru, obrysu je výkonnou metodou, která se zatím nesetkala s dostatečným využitím. Je to analýza zabývající se vnějším tvarem předmětu a jeho analýzou mnohem šetrněji než tradiční morfometrická metoda založena na ručním lineárním a úhlovým měření. Rekonstrukce a vykreslení konečného obrazu vznikne pomocí Fourierovi transformace (souvisejících kruhů a elips vyjádřených pomocí goniometrických funkcí sinusem a cosinusem), také i jako harmonické proměnné. Jejichž množství můžeme odhadnout z inverzní Fourierovi rekonstrukce nebo z power spektra (Crampton, 1995). Dále jej lze určit dle tvarové variability, tak aby byly zachyceny všechny vlastnosti tvaru a zároveň se drobné nerovnosti nepromítly v analyzovaném výsledku.

Všechny harmonické proměnné popisují detaily a drobné nerovnosti schránky. Jejich množství se u každého druhu organismu liší, u mlžů, kteří jsou charakterizováni málo členitým a jednoduchým obrysem často postačí 8- 14 těchto proměnných (Jandáková, 2015). V analýze se dále využívá Fourierových funkcí, které slouží jako další harmonické složky. Můžeme vymezit jakýkoliv typ tvaru s dvourozměrnou uzavřenou konturou, díky které analyzovaný tvar slouží také jako předpoklad pro vyhodnocení dědičnosti morfologické zvláštnosti a genetiky jedince. Cílem Fourierovi analýzy je zredukovat a zjednodušit množinu výsledků k jednoduššímu dosažení rekonstrukce původního tvaru (Kuncová).

Je také potřeba podotknout, že tato analýza spadá pod takzvané obrysové morfometrické metody, které mohou udávat správně zpracovaná statistická data, ale nedokážou jej správně vyobrazit (Scholz, 2013). Fourierova morfometrická analýza obrysu je analýzou využívanou ve více vědních disciplínách, jako je entomologie, antropologie, paleontologie, archeologie,

medicína a další. Často se využívají také v biologii například u studia lastur a schránek u měkkýšů, plžů i mlžů. V menší míře než u živočichů bývá metoda prováděna i u rostlin, kde porovnává a zkoumá například tvary s obrysy listů. Tvary vodních organismů (jako velevrub tupý), které jsou studovány těmito morfometrickými metodami, bývají zpravidla ovlivňovány ať už biotickými nebo abiotickými podmínkami.

2.7 Působení vodního a vnějšího prostředí na schránku lastur

Tvarové propozice velevrubovitých mlžů byly studovány a dobře zdokumentovány vědci již v minulém století, kdy bylo až několik druhů této skupiny velevrubů. Jak již bylo uvedeno, velevrub tupý a další zástupci velevrubů mají vysokou tvarovou plasticitu. Rozdílnost ve tvaru se může vyskytovat u délek, šířek, úhlovém rozpoložení, hmotnosti schránek nebo tupým, či ostrým zakončením schránky. Velká rozmanitost může být i ve formě věku a celkového modelu růstu. Jelikož se spolu s perlorodkou říční jedná o velmi ohrožený druh ve střední Evropě (jejichž globální pokles je patrný) je jejich plasticita, přizpůsobivost k okolí důležitou složkou pro jejich přežití (Bauer a Wächtler, 2001).

Strukturu, tvar, složení i pevnost schránek velevruba neustále ovlivňuje působení vodního prostředí a okolního života. Několik různých příčin může pozitivně nebo negativně působit na vlastnosti lastur. Ve vodním prostředí může být příkladem jakost a kvalita vody, která je pro taxon velevruba tupého velice důležitá z pohledu bioindikátora čisté vody. Složení, pevnost a vývoj lastury můžou ovlivnit i rozpustné prvky ve vodě (kyslík, dusík, fosfor, atd.). Většina řek s výskytem taxonu *Unio crassus* vykazuje obsah dusičnanů nižší nebo rovný 2mg/l. V zimě může tato koncentrace až několikrát znásobit svou hodnotu. Při překročení stanovených hodnot hrozí zástupcům zhoršená reprodukce a vitalita života (Köhler, 2006). Poměrně vysoké narušení a ovlivnění možnosti analyzovat lastury může způsobovat aktivita predátorů, kde u některých jedinců může docházet k nenávratnému poškození schránek, například u ondatry pižmové (Douda a Beran, 2009).

Další velkou roly hraje složení nánosů na dně toku. Mgr. Jandáková ve své práci uvádí vztah mezi substrátem a schránkou, pokud je v určité lokalitě nános jemný, bude struktura a povrch schránky jedince hrubý, vrásčitý a s občasnými výrůstky. Takto strukturovaná skořápka se lépe udrží na daném místě při toku a proudu vody. V opačném případě hrubého substrátu je

struktura skořepiny jemná, bez větších „vrásek“. Takto jemně strukturovaná schránka slouží pro snadné zahrabání a skrytí jedince před nebezpečím (Jandáková, 2015).

Do ovlivňujících faktorů spadá také teplota vody, salinita vody a výšková část toku. Pokud se jedná o části v horních a dolních tocích, lze lastury rozdělit do dvou typů tvarů schránky. Populace velevrubů nacházející se v horních částech toků mají schránku více tvarově protáhlou, zatímco u spodních částí toků jsou schránky spíše více zakulacené (Jandáková, 2015). Velmi důležitou rolí parazitických fází pro velevruba tupého (*Unio crassus*) je teplotní charakteristika vody. Teplota vody může být ovlivněna a zvyšovat se například okolními podmínkami vyplývajícími z odpadní vyhřívané vody, přehrazování toků, odlesňování břehů nebo změnou klimatu. Tyto teplotní změny mohou mít přímý nebo nepřímý škodlivý účinek. V důsledku měnících se teplot v průběhu času může docházet k ovlivnění „náboru“. Vysoké i nízké teploty omezují šíření sladkovodních druhů mušlí přímo, prostřednictvím mortality mušlí nebo nepřímo, prostřednictvím hostitelských ryb a inhibice vývoje glochidií (Taeubert a kol., 2012). U mladých a dospělých jedinců je známý vztah mezi mírou růstu a teplotou, teplota ovlivňuje metabolismus, který zase růst mlže (Ercan a Tarkan, 2014). V severních zemích, kde jsou toky příliš chladné, jsou mušle známé pro svou dlouhověkost a sotva zaznamatelnou mírou růstu (Bauer, 1992). S teplotou a klimatickými podmínkami může být spojen dále také faktor vodní salinity.

Zvýšená salinita ve sladkých vodách může vyplynout z několika důvodů, některé z nich jsou například sucho, klimatické podmínky, kyselá dešť, znečištěné prostředí nebo také změny ve využívání půdy. Všechny tyto příčiny zvýšeného promile zasolení mají za následek změnu životaschopnosti a přežití sladkovodních mušlí (Ercan a Tarkan, 2014). Velevrub tupý (*Unio crassus*) jeví při mírné salinitě do 1,5 ‰ podporu v nárůstu hmotnosti těla, avšak při vyšších hodnotách koncentrace soli ve vodě než jsou 3 ‰, se jedná o koncentraci smrtelnou. Vhodné koncentrace množství soli pro život a vývoj jedinců druhu velevruba tupého se pohybují v rozmezí 0,3 ‰ – 1,5 ‰. Ovlivnění přírůstu hmotnosti jedinců může být také odlišné podle aktuálního ročního období (Ercan a Tarkan, 2014). Hmotnost může být ovlivněna i metabolismem, oproti perlorodce říční (*Margaritifera margaritifera*), která má nižší rychlost metabolismu a může se vyskytovat v oblastech s nízkou dostupností potravin má velevrub tupý metabolismus s vyšší rychlostí a pravděpodobně potřebuje ke svému životu bohatší dávky potravy a oblasti vodstva bohaté na různorodost a bohatost živin k filtraci (Bauer a kol., 1991).

Z pohledu vnějšího prostředí a blízkého okolí toku, které dokážou ovlivnit život a schránku velevruba můžeme zahrnout procentuální zalesnění povodí, procentuální osídlení oblastí blízkých povodím a s tím související možné znečištění nebo nadmořskou výšku, tyto faktory jsou dále rozebírány v rámci praktické části bakalářské práce.

2.8 Využití území v povodí a jeho vliv na vodní organismy

Velevrub tupý (*Unio crassus*) byl dříve velmi rozšířeným druhem v Evropě, žil v čistých ničím neznečištěných řekách, potocích a jezerech. Pozdější urbanizace a intenzivní zemědělství po druhé světové válce nenávratně zničili nebo poškodili místa výskytu vhodné pro našeho zástupce rodu *Unio* (Vicentini, 2005).

V současné době je zástupce velevrub tupý ohroženým druhem hned v několika státech, jedná se o sousední Německo, Rakousko, Polsko, Švýcarsko, Francii a další.

Všechny druhy sladkovodních mušlí jsou v dnešní době náchylné a trpí lidskou činností, jakou jsou například tvorby úpravy toků, ničení biotopů, znečištění vody a biotopů a zvýšení jemného sedimentu způsobeného odpadní vodou s využíváním půdy ze zemědělství a městských oblastí. Proto také dochází k neustálému úbytku zástupců těchto živočichů. Pod další lidskou činností ovlivňující vodní toky spadají různé stavby, jakými jsou elektrárny, přehrady a průmyslová či zemědělská činnost.

Nejvíce limitujícím faktorem jsou podélné technické přestavby koryt a příčné stavby, které narušují ekologicko-morfologický stav vodních toků. Dochází ke ztrátě přirozených rozměrů a rozsahů spolu se změnou tvarů. Umělé úpravy toků také přispívají větší hloubce a kapacitě, která není vhodná pro většinu vodních organismů žijících v pohybujících se vodách.

Veškeré úpravy vznikají s konkrétní představou a cílem, jako jsou například protipovodňové odtoky (Singr, 2014). Tyto přestavby podporují odvodňování půdy a dochází k problémům se samočištěním. Snížena je také migrační vlastnost toků a jejich průtočnost, vodním organismům je tak bráněno rozptýlení do jiných částí řek. Živočišnou biodiverzitu narušují ve velké míře vodní elektrárny, kam se mohou živočišné svou nepozorností snadno dostat i přes migrační přechody (Singr, 2014).

Velké nebezpečí a fatální dopady na veškeré organismy ve vodě má samotné znečištění vody ať už pevnými odpady (plasty, papír, sklo, zbytky potravin, elektro) nebo únikem toxických látek. Ke kontaminaci vody může docházet několika způsoby v místech blízkých toku.

Zdrojem je většinou zemědělství, těžba, průmysl, doprava a různé služby. Do toku se mohou dostávat a dále poškozovat živé tvory, látky ropné, pesticidní, dezinfekční, čistící, rozpouštědla, vše záleží na výrobním odvětví v okolí. Příkladem může být okolní těžební průmysl, který při nečekaných událostech může být ve vysoké míře významným původcem znečištění při haváriích zlata, například při úniku rtuti, při těžbě dřeva mohou vodu znečišťovat zase zbytky stromů.

Polutanty vypouštěné do vodních sítí mohou být charakterizovány od mírně jedovatých až po velice toxické, kde už není v ohrožení pouze vodní ekosystém, ale i životní prostředí a lidé i díky potravním řetězcům. Bodovým i plošným znečištěním se zabývá i například Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, oddělení ochrany vodních ekosystémů.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Cíl práce

Na základě analýzy klasické morfologické variability schránek jedinců druhu *Unio crassus* popsat využití území v povodích s výskytem tohoto druhu a identifikovat možný význam podmínek prostředí pomocí GIS analýzy. Cílem je popsat působení a ovlivnění tvaru lastur mlže podmínkami vnějšího okolí.

3.2 Metodika:

Pro analýzu ovlivnění tvaru *Unio crassus* prostředím, byly použity již dříve nashromážděné lastury z několika převážně evropských států. Jedná se konkrétně o 898 schránek pocházejících z 31 menších i větších toků (Polska, Srbska, Rumunska, Bulharska, Litvy, Ruska, Ukrajiny, Moldavska a Izraele). Samotná práce začala prací v laboratoři, kde probíhalo měření všech lastur pomocí již zmiňované klasické morfometrie. Každý jedinec byl označen a byly naměřeny parametry (délka, šířka, tloušťka, tloušťka stěny schránky), dále byl zjištěn věk pomocí spočítání zimních přírůstkových linií, odhadnuta koroze lastury na škále od 0 do 5 a pořízen fotografický snímek pro pozdější Fourierovu morfometrickou analýzu (která není předmětem této bakalářské práce). Pro tuto bakalářskou práci bylo později vybráno konkrétních 10 toků z toho 5 s Baltským úmořím a 5 toků s Černým úmořím. K oběma úmořím byla vytvořena lokalizační mapa spolu s mapami vyobrazujícími buffery, jejichž velikost byla zvolena odmocninou délky jednotlivých toků. Ve vyznačených bufferech bylo zjištěno plošné a procentuální zastoupení několika tříd land-use a zařazeno do pěti základních kategorií podle Corine Land Cover classes. Mezi zjišťované kategorie a třídy patří městská zástavba (umělé povrchy, doly), zemědělské plochy (orná půda, pastviny, vinice), lesy a částečně přírodní oblasti (jehličnaté lesy, listnaté a smíšené), mokřady (vnitrozemní mokřady) a vodní plochy (sladké vnitrozemní vody a slané vody). Mapové podklady byly vytvářeny pomocí programu GIS, jejichž vstupní data byly získány z European environment agency. A dále byly jednotlivé zjištěné složky komparovány v grafech s velikostí reziduí lastur a posuzovány poměry jednotlivých měřených charakteristik. Byly také vytvořené takzvané boxploty pro grafické znázornění tvaru lastur a jejich velikosti ve všech tocích.

4 VÝSLEDKY

4.1 Charakteristika a land-use vybraných řek

Pro GIS analýzu byly vybrány níže jmenované řeky, převážně ze zemí Bulharska, Rumunska a Polska: Jasiołka (JAS), Radunia (RAD), Słupia (SL), Drawa (DR), Brzeznicka (BR), Palakariya (PAL), Ogosta (OGO), Bega (BG), Nishava (NIS) a Tur (TUR). Toky byly vybrány dle úmoří, do kterých ústí. Do Baltského moře (Obr. 4) a Černého moře (Obr. 5).

Tab. 2: Základní data toků

	Brzeznicka	Drawa	Jasiołka	Radunia	Słupia
Délka	32 km	176 km	77 km	75 km	134 km
Úmoří	Baltské	Baltské	Baltské	Baltské	Baltské
Země	Polsko	Polsko	Polsko	Polsko	Polsko

	Bega	Nishava	Ogosta	Palakariya	Tur
Délka	78 km	178 km	120 km	41 km	93 km
Úmoří	Černé	Černé	Černé	Černé	Černé
Země	Rumunsko Srbsko	Bulharsko Srbsko	Bulharsko	Bulharsko	Rumunsko

Brzeznicka: Lokalitou této řeky je severozápad Polska. Spolu s tokem Oslawica mají nejkratší délky z vybraných toků. Délka řeky je 32 km.

Drawa: Pramen této řeky se nachází v Západopomořanském vojvodství Polska v nadmořské výšce 212 metrů nad mořem. Délka toku je 176 km a povodí zaujímá 3296 km².

Jasiołka: 77 kilometrová řeka nacházející se v jihovýchodní části Polska, pramenící v Nízkých Beskydech. Povodí řeky Jasiołky obklopuje 513,2 km².

Radunia: Evropský tok protékající Polskem s pramenem v blízkosti jezera Stężyce. K celkové délce toku je přiřazena plocha povodí o 837 km².

Słupia: Řeka nacházející se na severozápadě Polska s délkou 134 km pramení ve výšce 204 m n. m. a jejím úmořím je Baltské moře. Celková plocha povodí je 1620 km².

Bega: Celková délka řeky je 78 km a protéká 2 státy Rumunskem a Srbskem. Ústí do Černého moře a celková výměra povodí je 2870 km².

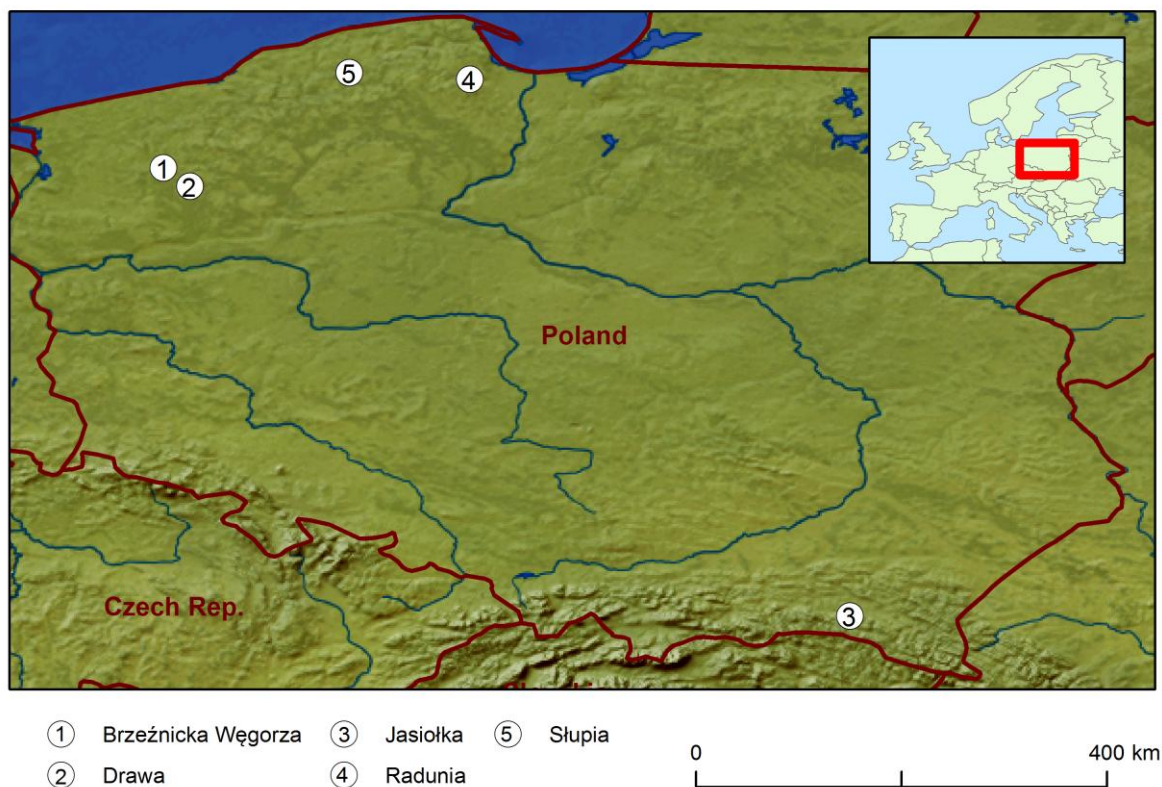
Nishava: Povodí této řeky zaujímá 3950 km², samotná délka toku je 178 km, část z Bulharska a část ze Srbska. Úmořím je Černé moře.

Ogosta: Řeka Ogosta river se nachází v severozápadním Bulharsku a pramení v pohoří Staré planiny blízko hranic se Srbskem. Velikost povodí je 3157 km².

Palakariya: Řeka dlouhá 41 km nacházející se v západním Bulharsku. Vlévá se do Černého moře a její povodí zabírá 402 km².

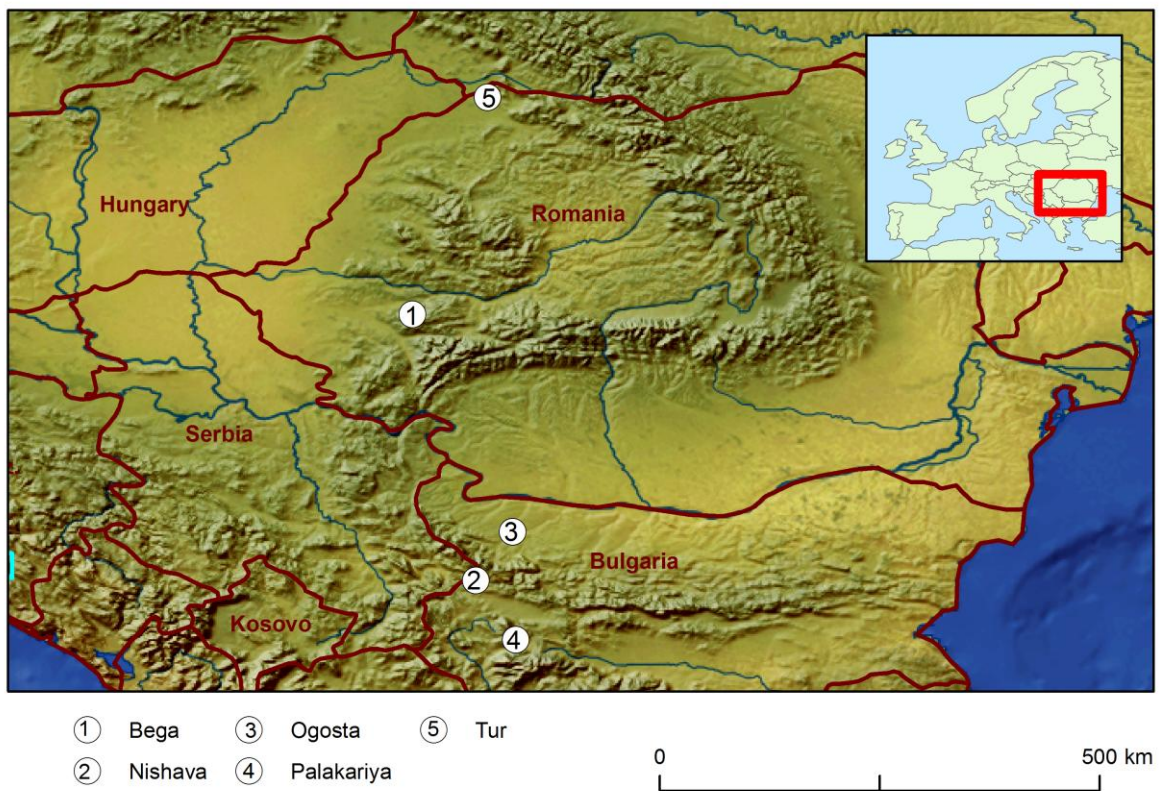
Tur: 93 km dlouhý tok nacházející se v Rumunsku, ústí do Černého moře a jeho povodí zaujímá 1144 km².

ZKOUMANÉ TOKY- ÚMOŘÍ BALTSKÉ



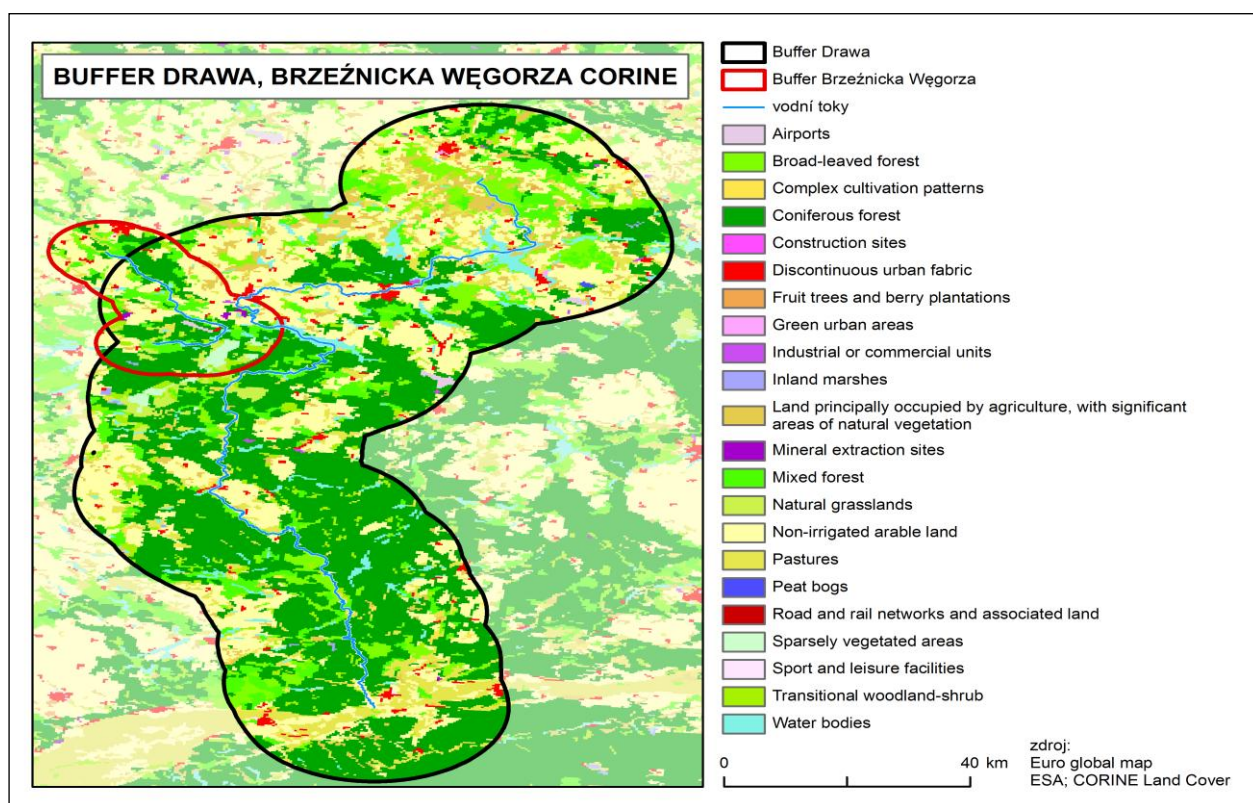
Obr. 4: Lokalizace řek Baltského úmoří

ZKOUMANÉ TOKY- ÚMOŘÍ ČERNÉHO MOŘE



Obr. 5: Lokalizace řek Černého úmoří

4.1.1 Drawa a Brzeznicka



Obr. 6: Znárodnění bufferu řek Drawa a Brzeznicka

Tab. 3: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Drawa

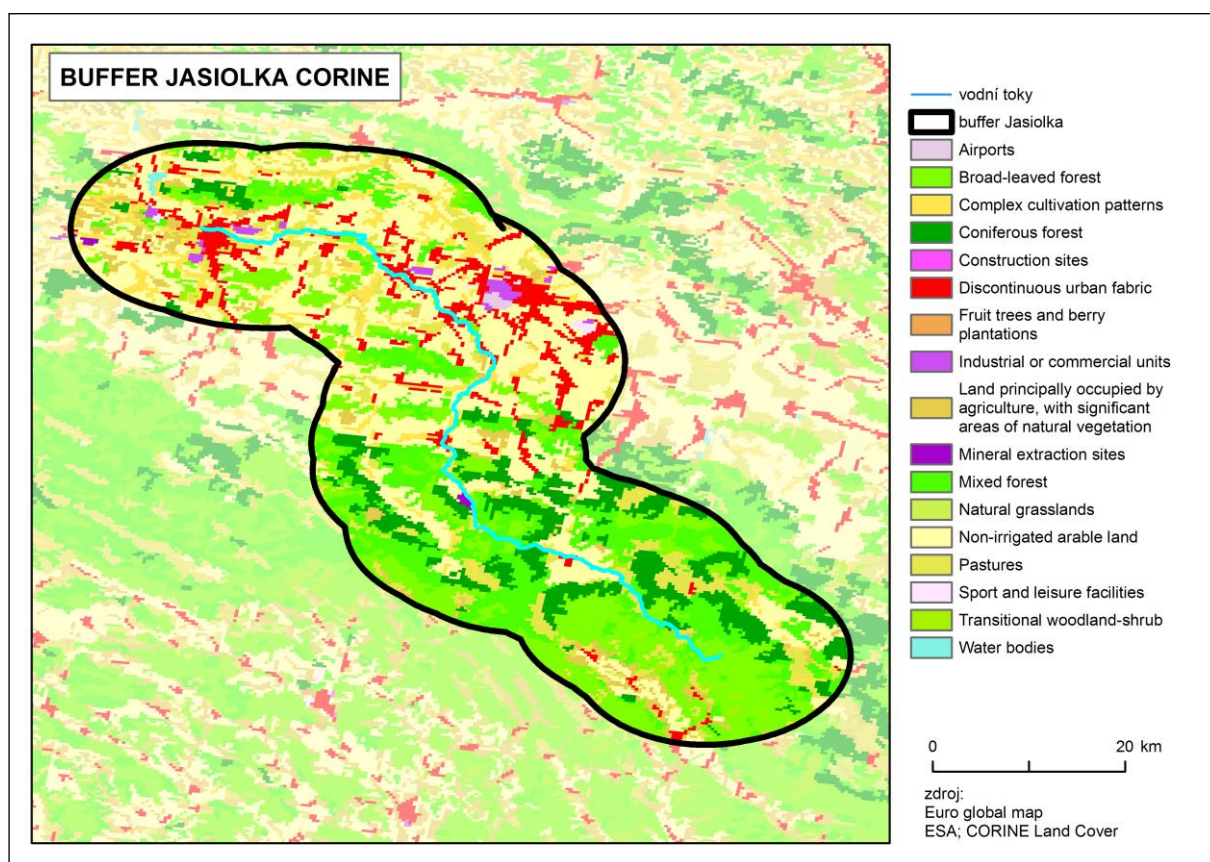
DR	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smišžené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	83,35	1402,42	2305,18	1598,88	266,11	291,69	5,25	133,06
%	2,12	35,69	58,67	40,69	6,77	7,42	0,13	3,39

Tab. 4: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Brzeznicka

BR	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smišžené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	13,94	137,49	221,37	124,37	22,75	42,06	0,50	12,00
%	3,62	35,69	57,45	32,28	5,90	10,92	0,13	3,11

V okolí řeky Drawa největší množství ploch zaujímají lesy a další porosty. Ze zjištěných 2305,18 km² lesů je 40,7 % pouze jehličnatých lesů (1598,88 km²). Vysoké zastoupení má také kategorie zemědělských ploch, kde největší podíl připadá na orné půdy 945,2 km² a pastviny 270,11 km². Oproti celkovému přírodnímu růstu je poměrně malé procento umělého zastavení. 65 km² městské zástavby a necelý 1 km² silničních a železničních sítí.

4.1.2 Jasiołka



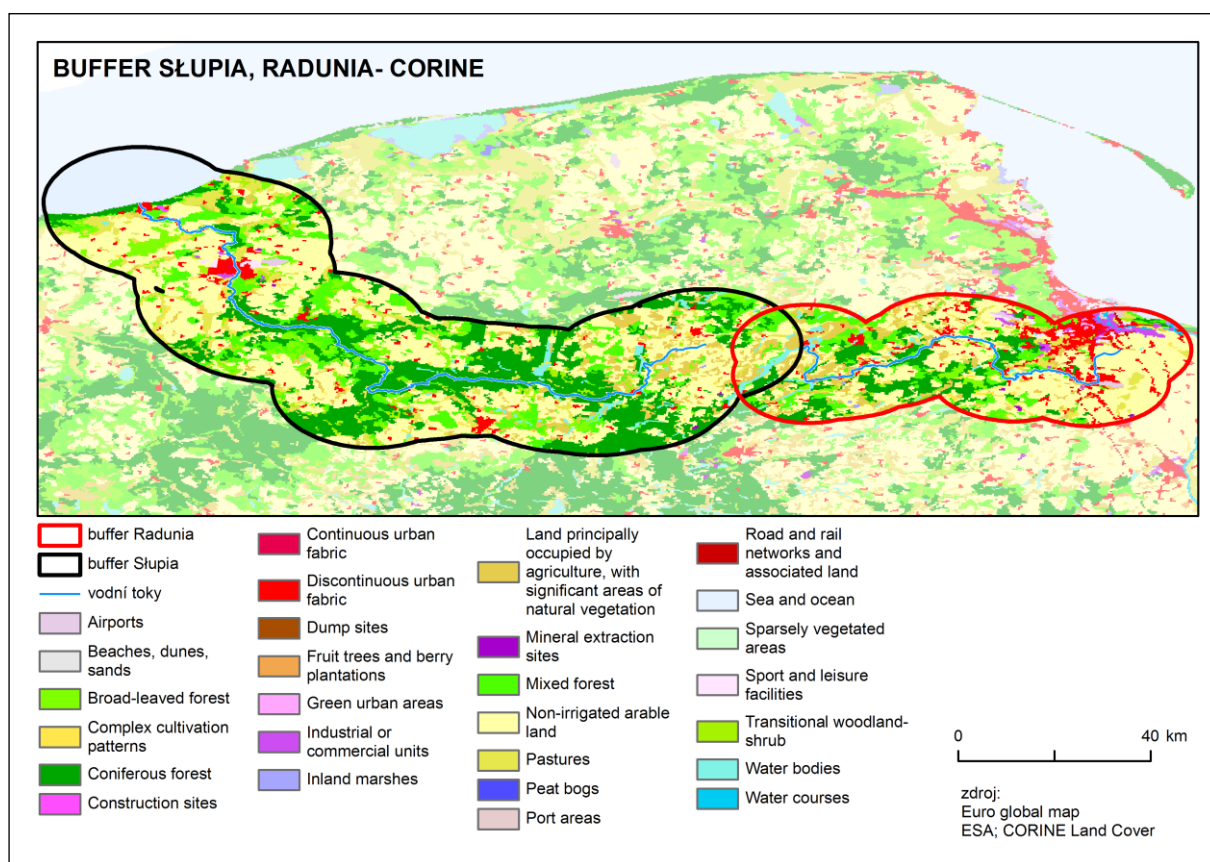
Obr. 7: Znárodnění bufferu řeky Jasiołka

Tab. 5: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Jasiołka

JAS	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smišžené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	117,41	689,36	649,01	145,80	271,34	223,43	x	1,50
%	8,06	47,30	44,54	10,01	18,62	15,33	x	0,10

Vytvořený buffer řeky Jasiołky nám říká, že největší podíl v land-use má zemědělská plocha, která se skládá z orné půdy, pastvin a dalších heterogenních zemědělských oblastí. Podstatné zastoupení přírodní složky tvoří také lesy a porosty se svými 649,01 km², 10 % jehličnaté lesy, 18,62 % listnaté a smišžené lesy zaujímají 15,33%. Umělá zástavba tvoří 117,41 km². Městská zástavba 100,1 km² a průmyslové, obchodní a přepravní jednotky jsou tvořeny 11,82 km² (0,8%), veškeré tyto zástavby a umělé plochy jsou k nalezení z většiny pouze na jedné ze stran bufferu. Výskyt vodních ploch v blízkém okolí je téměř nulový.

4.1.3 Słupia a Radunia



Obr. 8: Znázornění bufferu řek Słupia a Radunia

Tab. 6: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Słupia

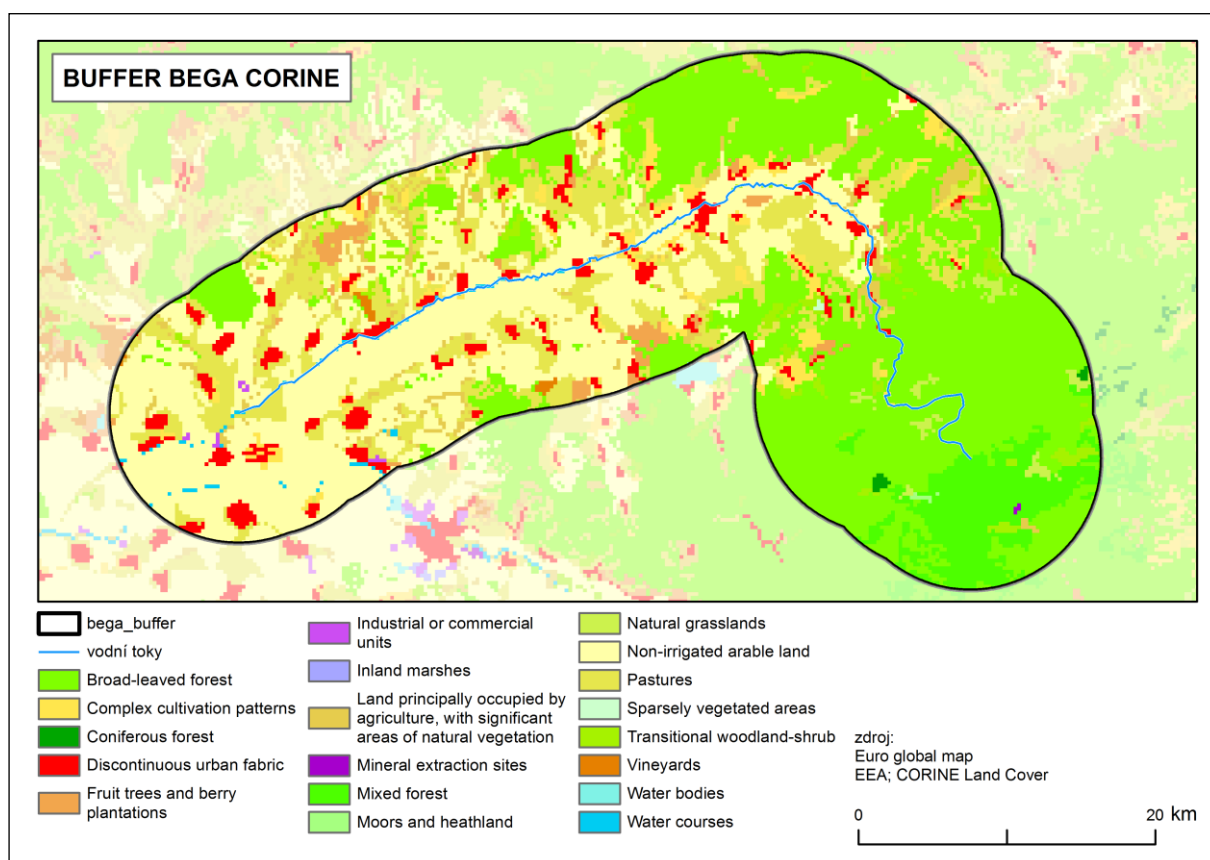
SL	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smíšené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	90,01	1336,59	1127,93	635,99	129,85	308,92	1,00	255,63
%	3,20	47,55	40,12	22,62	4,62	10,99	0,04	9,09

Tab. 7: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Radunia

RAD	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smíšené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	150,54	694,70	319,28	161,55	34,32	118,41	2,19	40,07
%	12,47	57,57	26,46	13,39	2,84	9,81	0,18	3,32

Oba dva tyto toky jsou jedinými z vybraných, které ve svém bufferu zaujímají slanou vodu. Okolní prostředí řeky Słupia zahrnuje vodní plochu o 255,63 km² z toho je pouze 51,1 km² vnitrozemské vody a mořská voda tvoří 204,5 km².

4.1.4 Bega



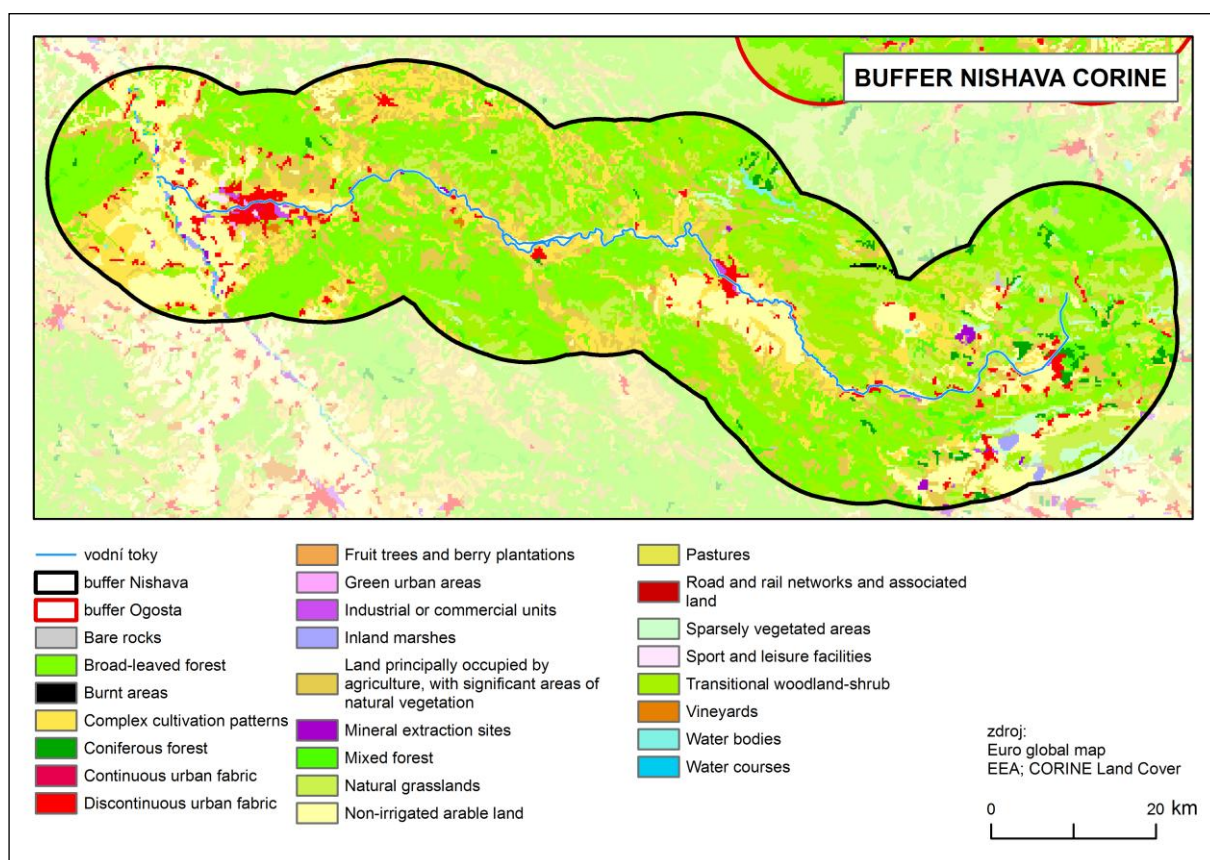
Obr. 9: Znázornění bufferu řeky Bega

Tab. 8: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Bega

BG	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smišené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	55,73	937,15	633,85	1,57	519,95	47,22	x	4,95
%	3,89	51,49	44,27	0,11	36,32	5,18	x	0,35

Jedno z nejnižších zastavění městskými a průmyslovými stavbami lze najít v prostředí řeky Begy. Umělé zástavby zde tvoří pouhých 55,73 km² a necelá 4 %, zatímco přírodní jednotky tvoří velkou část z území. Můžeme zde najít také doly a těžební stanoviště. V lesních porostech převažují listnaté lesy se svými 519,95 km². Jelikož se jedná o jižněji ležící stát (Bulharsko), než je Polsko, lze předpokládat vyšší teploty a vyšší nárůst teplomilných plodin. V oblasti vyznačeného mapového podkladu můžeme vyhledat vinice (0,18 %), sadařské oblasti v pěstování ovocných stromů a plantáže s bobulovitými plody (1,41 %). Vnitrozemní sladké vody zaujímají pouze 0,35

4.1.5 Nishava



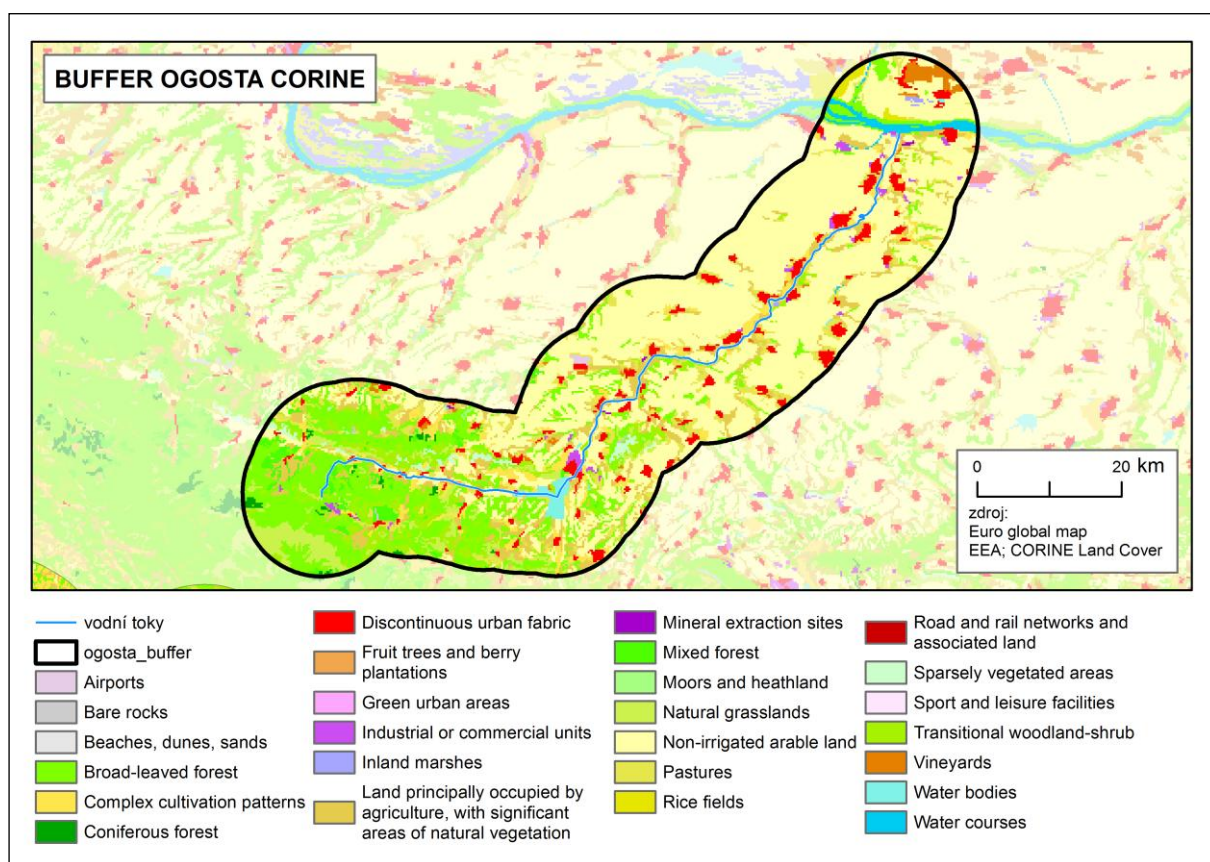
Obr. 10: Znárodnění bufferu řeky Nishava

Tab. 9: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Nishava

NIS	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smišené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	130,75	1478,81	2544,82	38,34	1288,54	87,59	9,27	10,59
%	3,13	35,43	60,96	0,92	30,87	2,10	0,22	0,25

Největší procento povrchu země v Nishava bufferu zakrývají lesní porosty v čele s listnatými stromy (1288,54 km²). Do kategorie lesního povrchu je zde také zahrnuta třída prostorů bez vegetace. Mezi tyto prostory patří na mapě černě vyznačená spálená místa (2,06 km²) a holé skály (5,14 km²). Zemědělské plochy jsou složeny z orné půdy, pastvin, vinic, plantáží a zabírají 35,43%. Nachází se zde vnitrozemské mokřady a vodní plochy o celkové rozloze 19,86 km².

4.1.6 Ogosta



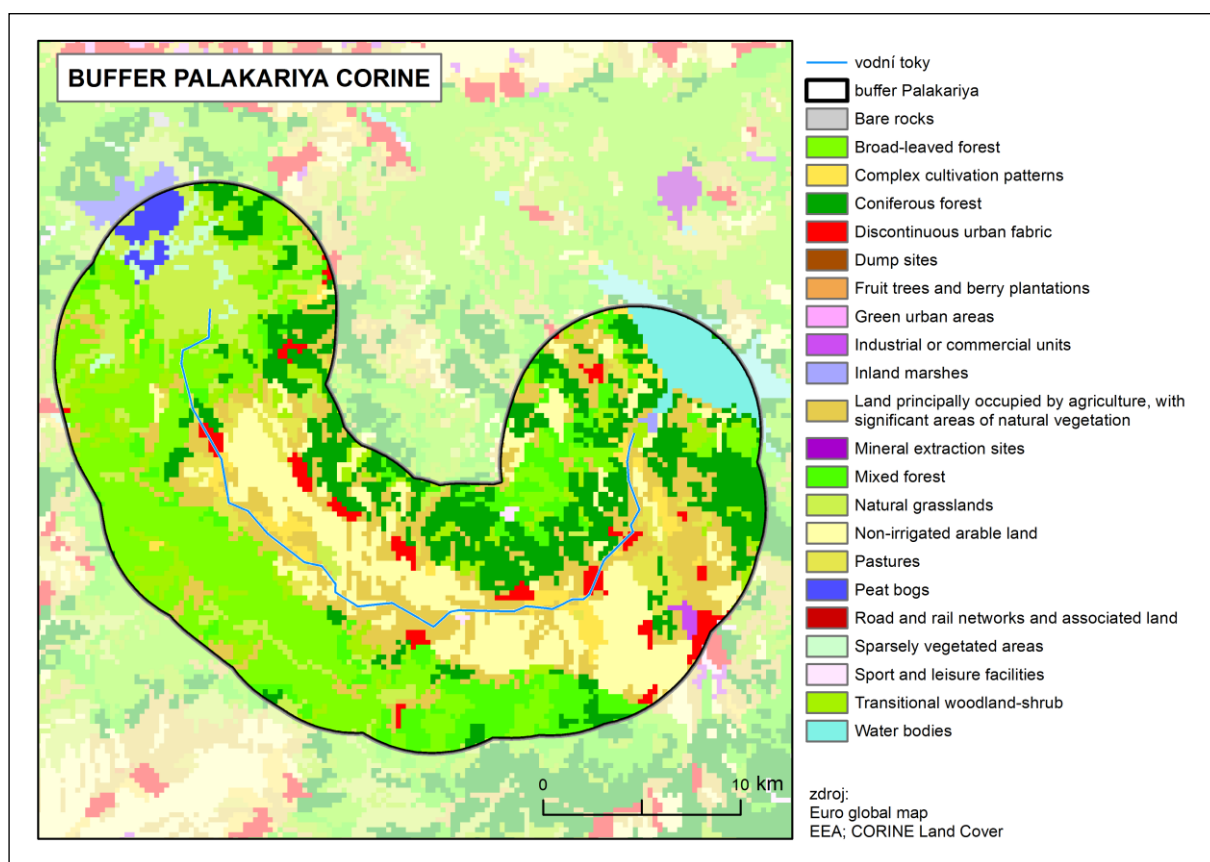
Obr. 11: Znárodnění bufferu řeky Ogosta

Tab. 10: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Ogosta

OGO	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smíšené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	138,01	1860,52	776,88	11,45	447,59	46,57	3,00	46,44
%	4,89	65,86	27,50	0,41	18,84	1,65	0,11	1,64

V okolí řeky Ogosta je nadprůměrné zemědělské využití, zemědělské plochy pokrývají 1860 km², do kterých je započítána orná půda, pastviny, vinice, ovocné plantáže a také rýžová pole. Rýžová pole jsou v rozsahu 10,13 km². Lesní porosty se zde vyskytují ve 27,5%. Z toho 447,59 km² listnatých stromů, 46,57 km² smíšených lesů, 11,45 km² jehličnatých lesů, přírodního travního porostu 101 km² a necelý 1 km² rašelinišť a vřesovišť. V blízkosti toků je několik málo dolů a těžebních míst, výjimkou nejsou ani holé skály. Městská zástavba tvoří 114 km² z celkových 138,01 a průmyslové, obchodní a přepravní jednotky tvoří 20,8 km².

4.1.7 Palakariya



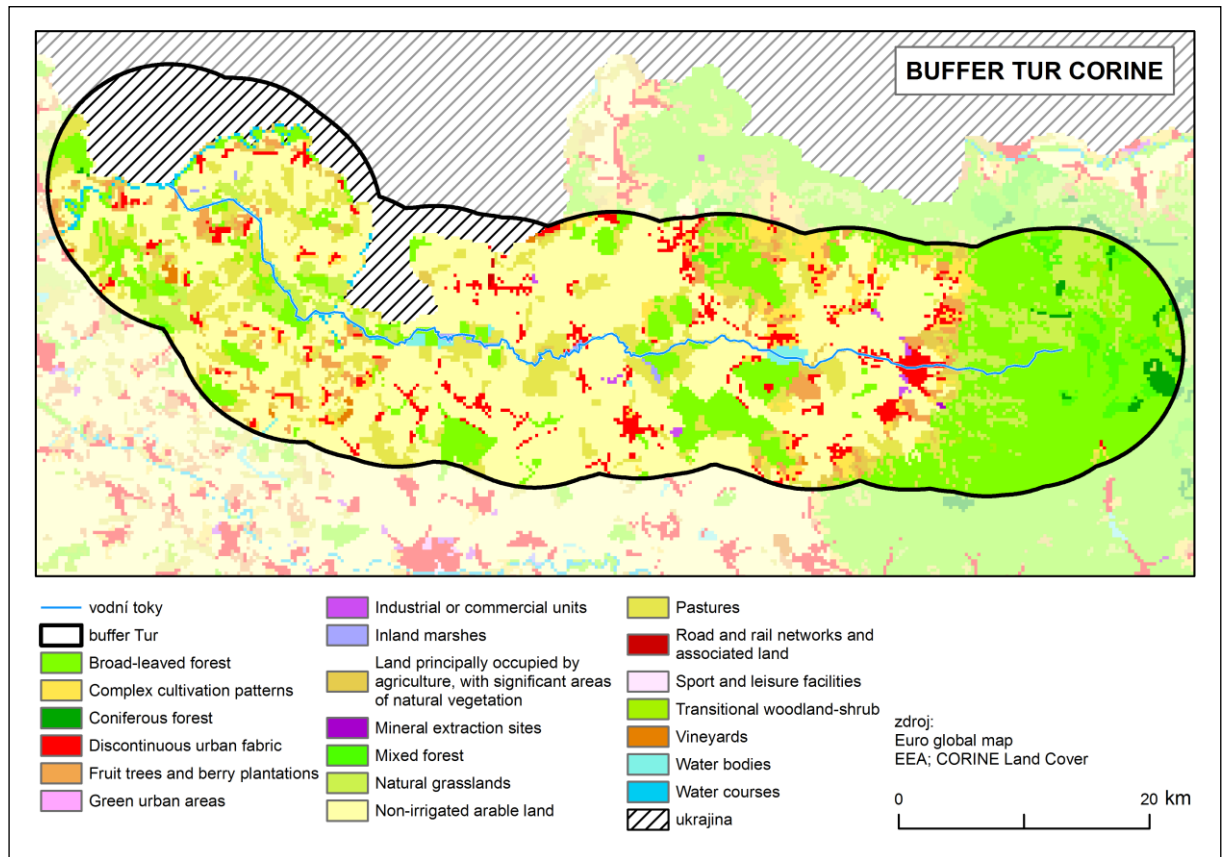
Obr. 12: Znáznornění bufferu řeky Palakariya

Tab. 11: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Palakariya

PAL	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Směšené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km²	16,96	224,93	380,98	103,24	131,58	51,68	8,07	20,52
%	2,60	34,53	58,48	15,85	20,20	7,93	1,24	3,15

Palakariya je řekou dlouhou 41 km, pro velikost jejího bufferu byla tedy vypočítána hodnota 6,4 km. Největší území je pokryto listnatými lesy (131,58 km²) a jehličnatými lesy (103,24 km²). Zemědělské využití je tu tvořeno ornou půdou, pastvinami a oblastmi s přirozenou vegetací. Vodní plochy jsou spolu s vnitrozemními mokřady, rašeliništěm obsaženy na 28,59 km². Městská zástavba a umělé plochy zaujímají pouhých 16,96 km².

4.1.8 Tur



Obr. 13: Znárodnění bufferu řeky Tur

Tab. 12: Plošné a procentuální pokrytí bufferu řeky Tur

TUR	Umělé zástavby	Zemědělské plochy	Lesní porosty	Jehličnaté lesy	Listnaté lesy	Smíšené lesy	Mokřady	Vodní plochy
Km ²	74,13	1028,31	545,94	10,63	411,56	21,63	3,69	19,13
%	4,44	61,53	32,67	0,64	24,63	1,29	0,22	1,14

Tur je tok nacházející se na severu Rumunska. Jelikož velikost bufferu zasahuje na území Ukrajiny, pro kterou nejsou stejná podkladová data (tudíž, by byl problém s porovnáním), nejsou části land-use zasahující za hranici vyobrazena a započítávána. V Rumunsku můžeme tedy vidět 1028,31 km² zemědělské plochy, 545,94 km² lesního porostu s převažujícími listnatými stromy. Drobné vodní plochy u toku o ploše 19,13 km².

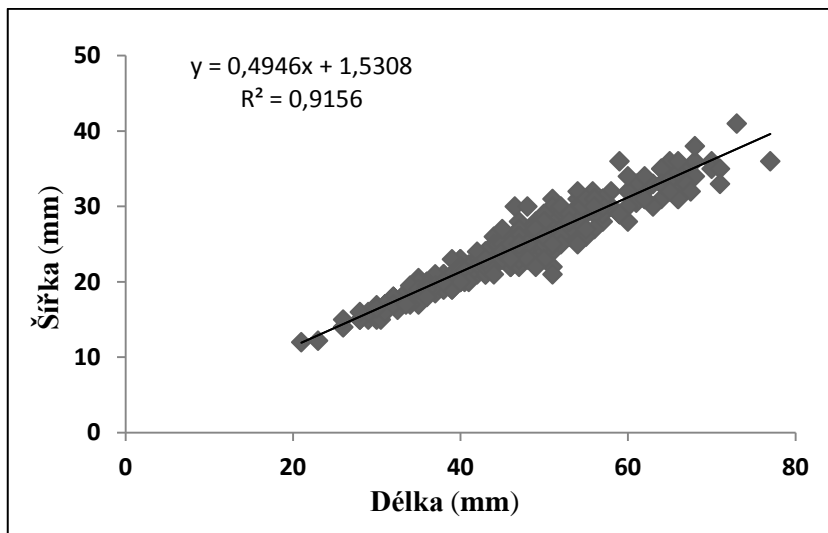
U všech toků byly kromě land-use, tedy využití území zjišťovány také nadmořské výšky. Výška v metrech nad mořem byla určena ve své minimální a maximální hodnotě, dále byl spočítán rozsah metrů mezi maximem a minimem a zjištěna průměrná výška toků, která bude hodnocena ve vztahu k živočichům v další podkapitole. Podle mapových podkladů, hodnoty výšek odpovídají územním nížinám a naopak pohořím, kterými protékají. V nejvýše položených místech se nalézá bulharská řeka Palakariya, jenž protéká pohořím ve výšce 1953 m n. m. Naopak nejnižší nadmořskou výškou disponují řeky Słupia a Radunia. Na výše uvedeném mapovém podkladu (**Obr. 8**) lze vidět jejich ústí do Baltského moře, je tedy zřejmé, že jejich nadmořská výška je rovna nule.

Tab. 13: Přehled hodnot nadmořských výšek jednotlivých toků

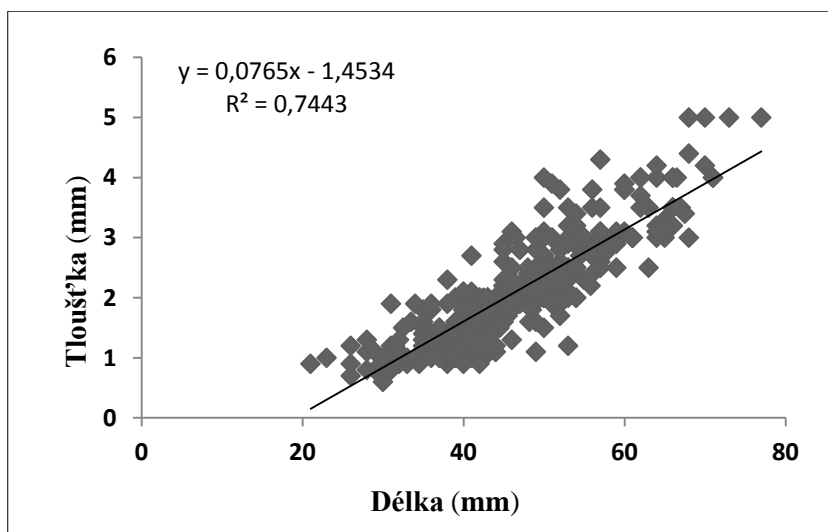
	Toky	Min (m n. m.)	Max (m n. m.)	Rozsah	Průměr
Baltské úmoří	Drawa	46	177	131	107,33
	Brzeznicka	22	236	214	107,70
	Jasiołka	206	862	656	413,49
	Słupia	0	332	332	135,61
	Radunia	0	275	275	107,03
Černé úmoří	Bega	104	743	639	214,71
	Nishava	171	1302	1131	371,44
	Ogosta	26	1415	1389	172,20
	Palakariya	820	1953	1133	976,21
	Tur	110	975	865	183,75

4.2 Tvarové rozdíly lastur

Tvarové proporce lastur na základě laboratorního měření a grafického zobrazení vykazují vysokou rozdílnost. Je tedy zřejmé, že každý tok a jeho okolní prostředí ovlivňuje ve velké míře růst tohoto živočicha. Případně se může jednat o vliv genetické variability druhu, která ovšem není v této práci studována. Pokud je jakýmkoliv způsobem ovlivněn růst schránky, hodnoty jednotlivých parametrů (délka, šířka, tloušťka) se v poměru navyšují. To znamená, že spolu se změnou jedné velikosti dojde i ke změně těch ostatních. Jako vhodný naměřený parametr pro poměrové zhodnocení lastur byl zvolen poměr mezi délkou a šířkou a poměr mezi délkou a tloušťkou stěny lastury. Velikostní poměry lastur jednotlivých řek můžeme vidět v následujících grafech.

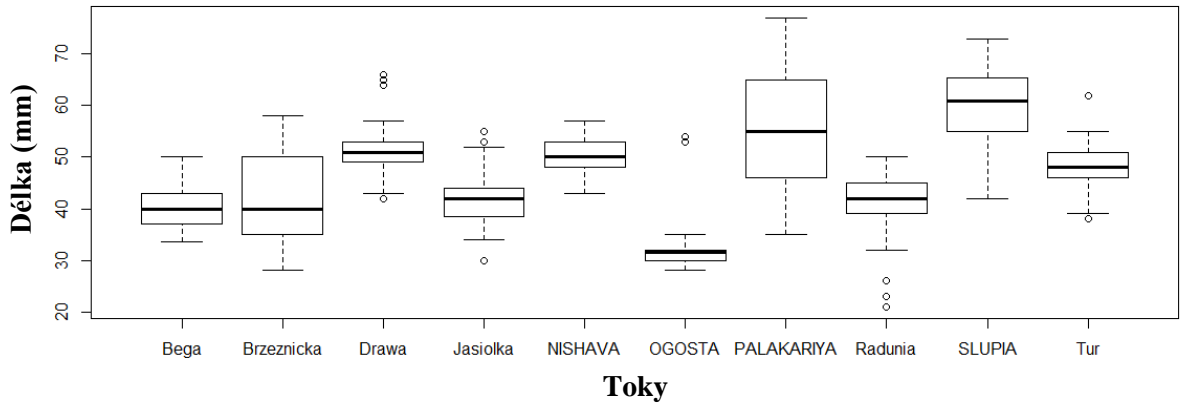


Obr. 14: Závislost délky a šířky všech jedinců

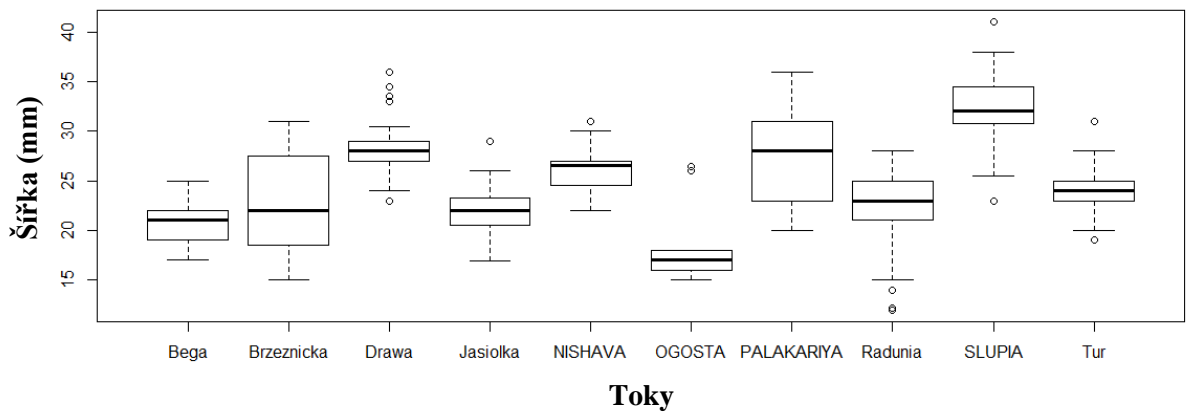


Obr. 15: Závislost délky a tloušťky stěny všech jedinců

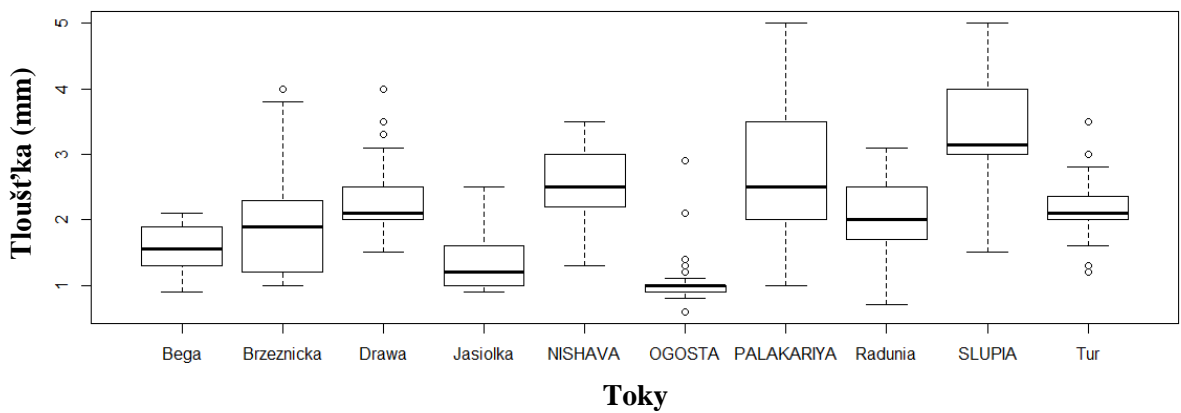
Grafové boxploty popisují rozptyl kvartilů v nejnižším bodě 1,5 IQR a 1,5 IQR v nejvyšším.



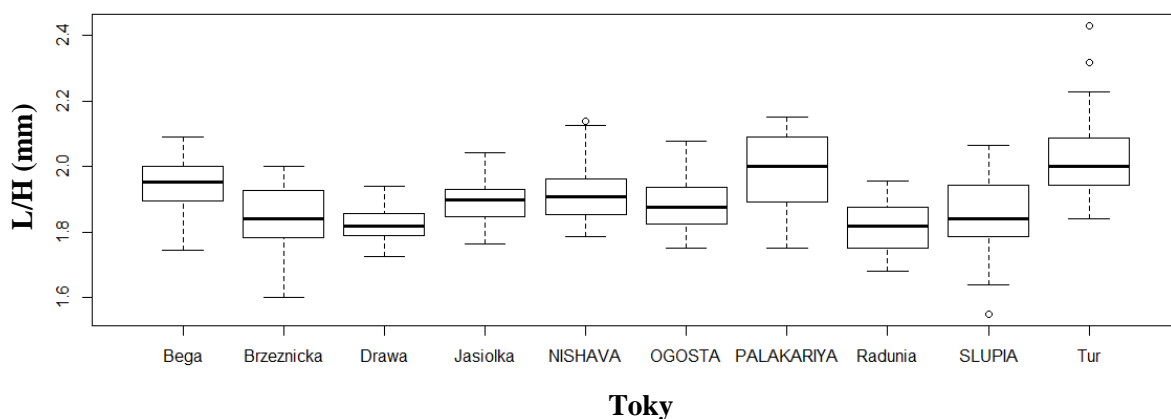
Obr. 16: Délka lastur – Boxplot zobrazuje délku *Unio crassus* v jednotlivých tocích. Zobrazení je pomocí mediánu (prostředních hodnot) a kvartilových hodnot



Obr. 17: Výška lastur - Boxplot zobrazuje výšku *Unio crassus* v jednotlivých tocích. Zobrazení je pomocí mediánu (prostředních hodnot) a kvartilových hodnot



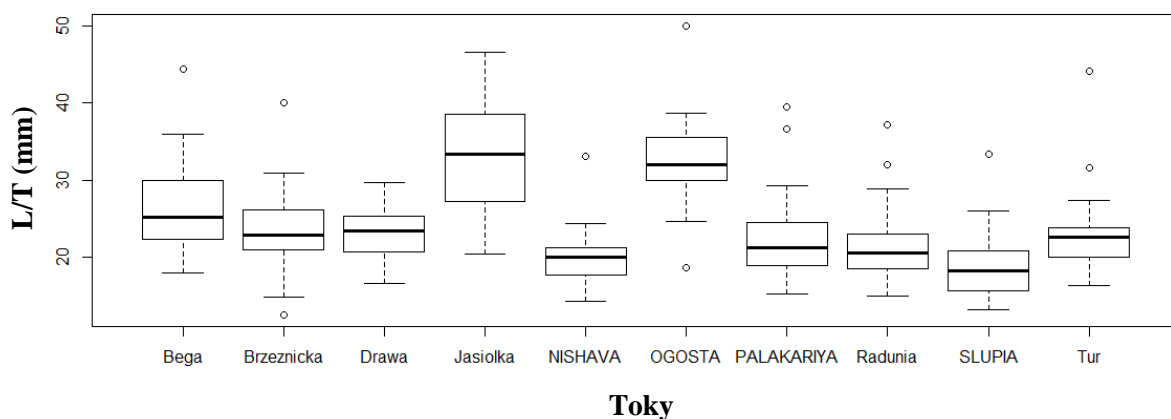
Obr. 18: Tloušťka lastur - Boxplot zobrazuje tloušťku *Unio crassus* v jednotlivých tocích



Obr. 19: Poměr L/H - Boxplot zobrazuje vztah mezi délkou a šířkou *Unio crassus* v jednotlivých tocích. Zobrazení je pomocí mediánu a kvartilových hodnot.

Komentář: L ... délka, H ... šířka

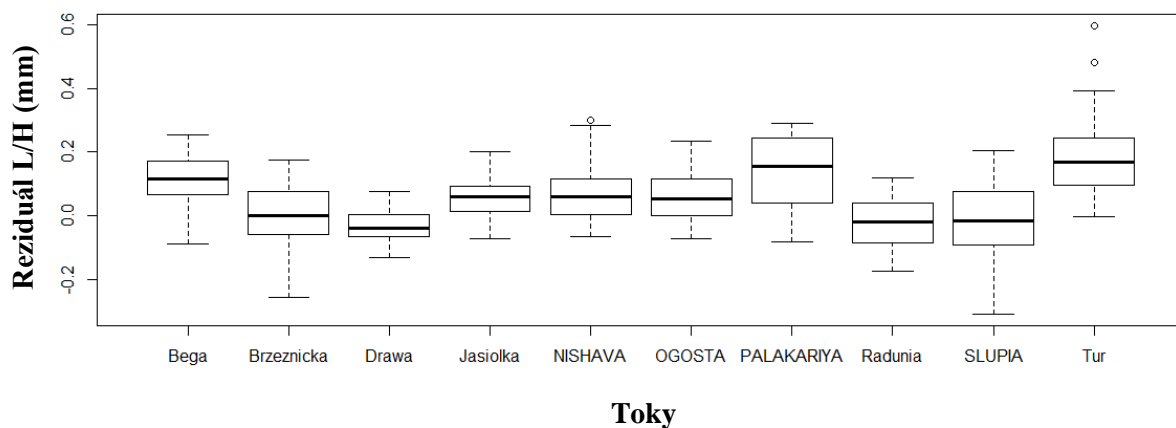
Vyobrazené kroužky, body nad „vousy“ symbolizují odlišující se jedince (v extrémně maximálních nebo minimálních hodnotách). V poměru délky a šířky vykazuje pouze řeka Tur více vychýlené hodnoty a řeka Nishava hodnoty mírně překračující vousy (násobky mezikvartilového rozpětí, zatímco jedinec v toku Slupia překračuje spodní vous, v minimálním prostředí.



Obr. 20: Poměr L/T – Boxplot zobrazuje vztah mezi délkou a tloušťkou *Unio crassus* v jednotlivých tocích. Zobrazení je pomocí mediánu a kvartilových hodnot.

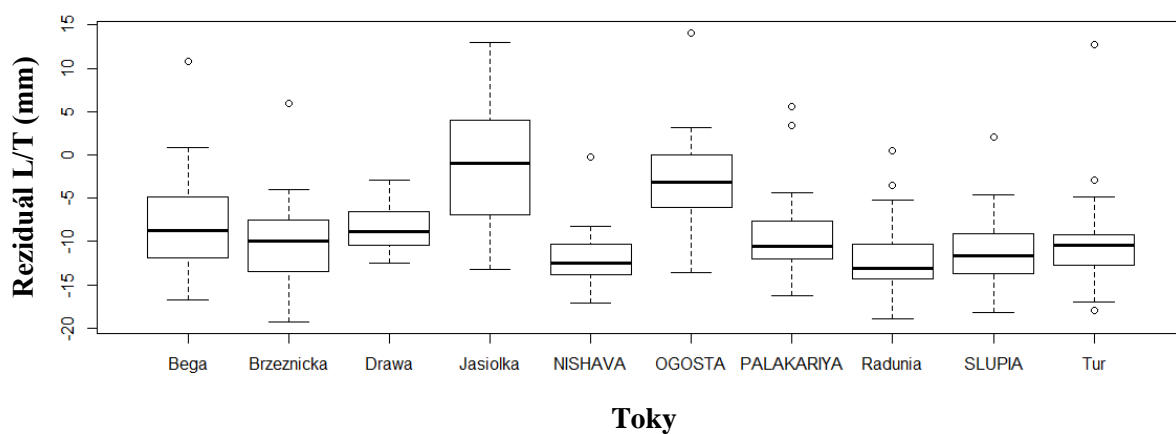
Komentář: L ... délka, T ... tloušťka

Z grafu můžeme zjistit, že extrémnější hodnoty poměru mezi délkou a tloušťkou vykazují jedinci z většiny toků mimo Drawy a Brzeznicky. Spodní hranici vousu překračují jedinci z bulharské řeky Ogosty. Rozptyl kvartilů je v nejnižším bodě 1,5 IQR a 1,5 IQR v nejvyšším.



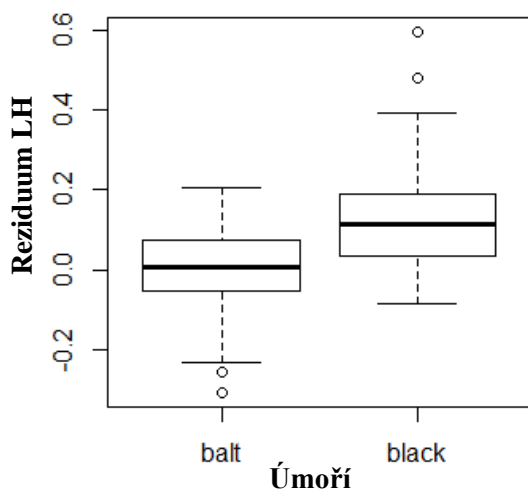
Obr. 21: Reziđuál L/H – Graf zobrazuje reziđuum rozptylu délky a šířky ve vybraných tocích pomocí mediánu (středních hodnot) a mezikvartilového rozpětí

Komentář: L ... délka, H ... šířka

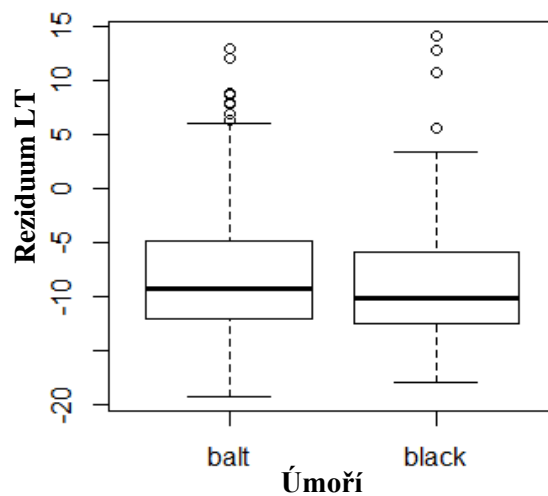


Obr. 22: Reziđuál L/T – Graf zobrazuje reziđuum rozptylu délky a tloušťky ve vybraných tocích pomocí mediánu (středních hodnot) a mezikvartilového rozpětí.

Komentář: L ... délka, T ... tloušťka



Obr. 23: Reziduál LH



Obr. 24: Reziduál LT

Komentář: L ... délka, H ... šířka, T ... tloušťka

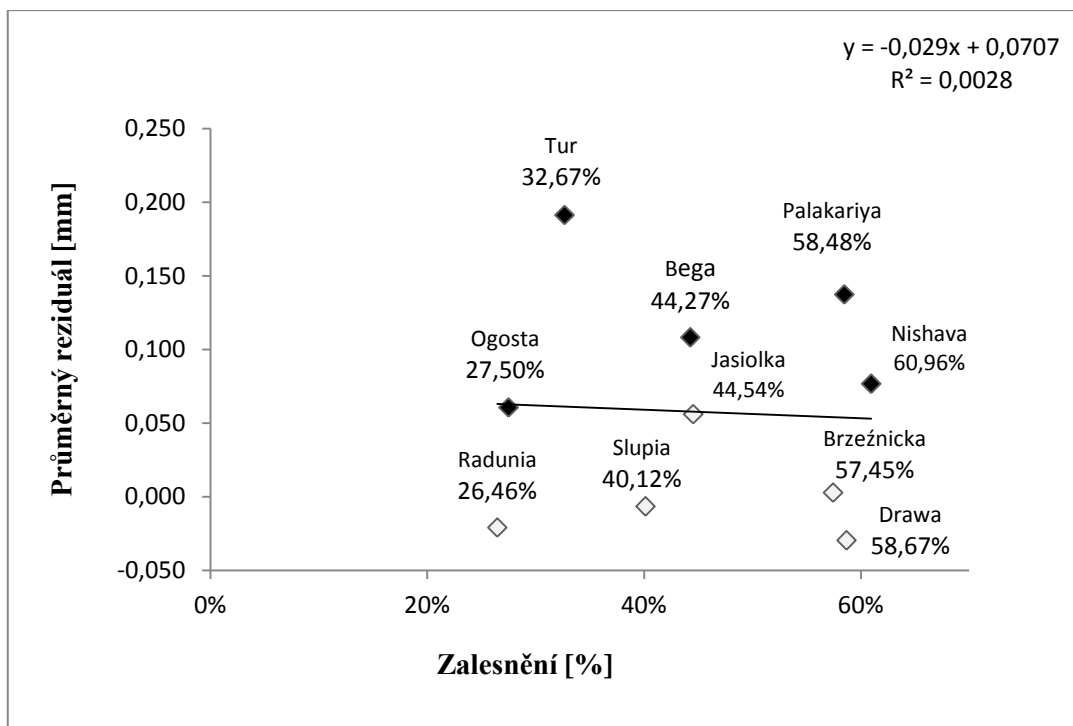
Oba dva grafy znázorňují vyobrazení rezidua celkového množství lastur mezi délkou a šířkou (a mezi délkou a tloušťkou (Obr. 24) v obou úmořích pomocí mediánu (prostředních hodnot) a kvartilů. Z grafu (Obr. 23) je zřejmé, že reziduální hodnoty u LH nabývají vyšších hodnot v tocích Černého úmoří, zatímco hodnoty v extrémním minimu se vyskytují v tocích baltského úmoří. Tento výsledek je potvrzován i dalšími grafy v následující kapitole, kde je posuzován vztah mezi průměrným reziduem a ovlivňujícími faktory. U rezidua (Obr. 24) se už nejedná o velký rozdíl v reziduálních hodnotách LT, obě úmoří vykazují stejné hodnoty.

Pro výsledky této bakalářské práce bylo podrobena 897 lastur *Unio crassus* tradičnímu morfometrickému šetření, z důvodů správnosti a omezenému datovému podkladu u mapových analýz bylo využito konečných 357 jedinců. Jejichž naměřené hodnoty byly dále porovnávány mezi sebou a mezi stanovišti, ve kterých se nacházeli. V Tab. 14 jsou spočítány a uvedeny veškeré výsledné faktory, které mohou ovlivnit výskyt a růst jednotlivců.

Tab. 14: Celkové shrnutí ovlivňujících faktorů a tvarových charakteristik

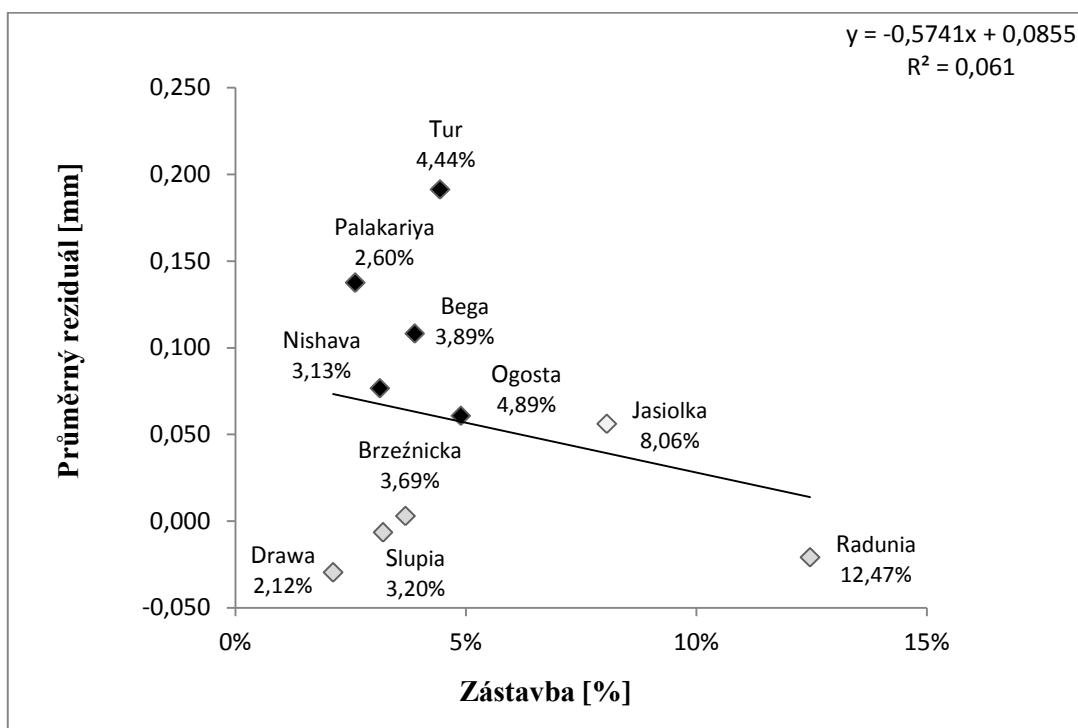
Toky	Úmoří	Délka (km)	Výška (m n. m.)	Umělé zástavby (%)	Zemědělské plochy (%)	Lesní porosty (%)	Vodní plochy (%)	L/H	L/T
Brzeznicka	Baltské	32	107,70	3,69	35,69	57,45	3,11	1,83	21,50
Drawa	Baltské	176	107,33	2,12	35,69	58,67	3,39	1,82	22,42
Jasiolka	Baltské	77	413,49	8,06	47,30	44,54	0,1	1,89	30,62
Radunia	Baltské	75	107,03	12,47	57,57	26,46	3,32	1,81	20,24
Slupia	Baltské	134	135,61	3,20	47,55	40,12	9,09	1,86	17,94
Bega	Černé	78	214,71	3,89	51,49	44,27	0,35	1,94	25,26
Nishava	Černé	178	371,44	3,13	35,43	60,96	0,25	1,92	19,46
Ogosta	Černé	120	172,20	4,89	65,86	27,50	1,64	1,89	30,27
Palakariya	Černé	41	976,21	2,60	34,53	58,48	3,15	2,00	20,49
Tur	Černé	93	183,75	4,44	61,53	32,67	1,14	2,03	21,93

Mezi ovlivňující faktory pro růst velevruba tupého řadíme nadmořské výšky toků, které mohou ovlivňovat nárůst pozitivně a to kvalitou vody, která má ve vyšších polohách často lepší jakost. V předchozích tabulkách můžeme vidět, že největší nadmořskou výšku má bulharská řeka Palakariya a jedinci z ní pocházející disponují vyššími hodnotami délky, šířky a tloušťky lastury. Z tabulek můžeme vyvozovat také závislost kvality vody na okolním zalesnění. Tok Ogosta je zalesněn ze všech toků nejméně (zejména listnatými lesy) a jeho lastury projevují nejmenší růstové hodnoty.



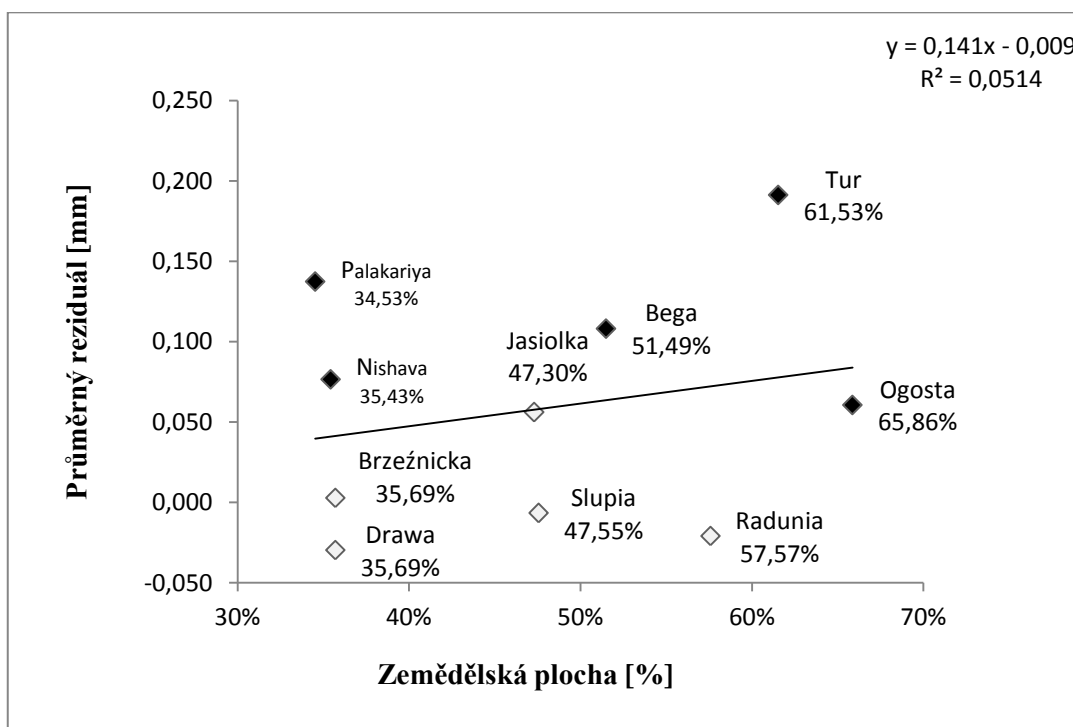
Obr. 25: Zobrazení procentuálního zalesnění jednotlivých řek ve vztahu k velikosti rezidua L/H

Komentář: ♦ ... Úmoří Černého moře, ◇ ... Úmoří Baltského moře, L ... délka, H ... šířka



Obr. 26: Zobrazení procentuální zástavby jednotlivých řek ve vztahu k velikosti rezidua L/H

Komentář: ♦ ... Úmoří Černého moře, ◇ ... Úmoří Baltského moře, L ... délka, H ... šířka



Obr. 27: Zobrazení procentuálních zemědělských ploch jednotlivých řek ve vztahu k velikosti rezidua L/H

Komentář: ♦ ... úmoří Černého moře, ◇ ... úmoří Baltského moře, L ... délka, H ... šířka

Grafy 25-27: popisují trendy v souvislosti mezi využitím území a hlavními tvarovými charakteristikami. Podle úmoří jsou použity dvě barvy, černá a bílá pro názornost Černého a Baltského moře. U všech tří grafů souvislosti vystupují ve většině případu toky s úmořím černého moře nad spojnicí trendu, zatímco řeky baltského úmoří jsou většinou pod spojnicí trendu, která vyjadřuje nárůst či pokles hodnot.

5 DISKUZE

Velevrub tupý (*Unio crassus*) je vysoce variabilním druhem sladkovodního mlže, což potvrzují i provedené analýzy, které vykazují schopnost života tohoto živočicha v odlišných podmínkách. Tento druh rodu velevruba (*Unio*) se vyskytuje u různých typů řek a prostředí povodí.

Provedené morfometrické, mapové a grafické analýzy vykazují vztahy mezi životem mlže a přírodními podmínkami. Jelikož je druh vybaven výbornou plasticitou a dokáže se přizpůsobit teplotním i potravním podmínkám je jeho přizpůsobení k okolí jednodušší (Hochwald, 2001). Pro jeho život nejsou problémem nadmořské výšky a jejich kolísání ani severněji položené státy, jejichž teplota má vliv převážně na jeho kvalitu růstu v důsledku čisté vody například v horách (Bauer, 1992).

Trendem do budoucna by mělo být větší prozkoumání vlivu zalesnění jednotlivými typy lesa (smíšenými lesy, listnatými a jehličnatými lesy). Větší kyselost jehličnatých lesů bude mít určitě nějaký vliv na vývoj a výskyt populací. V této práci bylo bráno v úvahu zalesnění celkové, všech kategorií lesů spolu s dalšími lesními porosty, keřovitými a bylinnými patry. Nicméně většina bufferů má v převaze listnaté stromy.

Problémem a dalším trendovým zaměřením jsou zemědělské plochy, u kterých nemůžeme s jistotou říct, zda působí pozitivně nebo negativně na vývoj a nárůst velevruba. Často záleží na typu zemědělské plochy, na typu hnojení, které se podzemní vodou může dostat do osídlených toků a způsobit, tak škody na ekosystému. Na druhou stranu to jsou plochy s přírodním využitím, bez průmyslových zón, které mohou na vodní organismy působit podpůrně (Singr, 2014).

Dalším zjištěným faktem bylo, že velevrub tupý (*Unio crassus*) se dále vyskytuje v méně zastavěných oblastech, kde je menší procento osídlení a industriálního využití, které má většinou za následky znečištění a změny jakosti vod. Většina toků nepřekročila 5% zastavění oblastí. Zastavění umělými plochami se může také jevit jako trend dlouhodobé změny, ke které by se mělo do budoucna přihlížet nejen kvůli živočichu zástupců *Unio crassus*, ale kvůli celému vodnímu ekosystému, který je tak důležitou složkou naší přírody. Vystává tedy otázka, proč ochrana a biomonitoring menších rozměrů začíná teprve v poslední době, kdy je druh na pokraji vyhynutí.

6 ZÁVĚR

Práce shrnula poznatky rešerše a praktické části, pro kterou byla vyhodnocena tvarová variabilita druhu velevruba tupého (*Unio crassus*) na 357 schránkách jedinců pomocí tradiční morfometrie. Naměřené parametry byly hodnoceny a posuzovány spolu s prostředím výskytu jedinců. Jednalo se o charakteristiky land-use převážně přírodního typu a umělého zastavování. Výsledkem jsou informace o výskytu a ovlivnění života těchto jedinců oblastmi s vysokým procentem lesního porostu a naopak s nízkým zastoupením a podílem industriálního, osídleného a umělého zastavěného prostoru. Naměřené výsledky potvrzují dosavadní poznatky v literatuře a v teoretické části bakalářské práce. Vyplývá z nich vysoká ohroženost živočicha velevruba tupého i přes jeho určitou míru přizpůsobení se podmínkám výskytu. Nízký počet studovaných lokalit neumožnil podrobnější analýzu souvislosti mezi podmínkami prostředí a tvarovou variabilitou druhu, ale výsledky naznačují významný potenciál pro bioindikaci stavu lokalit. S jistotou můžeme říci, že pokud trendem do budoucna nebude vyšší zájem o ochranu a biomonitoring lokalit s nálezem těchto populací a zájem lidstva o čistější prostředí bude i nadále velevrub tupý snižovat svou abundanci v našich vodách.

7 LITERATURA

- Ambrožová, J. 2013. Aplikovná a technická hydrobiologie. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 183 s. ISBN: 978-80-7080-521-3.
- Anděl, P. 2011. Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring. Evernia. Liberec. 265 s. ISBN: 978-80-903787-9-7.
- AOPK ČR. Natura 2000 [online]. 2006. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z <<http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=2102&akce=&ssHledat=>>
- AOPK. Biomonitoring [online]. AOPK ČR. 2007. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z <<http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=4>>.
- Bauer, G. 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. *Journal of animal ecology*. 425-436.
- Bauer, G., Hochwald, S., Silkenat, W. 1991. Spatial distribution of freshwater mussels: the role of host fish and metabolic rate. *Freshwater Biology*. 26. 377-386.
- Bauer, G., Wächtler, K. 2001. Ecology and evolution of the naiads. Ecology and evolution of the freshwater mussels *Unionoida*. Springer. 383-388.
- Bauer, G., Wächtler, K. 2012. Ecology and evolution of the freshwater mussels *Unionoida*. Springer Science & Business Media. ISBN: 3642568696.
- Beran, L. 1998. Vodní měkkýši ČR. Metodika Českého svazu ochránců přírody. ZO ČSOP Vlašim. s. 113. ISBN: 809024694X.
- Beran, L. 2002. Vodní měkkýši České republiky: rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam. Přírodovědný klub v Uherském Hradišti. s. 258. ISBN: 8086485056.
- Beran, L. Metodika monitoringu. [online]. AOPK ČR. 2011. [cit. 2016-04-03]. Dostupné z <http://www.nature.cz/publik_syst2/files/unio_crasus.pdf>.
- Bílek, O., Beran, L. 2013. Nález velevruba tupého (*Unio crassus*) v náhonu Úhlavy v Plzni a poznámky k jeho rozšíření v Plzeňském kraji. *Erica* 2013. 20. 131-140.
- Crampton, J. S. 1995. Elliptic Fourier shape analysis of fossil bivalves: some practical considerations. *Lethaia*. 28. 179-186.
- Cruz, R. A. L., Pante, M. J. R., Rohlf, F. J. 2012. Geometric morphometric analysis of shell shape variation in *Conus* (*Gastropoda: Conidae*). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 165. 296-310.
- ČESKO. Zákon č. 114/1992 Sb., České národní rady o ochraně přírody a krajiny. In *Sbírka zákonů ČR*, ročník 1992, částka 28. Dostupné z <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-114>> [cit. 2016-04-01]. ISSN 1211-1244.

- ČESKO. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In *Sbírka zákonů ČR*, ročník 2001, částka 98. Dostupné z <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>> [cit. 2016-03-30]. ISSN 1211-1244.
- Douda, K., Beran, L. 2009. Ochrana velevruba tupého v České republice. *Ochrana přírody*. 64. 16-19.
- Douda, K., Horký, P., Bílý, M. 2012. Host limitation of the thick-shelled river mussel: identifying the threats to declining affiliate species. *Animal Conservation*. 15. 536-544.
- Ercan, E., Tarkan, A. S. 2014. Effect of Salinity on the Growth and Survival of the Freshwater Mussel, *Unio crassus*, in an Environmentally Disturbed River. *Pakistan J. Zool.* 46. 1399-1406.
- Fet, V., Popov, A. 2007. *Biogeography and ecology of Bulgaria*. Springer. 690 p. ISBN: 1402057814.
- Galová, M. 2013. Stanovištní preference velevruba tupého v povodí Bečvy. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. Olomouc. 29 s.
- Gelšvartas, J. Geometric morphometrics [online]. [cit. 2016-04-08]. Available from <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/AV0910/gelsvartas.pdf>.
- Hanel, L., Lusk, S. 2005. *Ryby a mihule České republiky*. 1. vyd. ČSOP Vlašim. Vlašim. s. 448. ISBN: 80-86327-49-3.
- Hochwald, S. 2001. Plasticity of life-history traits in *Unio crassus*. *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer. 127-141.
- Jandáková, M. 2015. Tvarová plasticita velevruba tupého (*Unio crassus*, *Unionidae*) v závislosti na lokalitě a velikostních proměnných. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze. Přírodovědecká fakulta. Praha. 99 s.
- Köhler, R. 2006. Observations on impaired vitality of *Unio crassus* (*Bivalvia: Najadae*) populations in conjunction with elevated nitrate concentration in running waters. *Acta Hydrochimica Et Hydrobiologica*. 34. 346-348.
- Lackie, J. M. 2007. *The dictionary of cell & molecular biology*. Academic Press. 472 p. ISBN: 0080550347.
- Langrová, Vrabc, Kubík, Jankovská, Kalous. 2012. *Základy zoologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. s. 202. ISBN: 978-80-213-1987-5.
- Lopes-Lima, M., Sousa, R., Geist, J., Aldridge, D. C., Araujo, R., Bergengren, J., Bespalaya, Y., Bódis, E., Burlakova, L., Van Damme, D. 2016. Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges. *Biological Reviews*.

- Machač, O. *Unio crassus* - velevrub tupý [online]. Natura Bohemica. 2010. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z <<http://www.naturabohemica.cz/unio-crassus/>>.
- Mentzen, R. 1926. Bemerkungen zur Biologie und Ökologie der mitteleuropäischen Unioniden. Archiv für Hydrobiologie. 17. 381-394.
- Morais, P., Rufino, M. M., Reis, J., Dias, E., Sousa, R. 2013. Assessing the morphological variability of *Unio delphinus* Spengler, 1783 (*Bivalvia: Unionidae*) using geometric morphometry. Journal of Molluscan Studies. eyt037.
- Neustupa, J. 2006. Co je to geometrická morfometrika aneb morfologie znovu na scéně Živa. 2. 54-56.
- Ollson, I. *Unio Crassus* for life [online]. 2012. [cit. 2016-03-15]. Available from <<http://www.ucforlife.se/>>.
- Ollson, I. Morphology [online]. Sverige. UC for LIFE. 2013. [cit. 2016-03-17]. Available from <<http://www.ucforlife.se/?cat=289&lang=en>>.
- Scholz, H. 2013. Disparity pattern of *unionoid bivalves* from Lake Malawi (East-Africa): a case study for adaptive strategies to heterogeneous environment. Zoosystematics and Evolution. 89. 215-225.
- Singr, M. Úpravy toků a vodní stavby: Pozitivní činnost nebo nutné zlo? [online]. Skalice. Příroda.cz. 2014. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z <<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=2581>>.
- Švecová, M., Smrž, J., Petr, J. 2008. Biodiverzita a udržitelný rozvoj. Banská Bystrica: UMB FPV. ISBN: 8025433633.
- Taeubert, J. E., Gum, B., Geist, J. 2012. Host-specificity of the endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*, Philipsson 1788) and implications for conservation. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 22. 36-46.
- Vicentini, H. 2005. Unusual spurting behaviour of the freshwater mussel *Unio crassus*. Journal of Molluscan Studies. 71. 409-410.
- Vyhláška č. 175/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, ve znění pozdějších předpisů. 2006.
- Zajac, K., Zajac, T. 2011. The role of active individual movement in habitat selection in the endangered freshwater mussel *Unio crassus* philipsson 1788. Journal of conchology. 40. 446-461.

8 SEZNAM ZKRATEK

ČR	Česká republika
SO	Silně ohrožený
IUCN	Červený seznam ohrožených druhů
EN	Ohrožený
NT	Téměř ohrožený
GIS	Geografický informační systém
BR	Brzeznicka
DR	Drawa
JAS	Jasiolka
RAD	Radunia
SL	Slupia
BG	Bega
NIS	Nishava
OGO	Ogosta
PAL	Palakariya
L	Délka
H	Šířka
T	Tloušťka

9 PŘÍLOHY



Příloha 1: Třídy krajinného pokryvu Corine (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/corine-land-cover-2006-by-country/legend>)



Příloha 2: Morfometrické tradiční měření parametrů schránek, © Zuzáková Hana



Příloha 3: Velevrub tupý (*Unio crassus*), © Zuzáková Hana