

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Ústav akvakultury a ochrany vod

Diplomová práce

Citlivost plůdku hlavatky obecné (*Hucho hucho*) k anestetikům
Eugenol, MS-222 a 2-fenoxyetanol.

Autor: Bc. Martin Kareš

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Peter Podhorec, Ph.D.

Studijní program a obor: N4106 Zemědělská specializace, Rybářství a ochrana vod

Forma studia: Prezenční

Ročník: 2

České Budějovice, 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích, na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby touto elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz, provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 5.5.2022

Podpis

V první řadě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce, panu prof. Ing. Janu Kouřilovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné připomínky při vypracovávání diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Radku Luhanovi za poskytnutí prostorů na líhni v Mydlovarech, a stejně tak děkuji panu doc. Ing. Tomáši Polícarovi, Ph.D. za poskytnutí experimentálních ryb s možností využití recirkulačního systému pro provedení pokusu.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin KAREŠ**
Osobní číslo: **V19N002P**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Rybářství a ochrana vod**
Téma práce: **Citlivost plůdku hlavatky obecné (Hucho hucho) k anestetikům Eugenol, MS-222 a 2-fenoxyetanol.**
Zadávající katedra: **Ústav akvakultury a ochrany vod**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je přispět k doplnění znalostí o citlivosti hlavatky obecné (Hucho hucho) k v současnosti běžně používanému anestetiku Eugenol v závislosti na teplotě prostředí a orientační posouzení účinku dalších dvou anestetik pro ryby, MS-222 a 2-fenoxyetanol, při obvyklé teplotě při jejich použití při umělém výtěru tohoto druhu. Využití zjištěných výsledků se předpokládá při umělém výtěru a případných dalších manipulacích u generačních ryb jednak tohoto druhu, hlavatky podunajské, ale i při experimentech s ohroženým, blíže příbuzným druhem, tajmenem sibiřským (Hucho taimen).

Metodický postup práce spočívá ve vypracování literárního přehledu zaměřeného především na fyziologické působení anestetik na ryby, přehled jednotlivých používaných přípravků a jejich využití v chovu ryb. Literární přehled bude zahrnovat i biologii a chov hlavatky podunajské a příbuzných druhů. Vlastní experimenty budou realizovány na rotcích hlavatky podunajské původem z umělého chovu. Při použití Eugenolu budou testovány různé koncentrace v rozpětí 0,02-0,04 ml/l při teplotách 5; 7,5; 10; 12,5 a 15 °C. U anestetik MS-222 a 2-fenoxyetanol bude sledování jejich účinku prováděno v rozpětí koncentrací 60-140 mg/l, resp. 0,40-0,60 ml/l, pouze při teplotě 10 °C. V každé jednotlivé variantě kombinace anestetika, jeho koncentrace a teploty bude použito 10 jedinců vyláčených ryb po jejich předchozí několikadenní adaptaci na teplotu, při níž bude vlastní testování prováděno. Délka expozice experimentálních ryb v roztocích anestetik bude vždy 10 min. Při testování budou zaznamenávány časy nástupu jednotlivých fází anestezie (včetně popisu charakteristického chování). Po ukončení expozice ryb v roztoku anestetika a přenesení ryb do nádrže s čistou vodou o stejné teplotě budou zaznamenávány časy nástupu jednotlivých fází odeznívání anestezie. Dosažené výsledky budou statisticky zpracovány, včetně stanovení průkaznosti rozdílů.

Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran**
Rozsah grafických prací: **8 grafů**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- Baruš, V., Oliva, O. (ed.). 1995. Mihulovci Petromyzontes a ryby Osteichthyes (1) a (2). Fauna ČR a SR, 28/1 a 28/2. Academia, Praha: 624 a 699 s.
Hanel, L., Lusk, S., Andreska, J. 2013. Huchen in the Czech Republic: a review. Arch. Pol. Fish. 21:143-154.
Holčík, J., Hensel, K., Nieslanik J., Skácel, L. 1988. The Eurasian huchen, Hucho hucho. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 239 s.
Ivaška, S. 1951. Hlavátka, její lov a chov. Vyd. Tatran, Bratislava. 87 s.
Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., Svobodová, Z., Kouřil, J., Hamáčková, J., Máchová, J., Piačková, V., Hajšlová, J., Holadová, K., Kocourek, V., Klimánková, E., Modrá, H., Dobšíková, R., Groch, L., Novotný, L., 2007. Anestetika pro ryby. Edice Metodik, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 25 s.
Kolařová, J., Nepejchalova, L., 2006. Testování veterinárních léčivých přípravků pro ryby podle norem EU. Veterináristvi 56 (1): 31-34.

Kouřil, J., Hamáčková, J., Mikodina, Je.V. 1990. Účinek anestetika Menocain na cípala Mugil so-iuy. Živočišná Výroba, 37(11): 921-926.
Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. VÚRH JU Vodňany, 141 s.
Král, J., Svobodová, Z. 1990. Menocain: čs. anestetikum pro ryby. Edice Metodik, č. 37, VÚRH Vodňany, 8 s.
Švinger, V.W., Kouřil, J. 2012. Hormonálně řízená reprodukce lososovitých ryb, Edice Metodik, FROV JU, Vodňany č. 123, 55 s
Peňáz, M., Příhoda, J. 1981. Reproduction and early development of Hucho hucho. Acta Sci. Nat. Brno, 15(6): 1-33.
Příhoda, J., 2006. Chov lososovitých ryb. Vyd. Style, Žilina. 209 s.
Příhoda, J. Propoxat při anestézii a transporte lososovitých ryb na střediskách SRZ. Veterinaria 15(3): 2283-286.
Velišek, J., Svobodova, Z., 2004. Anaesthesia of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) with 2-phenoxyethanol: acute toxicity and biochemical blood profile. Acta Veterinaria Brno 73 (3): 379-384.
Velišek, J., Svobodova, Z., Piačkova, V., 2005. Effects of clove oil anaesthesia on rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Acta Veterinaria Brno 74 (1): 139-146.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.**
Ústav akvakultury a ochrany vod

Konzultant diplomové práce: **Mgr. Peter Podhorec, Ph.D.**
Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání diplomové práce: **25. února 2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **3. května 2021**



prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

L.S.



Ing. Jan Kašpar
ředitel

V Českých Budějovicích dne 13. dubna 2021

1. Úvod	8
2. Literární přehled.....	10
2.1. Anestezie	10
2.1.1. Vliv anestezie na ryby	11
2.1.2. Fáze anestezie	13
2.1.3. Anestetika	14
2.1.4. Vybraná anestetika	15
2.1.4.1. Eugenol	15
2.1.4.2. MS-222	17
2.1.4.3. 2 – fenoxxyethanol.....	19
2.1.4.4. Propiscin	20
2.2. Lososovití (<i>Salmonidae</i>)	22
2.3. Rod <i>Hucho</i>	22
2.3.1. Hlavatka obecná	24
2.3.1.1. Taxonomie	24
2.3.1.2. Popis a znaky	24
2.3.1.3. Rozšíření	25
2.3.1.4. Biologie.....	26
2.3.2. Hlavatka sibiřská	28
2.3.2.1. Taxonomie	28
2.3.2.2. Popis a znaky	28
2.3.2.3. Rozšíření	29
2.3.2.4. Biologie.....	31
2.3.3. Hlavatka čínská	32
2.3.3.1. Taxonomie	32
2.3.3.2. Popis a znaky	32
2.3.3.3. Rozšíření	33
2.3.3.4. Biologie.....	34
2.3.4. Hlavatka japonská	34
2.3.4.1. Taxonomie	34
2.3.4.2. Popis a znaky	34
2.3.4.3. Biologie.....	35
2.3.4.4. Rozšíření	35
2.3.5. Hlavatka korejská	36
2.3.5.1. Taxonomie	36

2.3.5.2. Popis a znaky	37
2.3.5.3. Biologie.....	37
2.3.5.4. Rozšíření	37
3. Materiál a metodika.....	38
3.1. Lokality	38
3.2. Materiál	39
3.2.1. Charakteristika experimentálních ryb.....	39
3.2.2. Sledované skupiny ryb	40
3.2.3. Sledovaná anestetika a příprava anestetických koupelí.....	41
3.2.3.1. Eugenol	41
3.2.3.2. MS-222	42
3.2.3.3. 2-fenoxyethanol	42
3.2.3.4. Propiscin	42
4. Výsledky	42
4.1.1. Anestezie a odeznění při 5°C	43
4.1.2. Anestezie a odeznění při 7,5°C	44
4.1.3. Anestezie a odeznění při 10°C	45
4.1.4. Anestezie a odeznění při 12,5°C	46
4.1.5. Anestezie a odeznění při 15°C	47
4.2. Anestezie a odeznění-MS-222	48
4.3. Anestezie a odeznění-2-fenoxyethanol	49
4.4. Anestezie a odeznění-Propiscin	50
4.5. Anestezie a odeznění u rozdílných velikostí ryb.....	51
4.6.1. Anestezie – 2. fáze	52
4.6.2. Anestezie – 3a fáze.....	53
4.6.3. Anestezie – 3b fáze	54
5. Diskuze	55
6. Závěr	63
7. Přehled použité literatury.....	64
8. Seznam tabulek, obrázků a příloh.....	78
9. Přílohy.....	80
10. Abstrakt.....	82
11. Abstract.....	83

1. Úvod

Ryby jsou živočichové s unikátními biologickými vlastnostmi, které jsou přizpůsobeny vodnímu prostředí. Počet popsáných druhů ryb je více než 30 000 a stále narůstá. Veterinární lékařství stále rozšiřuje své znalosti v akvakultuře užitím anestezie pomocí nových technologických postupů a anestetik. První užití anestetik se datuje před více než 1000 lety, kdy domorodí Američané využívali odvary rostlinných alkaloidů k omráčení ryb. V posledních letech se rozšiřují znalosti v oblasti anestezie ryb. Stále dochází k zavádění nových anestetik, vychází mnoho publikací o jejich využití a vlivu na ryby. Technologie anestezie u ryb zaostává za znalostmi o anestezii některých suchozemských zvířat z důvodu závislosti ryb na vodním prostředí, na které jsou morfologicky i fyziologicky vázané. Anestezie je pro ryby velice důležitá a při některých postupech nezastupitelná (Sedgwick, 1986). Některé postupy v akvakultuře mohou vytvářet špatné životní podmínky pro ryby, které mají často negativní dopad na jejich zdraví (Ferreira a kol., 2015). Obvyklé postupy mohou například vyvolávat stres, nechutenství a snížení imunitní funkce, běžným postupem v akvakultuře je umělý výtěr, značkování, třídění a chirurgický zákrok (Ross a Ross, 2009). Lososovité ryby, mezi které patří hlavatka obecná, jsou s člověkem spjaty již od nepaměti a chovány více než století (Pennell a Bruce, 1996). Hlavatka obecná je největší lososovitá ryba v České republice a jedna z největších lososovitých ryb na světě. Jedná se o dravý druh dorůstající obřích rozměrů. Jedná se o dominantní druh, který se jen zřídka vyskytuje v povodí Odry a Moravy. Chov hlavatky obecné je v České republice zanedbatelný, bez větší pozornosti rybářských podniků. Hlavatka obecná je vysoce ceněný druh ve sportovním rybolovu. Hlavatku obecnou (*Hucho hucho*) a její příbuzné druhy je velice důležité sledovat a nadále prohlubovat naše znalosti s cílem lepší ochrany, reprodukce a snahy o návrat do původních toků. Hlavatky jsou na mnoha místech ohroženy snižováním početních stavů, někde jsou zcela vymizelé. Byly zaznamenány ojedinělé snahy o produkci hlavatek formou intenzivního chovu pro tržní účely. Do jaké míry bude intenzivní chov hlavatek v budoucnu reálný, nelze nyní odhadnout. Tato práce může přispět k rozšíření znalostí o hlavatce a jejímu využití v intenzivních chovech.

V diplomové práci byl posuzován podle zadání vliv vybraných anestetik (Eugenol, MS-222, 2-fenoxyethanol) při 5 koncentracích, v případě Eugenolu i 5 různých teplotách. U Eugenolu bylo současně provedeno při jedné vybrané teplotě a koncentraci sledování u několika velikostních kategorií ryb. Uvedené spektrum zadaných anestetik

bylo navíc doplněno zařazením anestetika Propiscin, které bylo testováno při 5 koncentracích při teplotě 10°C. Ve všech případech byl sledován nástup jednotlivých fází anestezie a odeznění.

2. Literární přehled

V kapitole literárního přehledu jsou shrnuté informace o anestezii, jejím vlivu na ryby, popis sledovaných anestetik (Eugenol, MS-222, 2-fenoxyethanol a Propiscin). V další části rešerše je popsána hlavátka obecná (*Hucho hucho*) a její příbuzné druhy.

2.1. Anestezie

Anestezie je biologický stav živočicha vyvolaný vnějším činitelem, jehož výsledkem je úplná nebo částečná ztráta citlivosti, nebo ztráta neuromotorického ovládání pomocí chemických a nechemických prostředků (Summerfelt a Smith, 1990). Anestezie je definována jako stav ztráty citlivosti a vnímání. Narkóza je stav bezvědomí navozený narkotiky, kdy pacient necítí bolest potlačením nervových funkcí mozku. V oblasti chovu ryb je anestezie popisována jako úplné znecitlivění ryb se záměrem manipulace, či vykonávání jiných chovatelských postupů (Kolářová a kol., 2012). Anestezie se obecně používá ke ztrátě citlivosti a imobilizaci ryb a její použití je v některých případech nezbytné (Holloway a kol., 2004). Použití anestezie snižuje možnost mechanického poškození a omezení stresu ryb, případně zlepšení manipulace s rybou (Kouřil, a kol., 1992). Anestezie je prospěšná z pohledu minimalizace dopadu stresových faktorů, ale je také důležité zmínit, že samotná anestezie je ze své podstaty stresující a její účinnost závisí na použitém postupu v akvakultuře (Iwama a kol., 1989). Hluboká a dlouhodobá anestezie může způsobit stresovou reakci, která může vést ke snížení imunitní funkce a zvýšit tak náchylnost k nemocem (Iwama a kol., 1989; Thomas a Robertson, 1991). Omezení pohybu ryb snižuje možnost poškození kůže, které může mít za následek narušení osmoregulace a zvýšení náchylnosti na patogeny (Kumlu a Yanar, 1999; Ross, 2001). Harms a Bakal (1995) doplňují informaci o použití anestezie nejen z důvodu ochrany ryb, ale také z důvodu bezpečnosti pro pracovníka. Při anestezii je důležité sledovat kvalitu vody pro snížení negativních dopadů způsobených anestetikou a špatnou kvalitou vody. V první řadě je důležité zajistit optimální koncentraci rozpuštěného kyslíku, například provzdušňováním. Dalším problémem je koncentrace toxického amoniaku, která se v anestetické koupeli postupně navyšuje. Vyšší koncentrace amoniaku je nebezpečná hlavně při déle trvající anestezii. Teplotu a pH je rovněž důležité sledovat pro možné nežádoucí účinky, například teplotní šok. Zhoršení kvality anestetické koupele lze vysledovat i z tvorby povrchové pěny zapříčiněné zvýšením obsahu bílkovin v rybím slizu. Zlepšení kvality vody se docílí častou výměnou vody s obsahem anestetika nebo pouze čistou vodou v případě snížení koncentrace anestetika (Harms, 1999). Účinnost

anestetik je ovlivněna mnoha faktory. Mezi ně patří teplota vody, věk ryb, druh ryb. Je také důležité zvolit správnou koncentraci pro optimální anestezii bez zbytečného rizika negativních účinků pro ryby (Hoskonen a Pirhonen, 2004). Anestezie se nejčastěji praktikuje formou koupele. Méně známá metoda je sprejování žaber, která se používá na anestezii větších ryb. Tato metoda se používá převážně v zahraničí. Při této metodě dochází k nanášení roztoku anestetika na žábra ryb (Kolářová a kol., 2012). Zákon č. 246/1992 Sb. na ochranu zvířat proti týrání definuje, jak správně postupovat při manipulaci s rybami s cílem eliminování nešetrné manipulace (č. 246/1992 Sb.).

2.1.1. Vliv anestezie na ryby

Manipulace s vodními živočichy v jejich přirozeném prostředí i mimo něj je vždy problematické. Při manipulaci jsou typické obranné reflexy ryb a snaha o vymanění (Sedgwick, 1986). Při anestezii ryb je důležité brát v úvahu stáří a druh ryb kvůli jejich rozdílné vnímavosti na vybraná anestetika, proto je nutné vykonat zkoušku tolerance pro vybrané anestetikum (Kolářová a kol., 2012). Převážná část druhů ryb je ektotermních, tedy druhů, jejichž teplota je závislá na okolním prostředí. Při anestezii je teplota velice důležitá. Ovlivňuje délku anestezie i čas zotavení. Při vyšší teplotě dochází k rychlejšímu zotavení. U ryb závislých na teplotě vody vede vyšší teplota k acidémii krve, to znamená vychýlení pH od normálního stavu a hyperkapnií, tedy navýšení oxidu uhličitého v krvi. Tyto dva faktory jsou stimulanty pro zrychlené dýchání, tento jev zrychlí vstup anestetik, a naopak zkrátí dobu zotavení v čisté vodě. Endotermní druhy ryb, které si udržují teplotu termoregulací, obecně vykazují rychlejší příjem anestetik v porovnání s ektotermními druhy ryb (Neiffer a Stamper, 2009). Vstup anestetika do těla ryb je přes žaberní aparát, pomocnými dýchacími orgány, nebo kůží, s následným přechodem do nervového systému. V případě umístění ryb do čisté vody po anestezii dochází k vylučování anestetik, nebo jejich metabolitů přes žaberní aparát, kůži a ledviny (Ferreira a kol. 1984; Neiffer a Stamper, 2009). Všechny ryby mají žábry, ovšem záleží na konkrétním druhu a jeho adaptaci žaber, u většiny ryb proudí voda pomocí pravidelných pohybů dolní čelisti a skřelového víčka. Ryby s minimálním pohybem skřelového víčka, jako je například tuňák, je potřeba zaopatřit ventilátory s dostatečným průtokem okysličené vody přes žaberní aparát, případně rybám zajistit konstantní pohyb vpřed a předejít tak dušení, které anestezie způsobuje (Neiffer a Stamper, 2009; Brill a Bushnell 2001; Bushnell a Jones, 1994). U druhů ryb schopných vzdušného dýchání je vhodné použít injekční anestetika (Bruecker a Graham, 1993). Fyzické omezení ryb aktivuje HPI (hypotalamus-hypofýza-

interrenální), což má za následek uvolnění kortizolu, který způsobuje sekundární stresové reakce (Bressler a Ron, 2004). Vlivem anestetik docílíme snadné manipulace, přičemž u ryb můžeme vyvolat stres, při kterém dochází k uvolňování katecholaminů (Bressler a Ron, 2004; Rothwell a kol., 2005). Uvolňování katecholaminů je pravděpodobně způsobeno hypoxémií, tedy nedostatkem kyslíku v krvi, než vlivem samotných anestetik (Ross a Ross, 1984; Rothwell a kol., 2005). Hypoxémie vzniká při anestezii a je u ryb nejčastěji způsobena hypoventilací, tedy zpomalením dýchání, což je snížení proudění vody přes ústní dutinu. Snížení proudění v ústní dutině má obvykle za následek snížení tlaku a snížení tepové frekvence srdce (Ross, 2001). Rychlost dýchání a tepová frekvence klesá se zvýšením dávky nebo délkou expozice. Při zástavě dechu může docházet k selhání tepové frekvence srdce (Harms, 1999). Injekční anestetikum lze použít i u ostatních druhů ryb, příkladem je využití injekční anestezie u dánia pruhovaného (*Danio rerio*), kde se využívá injekce s bromodeoxyuridinem (Oskay a kol., 2018). Na anestezii má vliv ošupení. Většina druhů ryb má ošupení, existují však značné rozdíly v rozložení a distribuci šupin. Tyto aspekty mají velký vliv na injekční anestezii (Bruecker a Graham, 1993). Kůže je při koupeli v anestetiku jednou z cest anestetika do těla ryb. U některých druhů může být příjem anestetik přes kůži vyšší než přes jiné orgány, pro příklad je uveden úhoř elektrický (*Electrophorus electricus*), u kterého je příjem anestetika Quinaldin vyšší přes kůži než přes žaberní aparát (Brown a kol., 1972). Příkladem vlivu Benzokainu, který je považován za lokální anestetikum blokující nervové buňky (Carmichael, 1985). Negativní vlastností Benzokainu při anestezii je vyvolávání stresu jako je hypoxie (nedostatek kyslíku). Další negativní vlastností Benzokainu je zvýšení hladiny laktátu v krvi a způsobení hyperglykémie (zvýšení cukru v krvi) (Ross a Ross, 1984). Významné uplatnění anestezie je při přepravě akvarijních ryb, u nichž anestetikum tlumí reakci ryb na okolní podněty a zpomaluje metabolismus. Díky tomu je snížena spotřeba kyslíku a konečných metabolických produktů ryb (Kolářová a kol., 2012). Je velice důležité brát na vědomí, že vyloučená anestetika nebo jejich metabolity mohou být znova absorbovány do těla ryb (Oikawa a kol., 1994). Anestezie má negativní účinky na ryby, ovšem její výhody převládají. Ryby jsou vlivem anestetik vystaveny menšímu stresu při manipulaci než bez anestezie. Někteří autoři uvádějí, že vyvolaný stres není škodlivý a nemusí nutně snížit imunitu organismu, ale naopak posílit (Neiffer a Stamper, 2009). Po anestezii je nutné vrátit ryby do čisté okysličené vody se stejnou teplotou jako anestetická lázeň (Kolářová a kol., 2012). Kouřil a kol. (1992) zjistili, že při použití anestetika Menocain k anestezii mořského druhu cípala východního (*Liza haematocheila*)

dochází v průběhu pobytu v anestetické lázni ke snížení frekvence dechových pohybů skřelí (na 70-80%, ve srovnání s klidovou hodnotou). Po přenesení ryb do čisté vody, v průběhu odeznívání anestezie se postupně dechová frekvence zvyšuje (při použití vyšších koncentrací anestetika až na 110-115% úroveň, zhruba po 30 minutách se vrací na klidovou hodnotu. České anestetikum Menocain (účinnou látkou je zde hydrogensulfát etyl-3aminobenzoátu) bylo uvedeno na trh a používáno v osmdesátých a devadesátých letech (později bylo dodáváno pod obchodním názvem Monetan) (Král a kol., 1988; Král a Svobodová, 1998).

Speciálně u hlavatky, testoval Příhoda dříve v tehdejší Československu v osmdesátých a devadesátých letech minulého století používané anestetiku Propoxat (tekutina, výrobek firmy Janssen, Belgie). U tohoto druhu ryby doporučuje koncentraci anestetické lázně 1:30.000 (Příhoda, 2006).

2.1.2. Fáze anestezie

Průběh anestezie je rozdělen do čtyř plynule navazujících fází dle chování a odezvy ryb. Při odeznívání anestetik platí stejná posloupnost fází v opačném pořadí. Níže uvedené fáze jsou z metodiky anestetika pro ryby (Kolářová a kol., 2012).

- **1. Fáze**, v první fázi se ryba nachází ve fyziologické poloze, dýchání je pravidelné a stabilní. Pohyby ryb jsou přirozené.
- **2. Fáze**, ve druhé fázi se chování ryby mění, stále je však ve fyziologické poloze, dále je u ryb možné pozorovat nepravidelné dýchání, projevy obranných reflexů, zrychlené plavání doprovázené narážením do překážek, ryby obecně vykazují zvýšenou aktivitu.
- **3a Fáze** se u ryb projevuje celkovou povrchní ztrátou citlivosti, ryba snižuje svou aktivitu, dochází k útlumu obranných reflexů, dýchací pohyby jsou pomalejší ale pravidelné. Ryby vykazují zpomalené pohyby doprovázené nakláněním do boční polohy
- **3b Fáze** je charakterizována celkovým znecitlivěním. Ryba nevykonává žádný pohyb kromě dýchání, které je pravidelné a zpomalené. Ryby jsou v této fázi v boční poloze, obranné reflexy jsou zcela potlačeny.
- **4. Fáze** ve čtvrté fázi je dýchání málo znatelné nebo zcela zastavené. Ryby se jako u předchozí fáze nacházejí v boční poloze zcela bez reflexů (Kolářová a kol., 2012).

Různí autoři rozdělují jednotlivé anestezie rozdílně. Sedgwick (1986) posuzoval anestezii u ryb s využitím podobných principů jako u savců. Anestezie je zde rozdělena do pěti fází, přičemž poslední 5. fáze je popsána jako smrt.

- **1. Fáze.** V první fázi u ryby dochází ke zhoršenému vnímání okolního prostředí, zrychlení pohybu skřelových víček. První fáze je označována jako sedace.
- **2. Fáze.** Ve druhé fázi ryba ztrácí cit na dotek, reaguje pouze na silnější tlakový podnět, pohyb skřelového víčka je zpomalený, ale stabilní. Druhá fáze je popsána jako lehká anestezie.
- **3. Fáze.** Ve třetí fázi dochází u ryby k celkové ztrátě citu, pohyb skřelového víčka se nadále zpomaluje a není pravidelný. Třetí fáze nese pojmenování chirurgická anestezie.
- **4. Fáze.** Ve čtvrté fázi dochází k zástavě dýchací soustavy. Tato fáze je pojmenována jako selhání organismu.
- **5. Fáze.** V páté fázi dochází k celkové zástavě funkcí organismu. Pátá fáze nese pojmenování smrt (Sedgwick, 1986).

U většiny ryb by anestezie měla odeznít do 5 minut, při odeznívání delším než 10 minut je zřejmé použití nadměrné dávky anestetika (Ross, 2001; Stetter, 2001). Při zotavení ryba zvyšuje frekvenci dýchání, vrací se svalové funkce, ryba se pomalu začíná vracet do fyziologické polohy. Některé ryby mohou při odeznívání anestezie procházet nekoordinovaným zrychleným plaváním. Mělo by se tak dbát zvýšené ochrany proti úniku z nádrže během zotavování, například použitím sítí. Ryby i pracovníci mohou být při odeznívání ohroženi, je nutné dbát zvýšené obezřetnosti, jedná se například o ryby s ostrými ploutvemi (Harms, 1999; Neiffer a Stamper, 2009).

2.1.3. Anestetika

Anestetika jsou látky aplikované pro vyvolání anestezie u ryb (Kolářová, a kol., 2012). Anestetika jsou velice důležitá v rybářském oboru pro usnadnění práce s rybami. Použití anestetik je nutné v případě manipulace s rybami za cílem snížení stresu a eliminaci fyzického zranění ryb. Například umělý výtěr, biopsie, transport, měření délky nebo vážení ryb (Mercy a kol., 2013). Anestetika se často používají v akvakultuře při studiích a výzkumu ryb k minimalizaci stresové reakce a snížení možnosti fyzického zranění během manipulace (Wedemeyer, 1997). Obecně platí, že při vyšších koncentracích anestetik se zrychluje anestezie a prodlužuje se doba odeznění bez ohledu

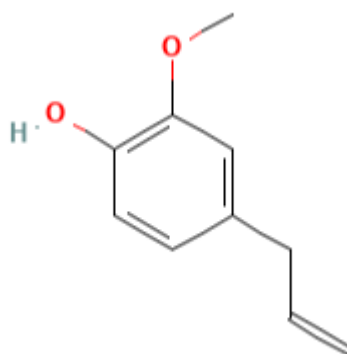
na teplotu (Hseu a kol., 1997, 1998). Velice důležité je dbát na správné dávkování anestetik. Například u anestetika MS-222 je možné stálé navyšování koncentrace v mozku při stabilní koncentraci v krvi, může tak docházet stále k hlubší anestezii, a to i v případě, že jsou ryby ve vodě určené k zotavení (Ross, 2001). Správný výběr anestetika zahrnuje více aspektů, jakými jsou, dostupnost, snadnost použití, cenu, vedlejší účinky na ryby a na lidi, případně dopad na životní prostředí (Mercy a kol., 2013). Každé anestetikum může způsobovat různé fyziologické změny v chování ryb (Carmichael, 1985). Anestetika mohou být kromě anestetické koupele podávána orálně, intravenózně, tedy nitrožilně, a intramuskulárně, to znamená do svaloviny. V případě orálního podání anestetika bylo provedeno několik studií, s nepřesným dávkováním a nejistou efektivitou absorpce anestetika do organismu (Harms, 2003; Neiffer a Stamper, 2009). V případě podání injekce jde o rychlé zavedení anestetika do těla ryb. Injekční metoda má nevýhodu manipulace před podáním anestetika, kdy může být ryba zraněna. Je vhodné použít anestetické koupele před injekcí (Fleming a kol., 2003; Hansen a kol., 2003). Nejběžnější místo pro podání anestetik injekcí je v oblasti hřbetní ploutve (Harms a Bakal, 1995).

2.1.4. Vybraná anestetika

2.1.4.1. Eugenol

Eugenol je aktivní složka hřebíčkového oleje, který se získává z pupenů listu a stonku rostliny *Eugenia caryphyllus*, Komerčně prodáváný hřebíčkový olej obsahuje přibližně 84 % eugenolu, je ale možné zakoupit i 100% eugenol (Harper, 2003). Eugenol je světle žlutá čirá kapalina olejovitého charakteru (Chaieb a kol., 2007). Hřebíčkový olej má oproti ostatním anestetikům mnoho výhod. První je značný počet studií, které pracují s tímto anestetikem v akvakultuře, další velkou výhodou je snadná dostupnost, jelikož jde o destilát používaný v potravinářství jako aditivum s protiplísňovým, antibakteriálním a antivirovým účinkem (Keenea kol., 1998). Eugenol je organická látka která, nepředstavuje nebezpečí pro obsluhu. Eugenol není mutagenní ani karcinogenní látka (Nagabadu a Lakshmaiah, 1992). Negativní vlastností eugenolu je perzistence na žaberním epitelu, která může blokovat difúzi plynů. V případě delší expozice nebo vyšší dávky se lze setkat s mortalitou, v tomto případě je dobré počítat s rezervou při dávkování (Sladký a kol., 2001). V případě opakované expozice byla pozorována částečná nekróza žaber při koncentraci 9 mg.l^{-1} (Afifi Al-Thobaiti a Rasem, 2001). Nevýhoda eugenolu je jeho fotosenzitivita, tedy citlivost na světlo (Bressler a Ron, 2004). Eugenol je špatně rozpustný ve vodě, a to především při nízkých teplotách, proto je doporučováno použít

směs 1:10 s ethanolem pro lepší rozpustnost. Pro většinu druhů ryb se používají koncentrace v rozmezí 40-120 mg.l⁻¹ (Harms, 2003). Použití Eugenolu není schváleno pro ryby určené ke konzumaci. Eugenol je snadno dostupný, výhodný a vysoce účinný i v malých dávkách, z tohoto důvodu je hojně využíván v akvakultuře (Cho a Heath, 2000). V případě použití hřebíčkového oleje musí být nařízena veterinárním lékařem ochranná lhůta 500 °D (stupňodnů) (Kolářová a kol., 2012). Na níže uvedeném obrázku č. 1 je zobrazena chemická struktura Eugenolu. Tabulka 1 a 2 uvádí doporučené dávky Eugenolu a hřebíčkového oleje.



Obr. č.1. Chemická struktura Eugenolu.

- Molekulární vzorec C₁₀ H₁₂ O₂
- Chemický název eugenolu je (2-methoxy-4-2-2-propenyl-fenol)

(N. C. for Biotechnology Information 2022)

Tabulka 1. Doporučené dávky Eugenolu pro anestezii vybraných druhů ryb.

	Dávka mg.l ⁻¹	Literatura
Piraňa rostlinožravá (<i>Colossoma macropomum</i>)	65	Roubach, a kol., 2005
Brykon Hilarův (<i>Brycon hilarii</i>)	100-150	Fabiani, a kol., 2013
Arapaima velká (<i>Arapaima gigas</i>)	30-60	Sutíli a kol., 2014
Robalo tmavý (<i>Centropomus parallelus</i>)	37,5	
Leporinus velkohlavý (<i>Leporinus macrocephalus</i>)	37,5	
Anténovec paranánský (<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>)	50	

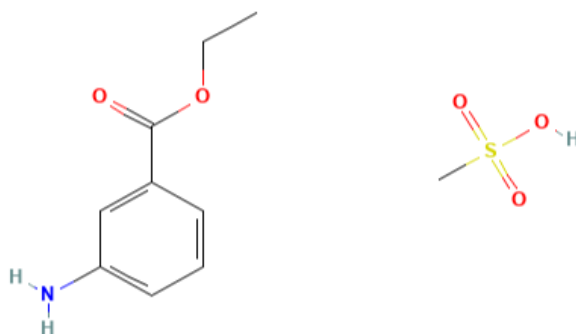
Tabulka 2. Doporučené dávky hřebíčkového oleje pro anestezii vybraných druhů ryb.

	Dávka	Literatura
Losos čavýča (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	20 mg.l ⁻¹	Cho a Heath, 2000
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	30 mg.l ⁻¹	Prince a Powel, 2000
Siven americký (<i>Salvenius fontinalis</i>)	0,033 ml.l ⁻¹	Kolářová a kol., 2012
Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)	0,04–0,06 ml.l ⁻¹	

2.1.4.2. MS-222

MS-222 je derivátem benzokainu s chemickým názvem trikain methanosulfát. Toto anestetikum je jedním z nejužívanějších v akvakultuře a výzkumu ryb (Ross a Ross, 1999). Anestetikum je dodáváno jako krystalický bílý prášek určený k rozpuštění ve vodě, kde se dobře rozpouští za vzniku bezbarvého roztoku. MS-222 je vhodné použít ve slané i sladké vodě (Topic a kol., 2012). V akvakultuře je anestetikum MS-222 používáno pro imobilizaci ryb na líhních, při značení, přepravě a dalších invazivních zákrocích (Carter a kol., 2011). MS-222 se do těla ryb vstřebává přes žaberní aparát, přes který je i následně vylučováno, biologický rozklad anestetika probíhá v játrech a pravděpodobně i v ledvinách (Maren a kol., 1968; Harms, 1999). MS-222 je klasifikováno jako lokální anestetikum, které je po vstupu do těla ryb rychle metabolizováno na polární a nepolární metabolity, polární metabolity jsou vylučovány ledvinami a nepolární jsou vyloučeny přes žábry (Carter a kol., 2011). Anestetikum MS 222 může být použito pro ryby určené ke konzumaci v USA a Spojeném království (Mercy a kol., 2013). Země vyvážející ryby do Evropské unie jsou povinné dodržet příslušné předpisy o použití anestetika (Topic a kol., 2012). V České republice je možné použít MS-222 jako léčivo pro ryby, je však zapotřebí souhlasu Státní veterinární správy (Kolářová a kol., 2012). Ochranná lhůta před konzumací ryb se u MS-222 liší na základě jednotlivých států, například Nový Zéland má 10 dní, Norsko 21 dní. MS-222 není mutagenní, tedy poškozující DNA, je však zapotřebí postupovat opatrně v případě, že ryby jsou určené k lidské spotřebě z důvodu možné karcinogenity tohoto anestetika. Při zacházení s MS-222 je zapotřebí postupovat opatrně za použití ochranných pomůcek, jelikož může docházet k podráždění dýchacích cest a kůže (Carter a kol., 2011). Doporučené dávkování se pohybuje v širokém rozmezí 25 až 480 mg.l⁻¹ s expozicí od několika sekund pro vyšší koncentrace a řádu hodin pro nízké koncentrace (Ross a Ross, 1999).

Dle Kolářové a kol., (2012) se MS-222 používá v rozmezí koncentrací 30-350 mg.l⁻¹ v závislosti na druhu, přičemž sedace můžeme pozorovat v čase 1 až 30 min. Při zvolení nižší koncentrace je sedace až 48 hodinová. Při nesprávném použití tohoto anestetika může být snížena životaschopnost ryb, v horším případě může dojít k jejich úhynu například postupem nezkušeného personálu (Carter a kol., 2011). Na níže uvedeném obrázku č. 2 je zobrazena chemická struktura MS-222. Tabulka 3 uvádí doporučené a testované dávky MS-222.



Obr. č. 2. Chemická struktura MS-222.

- Molekulární vzorec: C₁₀H₁₅NO₅S
- Název: Ethyl-3-aminobenzoát methansulfonát

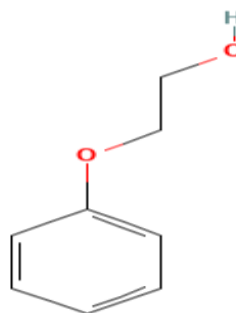
(N. C. for Biotechnology Information. PubChem 2022)

Tabulka 3. Doporučené a testované dávky MS-222 pro anestezii vybraných druhů ryb.

	Dávka mg.l ⁻¹	Literatura
Lín obecný (<i>Tinca tinca</i>)	25–200	Randall, 1962
Veslonos americký (<i>Polyodon spathula</i>)	66	Cittinger a kol., 1992
Platýs obecný (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>)	250-480	Malmstroem, 1993
Úhoř americký (<i>Anguilla rostrata</i>)	100-230	Prieto a kol., 1976
Kanic žiháný (<i>Centropristis striata</i>)	70	King a kol., 2005
Siven americký (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	100	Coyle a kol., 2004
Živorodka širokoploutvá (<i>Poecilia latipinna</i>)	150	Küçük, 2010
Tilapie (<i>Oreochromis sp.</i>)	40–150	Topic a kol., 2012

2.1.4.3. 2 – fenoxxyethanol

Aktivní látkou 2-fenoxxyethanolu je ethylen-glykol-monofenyl-ether, jeho vzorec je $C_8H_{10}O_2$. Toto anestetikum je hůře rozpustné ve vodě, ale dobře rozpustné v ethanolu. 2-fenoxxyethanol se do ryb dostává přes žábry a kůži (Velíšek a kol., 2007). 2-fenoxxyethanol je čirý nebo mírně nažloutlý olejovitého charakteru se slabě aromatickým zápachem. V akvakultuře byl 2-fenoxxyethanol původně používán jako léčebný prostředek proti bakteriálním, parazitárním a houbovým onemocněním. Toto anestetikum je levnější v porovnání s ostatními anestetiky a je široce používáno při přepravě ryb i k celkové anestezii (Hseu a kol., 1996, 1997; Ross a Ross, 2001). Přesný vliv 2-fenoxxyethanolu na ryby v průběhu anestezie není znám, může však potlačovat aktivitu nervového systému. Nežádoucími účinky tohoto anestetika je zhoršené dýchání, snížení obsahu kyslíku v krvi, a snížení imunitní funkce organismu (Sneddon, 2012). Efektivita 2-fenoxxyethanolu se zvyšuje se vzrůstající teplotou (Weyl a kol., 1996). Barton a Helfrich, (1981) popisují u 2-fenoxxyethanolu vyšší citlivost u mladších ryb v porovnání se staršími rybami. 2-fenoxxyethanol je používán jako vonná složka mnoha kosmetických směsí, jako jsou například mýdla a čisticí prostředky (Arctander, 1969). Přirozený výskyt této látky byl sledován u avokáda a u druhů rostlin rodu (*Mangifera*). Celosvětová spotřeba 2-fenoxxyethanolu se pohybuje v rozmezí 100 až 1000 tun za rok, tento objem vychází z použití 2-fenoxxyethanolu v kosmetice (Scognamiglio a kol., 2012). Na níže uvedeném obrázku č. 3 je zobrazena chemická struktura 2-fenoxxyethanolu.



Obr. č.3. Chemická struktura 2-fenoxxyethanolu.

- Molekulární vzorec $C_8H_{10}O_2$.
- Ethylen-glykol-monofenyl-ether
(N. C. for Biotechnology Information. PubChem 2022)

2-fenoxyethanol je nejčastěji používán v koncentracích 0,3 až 0,4 ml.l⁻¹. Nástup anestezie přichází za 5 až 10 minut, odeznění anestezie trvá obvykle 10 minut. Při použití ryb ke konzumaci musí být dodržena ochranná lhůta, která je dlouhá 500 °D (stupňodnů). Anestetikum 2-fenoxyethanol má negativní účinek na obsluhu. Při použití je nutné respektovat bezpečnostní pravidla a použít potřebné ochranné pomůcky, například rukavice (Kolářová a kol., 2012). V níže uvedené tabulce 4 jsou zobrazeny doporučené a testované dávky 2-fenoxyethanolu.

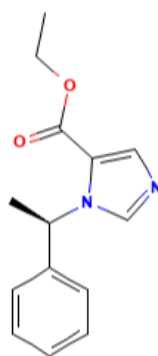
Tabulka 4. Doporučené a testované dávky 2- fenoxyethanolu pro anestezii vybraných druhů ryb.

	Dávka ml.l ⁻¹	Literatura
Vyza velká (<i>Huso huso</i>)	0,7-0,9	Shaluei a kol., 2012
Parmička eufratská (<i>Barbus grypus</i>)	0,5	Ogretmen a kol., 2016
Plata skvrnitá (<i>Xiphophorus maculatus</i>)	0,22-0,44	Guo a kol., 1995
Lín obecný (<i>Tinca tinca</i>)	0,6	Kolářová a kol., 2012
Lipan podhorní (<i>Thymallus thymallus</i>)	0,4	
Síh peled' (<i>Coregonus peled</i>)	0,4	
Závojnátka (<i>Carassius auratus</i>)	0,35	
Tolstolobik bílý (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	0,2	McCarter, 1992

2.1.4.4. Propiscin

Propiscin obsahuje 0,2 % stabilizovaného roztoku etomidátu. Etomidát je aktivní složka Propiscinu (Limsuwan a kol., 1983). Anestetikum se používá rozpuštěné ve vodě jako anestetická koupel. V případě použití správné koncentrace dochází ke ztrátě smyslového vnímání a motorických reflexů během 2-4 minut. Propiscin je šetrný pro ryby a vyznačuje se nízkou toxicitou, hlavně pro lososovité druhy. Propiscin rychle navozuje celkovou anestezii s krátkou dobou zotavení (Kazuń a Siwicki, 2012). U Propiscinu nebyla zjištěna teratogenita a karcinogenita a nebyla zjištěná deprese u ryb. Anestetikum Propiscin bylo vyvinuto v Polsku. Aktivní složka Propiscinu etomidát se jako anestetikum používá často v experimentální akvakultuře k celkové anestezii (Hajek a Kłyszzejko, 2004). Doporučená dávka pro candáta obecného je 1-2 ml.l⁻¹ (Szkudlarek a Zakęs, 1996; Zakęs a kol., 2013). Při použití etomidátu se minimální účinná dávka pro akvarijní druhy (*Danio rerio*, *Gymnocorymbus ternetzi*, *Pterophylum scalare*, *Xiphorus maculatus*) pohybuje od 2 do 4 ml.l⁻¹ a maximální bezpečná dávka od 7 do 20 ml.l⁻¹. Nižší

dávka navozuje anestezii za delší čas, naopak zotavení je kratší. Při koncentraci 4 ml.l⁻¹ byly ryby anestetovány do 90 sekund a čas odeznění činil maximálně 40 minut (Amend a kol., 1982). Při delší anestezii dochází k výraznému snížení koncentrace kyslíku v anestetické koupeli. Při použití Propiscinu nebyly po hematologickém vyšetření u pstruha duhového zjištěny žádné změny (Kazuň a Siwicki, 2012). Při anestezii ryb je nutné dbát zvýšené opatrnosti užitím ochranných pomůcek na ruce. Je důležité vyvarovat se požití nebo vdechnutí tohoto anestetika (Amend a kol., 1982). Na níže uvedeném obrázku č. 4 je zobrazena chemická struktura Propiscinu. Tabulka 5 uvádí doporučené a testované dávky Propiscinu.



Obr. č.4. Struktura Etomidátu (Propiscin).

- Molekulární vzorec C₁₄H₁₆N₂O₂.
- Etomidate

(N. C. for Biotechnology Information. PubChem 2022)

Tabulka 5. Doporučené a testované dávky Propiscinu pro anestezii vybraných druhů ryb.

	Dávka ml.l ⁻¹	Literatura
Pstruh obecný (<i>Salmo trutta morpha fario</i>)	0,5-1	Kazuň a Siwicki, 2001
Mořčák evropský (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	0,56	Marsic-lucic a kol., 2005
Mník jednovousý (<i>Lota lota</i>)	1	Svačina a kol., 2016
Podoustev říční (<i>Vimba vimba</i>)	1	Lepič a kol., 2014
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	1	Kazuň a Siwicki., 2012
Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)	1	Kazuň a Siwicki., 2012

2.2. Lososovití (*Salmonidae*)

Čeď lososovitých tvoří 11 rodů přirozeně se vyskytujících na severní polokouli (Nelson, 1994; Lever, 1996). Do 11 rodů čeledi *Salmonidae* spadá přibližně 228 druhů ryb (Pauly a Froese, 2014). Lososovité druhy přirozeně obývají mírné subarktické oblasti Euroasie a Severní Ameriky, sladké vody i slané vody severní polokoule. Každý druh z čeledi lososovitých se rozmnožuje ve sladké vodě, některé druhy zde začnou i dokončí svůj životní cyklus, zatímco jiné druhy jsou anadromní, tedy migrující mezi sladkou a slanou vodou (McDowell, 1998). Vnější vzhled lososovitých ryb je vřetenovitý. Liší se v závislosti na druhu a podmínkách prostředí, ve kterém se populace nachází. Kůže je pokryta malými cykloidními šupinami, díky kterým lze rozeznávat jednotlivé druhy. Například hlavatka obecná (*Hucho hucho*) má 180 až 220 šupin na postranní čáře oproti lososu atlanskému (*Salmo salar*), který má 109 až 121 (Pennell a Bruce, 1996). Umístění ploutví je konzistentní mezi druhy a rody, lososovité ryby disponují jako jedna z mála skupin tukovou ploutví, která je umístěna mezi hřbetní a ocasní ploutví (Cailliet a kol., 1986). Z hlediska potravy lze čeď *Salmonidae* přirozeně zařadit mezi euryfágní carnivory, jinými slovy nenáročného dravce, živící se vodním hmyzem, malými korýši a menšími rybami (Elliott, 1982). Lososovité ryby jsou v mnoha zemích chovány již více než století. Některé z metod chovu lososovitých používané v současnosti jsou téměř stejné jako před sto lety. V některých zemích souvisí chov se zlepšováním stavů místních populací lososovitých ryb (Pennell a Bruce, 1996). Lososovité ryby jsou ve značném množství chovány ve sladké i slané vodě. V posledních letech dochází k navyšování produkce, tento jev je v neposlední řadě posilován šířením lososovitých druhů do nových geografických oblastí (Shelton a Rothbard, 2006). V největší míře je z lososovitých ryb chován losos atlanský (*Salmo salar*) a pstruh duhový (*Ocorhynchus mykiss*), nelze opomíjet ani další chované druhy z čeledi lososovitých, jako například siven americký (*Salvelinus fontinalis*), který je určen jak ke konzumaci, tak do volných vod. Lososovité ryby jsou tradičně velmi populární v komerčním a sportovním rybolovu, kde jsou vysoce ceněné (Pennell a Bruce, 1996).

2.3. Rod *Hucho*

Prvotní fosilní záznamy rodu *Hucho* pochází z oligocénu až středního miocénu, ze kterých jsou dodnes známé zkameněliny. Rod *Hucho* (Günther, 1866) vznikl pravděpodobně ve východní Asii, to lze tvrdit díky zde objevené nejstarší známé fosilii rodu *Hucho* a zároveň lze i konstatovat současnou největší druhovou rozmanitost právě

v Asii (Kovalchuk, 2015). Doposud existuje mnoho hypotéz o původu a vývoji rodu *Hucho*, podle (Bajkova, 1924) vznikl tento rod původně mořského původu odloučením od migrujícího rodu *Salvelinus*, který se postupně adaptoval na život ve sladké vodě. Na dalším východě pravděpodobně došlo vlivem teplejšího počasí k jiné situaci, kdy u druhu *Hucho perryi* byla zachována diadromní forma. Bajkov, (1924) také nepředpokládal vznik odloučením od rodu *Salmo*. Protikladem tohoto tvrzení je Kraussova teorie o vzniku transformací od druhu *Salmo salar* (Krauss, 1933). První zmínky o rodu *Hucho* zaznamenal Linnaeus, jako podrod *Salmo hucho*. Günther 1866 založil samostatný podrod *Hucho* a poprvé poukázal na rozdíl mezi rodem *Hucho* a *Salmo*. Jordan a Snyder (1902) povýšili podrod *Hucho* na samostatný rod *Hucho* (Holčík, a kol., 1988). Rod *Hucho* zahrnuje čtyři druhy sladkovodní a jeden blízce příbuzný diadromní druh *Parahucho perryi* dříve spadající do rodu *Hucho*. S postupem času a získávání nových poznatků byl tento druh zařazen do nového rodu *Parahucho* (Matveev a kol., 2007). Mezinárodní úsilí Union for Conservation of Nature, IUCN v letech 2011 až 2012 zařadilo všechny druhy rodu *Hucho* a jeden druh *Parahucho* na červenou listinu IUNC. Hlavy jsou uznávány jako největší lososovité ryby na světě s velkým ekologickým a evolučním významem. Slouží též jako citlivé indikátory sladkovodního ekosystému (Rand, 2013).

Rod Hucho

- Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) (Linnaeus, 1758)
- Hlavatka sibiřská (*Hucho taimen*) (Pallas, 1773)
- Hlavatka čínská (*Hucho bleekeri*) (Kimura, 1934)
- Hlavatka korejská (*Hucho ishikawae*) (Mori, 1928) Nepotvrzena existence!

Rod Parahucho

- Hlavatka japonská *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856)

(Holčík a kol., 1988; Matveev a kol., 2007)

Rod *Hucho* má ve srovnání s ostatními lososovitými druhy charakteristicky velkou tukovou ploutev (Le Francois a kol., 2009). Zbarvení hlavatek je poměrně variabilní, nezávisí jen na prostředí, kde se určitý druh vyskytuje, ale taktéž na věku ryb. Pro rod *Hucho* je charakteristické načervenalé zbarvení s tmavými tečkami po bocích, výjimečně na ventrální straně těla, dorzální část hlavy je tmavě hnědá s nazelenalým nádechem a také s tmavými tečkami, tuková ploutev je zlatohnědá až načervenalá, obvykle beze skvrn. Ploutve jsou popelavé s nahnědlými konci (Ivaška, 1951). Mladí

jedinci jsou zbarveni pruhy s šedým odstínem s drobnými pigmentovanými skvrnami (Bastl a Kirka, 1959). Sexuální dimorfismus není zcela jednoznačný, stále je zde mnoho pochybností, je však patrné výraznější zbarvení v období rozmnožování. Specialisté již dlouho uznávají nejistý status hlavatek a nabádají ke stálému rozšiřování povědomí o tomto druhu (Rand, 2013). Z pohledu ochrany těchto druhů je nejúčinnější způsob vytváření sladkovodních chráněných oblastí jako například chráněná oblast na řece Sarufutsu na japonském ostrově Hokkaido (Abell a kol., 2007).

2.3.1. Hlavatka obecná

obecná *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758), někdy též známá pod názvem hlavatka podunajská nebo dunajský losos. Jedná se o jeden z největších lososovitých druhů na světě patřících mezi ohrožené druhy. Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) je považována za endemický druh čeledi Salmonidae obývající povodí Dunaje (Nelson, 2007). Hlavatka obecná je druh zapsaný na červené listině IUCN o ochraně ohrožených druhů (Freyhof a Kottelat, 2008).

2.3.1.1. Taxonomie

Říše – živočichové (*Animalia*)

Kmen – strunatci (*Chordata*)

Třída – paprskoploutví (*Actinopterygii*)

Řád – lososotvární (*Salmoniformes*)

Čeleď – lososovití (*Salmonidae*)

Rod – hlavatka (*Hucho*)

(Freyhof a Kottelat, 2008)

2.3.1.2. Popis a znaky

Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) má štíhlé tělo válcovitého tvaru s lehkým zploštěním v ocasní partii. Hlava je podlouhlá s částečným zploštěním na vrchní straně, se značně velkými rozštěpenými ústy doplněnými bohatým ozubením a tmavými skvrnami. Ošupení je drobné, hluboko v kůži. Zlatohnědá tuková ploutvička je větší, než je obvyklé, toto tvrzení lze potvrdit faktem, že základna tukové ploutve je větší než polovina stejné části řitní ploutve. Zbarvení je u tohoto druhu variabilní, u dospělých lze pozorovat hnědý hřbet se zeleným nádechem zpestřený o tmavé skvrny. Na bocích můžeme pozorovat světlejší odstíny doplněné o tmavší skvrny černé a hnědé, břišní partie jsou stříbřitě bílé nebo žlutobílé. Tmavé skvrny mohou nabývat různých nepravidelných

tvary, oválných, ale také tvarů připomínajících písmeno X. Zbarvení ploutví je popelavě žluté s červenohnědým zakončením (Kouřil a kol., 2008; Dubský a kol., 2003). Počet šupin v boční linii je 180 až 200. Dorzoventrálně zploštělá hlava zaujímá 22-24% délky těla (Kottelat a Freyhof, 2007). Pokud jde o sexuální dimorfismus hlavatky obecné, je problematické tento druh rozlišit na základě jasných znaků. Rozdíly mezi pohlavími lze patrněji rozlišovat těsně před třením nebo v jeho průběhu. Zbarvení obou pohlaví je v tomto období intenzivnější, mlíčáci neboli samci jsou tmavší, na bocích je výraznější červené zbarvení přecházející do tmavších odstínů. Dalším znakem je modrozelená barva na horní části hlavy a žlutavě šedé ploutve. Na ocasní a hřbetní ploutvi lze pozorovat tmavé proužky. U jikrnaček je zaznamenáno mírné růžové zbarvení ve spodní části boků s širší urogenitální papilou ve tvaru hvězdy. Skácel, (1976) vylučuje rozdíl urogenitální papily mezi pohlavími a uvádí je jako nespolehlivý znak. Na níže uvedeném obrázku č. 5 je zobrazena hlavatka obecná (*Hucho hucho*).

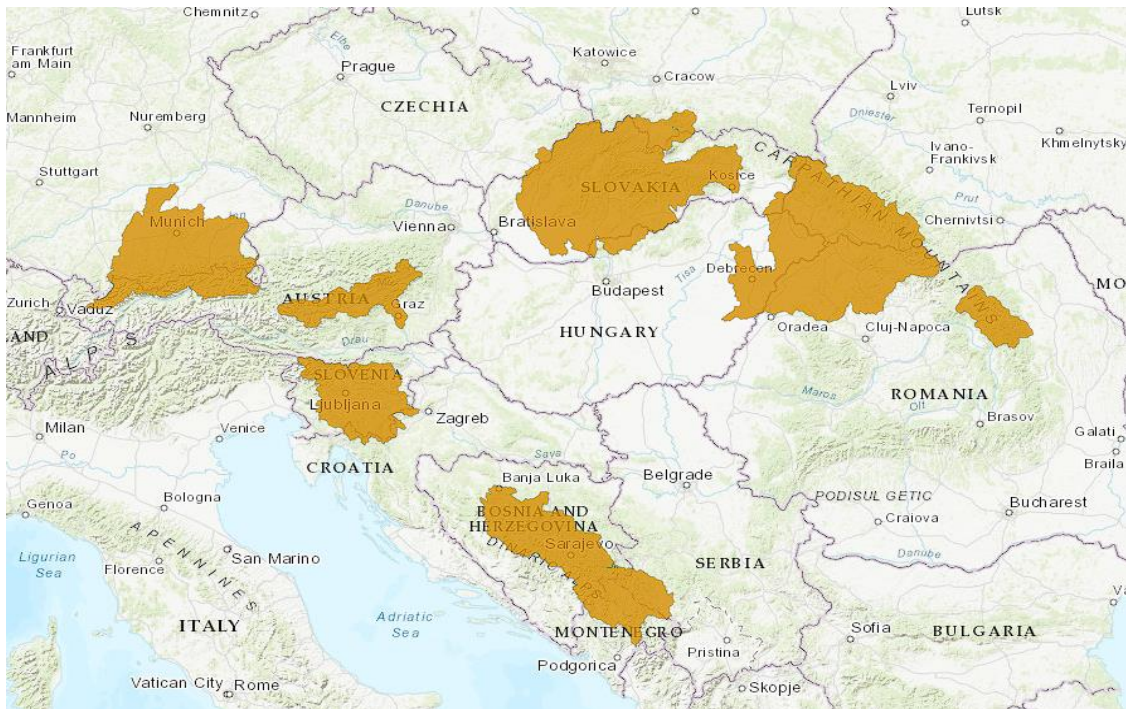


Obr. č. 5. Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) z řeky Pielach (Marić a kol., 2014, foto Ratschan).

2.3.1.3. Rozšíření

Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) je euroasijský druh. V Evropě se vyskytuje v říčních systémech Dunaje. Historicky přirozený rozsah je hlavně v dunajském povodí střední Evropy, hlavně v podhorských řekách odvádějících vodu z Alp a Karpat (Koller 1907). U nás se dříve hlavatka obecná (*Hucho hucho*) vyskytovala v horním úseku řeky Moravy a jejich přítocích. Jsou též zmínky o raritním výskytu v Olomouci a okolí Hodonína (Zbořil a Absolon, 1916). Na začátku 20. století byla hlavatka obecná (*Hucho hucho*) introdukována do některých toků, převážně na Moravě, například do Braneckého potoka nebo řeky Bečvy. Na řece Bečvě byla v druhé polovině 20. století hlavatka obecná chována (Holčík a kol., 1988). Nedávno uvedená data o výskytu hlavatek v České republice potvrzují populace v některých částech Labe, povodí Odry a Moravy, ovšem za

podpory umělé reprodukce a vysazování (Hanel a kol., 2013). Na níže uvedeném obrázku č. 6 je zobrazena mapa výskytu hlavátky obecné (*Hucho hucho*).



Obr. č. 6. Výskyt hlavátky obecné (*Hucho hucho*) dle dat z roku 2008, national Union for Conservation of Nature 2008; *Hucho hucho*. The IUCN Red List of Threatened Species, Freyhof a Kottelat, 2008).

Historický výskyt dle Ihut a kol., (2014) hlavátky obecné (*Hucho hucho*) zahrnoval toky v Rakousku, Bosně a Hercegovině, České republice, Polsku, Německu, Srbsku, Rumunsku, Slovensku, Černé Hoře, Chorvatsku, Západní Ukrajině a Slovinsku. Populace jsou v povodí Dunaje roztržštěné, přičemž mnoho z nich je podporováno umělou reprodukcí (Ihut a kol., 2014). Současný stav tohoto druhu z pohledu rozšíření je kritický. Nadměrné antropogenní dopady, jakými jsou ničení stanovišť, pytláctví a výstavba přehrad, vedou ke snižování počtu hlavátky obecné (*Hucho hucho*), kdy stále dochází k větší izolovanosti menších populací (Geist a kol., 2009).

2.3.1.4. Biologie

Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) je považována za dlouhověkou rybu, může žít i více než 20 let a dospělci jsou velcí rybí predátoři, dorůstající délky přes 1,5 m a hmotnosti přes 60 kg (Kottelat a Freyhof, 2007). Běžná hmotnost se pohybuje okolo 3 až 8 kilogramů (Kouřil a kol., 2008). Na území Slovenska byla roku 1873 chycena hlavatka o hmotnosti 60 kg, později, v roce 1939, byla vážena uhynulá hlavatka o hmotnosti 46

kilogramů (Ivaška 1951; Andreji a Stráňai, 2013). Tento druh vyžaduje prostředí s chladnou dobře okysličenou vodou bez znečištění, na které je velmi choulostivý. Je to stanovištní druh upřednostňující širší toky s dostatečným množstvím úkrytů střídavě s hlubšími partiemi (Kouřil a kol., 2008). Přirozené prostředí výskytu druhu může být sezónně variabilní, jako například migrace při tření, přezimování nebo migrace na krmná na stanoviště (Ihut a kol., 2014; Ratschan, 2012). Ratschan (2014) popisuje typický výskyt hlavatek v rakouských a bavorských řekách s prouděním od 3 do 150 m³ se sklonem 0,2–0,5% a nadmořské výšce mezi 200 až 800 m, kde průměrná teplota v nejteplejším měsíci je 13–18°C. Takové podmínky lze často pozorovat ve spodních úsecích lipanového pásma (Decei, 2001). Juvenilní jedinci jsou neaktivnější v červenci a srpnu, přičemž upřednostňují bentickou stravu a hmyz spadlý do vody (Augustyn a kol., 1998). Potrava starších jedinců se skládá převážně z ryb, jedná se o velice dravý druh, už při své velikosti 50 až 90 milimetrů přechází na stravu skládající se převážně z ryb (Holčík, 1990). Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) není selektivní predátor, strava se obvykle skládá z nejpočetnější dosažitelné ryby v místě výskytu (Ihut a kol., 2014). Jiný zdroj uvádí jako zajímavost upřednostnění ostroretky stěhovavé (*Chondrostoma nasus*) jako potravy (Kouřil a kol., 2008). Velikost kořisti se může značně lišit, obvykle se pohybuje mezi 15 až 30% jejich vlastní délky, ve vzácných případech jsou schopny pozřít kořist o délce až poloviny jejich vlastní délky (Šubjak, 2013). Hlavatka obecná roste rychleji v porovnání s ostatními lososovitými druhy kvůli časnému přechodu na dravý způsob života (Bastl a Kirka, 1958). Dle Andreji a Stráňai (2013) lze u tohoto druhu pozorovat rychlejší růst ve volné přírodě než na farmách v umělém chovu. Ve volných vodách může tento druh po prvním roce dosahovat 25 cm a 150 g a druhém roce 40 cm a 500 g (Päsärin, 2007). Pohlavní dospělost u jikrnaček lze pozorovat v 5 až 6 letech, u mlíčáků o rok dříve, již ve 4. roce (Kouřil a kol., 2008). Holčík (1995) popisuje silnou závislost hmotnosti ryb na pohlavní dospělosti, u samců se tato závislost projevuje od 1 až 2 kg a u samic od 2 až 3 kg. Hlavatka obecná je druh vytírající se na jaře, doba tření je silně závislá na teplotě. V podhůří řek začíná tření již koncem března, v chladnějších oblastech alpských řek se může tření protáhnout až do poloviny května (Ratschan, 2014; Ihut a kol., 2014). Při příchodu období tření hlavatky migrují do mělčích partií a přítoků do hloubky 1,5 metru, kde nalézají svá trdliště. Migrace se pohybuje ve vzdálenostech od několika set metrů po více než 100 km (Holčík, 1995). Samotný výtěr probíhá při teplotě v rozmezí 6 až 12°C (Kouřil a kol., 2008). V roce 1997 a 2000 bylo sledováno tření na řece Pielach v Rakousku, kde voda v roce 1997 dosahovala v období výtěru teplot

v rozmezí 6,2 až 9,5°C a v roce 2000 se teplota vody pohybovala od 6,1 do 8°C (Holzer, 2011). Výtěru se nejčastěji účastní 1 jikrnačka a 1 mlíčák, přičemž dochází k hloubení jamek ve šterkopískovém dně, které jikrám poskytují úkryt (Balon, 1990; Esteve a kol., 2013). Dubský a kol. (2003) zmiňuje úpravu šterkopískového dna jikrnačkou v hloubce 60 až 80 cm o průměru 1 až 2 m. Hlavatka obecná dosahuje absolutní plodnosti 3 až 12 tisíc jiker. Zbarvení jiker je oranžové až žlutooranžové, jikry jsou jen mírně lepkavé o průměru v rozmezí 5 až 6 mm (Kouřil a kol., 2008). Inkubační doba je závislá na teplotě, u tohoto druhu se pohybuje v rozmezí 250 až 300denních stupňů (Decei, 2001). Plůdek hlavatky obecné zůstává po vykulení ukrytý ve šterkopískovém dně. Zvýšení aktivity lze pozorovat při přechodu na exogenní výživu, která začíná při strávení 2/3 žloutkového vajíčka (Kouřil a kol., 2008). Hlavatka obecná je druh vytírající se 1x za rok (Prawochensky a Kolder, 1968).

2.3.2. Hlavatka sibiřská

Hlavatka sibiřská (*Hucho taimen*), někdy též známá jako sibiřský tajmen, je největším druhem z čeledi salmonidae (Levidanov, 1959; Sigunov, 1972) Jedná se o druh výhradně sladkovodní, který se vyskytuje převážně v tekoucích vodách (Holčík a kol., 1988). Jedná se o druh vysoce ceněný z hlediska sportovního rybolovu (Popiołek a kol., 2013). Hlavatka sibiřská je druh zapsaný na červené listině IUCN o ochraně zranitelných druhů (Hogan a Jensen, 2013).

2.3.2.1. Taxonomie

Říše – živočichové (*Animalia*)

Kmen – strunatci (*Chordata*)

Třída – paprskoploutví (*Actinopterygii*)

Řád – lososotvární (*Salmoniformes*)

Čeď – lososovití (*Salmonidae*)

Rod – hlavatka (*Hucho*)

(Freyhof a Kottelat, 2008)

2.3.2.2. Popis a znaky

Hlavatka sibiřská (*Hucho taimen*) je velice podobná hlavatce obecné, z pohledu morfometrických a meristických znaků je velice obtížné tyto druhy rozdělit (Holčík, a kol., 1988). Berg (1949) rovněž popisuje jako nemožné rozdělení těchto druhů na základě morfometrických a meristických znaků. Důležitější popsání rozdíl je ve zbarvení. U

hlavatky sibiřské oproti hlavatce obecné dosahuje červené zbarvení až k řitní a ocasní ploutvi. V období tření je zadní a ventrální část těla malinově červená nebo oranžová, která bývá ve formě skvrn, nebo plošně na těle. Zmíněné zbarvení lze pozorovat i v období po výtěru (Misharin a Shutilo, 1971; Holčík a kol., 1988). V juvenilním stádiu je hlavatka sibiřská šedozeleňá až tmavě hnědá se zelenavým nádechem na vrchní straně hlavy a hřbetní části. Mladí jedinci mají rovněž 7 až 10 tmavých pruhů, které ve věku 2 až 4 let postupně mizí (Misharin a Shutilo, 1971). Boky hlavatky sibiřské jsou světlejší se stejným zbarvením jako hřbet. Ploutve jsou popelavě žluté s načervenalými konci ploutevních paprsků. Tuková ploutev je zlatohnědá až načervenalá. Na hlavě a hřbetní části najdeme tmavé nahnědlé skvrny kulatých či oválných tvarů, na tukové ploutvi skvrny obvykle chybí (Holčík a kol., 1988). Nikolskii, (1956) a Kirillov, (1972) uvádí problematické určování sexuálního dimorfismu u hlavatky sibiřské a zdůrazňují neexistenci znaků rozlišujících obě pohlaví. V období tření lze pozorovat intenzivnější zbarvení, jako je výraznější červená barva na ventrální straně, občas se mohou vyskytnout načervenalé skvrny na bocích, které se objevují i dlouho před třením a taktéž dlouho přetrvávají i po období tření (Misharin a Shutilo, 1971; Kirillov, 1972). Na níže uvedeném obrázku č. 7 je zobrazena hlavatka sibiřská (*Hucho taimen*).

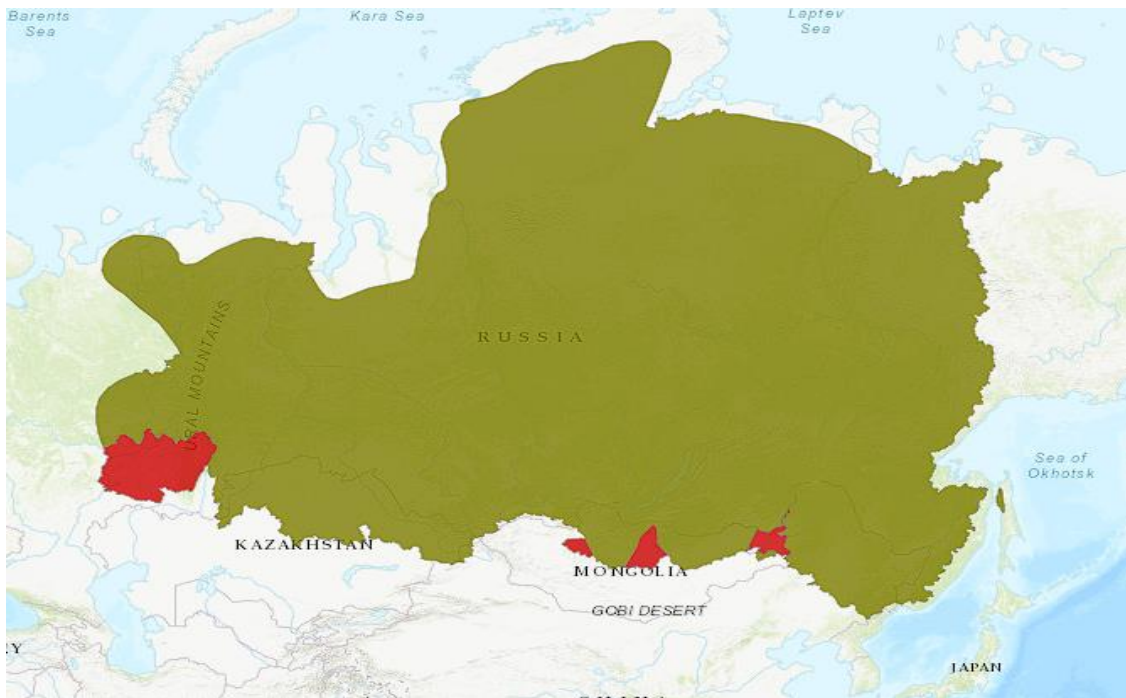


Obr. č. 7. Hlavatka sibiřská (*Hucho taimen*) z řeky Kemchug. (Marić a kol., 2014).

2.3.2.3. Rozšíření

Hlavatka sibiřská se vyskytuje v Evropě a Asii včetně říčních systémů kaspického a arktického povodí Euroasie, jako je Volha, Ural, Jenisej a Lena. Výskyt zahrnuje značnou část pacifického povodí Mongolska, Ruska a Číny. Západní hranice přirozeného výskytu tvoří řeky Volha a Pěchora (Hogan a Jensen, 2013). Hlavatka sibiřská zaujímá v Asii enormní areál rozšíření, který sahá od západního svahu pohoří Ural v Rusku až na

východ Chabarovska a k severnímu cípu ostrova Sachalin. Přesto je o tomto druhu známo velmi málo (Rand, 2013). Početnost ve většině regionů klesala primárně z důvodu neregulovaného úlovku jak komerčního, tak rekreačního a předpokládá se, že bude v příštích letech nadále klesat, Ocock a kol., (2006) taktéž odhaduje pokles v příštích 20 letech o více než 60%. V Mongolsku hlavatky vymizely z oblastí velkých měst a těžebních oblastí. Je dále udáváno střední ohrožení ve více než polovině ruských řek a vysoké riziko ve všech západních tocích pohoří Ural, tento jev je sledován i u velmi odlehlých oblastí horských řek Uralu (Rand, 2013). Hlavatka sibiřská (*Hucho taimen*) je i obětí nezákonného prodeje. Na střední Sibiři stavy tohoto druhu poklesly. Důležitým zdrojem tajmena v Mongolsku je řeka Eg-Uur (Jensen a kol., 2009). V Číně se tento druh nachází ve dvou regionech. Jeden je v horské oblasti Altaj v provincii Sin-t'iang, druhý se nachází v povodí řeky Amur v provincii Heilongjiang. Taktéž v Číně je tento druh na ústupu a je uveden jako ohrožený (Rand, 2013). Chybí nám však údaje ke spolehlivým odhadům tohoto druhu z hlediska jeho přirozeného areálu rozšíření (Hogan a Jensen, 2013). Na níže uvedeném obrázku č. 8 můžeme pozorovat výskyt hlavatky sibiřské (*Hucho taimen*). Tmavě zelená plocha znázorňuje možný výskyt, červená plocha poukazuje na jižní oblasti, kde došlo k vyhynutí druhu hlavatky sibiřské (*Hucho taimen*).



Obr. č. 8. Výskyt hlavatky sibiřské (*Hucho taimen*) dle dat z roku 2012 (Rand, 2011 2012, zdroj: Hogan a Jensen, 2013).

2.3.2.4. Biologie

Hlavatka sibiřská je dlouhověká ryba, nejvyšší zjištěný věk je 55 let (Podlesny, 1958). Přesný maximální věk není znám, odhaduje se až 100 let. Velikost hlavatky sibiřské je větší než u příbuzného druhu hlavatky obecné. Jedna z největších chycených hlavatek sibiřských měřila 210 cm a vážila 105 kg (Sigunov, 1972). Hlavatka sibiřská obývá proudné i stojaté vody, kde se vyskytuje v menších populacích, přičemž jejich charakter je ovlivněn velikostí ryb. Má velice podobné nároky na kvalitu vody jako hlavatka obecná. V porovnání s předchozím druhem je schopna žít v nižších polohách, a to až na hladinu moře (Holčík a kol., 1988). Mladí jedinci obvykle nemají žádná trvalá stanoviště, raná stádia se nejprve pohybují v blízkosti třecích hnízd s postupným pohybem po proudu (Bastl a Kirka, 1959). Dále je uváděn výskyt mladých jedinců v bočních ramenech řek v okolí hlavního toku s proudící vodou a šterkovitým dnem, kde se střídají mělčiny se středně hlubokými partiemi (Holčík a kol., 1988). Hlavatka sibiřská podniká migrace za výtěrem, avšak některé populace zůstávají na svých původních stanovištích (Sabaneev, 1911). Potravní nároky jsou krátce po přechodu na exogenní výživu orientované na suchozemský hmyz a řasy *Spirogyra* (Levanidov, 1951). V prvním roce v průběhu července, kdy se hmotnost pohybuje okolo 1,4 g začíná hlavatka sibiřská přecházet na dravou stravu, o měsíc později při hmotnosti 4 g je strava složena výhradně z malých ryb (Holčík a kol., 1988). Při délce hlavatky sibiřské větší než 50 mm se velikost kořisti pohybuje od 11 do 40% celkové délky, u tohoto druhu je taktéž popsána sezónní proměnlivost velikosti přijímané potravy, v létě 10 až 25% a na podzim 20 až 43% celkové délky těla. Příkladem je hlavatka sibiřská o délce 172 cm a váze 32 kg, jejíž žaludek obsahoval lososa ketu (*Oncorhynchus keta*) o hmotnosti 3 kg (Levanidov, 1951). Hlavatka sibiřská dosahuje pohlavní dospělosti později než hlavatka obecná. U samců je rozmezí široké a je udáváno 3 až 8 let při hmotnosti 1 kg, zatímco samice dosahují pohlavní zralosti v rozmezí 4 až 8 let při hmotnosti 2 kg (Holčík a kol., 1988). Hlavatka sibiřská tvoří páry ještě před samotným výtěrem, k samotnému párování může docházet dny až týdny před začátkem výtěru. Při výtěru si samci aktivně brání samice před ostatními samci. Je taktéž pozorováno stavění hnízda samicí, zatímco samec se věnuje námluvám a hlídáním své samice (Esteve a kol., 2009). Hlavatka sibiřská je druh vytírající se na jaře, populace žijící v severních oblastech mají posunutý výtěr na později, někdy až na léto, na řece Lena začíná výtěr v květnu a končí v červenci (Kirillov, 1972). Výtěr probíhá při teplotě 6 až 10°C (Holčík a kol., 1988). V čínských přítocích řeky Amur probíhá tření při teplotě 5 až 10°C (Wu, 1979). Absolutní plodnost jikrnačky hlavatky

sibiřské se pohybuje od 10 do 34 tisíc jiker (Pravdin, 1949). V čínských přítocích řeky Amur byla sledována plodnost 10 až 30 tisíc jiker (Wu, 1979). Velikost jiker se pohybuje v rozmezí 5,3 až 5,9 mm (Kifa, 1974). Zbarvení jiker je oranžově červené až jantarové (Holčík a kol., 1988). Délka inkubační doby jiker je u hlavátky sibiřské 28 až 38 dní při teplotě 5–7°C (Kifa, 1974). Někteří autoři uvádějí informace o nepravidelném výtěru hlavátky sibiřské pouze každý třetí rok (Misharin a Shutilo, 1971). Dle Sigunova (1972) je výtěr každý druhý rok. Tento jev se pravděpodobně vyskytuje u populací v severských oblastech chladných vod, v umělém chovu lze vytírat hlavátku sibiřskou každý rok (Kennedy, 1953; Holčík a kol., 1988).

2.3.3. Hlavatka čínská

Hlavatka čínská (*Hucho bleekeri*) někdy též známá jako sichuan taimen. Jedná se o endemický výhradně sladkovodní druh s velice omezeným rozsahem výskytu v Číně. Jde o nejmenší hlavátku z rodu *Hucho*. Na začátku 20. století nebylo jasné zařazení tohoto druhu do rodu *Hucho*, později na základě dostatečných důkazů byla pozice v tomto rodě potvrzena (Wang a kol., 2011; Holčík a kol., 1988). Jedná se o druh, který byl pravděpodobně první, který se oddělil od společného předchůdce v období miocénu (Holčík a kol., 1988). Hlavatka čínská je zapsána na červené listině IUCN jako kriticky ohrožený druh (Song, 2012).

2.3.3.1. Taxonomie

Říše – živočichové (*Animalia*)

Kmen – strunatci (*Chordata*)

Třída – paprskoploutví (*Actinopterygii*)

Řád – lososotvární (*Salmoniformes*)

Čeleď – lososovití (*Salmonidae*)

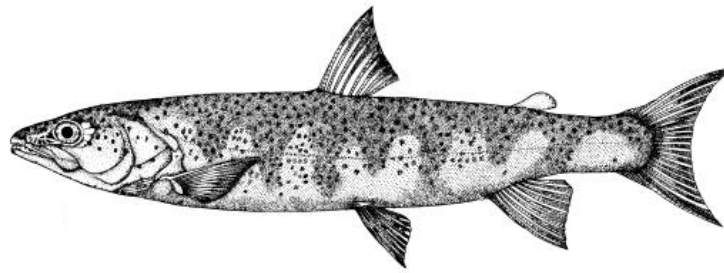
Rod – hlavatka (*Hucho*)

(Song, 2012; Hanel a Novák, 2007)

2.3.3.2. Popis a znaky

Hlavatka čínská je na hřbetní části tmavě šedá, břišní část je stříbřitě bílá, po těle a skřelových víčkách jsou rozptýlené tmavé skvrny ve tvaru X (Kimura, 1934). V mládí se objevují tmavé příčné pruhy na boku těla, které naznačují, že jde pohlavně nedospělého jedince. Hlavatka čínská má výraznou tukovou ploutev, typický znak rodu *Hucho*.

(Holčík a kol., 1988). Na níže uvedeném obrázku č. 9 je zobrazena hlavatka čínská (*Hucho bleekeri*).



Obr. č. 9. Hlavatka čínská (*Hucho bleekeri*) (Kimura, 1934).

2.3.3.3. Rozšíření

Hlavatka čínská se vyskytuje v horních úsecích v povodí Yangtze, v peřejích horských řek Minjang a Qingyi, horních a středních úsecích řeky Dadu v provincii Sichuan a Qinghai. Dalším výskytem jsou řeky Xushui a Taibei jakožto horní úseky řeky Hanjiang v provincii Shaanxi (Ding 1994; Ding a Qing, 1994; Yue a Chen, 1998). Historický rozsah tohoto druhu se odhaduje na 5000 km², v současnosti se rozšíření zmenšilo na méně než 100 km². Početnost hlavatky čínské není přesně známá, existuje jen velmi málo údajů o velikosti populace, počet dospělých jedinců je odhadován na 2000 až 2500. Je předpokládán pokles populace tohoto druhu min o 20% v příštích 2 generacích a o 50% v příštích 3 generacích. 1 generace je brána jako období 17 let (Song, 2012). Na níže uvedeném obrázku č. 10 je zobrazena mapa výskytu hlavatky čínské (*Hucho bleekeri*).



Obr. č. 10. Mapa znázorňující výskyt hlavatky čínské (*Hucho bleekeri*). (Song, 2012) *The IUCN Red List of Threatened Species 2012*.

2.3.3.4. Biologie

Hlavatka čínská dosahuje délky okolo 70 cm a hmotnosti 4 kg a je označována za nejmenší hlavatku z rodu *Hucho*. Žije převážně v potocích s písčítým a štěrkopískovým dnem, preferuje užší toky s dostatečným množstvím kyslíku a chladnější vodou v horských oblastech. Hlavatka čínská je dravý druh, mladí jedinci se živí zooplanktonem a vodním hmyzem. Od velikosti 100 mm přecházejí na krmení rybami (Ding a Fang, 1995; Yue a Chen, 1998). Samice pohlavně dospívají ve věku 4 let, samci dospívají dříve, ve věku 2 let (Ding a Fang, 1995; Zhou a Wu, 1987). Odhaduje se, že výtěrové období nastává od poloviny března do dubna. Jedná se o druh vytírající se na písčité až štěrkopískové dno. Teplota vhodná pro výtěr se pohybuje v rozmezí 4 až 9°C. Před třením dochází k tvorbě oválných hnízd. Při výtěru se tvoří páry, vždy jedna samice a jeden samec. Jikry jsou žluté barvy o velikosti přibližně 3,5 až 4,5 mm (Zhou a Wu 1987; Ding a Fang, 1995).

2.3.4. Hlavatka japonská

Hlavatka japonská (*Parahucho perryi*), někdy též známá jako sachalinský taimen, je největší lososovitá ryba v Tichém oceánu (Arai, 2004). Jedná se o druh, který je jako jediný diadromní ze všech hlavatek. Většinu svého života pobývají v ústí řek, nebo v moři u pobřeží, do řek se vracejí z důvodu výtěru nebo přezimování. Hlavatka japonská je zapsána na červené listině jako kriticky ohrožený druh (Rand, 2006; Hanel a Novák, 2007)

2.3.4.1. Taxonomie

Říše – živočichové (*Animalia*)

Kmen – strunatci (*Chordata*)

Třída – paprskoploutví (*Actinopterygii*)

Řád – lososotvární (*Salmoniformes*)

Čeleď – lososovití (*Salmonidae*)

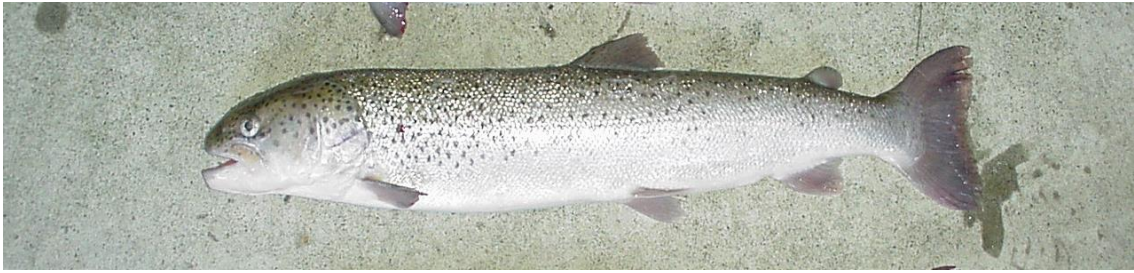
Rod – (*Parahucho*)

(Rand, 2006, Matveev, 2007).

2.3.4.2. Popis a znaky

Hlavatka japonská má o jednu řadu drobných zubů více než hlavatka obecná, místo 2 okrajových řad je zde střední řada navíc, naopak počet obratlů je u hlavatky japonské podstatně menší. Zbarvení je u tohoto druhu podobné jako u hlavatky sibiřské (Holčík a

kol., 1988). Na níže uvedeném obrázku č. 11 je zobrazena hlavotka japonská (*Parahucho perryi*).



Obr. č. 11. Hlavatka japonská (*Parahucho perryi*) (foto: Kouřil).

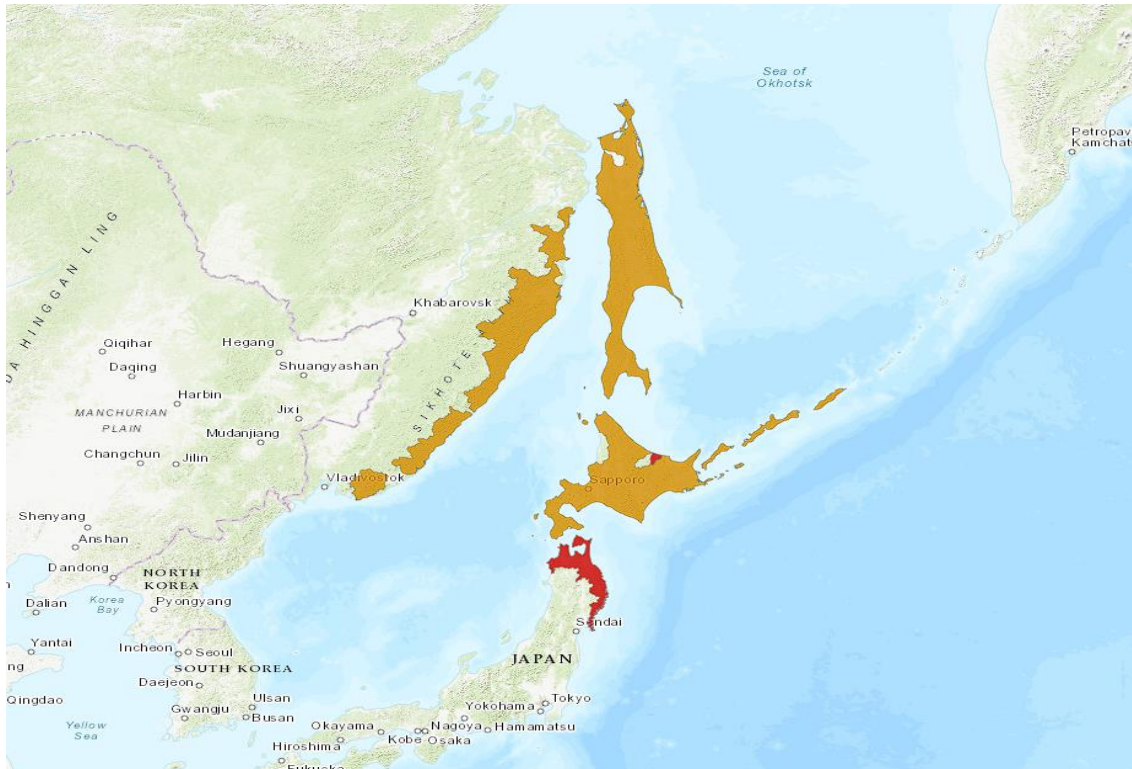
2.3.4.3. Biologie

Hlavatka japonská je největší lososovitou rybou v západním Tichém oceánu, dosahující váhy v rozmezí 25–60 kg. Jedná se o druh, který je schopný žít ve sladké i slané vodě (Arai, 2004). Maximální délka těla je přibližně 1,5 m a maximální věk 30 let (Holčík a kol., 1988). Dříve byla hlavotka japonská považována striktně za sladkovodní druh, který do moře nemigroval, později byl prokázán výskyt i v mořském prostředí (Kawamura a kol., 1983). Mladí jedinci do 2 let žijí ve sladké vodě (Yamashiro, 1965). V prvním a druhém roce upřednostňují bentické bezobratlé organismy, poté postupně přechází na ryby a korýše. Hlavatka japonská je dlouhověký druh s pomalým růstem a pozdějším dozráváním pohlavních orgánů, konkrétně ve věku 6 až 8 let, a maximální plodností ve věku 15 let. Tření probíhá od jara do začátku léta, v závislosti na prostředí, kde se populace nachází. V pobřežních oblastech je to od května do června (Zolotukhin a kol., 2000). Na Sachalinu probíhá výtěr koncem června (Gritsenko a kol., 1974). Na východě ostrova Hokaido probíhá výtěr dříve, od poloviny března do konce dubna (Kimura, 1966).

2.3.4.4. Rozšíření

Hlavatka japonská se přirozeně vyskytuje na východě Ruska v oblasti Primorje, Chabarovska, Sachalinu, Kurilských ostrovů a na japonském ostrově Hokkaido. Hlavatka japonská obývá plochu odhadovanou na základě jednotlivých povodí a 1 km od pobřeží přibližně o celkové velikosti 233 498 km² (Rand, 2006). Hlavatka japonská je velmi vzácný druh, který je vážně ohrožený kvůli nadměrnému rybolovu a ztrátě přirozeného prostředí (Rand, 2006).

Na níže uvedeném obrázku č. 12 je uvedena mapa znázorňující rozšíření hlavátky japonské (*Parahucho perryi*).



Obr. č. 12. Mapa s rozšířením hlavátky japonské (*Parahucho perryi*). (Rand, P.S. 2006 – 2012; *Hucho perryi*. The IUCN Red List of Threatened Species).

2.3.5. Hlavatka korejská

Hlavatka korejská (*Hucho ishikawae*). Jedná se pravděpodobně o nejzáhadnější druh rodu *Hucho* s doposud nepotvrzenou existencí. Tento druh původně popsal japonský přírodovědec Mori v roce 1928. Hlavatka korejská je označována jako endemický druh (Hanel a Novák, 2007, Holčík a kol., 1988). Hlavatka korejská není zavedena do kategorie chráněných druhů z důvodů nedostatečných dat (Rand, 2012).

2.3.5.1. Taxonomie

Říše – živočichové (*Animalia*)

Kmen – strunatci (*Chordata*)

Třída – paprskoploutví (*Actinopterygii*)

Řád – lososotvární (*Salmoniformes*)

Čeleď – lososovití (*Salmonidae*)

Rod – hlavatka (*Hucho*),

(Rand, 2012)

2.3.5.2. Popis a znaky

Vladykov (1963) předpokládal, že korejská hlavatka je shodný druh s hlavatkou japonskou. Hlavatka korejská má zlatohnědý hřbet a na těle se nachází malé černé skvrny (Wang, 2009).

2.3.5.3. Biologie

Pohlavně dospívá v 5 letech. Oplozené jikry jsou světle žluté o průměru okolo 3,7 mm (Wang, 2009). V literatuře lze najít informace o dospívání a velikosti jiker, i když je u druhu nepotvrzena existence.

2.3.5.4. Rozšíření

Hlavatka korejská se v případě existence nejspíše vyskytuje v pohraniční oblasti mezi Severní Koreou a Čínou v řekách Am-nok, Dok-ro, Weon-ju a řece Jang-jin. Informace o rozšíření hlavatky korejské jsou velmi nedostatečné a pravděpodobně popisují historický rozsah (Rand, 2012). Na níže uvedeném obrázku č. 13 je znázorněna mapa s možným výskytem hlavatky korejské (*Hucho ishikawae*).



Obr. č. 13. Mapa znázorňující možný výskyt hlavatky korejské (*Hucho ishikawae*). (Rand, P.S. 2012; *Hucho ishikawae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012).

3. Materiál a metodika

3.1. Lokality

Experiment byl proveden v Jihočeském kraji na dvou lokalitách. Prvním místem, kde experiment proběhl, byl recirkulační systém v areálu experimentálního pracoviště a pokusnictví (EERP) Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického (VÚHR) Jihočeské univerzity (JÚ). Druhým místem experimentu byla rybí líheň Mydlovary, ležící nedaleko Českých Budějovic. Na níže uvedených obrázcích č. 14 a 15 jsou zobrazeny pracoviště VÚHR a Mydlovary.



Obr. č. 14. Recirkulační systém experimentálního pracoviště (VÚHR) (foto: Kareš).

Obr. č. 15. Vpravo rybí líheň Mydlovary (foto: Kareš).

3.2. Materiál

3.2.1. Charakteristika experimentálních ryb

Sledování nástupu jednotlivých fází anestezie a jejího odeznění bylo provedeno na hlavatce obecné (*Hucho hucho*). Hlavatky byly dovezeny ze Slovenska, z rybí líhně v Martině, o průměrné délce 7 cm a váze 6 g. Nasazeny byly do zmíněného recirkulačního systému ve Vodňanech a část obsádky (200 ks) byla převezena na líheň do Mydlovar. Váha sledovaných hlavatek se v průběhu experimentu pohybovala v rozmezí 4 až 353 g. Celkový počet experimentálních ryb byl 430 kusů. Na obrázcích č. 16-18 jsou zobrazeny hlavatky obecné (*Hucho hucho*).



Obr. č. 16. Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) o délce 9,8 cm a váze 4,83 g (foto: Kareš).



Obr. č. 17. Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) o délce 24,5 cm a váze 123 g (foto: Kareš).



Obr. č. 18. Hlavatka obecná (*Hucho hucho*) o délce 36,5 cm a váze 470 g (foto: Kareš).

3.2.2. Sledované skupiny ryb

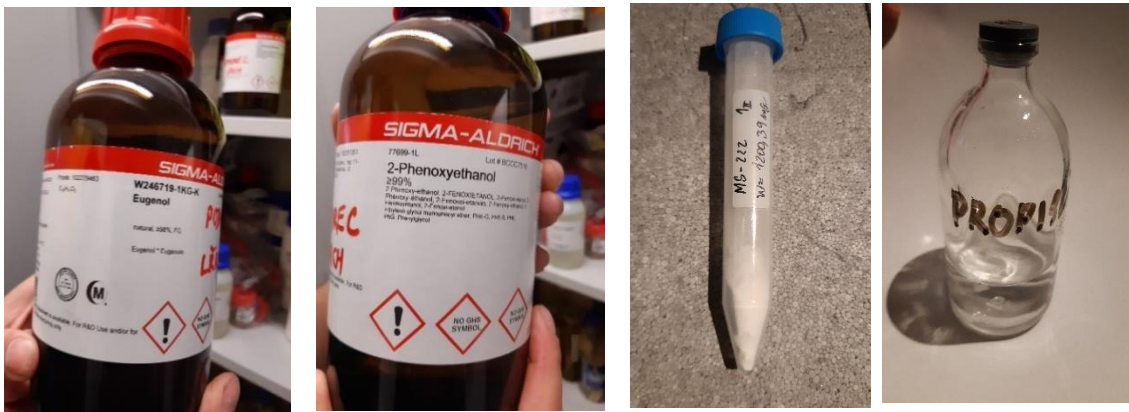
Sledované skupiny se v průběhu experimentu měnily v závislosti na období a místě experimentu. Sledování skupin proběhlo při 5 teplotách (5°C, 7,5°C, 10°C, 12,5°C, 15°C). Celkový počet skupin byl 43. Při každé koncentraci a teplotě byla vždy sledována skupina o 10 jedincích. Délka pobytu v anestetické koupeli byla pro každou rybu vždy 10 minut. V tabulce č. 6 jsou zobrazeny data kdy a kde proběhl experiment, při jaké teplotě s průměrnou hmotností a průměrnou celkovou délkou experimentálních ryb.

Tabulka 6. Průměrné váhy a délky hlavatek při provádění anestezie v lokalitách Vodňany a Mydlovary.

Datum	Průměrná hmotnost (g)	Průměrná délka (mm)	Lokalita	Teplota
19.12.2020	6,31	77,9	Mydlovary	7,5°C
23.12.2020	6,395	78,5	Mydlovary	5°C
10.03.2021	17,352	125	Vodňany	10°C
22.02.2021	21,975	137,2	Vodňany	12,5°C
03.06.2021	30,342	154,4	Vodňany	15°C
05.05.2021	9,71	87,9	Mydlovary	10°C
22.10.2021	4,074	61,4	Vodňany	10°C
22.10.2021	147,47	260,6	Vodňany	10°C
22.10.2021	353,35	348,1	Vodňany	10°C

3.2.3. Sledovaná anestetika a příprava anestetických koupelí

Sledování nástupu jednotlivých fází bylo posuzováno u 4 anestetik (Eugenol, MS-222, 2-fenoxyethanol, Propiscin) při 5 různých koncentracích. U Eugenolu byl sledován i vliv rozdílných teplot (5°C, 7,5°C, 10°C, 12,5°C, 15°C) a vliv jedné koncentrace 0,03 ml.l⁻¹ na 3 velikostní skupiny při teplotě 10°C na jednotlivé fáze. Anestetika (MS-222, 2-fenoxyethanol, Propiscin) byla sledována při jedné teplotě 10°C. Na níže uvedených obrázcích č. 19-22 jsou zobrazena použitá anestetika.



Obr. č. 19-22. Fotografie anestetik (foto: Kareš).

3.2.3.1. Eugenol

Použitý preparát Eugenol je čistá olejovitá kapalina o koncentraci $\geq 98\%$, Molekulární vzorec C₁₀H₁₂O₂, značka Sigma – Aldrich, Číslo produktu: W246719. Eugenol byl rozpuštěn pro potřebu anestetických koupelí v pěti koncentracích (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹) a pěti rozdílných teplotách (5°C, 7,5°C, 10°C, 12,5°C, 15°C). Sledování proběhlo na 28 skupinách různě velkých hlavatek obecných. V tabulce 7 nalezneme teploty, koncentrace, průměrné váhy a délky ryb v průběhu experimentu u anestetika Eugenol.

Tabulka 7. Použité dávky eugenolu při 5 teplotách, průměrná váha a celková délka sledovaných ryb.

Eugenol							
Teplota	Koncentrace ml.l ⁻¹					Průměrná váha (g)	Průměrná celk. délka (mm)
5 °C	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	6,395	78,5
7,5 °C	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	6,31	77,9
10 °C	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	17,352	125
12,5 °C	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	21,975	137,2
15 °C	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	30,342	154,4
10 °C	X	X	0,03	X	X	4,074	61,4
10 °C	X	X	0,03	X	X	147,47	260,6
10 °C	X	X	0,03	X	X	353,35	348,1

3.2.3.2. MS-222

MSS-222 (tricaine-s) čistý bílý krystalický prášek 100%. Molekulární vzorec $C_{10}H_{15}NO_5S$. Výrobce Syndel, WA, USA. MS-222 bylo rozpuštěno v 30 litrech vody při pěti koncentracích (60 mg.l^{-1} , 80 mg.l^{-1} , 100 mg.l^{-1} , 120 mg.l^{-1} , 140 mg.l^{-1}). Sledování nástupu jednotlivých fází a odeznění probíhalo při teplotě 10°C . Sledovaná skupina dosahovala průměrné váhy $17,35 \text{ g}$ a celkové délky 125 mm .

3.2.3.3. 2-fenoxyethanol

Organická bezbarvá kapalina olejovitého charakteru. Molekulární vzorec $C_6H_5OCH_2CH_2OH$. Použitý 2-fenoxyethanol byl o koncentraci $\geq 99\%$, značka Sigma-Aldrich, číslo produktu 77699. 2-fenoxyethanol byl rozpuštěn ve 30 litrech vody, v 5 koncentracích ($0,40 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,45 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,50 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,55 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,60 \text{ ml.l}^{-1}$). Sledování nástupu jednotlivých fází a odeznění probíhalo při teplotě 10°C . Sledovaná skupina dosahovala průměrné váhy $17,35 \text{ g}$ a celkové délky 125 mm .

3.2.3.4. Propiscin

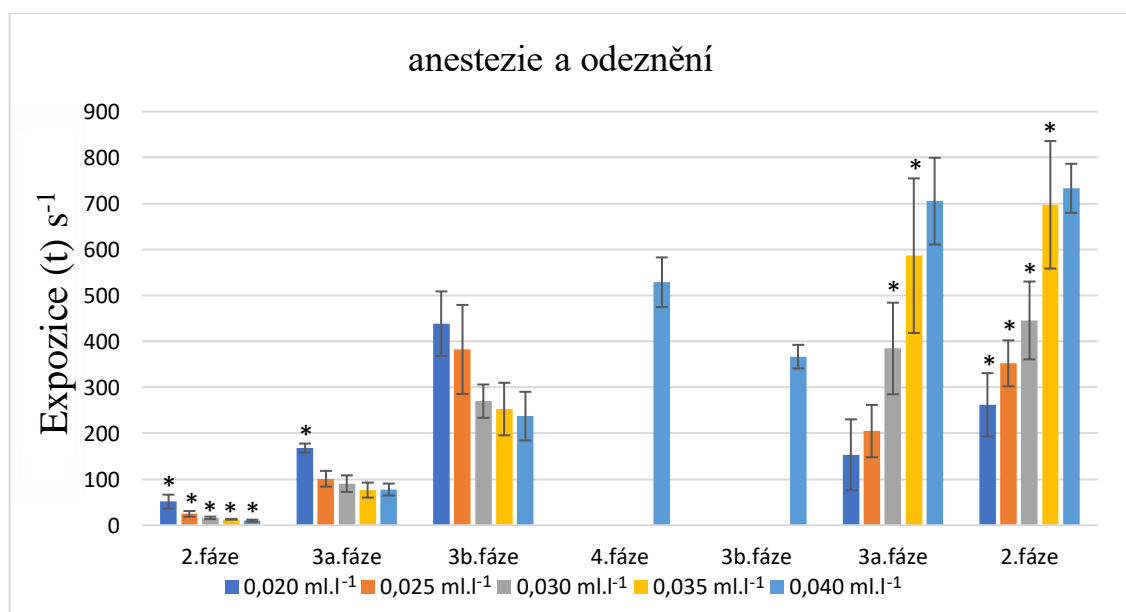
Bezbarvá kapalina, 0,2% roztok etomidátu. Molekulární vzorec etomidátu $C_{14}H_{16}N_2O_2$. Výrobce Inland Fisheries Institute, Zabieniec, Polsko. Propiscin byl rozpuštěn ve 30 litrech vody, v 5 koncentracích ($0,5 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,75 \text{ ml.l}^{-1}$, 1 ml.l^{-1} , $1,25 \text{ ml.l}^{-1}$, $1,5 \text{ ml.l}^{-1}$). Sledování nástupu jednotlivých fází a odeznění probíhalo při teplotě 10°C . Sledovaná skupina dosahovala průměrné váhy $9,71 \text{ g}$ a celkové délky $87,91 \text{ mm}$.

4. Výsledky

V této kapitole jsou uvedeny průměrné časy nástupu jednotlivých fází anestezie a odeznění Eugenolu při 5 různých teplotách (5°C , $7,5^\circ\text{C}$, 10°C , $12,5^\circ\text{C}$, 15°C) a 5 různých koncentracích ($0,02 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,025 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,03 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,035 \text{ ml.l}^{-1}$, $0,04 \text{ ml.l}^{-1}$). MS-222 při teplotě 10°C a 5 koncentracích. 2-fenoxyethanolu při teplotě 10°C a 5 koncentracích. Propiscinu při teplotě 10°C a 5 koncentracích. Výsledky dále zahrnují vliv Eugenolu na 3 velikostní kategorie ryb při teplotě 10°C a jedné koncentraci $0,03 \text{ ml.l}^{-1}$. Pro statistické vyhodnocení byla využita ANOVA. Pro post hodnocení statistické významnosti byl využit Fisherův test. Veškeré výsledky jsou znázorněny v grafech.

4.1.1. Anestezie a odeznění při 5°C

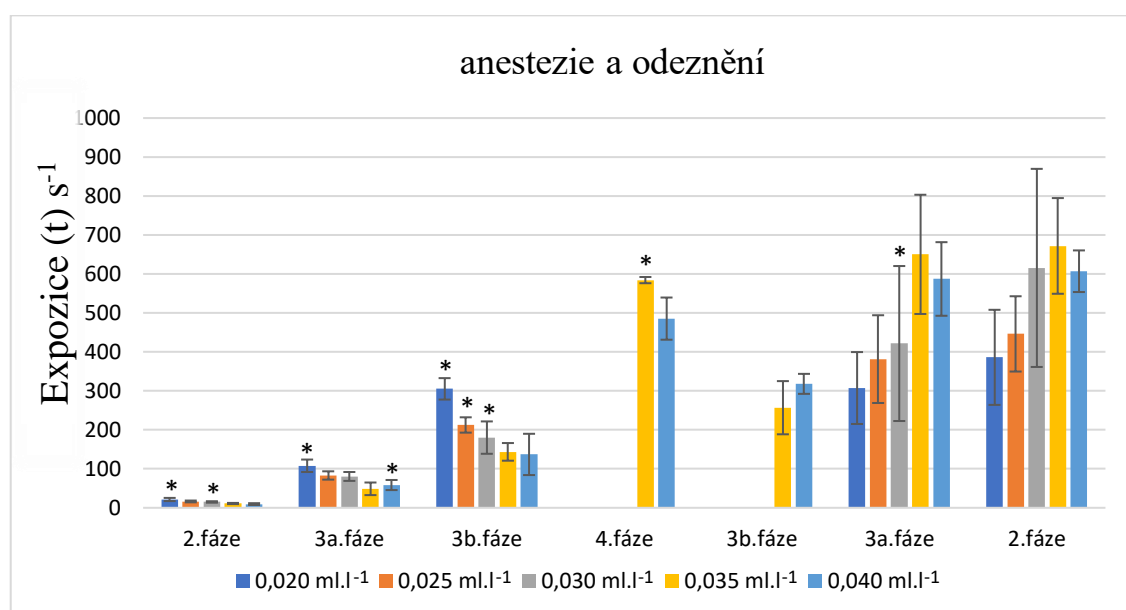
Graf. č. 1 znázorňuje průměrné hodnoty 4 fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a 3 fází odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 5°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 6,39 g na 5 rozdílných koncentracích Eugenolu (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹). 2. fáze při nejnižší koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ dosahovala nejvyšší průměrné hodnoty 51,5 s. V případě nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ byla průměrná hodnota 2. fáze nejnižší 9,8 s. 3a fáze dosahovala při nejnižší koncentraci průměrné hodnoty 168 s. Koncentrace 0,025 ml.l⁻¹ vykazovala výrazně nižší průměrný čas 2. fáze 101,1 s. Časy nástupu při koncentracích (0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹) dosahovaly podobných úrovní (90,5 s, 76,4 s, 77,7 s). U nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ se 3b fáze projevila pouze u 70% ryb po 10 minutách, čas při této koncentraci byl 438,4 s. Rychlejší nástup 3b fáze byl při koncentraci 0,030 ml.l⁻¹, průměrná hodnota 3b fáze při této koncentraci dosahovala hodnoty 270,2 s. Nejnižší průměrná hodnota 3b fáze (237,4 s) byla sledována u koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. 4. fáze se po 10 minutách neprojevila u žádné z ryb u koncentrací (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹). 3b fázi u odeznění lze sledovat pouze u nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. 3a fáze odeznění při koncentraci 0,020 ml.l⁻¹ byla sledována u 70% ryb s nejnižší průměrnou hodnotou 153,3 s. 2. fáze odeznění vykazovala nejvyšší průměrnou hodnotu u nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹.



Graf č. 1. Průměrné hodnoty nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 5°C u 5 koncentrací Eugenolu (v rozpětí 0,020-0,040 ml.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 6,39 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.1.2. Anestezie a odeznění při 7,5°C

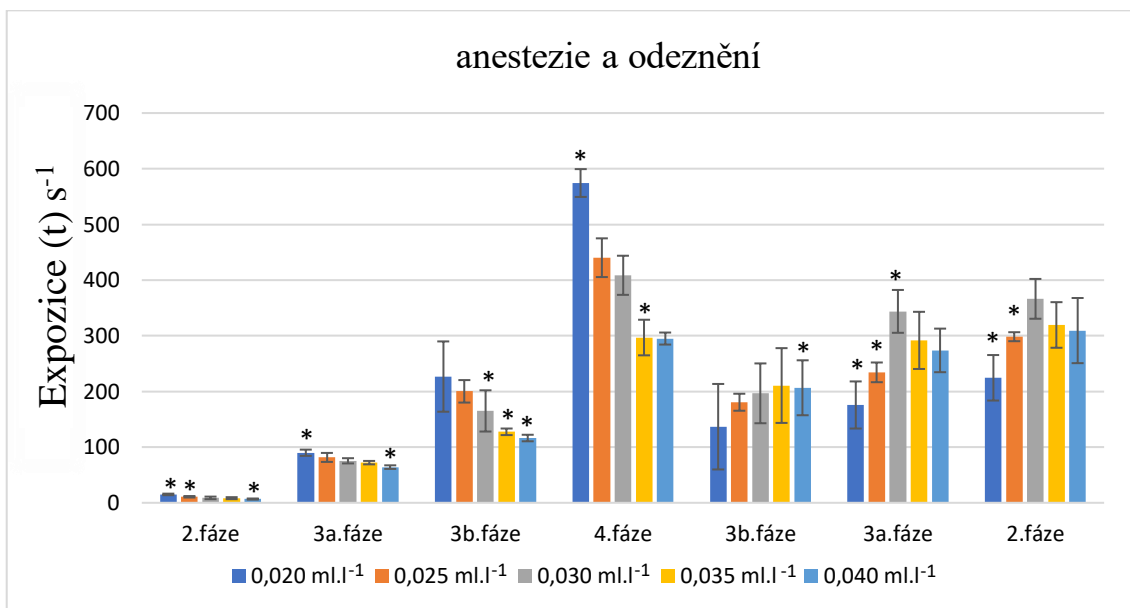
V grafu č. 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty čtyř fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a tři fáze odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 7,5°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 6,31 g na 5 rozdílných koncentracích Eugenolu (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹). Nejvyšší průměrná hodnota 2. fáze (21,3 s) byla zaznamenána u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹. Výraznější rozdíl v 2. fázi lze pozorovat u koncentrací 0,035 ml.l⁻¹ a 0,04 ml.l⁻¹, kdy průměrných hodnot dosahovaly 11 s a 9,5 s. První zaznamenání 3a fáze lze pozorovat po 58,4 s u koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,30 ml.l⁻¹, 0,35 ml.l⁻¹ dosahovaly průměrných hodnot (107,8 s, 82,9 s, 80,4 s, 59,1 s) pro 3a fázi. Čas nástupu 3b fáze byl výrazně vyšší (305,2 s) u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹, při nejvyšší koncentraci 0,04 ml.l⁻¹ dosahovala průměrná hodnota 3b fáze 136,9 s. 4. fáze u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,030 ml.l⁻¹, nebyla po 10 minutách zaznamenána. Při koncentraci 0,035 ml.l⁻¹ byla zaznamenána 4. fáze u 50% ryb s průměrnou hodnotou 584,2 s, nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ vykazovala průměrnou hodnotu 4. fáze 485,4 s. 3b fáze odeznění byla v případě koncentrace 0,035 ml.l⁻¹ pozorována u 50% ryb s průměrnou hodnotou 256,8 s, koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ dosáhla u 3b fáze odeznění průměrné hodnoty 318 s. Nejnižší průměrná hodnota (307,3 s) u 3a fáze odeznění byla zaznamenána u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹. 2. fáze vykazovala nejnižší hodnotu 386 s u koncentrace 0,02 ml.l⁻¹.



Graf č. 2. Průměrné hodnoty nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 7,5°C u 5 koncentrací Eugenolu (v rozpětí 0,020-0,040 ml.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 6,31 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.1.3. Anestezie a odeznění při 10°C

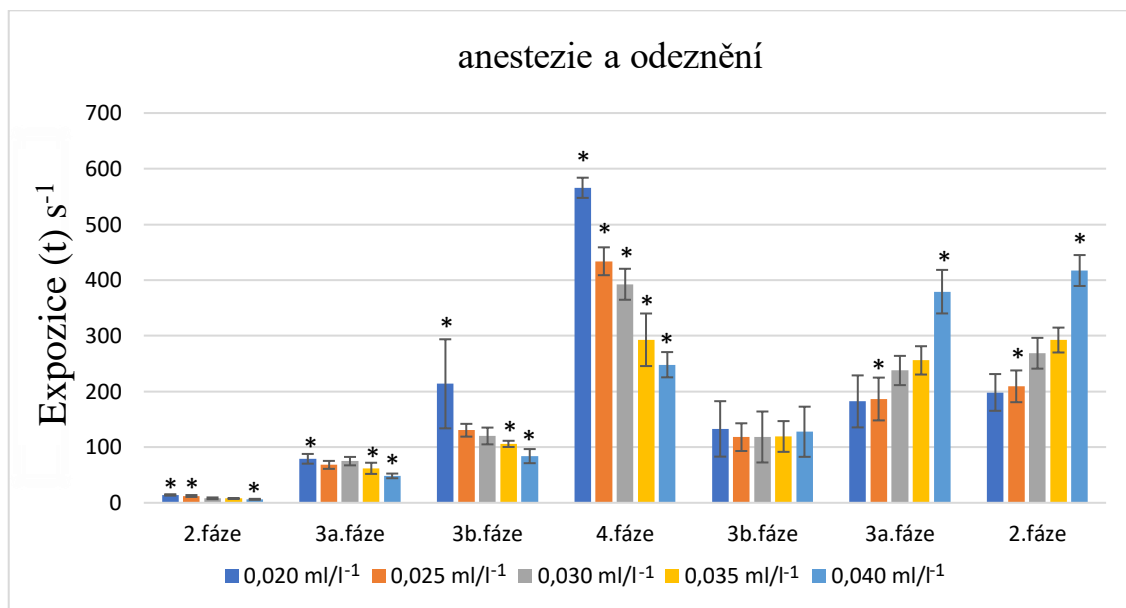
V grafu č. 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty 4 fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a 3 fází odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 10°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 17,4 g na 5 rozdílných koncentrací Eugenolu (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹). Nejvyšší průměrná délka času nástupu 2. fáze byla dosažena u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ (15 s). Nejnižší hodnotu u 2. fáze (6,7 s) dosahovala koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. 3a fáze dosahovala u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹ průměrných hodnot 89,9 s, 81,5 s, 75,4 s, 72,1 s, 64,1 s. 3b fáze dosahovala nejnižší průměrné hodnoty 116,3 s u nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ a 0,025 ml.l⁻¹ dosáhly 3b fáze po 226,7 s a 200,2 s bez významného rozdílu. 4. fáze se projevila u všech koncentrací, u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ dosáhlo 4. fáze 60% ryb po 10 minutách s průměrnou hodnotou 571,7 s. 4. fáze u koncentrací 0,035 ml.l⁻¹ a 0,04 ml.l⁻¹ dosahovala téměř stejných průměrných hodnot 296,8 s a 295 s. 3b fázi odeznění bylo možné sledovat při koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ pouze u 60% ryb s nejnižší průměrnou hodnotou 136,7 s, nejvyšší hodnota odeznění u 3b fáze se projevila u koncentrace 0,035 ml.l⁻¹ (210 s). Nejvyšší průměrná hodnota u 3a fáze odeznění byla při koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ (343,8 s), nejnižší při koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ (175,7 s). 2. fáze odeznění byla jako u předchozí fáze nejvyšší u koncentrace 0,03 ml.l⁻¹ (366,3 s).



Graf č. 3. Průměrné hodnoty nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10°C u 5 koncentrací Eugenolu (v rozpětí 0,020-0,040 ml.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 17,35 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.1.4. Anestezie a odeznění při 12,5°C

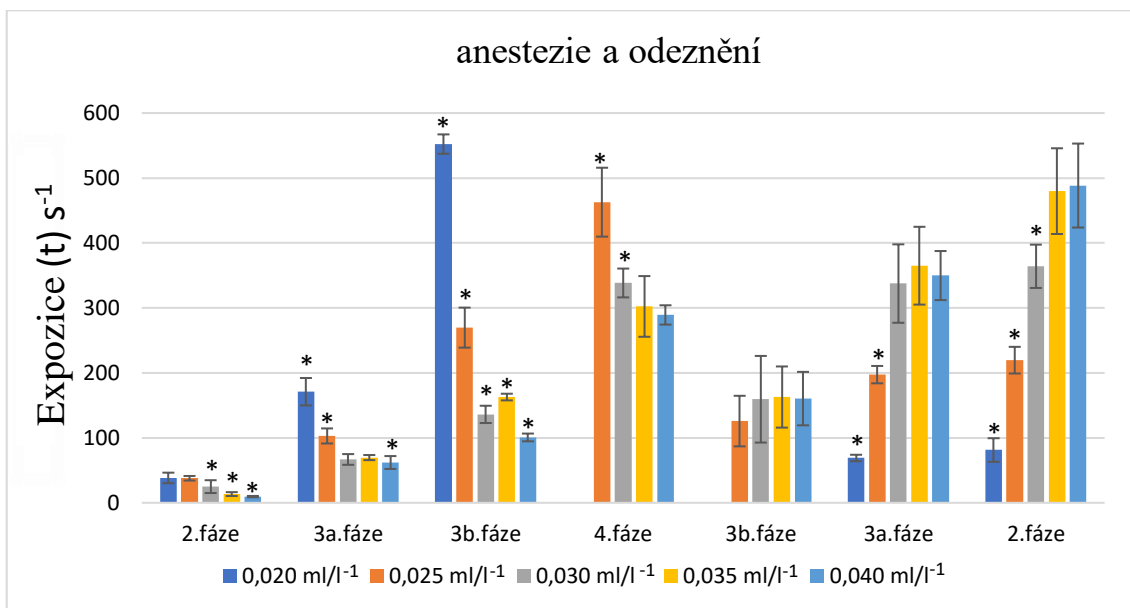
V grafu č. 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty 4 fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a 3 fází odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 12,5°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 21,97 g na 5 rozdílných koncentrací Eugenolu (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹). Nejvyšší průměrnou hodnotu 2. fáze vykazovala nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ (14,1 s), nejnižší hodnotu (6,2 s) koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. Průměrné časy 3a fáze u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹, dosahovaly časy nástupu 79 s, 68,1 s, 74,8 s, 61,9 s, 48,3 s. 3b fáze vykazovala nejvyšší průměrný čas 213,7 s u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹. Nejnižší hodnotu 83,8 s 3b fáze dosahovala koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. 4. fáze se projevila u všech koncentrací, při nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ dosáhlo 4. fáze po 10 minutách 90% ryb s průměrným časem nástupu 565,8 s. Nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ dosáhla 4. fáze v průměrném čase 248 s. 3b fáze odeznění byla nejnižší u koncentrace 0,025 ml.l⁻¹ 117,9 s. Nejvyšší průměrnou hodnotu 132,7 s u 3b fáze odeznění dosahovala koncentrace 0,02. 3a fáze odeznění vykazovala nejvyšší průměrnou hodnotu 379,2 s u nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, dosáhly 3a fázi odeznění v průměrných časech 182,1 s, 186,4 s, 237,6 s, 255,8 s. 2. fáze odeznění vykazovala nejnižší průměrnou hodnotu 198,2 s u nejnižší průměrné koncentrace 0,02 ml.l⁻¹.



Graf č. 4. Průměrné časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 12,5°C u 5 koncentrací Eugenolu (v rozpětí 0,020-0,040 ml.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 21,98 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.1.5. Anestezie a odeznění při 15°C

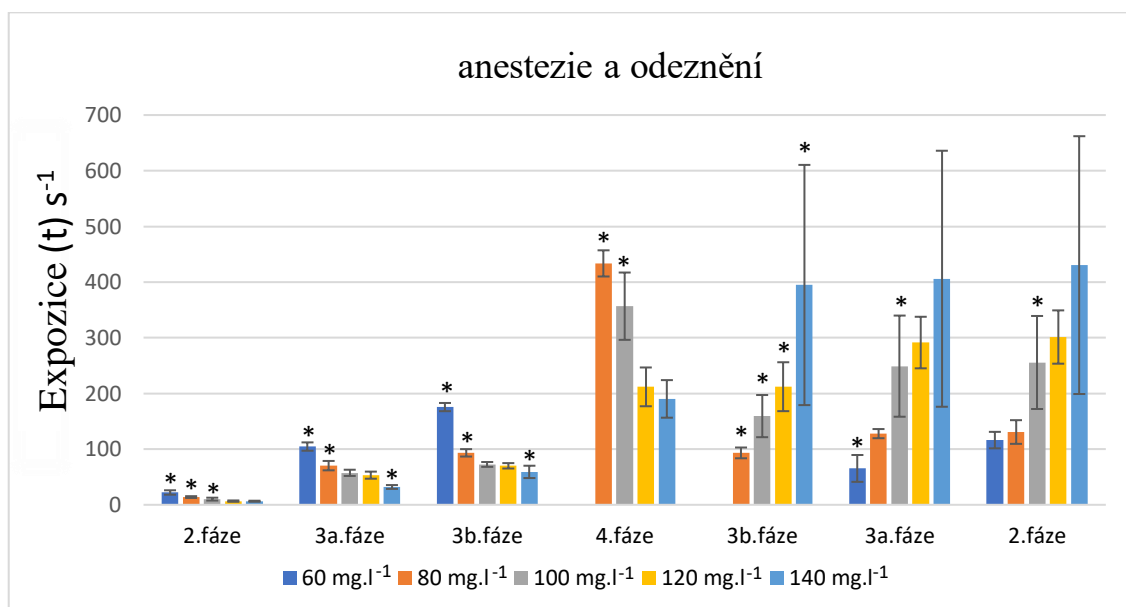
V grafu č. 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty 4 fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a 3 fází odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 15°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 30,34 g na 5 rozdílných koncentrací Eugenolu (0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹). 2. fáze u koncentrací 0,020 ml.l⁻¹ a 0,025 ml.l⁻¹ dosahovala průměrných časů 38,3 s a 37,8 s. Nejnižší hodnotu vykazovala koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ (9,5 s). Nejvyšší průměrnou hodnotu 3a fáze dosahovala nejnižší koncentrace 0,020 ml.l⁻¹ (171 s), u nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ se 3a fáze projevila po 62 sekundách. 3b fázi lze u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ pozorovat pouze u 40% ryb s průměrnou hodnotou nástupu 552,3 s. Nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ vykazovala průměrnou hodnotu nástupu 3b fáze (100,6 s). 4. fázi nelze pozorovat při nejnižší koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ u žádné z ryb. Nejvyšší hodnotu 462,8 s dosahovala 4. fáze při koncentraci 0,025 ml.l⁻¹. Nejnižší průměrná hodnota 289,2 s byla u 4. fáze při nejvyšší koncentraci 0,04 ml.l⁻¹. 3b fáze odeznění vykazovala nejnižší průměrnou hodnotu 125,8 s u koncentrace 0,025 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,040 ml.l⁻¹ dosahovaly podobných průměrných hodnot (159,4 s, 162,8 s, 160,4 s). 3a fáze odeznění bylo možné sledovat u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ pouze u 40% ryb s průměrnou hodnotou nástupu 69 s. Nejpozději se do 3a fáze dostaly ryby u koncentrace 0,035 ml.l⁻¹ (365 s). 2. fáze byla s velkým rozdílem nejnižší u koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ (81,25 s).



Graf č. 5. Průměrné hodnoty nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 15°C u 5 koncentrací Eugenolu (v rozpětí 0,020-0,040 ml.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 30,34 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.2. Anestezie a odeznění-MS-222

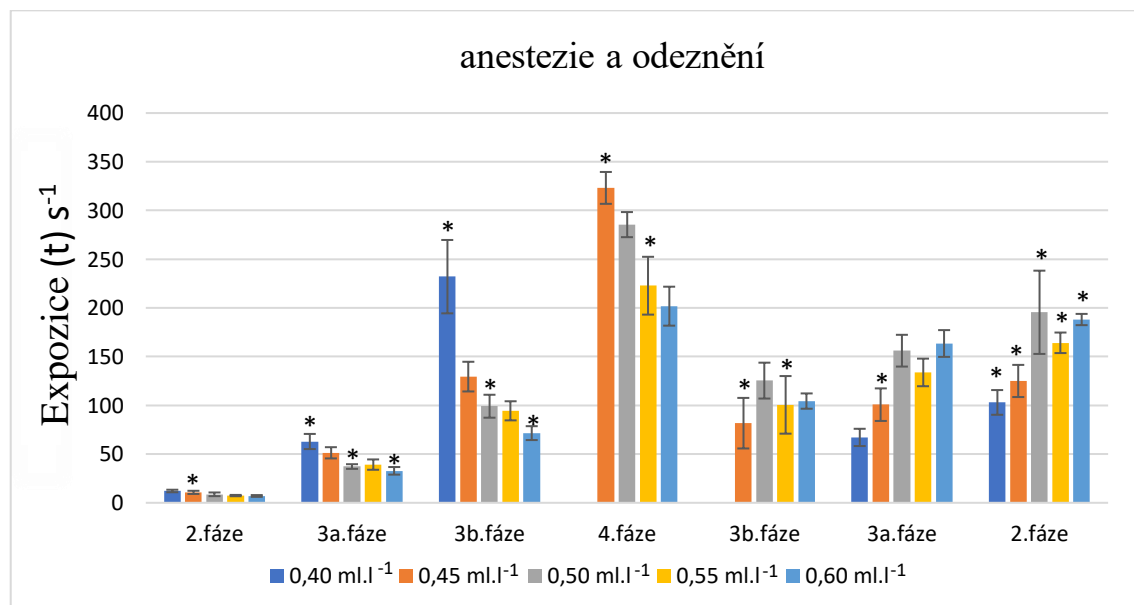
V grafu č. 6 jsou uvedeny průměrné hodnoty 4 fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a 3 fází odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 10°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 17,35 g na 5 rozdílných koncentrací MS-222 (60 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 140 mg.l⁻¹). 2. fáze se při vyšších koncentracích 100 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 140 mg.l⁻¹ projevila bez větších časových rozdílů 10,2 s, 6,6 s, 6,4 s. Nejvyšší průměrnou hodnotu 2. fáze dosahovala koncentrace 60 mg.l⁻¹ (22,1 s). 3a fáze dosahovala nejnižší průměrné hodnoty 32 s u nejvyšší koncentrace 140 mg.l⁻¹, nejvyšší hodnotu 3a fáze dosahovala nejnižší koncentrace 60 mg.l⁻¹ (104,6 s). 3b fáze se projevila u koncentrací 60 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 140 mg.l⁻¹ v průměrných časech 175,5 s, 93,3 s, 72,5 s, 70 s, 211,2 s. 4. fázi lze pozorovat pouze u koncentrací od 80 mg.l⁻¹ (433,6 s) do 140 mg.l⁻¹ (190,2 s) u koncentrace 60 mg.l⁻¹ se 4. fáze neprojevila po 10minutové expozici. 3b fáze odeznění dosahovala nejnižší průměrnou hodnotu u koncentrace 80 mg.l⁻¹ (93,3 s). Nejdéle se ryby dostávaly do 3b fáze odeznění u koncentrace 140 mg.l⁻¹ (394,75 s), u 20% ryb došlo k mortalitě při přechodu z 4. fáze do 3b fáze odeznění. 3b fáze odeznění dosahovala nejnižší průměrné hodnoty 65,3 s u nejnižší koncentrace 60 mg.l⁻¹. 3a fáze odeznění dosahovala nejnižší průměrné hodnoty 65,3 s u nejnižší koncentrace 60 mg.l⁻¹, nejvyšší hodnoty dosahovala nejvyšší koncentrace 140 mg.l⁻¹ (406 s). 2. fáze byla opětovně nejvyšší u nejvyšší koncentrace 140 mg.l⁻¹ (430 s).



Graf č. 6. Průměrné časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10°C u 5 koncentrací MS-222 (v rozpětí 60-140 mg.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 17,35 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.3. Anestezie a odeznění-2-fenoxyethanol

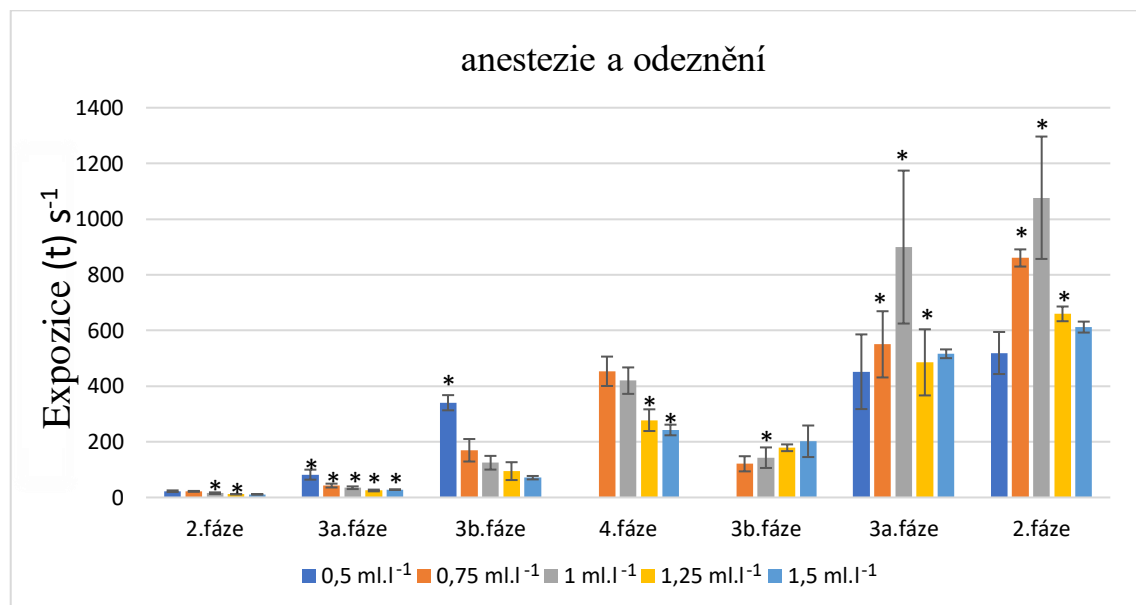
V grafu č. 7 jsou uvedeny průměrné hodnoty čtyř fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a tři fází odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 10°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 17,35 g na 5 rozdílných koncentrací 2-fenoxyethanolu (0,40 ml.l⁻¹, 0,45 ml.l⁻¹, 0,50 ml.l⁻¹, 0,55 ml.l⁻¹, 0,60 ml.l⁻¹). 2. fáze vykazovala nejvyšší průměrnou hodnotu 12,1 s u koncentrace 0,4 ml.l⁻¹. Nejvyšší koncentrace 0,6 ml.l⁻¹ dosáhla 2. fáze po 7 sekundách. 3a fáze dosahovala u koncentrací 0,40 ml.l⁻¹, 0,45 ml.l⁻¹, 0,50 ml.l⁻¹, 0,55 ml.l⁻¹, 0,60 ml.l⁻¹ průměrných hodnot 62,9 s, 51,3 s, 37,2 s, 39,2 s a nejnižší hodnota 32,8 s u nejvyšší koncentrace 0,06 ml.l⁻¹. 3b fáze vykazovala ztelně nejvyšší průměrnou hodnotu 232,1 s u nejnižší koncentrace 0,4 ml.l⁻¹. Nejnižší průměrnou hodnotu 71,5 s vykazovala nejvyšší koncentrace 0,6 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,5 ml.l⁻¹ a 0,55 ml.l⁻¹ dosahovaly podobných průměrných hodnot (99,1 s, 94,4 s). 4. fáze se neprojevila u žádné z ryb po 10minutové expozici při nejnižší koncentraci 0,4 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,45 ml.l⁻¹ dosáhla 4. fáze po 323,2 sekundách. Nejnižší průměrnou hodnotu 4. fáze lze pozorovat u koncentrace 0,6 ml.l⁻¹. 3b fáze odeznění se projevila po 81,7 s u koncentrace 0,45 ml.l⁻¹. Naopak nejvyšší průměrné hodnoty 125,4 s vykazovala koncentrace 0,5 ml.l⁻¹. 3a fáze odeznění dosahovala nejnižší průměrné hodnoty u koncentrace 0,4 ml.l⁻¹. Nejvyšší průměrná hodnota (188,1 s) se projevila u nejvyšší koncentrace 0,6 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,5 ml.l⁻¹ dosáhla nejvyšší průměrné hodnoty 195,5 s u 2. fáze odeznění.



Graf č. 7. Průměrné časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10°C u 5 koncentrací 2-fenoxyethanolu (v rozpětí 0,40-60 ml.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 17,35 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.4. Anestezie a odeznění-Propiscin

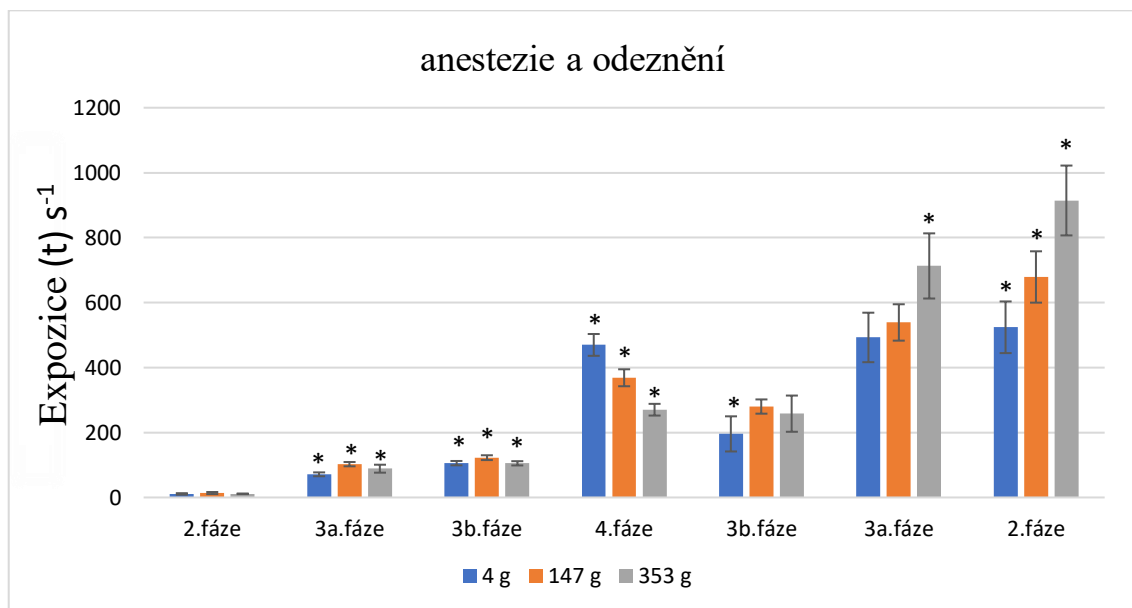
V grafu č. 8 jsou uvedeny průměrné hodnoty čtyř fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a tři fáze odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 10°C na hlavatkách o průměrné hmotnosti 9,71 g na 5 rozdílných koncentrací Propiscinu (0,40 ml.l⁻¹, 0,45 ml.l⁻¹, 0,50 ml.l⁻¹, 0,55 ml.l⁻¹, 0,60 ml.l⁻¹). 2. fáze vykazovala u koncentrací 0,5 ml.l⁻¹ a 0,75 ml.l⁻¹ téměř shodné průměrné hodnoty 22,4 s a 21,9 s. Nejnižší hodnotu 11,2 s. Průměrná hodnota 3a fáze byla nejnižší u koncentrace 1,25 ml.l⁻¹. Nejvyšší průměrná hodnota (81,9 s) 3a fáze byla zaznamenána u nejnižší koncentrace 0,5 ml.l⁻¹. 3b fáze vykazovala průměrné hodnoty (340,3 s, 169,5 s, 124,7 s, 94,6 s, 71 s) u koncentrací 0,40 ml.l⁻¹, 0,45 ml.l⁻¹, 0,50 ml.l⁻¹, 0,55 ml.l⁻¹, 0,60 ml.l⁻¹. 4. fáze se při nejnižší koncentraci 0,5 ml.l⁻¹ neprojevila po 10minutové expozici. Nejvyšší koncentrace 1,5 ml.l⁻¹ dosáhla 4. fáze po průměrném čase 242,4 s. Nejvyšší průměrná hodnota 4. fáze (453,2 s) byla sledována u koncentrace 0,75 ml.l⁻¹. 3b fáze odeznění dosahovala nejnižší průměrné hodnoty 120,9 s u koncentrace 0,75 ml.l⁻¹. Nejvyšší průměrná hodnota (201,8 s) 3b fáze odeznění se projevila u nejvyšší koncentrace 1,5 ml.l⁻¹. 3a fáze odeznění vykazovala nejvyšší průměrnou hodnotou 899,4 s u koncentrace 1 ml.l⁻¹. Nejnižší průměrnou hodnotu (451,6 s) 3a fáze odeznění dosahovala koncentrace 0,5 ml.l⁻¹. Koncentrace 0,75 ml.l⁻¹, 1,25 ml.l⁻¹ a 1,5 ml.l⁻¹ vykazovaly průměrné hodnoty 550 s, 899,4 s, 485,3 s, 516,1 s. 2. fáze odeznění se nejpozději projevila za 1076,7 s u střední koncentrace 1 ml.l⁻¹.



Graf č. 8. Průměrné časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10°C u 5 koncentrací Propiscinu (v rozpětí 0,5-1,5 ml.l⁻¹ u hlavatek obecných (n=10) o průměrné hmotnosti 9,71 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05*.

4.5. Anestezie a odeznění u rozdílných velikostí ryb

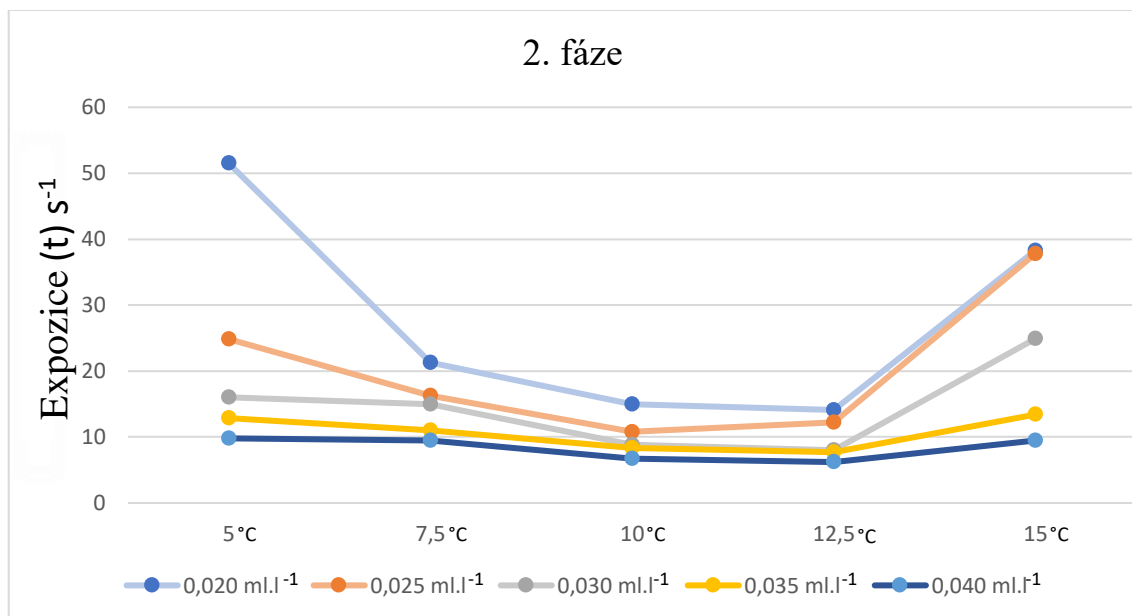
V grafu č. 9 jsou uvedeny průměrné hodnoty 4 fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a 3 fází odeznění (3b, 3a, 2). Sledování proběhlo při teplotě 10°C na 3 velikostních kategoriích hlavatek o průměrné hmotnosti 4 g, 147 g, 353 g, na koncentraci Eugenolu 0,03 ml.l⁻¹. 2. fáze anestezie vykazovala nejnižší průměrnou hodnotu 10,8 s u nejmenších 4g ryb, nejvyšší průměrnou hodnotu 13,5 s 2. fáze dosahovala skupina ryb o průměrné hmotnosti 147 g. 3a fáze se nejdříve projevila u nejlehčích 4g ryb po 71,2 s, nejpozději nastala 3a fáze u 147g ryb po 102,5 s. V případě 3b fáze byly výsledné průměrné hodnoty podobné (105,6 s, 122,5 s 105,1 s), (4 g, 147 g, 353 g). Hlavytky o hmotnosti 147 g vykazovaly nejvyšší průměrnou hodnotu nástupu 3b fáze (122,5 s). 4. fáze se nastala u všech velikostních skupin. Nejdříve se 4. fáze projevila u 353 g hlavatek za 270,2 s. Největší průměrnou hodnotu 469,7 s 4. fáze dosahovala nejmenší 4g skupina ryb. 3b fáze odeznění vykazovala nejnižší průměrnou hodnotu 195,7 s u 4g ryb. Velikostní kategorie 147 g a 353 g dosahovaly průměrných hodnot nástupu 3b fáze odeznění 279,9 s a 258 s. 3a fáze byla skokově nejvyšší u velikosti 353 g, ryby zde dosáhly 3a fáze za 712,9 s. Velikostní kategorie 4 g a 147 g vykazovaly průměrné hodnoty nástupu 3a fáze odeznění 492,7 s a 538,8 s. Průměrné hodnoty 2. fáze odeznění opakovaly stejný trend jako u předchozí fáze. Nejnižší hodnota 2. fáze odeznění byla sledována u 4g hlavatek (524 s). Nejvyšší hodnota u průměrné hmotnosti 353 g (914,4 s).



Graf č. 9. Průměrné časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění při teplotě 10°C a koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ Eugenolu u tří hmotnostních kategorií hlavatek obecných (n=10), o průměrné hmotnosti 4, 147 a 353 g). Statisticky významné rozdíly p<0,05.

4.6.1. Anestezie – 2. fáze

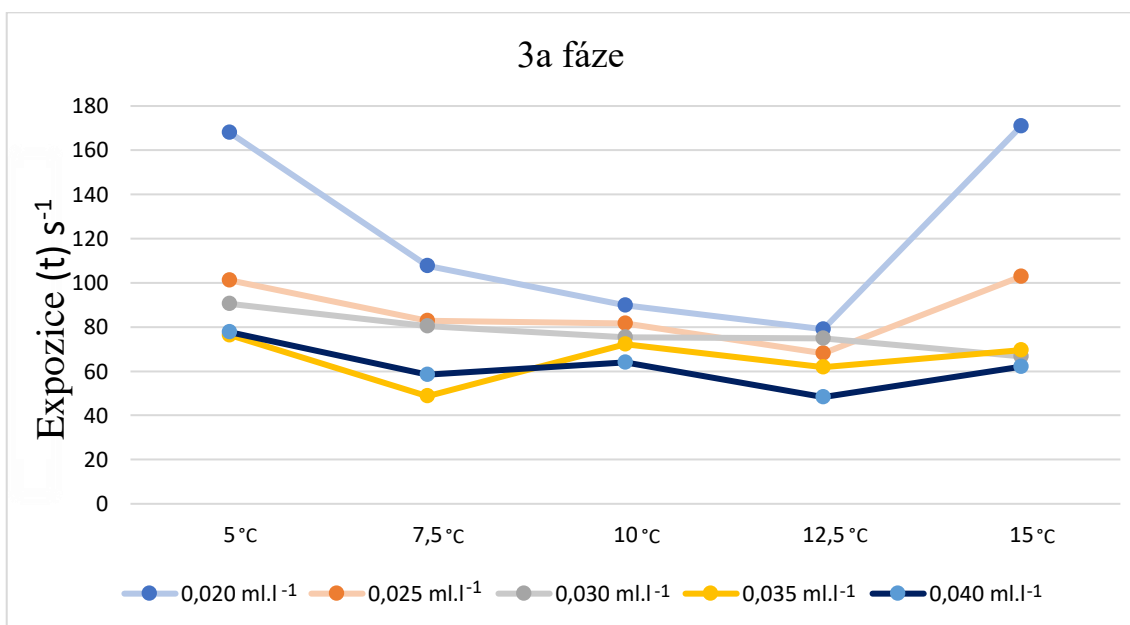
V grafu č. 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty 2. fáze anestezie. Sledování proběhlo při 5 teplotách 5 až 15°C a 5 koncentrací Eugenolu, 0,02 ml.l⁻¹ až 0,04 ml.l⁻¹ na rybách o průměrné hmotnosti od 6,1 do 30,3 g. Nejvyšší průměrný čas nástupu (51,5 s) 2. fáze vykazovala nejnižší teplota 5°C při nejnižší koncentraci 0,02 ml.l⁻¹. Čas nástupu 2. fáze se ve většině případů snižoval s narůstající teplotou a zvyšující se koncentrací až do teploty 15°C, kde dochází k nárůstu průměrných časů nástupu 2. fáze (38,3 s, 37,8 s, 24,9 s, 13,4 s, 9,5 s). Průměrné časy nástupu 2. fáze při teplotě 15°C u koncentrací 0,025 až 0,035 ml.l⁻¹ převyšují nejnižší teplotu 5°C. Nástup 2. fáze při teplotách 10°C a 12,5°C vykazuje téměř shodné průměrné časy (15 s, 10,8 s, 8,8 s, 8,3 s, 6,7 s) a teplota 12,5°C (14,1 s, 12,2 s, 8 s, 7,7 s, 6,2 s). Nejnižší průměrný čas nástupu 3a fáze vykazovala nejvyšší koncentrace 0,040 ml.l⁻¹ při teplotě 15°C.



Graf č. 10. Průměrné časy nástupů 2. fáze anestezie (v sekundách) při 5 různých teplotách v rozpětí 5-15°C a 5 různých koncentracích anestetika Eugenolu (v rozpětí 0,02-0,04 ml.l⁻¹ u hlavatky obecné o průměrné individuální hmotnosti jednotlivých skupin (n=10) mezi 6,1 do 30,3 g.

4.6.2. Anestezie – 3a fáze

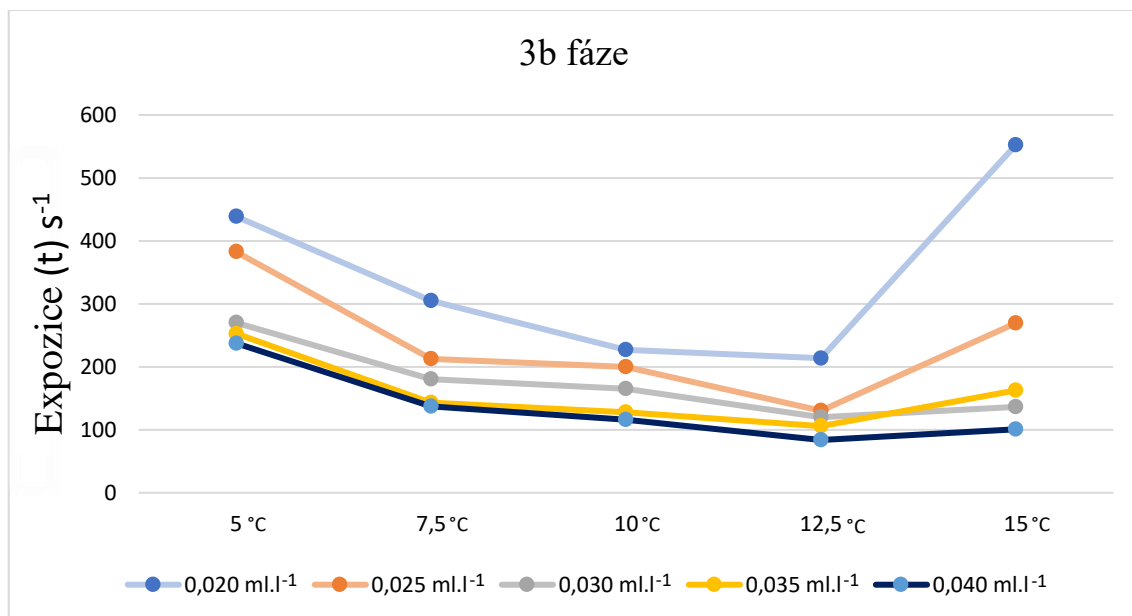
V grafu č. 11 jsou uvedeny průměrné hodnoty 3a fáze anestezie. Sledování proběhlo při 5 teplotách 5 až 15°C a 5 koncentrací Eugenolu, 0,02 ml.l⁻¹ až 0,04 ml.l⁻¹ na rybách o průměrné hmotnosti od 6,1 do 30,3 g. Nejvyšší průměrný čas nástupu 3a fáze vykazovala nejnižší teplota 5°C při nejnižší koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ (168 s). Čas nástupu 3a fáze se se zvyšující teplotou postupně snižoval až do teploty 15°C, kde byly zaznamenány vyšší průměrné časy nástupu 171 s, 102,9 s, 69,6 s 62 s v případě 3a fáze u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹ 0,04 ml.l⁻¹ než u nižší teploty 12,5°C. Nejnižší průměrný čas nástupu 48,3 s, 3a fáze vykazovala teplota 12,5°C při nejvyšší koncentraci 0,04 ml.l⁻¹. Průměrné časy nástupů 3a fáze se většině případů snižovaly se zvyšující se teplotou a koncentrací. V případě teploty 15°C je zaznamenán nárůst průměrných časů nástupu 3a fáze oproti nižší teplotě 12,5°C. Koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ a 0,025 ml.l⁻¹ vykazuje velmi podobné průměrné časy nástupu 3a fáze při teplotě 5°C a 15°C.



Graf č. 11. Průměrné časy nástupů 3a fáze anestezie (v sekundách) při 5 různých teplotách v rozpětí 5-15°C a 5 různých koncentracích anestetika Eugenolu (v rozpětí 0,02-0,04 ml.l⁻¹ u hlavytky obecné o průměrné individuální hmotnosti jednotlivých skupin (n=10) mezi 6,1 do 30,3 g.

4.6.3. Anestezie – 3b fáze

V grafu č. 12 jsou uvedeny průměrné hodnoty 3b fáze anestezie. Sledování proběhlo při 5 teplotách 5 až 15°C a 5 koncentrací Eugenolu, 0,02 ml.l⁻¹ až 0,04 ml.l⁻¹ na rybách o průměrné hmotnosti od 6,1 do 30,3 g. Nejvyšší průměrný čas nástupu 3b fáze vykazovala nejvyšší teplota 15°C při nejnižší koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ (552 s). Průměrné časy nástupu 3b fáze se ve většině případů snižovaly s vyšší koncentrací a se zvyšující teplotou. V případě teploty 15°C dochází k nárůstu průměrných časů nástupu 3b fáze než u nižší teploty 12,5°C. Teplota 15°C vykazuje průměrné časy (552 s, 269,7 s, 136,1 s, 162,8 s, 100,6 s) u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹ až 0,04 ml.l⁻¹. Teplota 12,5°C vykazuje průměrné časy (213,7 s, 130,3 s, 120 s, 105,8 s, 83,8 s) u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹ až 0,04 ml.l⁻¹. Nejnižší průměrný čas 83,38 s 3b. fáze se projevil u nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ při teplotě 12,5°C.



Graf č. 12. Průměrné časy nástupů 3b fáze anestezie (v sekundách) při 5 různých teplotách v rozpětí 5-15°C a 5 různých koncentracích anestetika Eugenolu (v rozpětí 0,02-0,04 ml.l⁻¹ u hlavatky obecné o průměrné individuální hmotnost jednotlivých skupin (n=10) mezi 6,1 do 30,3 g.

5. Diskuze

Ve světě a České republice je v chovu ryb anestezie hojně využívána. Anestezie je nezastupitelnou součástí rybářských postupů, jako je výěr ryb. Anestezie má v rybářství dlouholetou historii a v současné době jsou stále vyvíjena nová anestetika a postupy. Znalosti o anestezii se stále více rozšiřují. Dochází k rozšiřování poznání v oblasti vlivu a dopadů anestetik na ryby. V případě již známých a odzkoušených anestetik prohlubujeme poznání a snažíme se zlepšit jejich dosavadní užívání, jako je například volba vhodné koncentrace v závislosti na teplotě, velikosti a druhu ryb. Hlavitka obecná (*Hucho hucho*) je v České republice největší lososovitá ryba s historicky větším rozsahem výskytu, než je tomu v současnosti. Podle nejnovějších informací jsou populace hlavitky obecné rozděleny do izolovaných oblastí výskytu v dunajském povodí. Budoucí předpoklad v četnosti hlavitky obecné ve volných vodách je vlivem různých faktorů, jakými jsou vodní stavby, pytláctví a kvalita vod, spíše skeptický, ovšem při větším zapojení umělého chovu, například v pstruhových rybnících nebo recirkulačních systémech by hlavitka obecná (*Hucho hucho*) mohla tvořit mnohem významnější druh, než je tomu v současnosti.

Cílem této diplomové práce bylo posoudit vliv vybraných anestetik (Eugenol, MS-222, 2-fenoxyethanol, Propiscin) při 5 koncentracích a teplotě 10°C na hlavitku obecnou (*Hucho hucho*), v případě Eugenolu i 5 různých teplotách vody (5°C, 7,5°C, 10°C, 12,5°C, 15°C). U Eugenolu byly současně sledovány 3 velikostní kategorie (4 g, 147,5 g, 353,4 g) hlaviček obecných (*Hucho hucho*). Sledování bylo zaměřené na nástup jednotlivých fází anestezie (2, 3a, 3b 4) a jednotlivých fází odeznění (3b, 3a, 2). Nástup jednotlivých fází byl sledován v sekundách, přičemž čas 0 byl vždy výchozí. Začátek měření se rovná nasazení hlavitky do anestetické koupele s maximální časovou expozicí 10 minut. Hlavitky, u kterých se projevila 4. fáze, byly ihned přemístěny do čisté prokysličené vody o stejné teplotě, kde byly sledovány 3 fáze odeznění anestezie. Hlavitky v průběhu experimentu postupně zvyšovaly svou hmotnost a celkovou délku v závislosti na tom, v jakém období byl experiment proveden. Nebylo možné provést celý experiment na jedné velikosti hlaviček z důvodu sledování rozdílných teplot, kdy se muselo vyčkat na požadovanou teplotu.

Počáteční sledovanou fází byla 2. fáze, ve které ryba vykazuje zvýšenou aktivitu. V případě teploty 5°C se průměrné hodnoty 2. fáze u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹ – 0,04 ml.l⁻¹ pohybovaly v rozmezí 9,8 s - 51,5 s, nejvyšší průměrnou hodnotu 51,5 s vykazovala

nejnižší hodnota 0,02 ml.l⁻¹. Z výsledků u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ lze pozorovat při vyšších teplotách (7,5°C, 10°C, 12,5°C,) postupné snižování průměrné hodnoty (21,3 s, 15 s, 14,1 s) se vzrůstající teplotou, na nástup 2. fáze při stejné koncentraci 0,02 ml.l⁻¹. Nejvyšší teplota 15°C při koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ tento klesající trend nepotvrzuje, naopak zde dochází k navýšení průměrné hodnoty nástupu 2. fáze na 38,3 s. Při teplotě 15°C lze i při vyšších koncentracích, vyjma koncentrace 0,04 ml.l⁻¹, pozorovat vyšší průměrné hodnoty nástupu 2. fáze než při nižších teplotách. Například při střední koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ vykazuje nejvyšší teplota 15°C průměrnou hodnotu nástupu 2. fáze 24,9 s a při teplotě 12,5°C je to pouze 8 s. Teploty 7,5°C a 10°C kopírují trend 2. fáze snižováním času nástupu se zvyšující se koncentrací. Nejrychlejší nástup (6,2 s) 2. fáze vykazovala koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ při teplotě 12,5°C. Teploty 7,5°C a 15°C vykazovaly shodné průměrné hodnoty nástupu 2. fáze 9,5 s. V porovnání s publikací (Woody a kol., 2002), kde byl sledován nástup jednotlivých fází anestezie za použití hřebíčkového oleje při teplotě 9-10°C u lososa nerka (*Oncorhynchus nerka*) o délce 400 až 550 mm. Konec 2. fáze u lososa byl při koncentraci 20 mg.l⁻¹, která odpovídá přibližně koncentraci 0,02 ml.l⁻¹, nastal po 27 sekundách. V porovnání s parmičkou eufratskou (*Barbus grypus*) o váze 8,5 g byl sledován nástup 2. fáze po 35 sekundách s teplotou vody 23°C a koncentrací Eugenolu 0,025 ml.l⁻¹ (Öğretmen, 2014). U pirani rostlinožravé (*Colossoma macropomum*) dle Roubach a kol., (2005) dochází k 2. fázi po 19,2 s při koncentraci 35 mg.l⁻¹ v případě vyšších koncentrací 85 mg.l⁻¹ a 135 mg.l⁻¹ se piraně dostaly do druhé fáze po 21 s a 18 s. V případě průměrných časů 2. fáze nelze u piraní pozorovat trend se zvyšující koncentrací klesající čas nástupu 2. fáze. Hmotnost piraň byla 56.6 g, teplota vody 27 °C (Roubach a kol., 2005).

Druhá sledovaná fáze u Eugenolu byla 3a fáze, ve které dochází k celkovému povrchovému znecitlivění, ryba se pomalu naklání na bok a snižuje aktivitu. Ve většině případů je trend 3a fáze podobný předešlé 2. fázi, dochází zde k postupnému snižování průměrného času nástupu 3a fáze se zvyšující se koncentrací a zvyšující se teplotou. V případě teploty 15°C toto pravidlo u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, 0,04 ml.l⁻¹ neplatí, u zmíněných koncentrací jsou průměrné hodnoty vyšší než u nižší teploty 12,5°C. Nejvyšší průměrnou hodnotu 3a fáze dosahovala koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ při teplotě 15°C (171 s). Nejnižší průměrnou hodnotu 3a fáze vykazovala koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ při teplotě 12,5°C. Z výsledků teplot 5°C a 7,5°C lze odečíst vyšší průměrnou hodnotu nástupu 3a fáze u koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ (77,7 s, 58,4 s) než u nižší koncentrace

0,035 ml.l⁻¹ (76,4 s, 48,7 s). Losos nerka (*Oncorhynchus nerka*) o délce 400 až 550 mm, vykazoval při teplotě 9-10°C nižší hodnotu nástupu 3a fáze 27 s, při koncentraci 20 mg.l⁻¹ (Woody a kol., 2002). Hlavatka má nejnižší průměrnou hodnotu nástupu 3a fáze po 27 s u koncentrace 0,04 ml.l⁻¹.

Třetí sledovanou fází Eugenolu u anestezie byla fáze s označením 3b. V případě 3b fáze dochází k úplnému znecitlivění, při které ryba necítí bolest. Nejnižší teplota 5°C a koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ byla v případě 3b fáze neefektivní, 3b fáze zde dosáhlo pouze 70% ryb s průměrným časem nástupu 438,4 sekund. Celkový trend nástupu 3b fáze byl obdobný, se zvyšující teplotou a zvyšující koncentrací dochází ke zkracování doby nástupu jednotlivých fází anestezie. Nejvyšších hodnot nástupu 3b fáze dosahovala koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ při teplotě 15°C (552,3 s) a 5°C (438,4 s). Teplota 15°C se jako u předchozích fází nechová stejně jako teploty od 5°C do 12,5°C. Lze zde pozorovat pozdější nástupy 3b fáze u všech 5 koncentrací, než u nižší teploty 12,5°C. Při teplotě 15°C a koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ byl sledován projev 3b fáze pouze u 40% ryb, v případě teploty 10°C u 60% ryb při stejné koncentraci. Nástup 3b fáze od koncentrace 0,025 ml.l⁻¹ u nejvyšší teploty 15°C lze přirovnat k nástupu 3b fáze při teplotě 7,5°C. Nástupy 3b fáze u teploty 7,5°C a koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹ a 0,04 ml.l⁻¹ vykazovaly průměrné hodnoty (305,2 s, 212,5 s, 180,1 s, 143,5 s, 136,9 s). Teplota 15°C u stejných koncentrací vykazovala průměrné hodnoty nástupu 3b fáze (552,3 s, 269,7 s, 136,1 s, 162,8 s, 100,6 s). Porovnání s lososem nerka (*Oncorhynchus nerka*) o délce 400 až 550 mm, u kterého se při teplotě 9°C -10°C projevila nižší hodnota než u hlavatky obecné. U lososa se 3b fáze projevila po 47 s při koncentraci 20 mg.l⁻¹ (Woody a kol., 2002). Dle Roubach a kol., (2005) došlo u pirani rostlinožravé (*Colossoma macropomum*) k úplné ztrátě rovnováhy při dávce 35 mg.l⁻¹ a vyvolání minimálního operkulárního pohybu po 222 sekundách. V porovnání výsledky v provedeném experimentu lze tyto výsledky přirovnat ke koncentraci Eugenolu 0,025 ml.l⁻¹ při teplotě 7,5°C, kde nastala 3b fáze po 212,5 sekundách. Dle Roubach a kol., (2005) při použití koncentrace Eugenolu 135 mg.l⁻¹ došlo u piraně rostlinožravé (*Colossoma macropomum*) k minimálnímu operkulárnímu pohybu po 104 sekundách, tato hodnota přibližně odpovídá nejvyšší koncentraci Eugenolu 0,04 ml.l⁻¹ použité na hlavatkách při teplotě 15°C.

Poslední sledovanou fází anestezie s použitím Eugenolu byla 4. fáze, při které dochází k úplné zástavě dýchání. 4. fáze se neprojevila u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025

ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹, při teplotě 5°C a koncentracích 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹ při teplotě 7,5°C. Koncentrace 0,035 ml.l⁻¹ vykazovala pouze 50% případů nástupu 4. fáze u teploty 7,5°C s průměrnou hodnotou 584,2 s. Teplota 12,5°C vykazovala u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ 4. fázi u 90% ryb s průměrnou hodnotou 565,8 s. Koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ a teplota 15°C nedosáhla 4. fáze u žádné z ryb po 10minutové expozici. Nejnižší hodnotu 83,8 s vykazovala koncentrace 0,04 ml.l⁻¹ při teplotě 12,5°C. Porovnání s lososem nerka (*Oncorhynchus nerka*) o délce 400 až 550 mm, u kterého se při teplotě 9°C -10°C projevila nižší hodnota než u hlavatky obecné, u lososa se 4. fáze projevila po 77 s při koncentraci Eugenolu 20 mg.l⁻¹, tato koncentrace odpovídá přibližně koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ (Woody a kol., 2002). Dle Roubach a kol., (2005) při použití koncentrace Eugenolu 35 mg.l⁻¹ došlo u piraně rostlinožravé (*Colossoma macropomum*) k minimálnímu nepravidelnému operkulárnímu pohybu po 222,6 s, hmotnost ryb 56,6 g, teplota vody 26 °C. V případě anestetika Eugenol lze z výsledků sledovat pomalejší nástupy jednotlivých fází anestezie při nejvyšší sledované teplotě 15°C než u nižší teploty 12,5°C. Je zde pravděpodobné rychlejší odbourávání Eugenolu u hlavatek obecných při vyšší teplotě. Toto tvrzení je možné sledovat u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ kdy sledované hlavatky nedosáhly 4 fáze po 10minutové expozici při nejvyšší teplotě 15°C. Hamáčková a kol., (2006) uvádí, že při testování okouna říčního (*Perca fluviatilis*) o průměrné hmotnosti 32,5-40,4 g byla sledována poslední fáze anestezie u všech sledovaných jedinců při koncentraci hřebíčkového oleje 0,033 ml.l⁻¹. Při teplotě 12,5°C se poslední fáze u okouna projevila po 7,57 min. V porovnání s hlavatkou je tento čas blízký při koncentraci 0,025 ml.l⁻¹, teplotě 12,5°C kde 4 fáze nastoupila po 454 sekundách.

Při sledované teplotě 15°C je pravděpodobné rychlejší odbourávání anestetika, než je tomu u nižší teploty 12,5°C, kde hlavatky dosáhly 4. fáze po 565,7 sekundách. Naopak při nižších teplotách 5 a 7,5°C u koncentrací 0,020 až 0,03 ml.l⁻¹, je ze získaných výsledků pravděpodobné nedosažení 4. fáze z důvodu nižší účinnosti anestetika při nižších teplotách a také pomalejšího vstřebávání do ryb.

První sledovaná fáze odeznění u Eugenolu nese označení 3b. Jedná se o fázi, kdy se rybám vrací dýchací reflex, ryba se pomalu dostává ze 4. fáze. 3b fázi odeznění nelze pozorovat u koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03 ml.l⁻¹, 0,035 ml.l⁻¹. Při teplotě 5°C a koncentraci 0,04 ml.l⁻¹ vykazovala fáze 3b průměrnou hodnotu 366,8 s. 3b fázi odeznění nebylo možné sledovat i v případě koncentrací 0,02 ml.l⁻¹, 0,025 ml.l⁻¹, 0,03

ml.l⁻¹. V případě teploty 7,5°C a koncentrace 0,035 ml.l⁻¹ bylo možné 3b fázi odeznění pozorovat u 50% ryb s průměrnou hodnotou nástupu 256,8 s. Průměrné hodnoty 3b fáze odeznění klesají se vzrůstající teplotou, avšak ve většině případů stoupají se zvyšující koncentrací. Teplota 15°C vykazuje jako předchozí teploty trend snižující se průměrné hodnoty při nástupu 3b fáze odeznění se zvyšující se koncentrací, nesouhlasí zde však trend nižších hodnot se vzrůstající teplotou. Průměrné hodnoty jsou u této teploty vyšší než u teploty 12,5°C. Při teplotě 15°C nebylo možné pozorovat 3b fázi odeznění u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹. 3a fáze odeznění je charakteristická navrácením pohybu směrem dopředu. Ryba se však stále nenachází ve fyziologické poloze. 3a fáze odeznění u Eugenolu vykazovala nejvyšší průměrné hodnoty u teplot 5°C a 7,5°C. Nejvyšší průměrná hodnota (705,1 s) nástupu 3a fáze byla sledována při koncentraci 0,04 ml.l⁻¹ a teplotě 5°C. Nejvyšší teplota 15°C dosáhla nejnižší průměrné hodnoty 69 sekund u nejnižší koncentrace 0,02 ml.l⁻¹, u koncentrace 0,025 ml.l⁻¹ při stejné teplotě 15°C lze pozorovat velký rozdíl, nástup 3a fáze odeznění se projevil až po 197,3 s oproti nižší koncentraci 0,02 ml.l⁻¹ (69 s). Průměrné hodnoty nástupu 3a fáze odeznění vykazují trend, kdy se zvyšující se koncentrací se zvyšuje čas nástupu s výjimkou teploty 10°C u koncentrací 0,035 ml.l⁻¹ a 0,04 ml.l⁻¹, kde se snížil průměrný čas nástupu 3a fáze odeznění (291,7 s a 273,7 s). Vliv teploty na nástup 3a fáze odeznění nelze potvrdit, průměrné hodnoty jsou smíšené bez jasně zřetelného trendu, příkladem je koncentrace 0,03 ml.l⁻¹, která u teplot 5°C, 7,5°C, 10°C, 12,5°C, 15°C dosahovala průměrných hodnot 586,5 s, 650,3 s, 291,7 s, 255,8 s, 365 s. Poslední sledovanou fází odeznění, která byla sledována při 5 teplotách u Eugenolu, je 2. fáze, ryba se v této fázi nachází ve fyziologické poloze, avšak stále je zjevné nepřirozené chování. Nástup 2. fáze odeznění se projevoval ve stejném trendu jako předchozí 3a fáze odeznění. Postupně vyšší koncentrace vykazovaly vyšší průměrný čas nástupu 2. fáze odeznění, s výjimkou nejvyšší koncentrace 0,04 ml.l⁻¹, která u teplot 7,5°C a 10°C vykazuje nižší hodnotu nástupu 2. fáze než u nižší koncentrace 0,035 ml.l⁻¹. Teplota 10°C vykazuje stejný jev nižší hodnoty při vyšší koncentraci 0,035 ml.l⁻¹. Nejnižší hodnota 2. fáze odeznění byla sledována u koncentrace 0,02 ml.l⁻¹ při teplotě 15°C. Nejvyšší hodnotu nástupu 2. fáze odeznění vykazovala nejvyšší hodnota 0,04 ml.l⁻¹ při teplotě 5°C. Dle Roubach a kol., (2005) došlo k návratu fyziologické polohy pirani rostlinožravé (*Colossoma macropomum*) při koncentraci 35 mg.l⁻¹ po 348 sekundách tato hodnota se nejvíce přibližuje koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ při teplotě 15°C, kde došlo k navrácení fyziologické polohy u hlavatek po 365 sekundách. Dle výsledků Roubach a kol., (2005) dochází k pozdějšímu odeznění anestezie při vyšších

koncentracích. U pirani rostlinožravé (*Colossoma macropomum*) došlo k odeznění anestezie při koncentraci Eugenolu 50 mg.l⁻¹ po 396 s a při vyšší koncentraci 135 mg.l⁻¹ došlo k odeznění anestezie po 1235 s. Piraně dosahovaly průměrné hmotnosti 56,6 g. Dle Hikasa a kol., (1986) dochází u kapra obecného (*Cyprinus carpio*) k zesílení účinnosti hřebíčkového oleje při vyšší teplotě s docílením rychlejšího nástupu anestezie. Dle Roubach a kol., (2001) je při použití anestetika nutné znát jeho ideální dávku, jelikož nevhodná dávka může vést k nežádoucím účinkům a případné mortalitě. V případě odeznění zde nelze jednoznačně sledovat rychlejší odbourávání anestetika Eugenol při vyšších teplotách. Teplota 15°C ve většině případů převyšuje časy nástupu fází odeznění nižší teplotu 12,5 °C.

V případě Eugenolu proběhl experiment u třech velikostních kategoriích, které dosahovaly průměrných hmotností 4 g, 147 g a 353 g. Sledování proběhlo při teplotě vody 10°C na 1 koncentraci 0,03 ml.l⁻¹. Sledované byly jednotlivé fáze anestezie (2, 3a, 3b, 4) a jednotlivé fáze odeznění (3b, 3a, 2). Nejnižší průměrné hodnoty fází anestezie (2, 3a, 3b, 4), (11,2 s, 88,6 s, 105,1 s, 270 s) vykazovala skupina s nejvyšší průměrnou hmotností 353 g. Naopak při odeznění dosahovala tato skupina nejvyšší hodnoty ve fázi 3a a 2. (712,9 s, 914,4). Nejlehčí 4g ryby dosahovaly nejnižších hodnot anestezie s výjimkou 4. fáze (469,7 s), (2, 3a, 3b), (10,8 s, 71,2 s 105,6 s,) v případě odeznění dosahovaly nejlehčí ryby také nejnižších průměrných hodnot (2, 3a, 3b,), (195,7 s 492,7 s, 524 s). Z výsledků je patrné delší odeznívání anestezie u těžších ryb než u nejmenší velikostní kategorie 4 g. Vzhledem k délce odeznívání u největší skupiny nelze brát koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ jako vhodnou. V případě pozorování anestetika Eugenol byla u menších ryb v případě nižších teplot hůře znatelná 2. fáze. Větší ryby o průměrné hmotnosti 353 g vykazovaly občasné škubnutí směrem dopředu v 3a fázi. Také je zde pozorované zdlouhavé odeznění, kdy se ryba jeví dlouho zmatená. Dle studie Woody a kol., (2002) ukazují data hřebíčkový olej jako vhodné anestetikum, testované koncentrace 20, 50 a 80 mg.l⁻¹ nezpůsobily žádnou mortalitu po 15 minutách, při koncentraci 20 mg.l⁻¹ bylo možné snadno odebrat část ploutve, a to i v případě projevení občasných únikových reflexů. Taylor a Roberts, (1999) poukazují na delší dobu odeznění anestezie u větších ryb, kdy se zotavení lososa čavyča (*Oncorhynchus tshawytscha*) pohybovalo v rozmezí 7,5 až 13 min při koncentraci 25 mg.l⁻¹. V porovnání se sumčíkem prostředním (*Schilbe intermedius*) dle studie Cunha a kol., (2010) vyvolala koncentrace Eugenolu 20 mg.l⁻¹ 4. fázi do 15 minut. Nižší koncentrace byly neefektivní. Koncentrace 50 mg.l⁻¹ se jevila jako

vhodná, kdy 4. fáze dosáhly ryby po 111 s, a nedošlo k mortalitě. Dle Kolářové a kol., (2012) je doporučená dávka hřebíčkového oleje 30 až 40 mg.l⁻¹ (0,03-0,04 ml.l⁻¹), anestezie nastupuje do 5-10minut, odeznění anestezie je delší než u jiných anestetik. Je důležité brát na vědomí a rozlišovat anestetika Eugenol a hřebíčkový olej při porovnávání účinnosti.

Hřebíčkový olej nemá pevné stanovené zastoupení aktivní složky Eugenol, na trhu se objevuje mnoho variant, kdy koncentrace Eugenolu v hřebíčkovém oleji může být i nižší než 78%. Je proto důležité brát na vědomí sníženou účinnost v případě používání hřebíčkového oleje na anestezii ryb.

Orientační zkouška MS-222 byla provedena na hlavatkách o průměrné hmotnosti 17,4g a celkové průměrné délky těla 125 mm na 5 koncentracích (60 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 140 mg.l⁻¹) při jedné teplotě 10°C. Sledované byly jako u předchozího Eugenolu nástupy jednotlivých fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a jednotlivé fáze odeznění (3b, 3a, 2). Celkový trend nástupu jednotlivých fází anestezie dokládá snižování průměrných hodnot nástupu se zvyšující se koncentrací, tento jev lze sledovat u každé koncentrace. Příkladem jsou průměrné hodnoty nástupu 2. fáze 22,1 s, 13,9 s, 10,2 s, 6,6 s, 6,4 s u koncentrací 60 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹, 120 mg.l⁻¹, 140 mg.l⁻¹. Ostatní fáze anestezie vykazují stejný klesající trend. 4. fáze anestezie se neprojevila u žádné z ryb po 10 minutové expozici při nejnižší koncentraci 60 mg.l⁻¹. Nejnižší průměrné hodnoty fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) vykazovala nejvyšší koncentrace 140 mg.l⁻¹. Průměrné hodnoty fází odeznění se zvyšovaly se zvyšující se koncentrací. Přejít u nejvyšší koncentrace 140 mg.l⁻¹ z 4. fáze do 3b fáze odeznění vykazoval 20% mortalitu s průměrnou hodnotou 394,8 s. Nejrychleji se z anestezie 116,2 s a 130,7 s dostaly ryby u nejnižších koncentrací (60 mg.l⁻¹, 80 mg.l⁻¹). Dle metodiky Kolářová a kol., (2012) byly u anestetika MS-222 ověřeny koncentrace 50 mg.l⁻¹, 75 mg.l⁻¹, 100 mg.l⁻¹ u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) o průměrné hmotnosti 200g a teplotě 15,5°C. V čase po 1 minutě byla sledována 3. fáze anestezie, délka odeznění se zde pohybovala od 2 do 25 minut. Topic (2012) udává pro lososovité druhy koncentraci 80 až 135 mg.l⁻¹, kde se pohybuje čas hluboké anestezie od 4 do 12 minut s časem odeznění 3 až 19 minut. Dle Hikasa a kol., (1986) vykazuje zvýšená teplota vyšší účinnost anestetika MS-222 zkrácením doby nástupu anestezie.

Orientační zkouška 2-fenoxyethanolu byla provedena na hlavatkách o průměrné hmotnosti 17,4g a celkové průměrné délce těla 125 mm na 5 koncentracích (0,40 ml.l⁻¹,

0,45 ml.l⁻¹, 0,50 ml.l⁻¹, 0,55 ml.l⁻¹, 0,60 ml.l⁻¹). Sledované byly nástupy jednotlivých fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a jednotlivé fáze odeznění (3b, 3a, 2). Celkový trend nástupu jednotlivých fází kopíruje chování MS-222. Výsledné průměrné hodnoty anestezie dokládají snižování průměrných hodnot nástupu se zvyšující se koncentrací, tento jev lze sledovat u každé koncentrace a fáze. Při nejnižší koncentraci 0,4 ml.l⁻¹ nebyla u žádné z ryb pozorována 4. fáze po deseti minutové expozici. Nejnižší průměrné hodnoty nástupů fází anestezie vykazovala nejvyšší koncentrace 0,60 ml.l⁻¹ (2, 3a, 3b, 4), (7 s, 32,8 s, 71,5 s, 201,8 s). Nejvyšší hodnoty naopak nejnižší koncentrace 0,40 ml.l⁻¹ (2, 3a, 3b, 4), (12,1 s, 62,9 s, 232,1 s). Průměrné hodnoty jednotlivých fází odeznění se zvyšovaly se zvyšující se koncentrací s výjimkou koncentrace 0,50 ml.l⁻¹, zde byla průměrná hodnota 3b fáze odeznění vyšší než u vyšších koncentrací 0,55 ml.l⁻¹ a 0,60 ml.l⁻¹. Při sledování anestetika byly viditelné svalové vibrace na rybách při nástupu a průběhu 3b fáze. V experimentu Velíšek a Svobodová (2004) byl při koncentraci sledován nástup 4. fáze v čase okolo 10 minut při koncentraci 0,5 ml.l⁻¹. Při koncentraci 0,4 ml.l⁻¹ nastala 4. fáze za necelých 15 minut. Sledování proběhlo na kaprovi obecném (*Cyprinus carpio*). Shalueia kol., (2012) udává čas nástupu hluboké anestezie u vyzy velké (*Huso huso*) při koncentraci 0,5 ml.l⁻¹ v čase přibližně 300 s a čas odeznění přibližně 90 s.

Orientační zkouška Propiscinu byla provedena na hlavatkách o průměrné hmotnosti 9,7 g a celkové průměrné délce těla 88 mm na 5 koncentracích (0,40 ml.l⁻¹, 0,45 ml.l⁻¹, 0,50 ml.l⁻¹, 0,55 ml.l⁻¹, 0,60 ml.l⁻¹). Sledované byly nástupy jednotlivých fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a jednotlivé fáze odeznění (3b, 3a, 2). Čas nástupu jednotlivých fází se snižuje se zvyšující se koncentrací, tento trend lze sledovat i u předchozích anestetik. 4. fáze anestezie se neprojevila ani u jedné z ryb při nejnižší koncentraci 0,50 ml.l⁻¹ po deseti minutové expozici. Příkladem postupného snižování průměrných hodnot se zvyšující se koncentrací 0,5 ml.l⁻¹ až 1,5 ml.l⁻¹ je snižující se průměrný čas nástupu 3b fáze (340 s, 169,5 s, 124,7 s, 94,6 s, 71 s). Odeznění vykazovalo nevyšší hodnoty u koncentrace 1 ml.l⁻¹, nástup 2. fáze zde byl po 1076,7 s. Nejnižší průměrné hodnoty 2. fáze odeznění vykazovaly koncentrace 0,5 ml.l⁻¹ a 1,5 ml.l⁻¹, (518,9 s a 612 s). V případě anestetika Propiscin bylo sledováno dlouhé a problematické odeznění. Ryby se dlouho dostávaly do 2. fáze. Dle studie Kazuń a Siwicki, (2001) dosáhl pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) při koncentraci 1 ml.l⁻¹ anestezie za 10 minut (teplota 4,5°C), u pstruha obecného (*Salmo trutta*) při stejné koncentraci 1 ml.l⁻¹ nastala anestezie za 15 minut (teplota 7°C). Experiment byl proveden na tržních rybách.

6. Závěr

Hlavním cílem bylo doplnění znalostí o citlivosti hlavatky obecné (*Hucho hucho*) k běžně používanému anestetiku Eugenolu v závislosti na teplotě vody v rozpětí 5 až 15°C. Testováno bylo vždy 5 koncentrací anestetik v rozpětí 0,02 až 0,04 ml.l⁻¹ u ryb ve velikostní kategorii 6-30 g. U Eugenolu byl dále testován vliv jedné koncentrace při teplotě 10°C na nástup a odeznění anestezie u ryb různé průměrné hmotnosti (4 g, 147 g, 343 g). Mimo toho bylo provedeno, pouze při teplotě 10°C orientační posouzení tří dalších anestetik, MS-222, 2-fenoxyetanolu a Propiscinu, vždy rovněž při 5 různých koncentracích (MS-222 v rozpětí 60 až 140 mg.l⁻¹, 2-fenoxyetanol v rozpětí 0,4 až 0,6 ml.l⁻¹ a Propiscin 0,5 až 1,5 ml.l⁻¹) u ryb ve velikostní kategorii 9,71-17,35 g. Všeobecně možno konstatovat, že se zvyšující se koncentrací dochází u všech testovaných anestetik ke zkracování času nástupu jednotlivých fází anestezie. Délka času při odeznívání anestezie se zpravidla prodlužovala se zvyšováním koncentrace. V případě zvyšující se teploty dochází ke snižování času nástupu jednotlivých fází anestezie a odeznění. V případě použití anestetika Propiscin, byla zjištěna výrazně delší doba odeznívání, ve srovnání s dalšími testovanými anestetiky. Se zvyšující hmotností ryb se při použití anestetika Eugenol urychluje nástup anestezie. Bylo pozorováno, že délka odeznívání anestezie se se zvyšující se hmotností ryb prodlužuje. Využití dosažených výsledků lze předpokládat zejména v chovu hlavatek, v prvé řadě při umělé reprodukci, ale i případně v pokusech s chovem tohoto druhu v akvakultuře (manipulace, měření, vážení, fotografování apod.). Další možností je využití při provádění ichtyologických výzkumů populací hlavatek ve volných vodách. Vzhledem k blízké příbuznosti s hlavatkou sibiřskou (*Hucho taimen*), se počítá s využitím výsledků i u tohoto druhu, při připravovaných experimentech souvisejících s umělou reprodukcí tohoto druhu ryby v Mongolsku. Anestetika Eugenol a MS-222 se prokázaly jako účinné a zároveň vhodné na anestezii hlavatek. V případě Eugenolu by neměla být používána koncentrace vyšší než 0,03 ml.l⁻¹. Při používání anestetika MS-222 by se mělo dbát zvýšené opatrnosti a nepřekračovat koncentraci 120 mg.l⁻¹.

7. Přehled použité literatury

- Abell, R., Allan, J. D., Lehner, B. (2007). Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological conservation*, 134(1): 48-63.
- Afifi, S. H., Al-Thobaiti, S., Rasem, B. M. (2001). Multiple exposure of Asian sea bass, (*Lates calcarifer*, Centropomidae) to clove oil: a histopathological study. *Assiut Veterinary Medical Journal*, 42(84): 166-174.
- Amend, D. F., Goven, B. A., Elliot, D. G. (1982). Etomidate: effective dosages for a new fish anesthetic. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111(3): 337-341.
- Andreji, J., & Stráňai, I. (2013). Growth parameters of huchen *Hucho hucho* (L.) in the wild and under culture conditions. *Fisheries & Aquatic Life*, 21(3): 179-188.
- Anesthesia for fish. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 2(3), 737-742.
- Arai, T., Kotake, A., Morita, K. (2004). Evidence of downstream migration of Sakhalin taimen, *Hucho perryi*, as revealed by Sr: Ca ratios of otolith. *Ichthyological Research*, 51(4): 377-380.
- Arctander, S. (1969). *Perfume and flavor chemicals:(aroma chemicals)* (Vol. 2). Allured Publishing Corporation, 498.
- Augustyn, L., Błachuta, J., Witkowski, A. (1998). Ecology of young (0+) huchen, *Hucho hucho* (L.)(Salmonidae), planted in two mountain streams. *Fisheries & Aquatic Life*, 6(1): 5-18.
- Bajkov, A., 1924: Puvod lososu rodu *Hucho*. *Priroda* 17: 217-220.
- Balon, E. K. (1990). Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. *Guelph ichthyology reviews*, 35 s.
- Barton, B. A., Helfrich, H. (1981). Time-dose responses of juvenile rainbow trout to 2-phenoxyethanol. *The Progressive Fish-Culturist*, 43(4): 223-223.
- Bastl, A. K., Kirka, A. (1959). Príspevok k biometrike, výskytu a rastu mladi hlavátok. *Hucho hucho*, 41-109.
- Bastl, I., Kirka, A. (1958). Study on morphological characters of huchen growth under natural and artificial conditions during the first year of life, 197 s.
- Berg, L.S., (1948–1949). *Ryby presnykh vod SSSR i sopredelnykh*. Izd.Akad.Nauk SSSR, Moskva-Leningrad, 469-925.

- Bressler, K., Ron, B. (2004). Effect of anesthetics on stress and the innate immune system of gilthead seabream (*Sparus surata*), 1-10.
- Brevoort, J. C. (1856). Notes on some figures of Japanese fish taken from recent specimens. Narrative Commodore MC Perry's Expedition to Japan, 253-256.
- Brill, R. W., Bushnell, P. G. (2001). The cardiovascular system of tunas. *Fish physiology*, 19: 79-120.
- Brown, E. A. B., Franklin, J. E., Pratt, E., Trams, E. G. (1972). Contributions to the pharmacology of quinaldine (uptake and distribution in the shark and comparative studies). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 42(1): 223-231.
- Bruecker, P., Graham, M. (1993). The effects of the anesthetic ketamine hydrochloride on oxygen consumption rates and behaviour in the fish Heros (*Cichlasoma*) citrinellum (Günther, 1864). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 104(1): 57-59.
- Bushnell, P. G., Jones, D. R. (1994). Cardiovascular and respiratory physiology of tuna: adaptations for support of exceptionally high metabolic rates. *Environmental biology of fishes*, 40(3): 303-318.
- Cailliet, G. M., Love, M. S., Ebeling, A. W. (1986). *Fishes: a field and laboratory manual on their structure. Identification and Natural History*. Wadsworth Publ, Belmont, 194 s.
- Carmichael F.J., (1985). General anesthetics and local anesthetics..pp.. In: H. Koalnt, W.H.A. Roschallau, E.M. Sellers (eds.). *Principles of Medical Pharmacology*. Univ. Toronto,.Toronto, 265-289.
- Carter, K. M., Woodley, C. M., Brown, R. S. (2011). A review of tricaine methanesulfonate for anesthesia of fish. *Reviews in fish biology and fisheries*, 21(1): 51-59.
- Cittinger, C. A., Holloway Jr, H. L., Derrig, T. M. (1992). Maintenance of juvenile paddlefish as experimental animals. *The Progressive Fish-Culturist*, 54(2): 121-124.
- Coyle, S. D., Durborow, R. M., Tidwell, J. H. (2004). *Anesthetics in aquaculture* (Vol. 3900). Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center, 1-6.
- Cunha, M. A. D., Zeppenfeld, C. C., Garcia, L. D. O., Loro, V. L., Fonseca, M. B. D., Emanuelli, T., Baldisserotto, B. (2010). Anesthesia of silver catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analysis of fillet. *Ciência Rural*, 40(10): 1-8.
- Decei, P. (2001). *Creșterea salmonidelor*. Terra Design.

- Ding, R. H., Fang, J. (1995). Studies on conservation biology of *Hucho bleekeri* II. Data for characters and ecology. *Sichuan Journal of Zoology*, 14(1): 16-19.
- Ding, R., Qing, Z. (1994). Studies on conservation biology of *Hucho bleekeri* I. distribution area and its changes [in Chinese]. *Sichuan Journal of Zoology* 13(4): 152-154.
- Ding, R.H. (1994). The fishes of Sichuan, China [in Chinese]. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu, 642 p.
- Dubský, K., Šrámek, V., Kouřil, J. (2003). *Obecné rybářství*. Praha: Informatorium, 156-157. ISBN 80-7333-019-9.
- Elliott, J. M. (1982). The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 73(1): 81-91.
- Esteve, M., Gilroy, D., McLennan, D. A. (2009). Spawning behaviour of taimen (*Hucho taimen*) from the Uur River, Northern Mongolia. *Environmental biology of fishes*, 84(2): 185-189.
- Esteve, M., Unfer, G., Pinter, K., Doadrio, I. (2013). Spawning behaviour of Danube hucho from three Austrian rivers. *Fisheries & Aquatic Life*, 21(3): 169-177.
- Fabiani, B. M., Boscolo, W. R., Feiden, A., Diemer, O., Bittencourt, F., Neu, D. H. (2013). Benzocaine and eugenol as anesthetics for *Brycon hilarii*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35: 113-117.
- Ferreira, C. I., Calisto, V., Santos, S. M., Cuerda-Correa, E. M., Otero, M., Nadais, H., Esteves, V. I. (2015). Application of pyrolysed agricultural biowastes as adsorbents for fish anaesthetic (MS-222) removal from water. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 112: 313-324.
- Ferreira, J. T., Schoonbee, H. J., & Smit, G. L. (1984). The uptake of the anaesthetic benzocaine hydrochloride by the gills and the skin of three freshwater fish species. *Journal of Fish Biology*, 25(1): 35-41.
- Fleming, G. J., Heard, D. J., Floyd, R. F., Riggs, A. (2003). Evaluation of propofol and medetomidine–ketamine for short-term immobilization of Gulf of Mexico sturgeon (*Acipenser oxyrinchus desotii*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 34(2): 153-158.
- Freyhof, J., Kottelat, M. (2008). *Hucho hucho*. IUCN Red List of Threatened Species, 1-3.
- Froese, R., Pauly, D. (2012). Fishbase www.fishbase.org. World wide web electronic publication, 1 s.

- Geist, J., Kolahsa, M., Gum, B., & Kuehn, R. (2009). The importance of genetic cluster recognition for the conservation of migratory fish species: the example of the endangered European huchen *Hucho hucho* (L.). *Journal of Fish Biology*, 75(5): 1063-1078.
- Gritsenko, O. F. (1974). Sakhalinskii taimen *Hucho perryi* (Brevoort) reki Bogatoi (vostochnoe poberezh'e Sakhalina) (Sakhalin taimen of Bogatoi river, eastern coast of Sakhalin). *Izvestia Tikhookeanskogo Nauchno-issule-dovatel'skogo Instituta Rybnogo Khoziasistva i Okeanografii (TINRO)*, 93: 91-100.
- Grizzle, J. M., Plumb, J. A. (1983). Etomidate as an anesthetic for fish: its toxicity and efficacy. *Transactions of the American Fisheries Society*, 112(4): 544-550.
- Günther, A. C. L. G. (1866). *Catalogue of the fishes in the British Museum*, Vol 6. British Museum Trustees, London, 114-152.
- Guo, F. C., Teo, L. H., Chen, T. W. (1995). Effects of anaesthetics on the oxygen consumption rates of platyfish *Xiphophorus maculatus* (Günther). *Aquaculture Research*, 26(12): 887-894.
- Hajek, G. J., Klyszejko, B. (2004). The effects of Propiscin [etomidate] on the behaviour, heart rate, and ventilation of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyologica et piscatoria*, 2 (34).
- Hamáčková, J., Kouřil, J., Kozák, P., a Stupka, Z. (2006). Clove oil as an anaesthetic for different freshwater fish species. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 12(2), 1-10.
- Hanel, L. Novák, J. 2007. České názvy živočichů V. Ryby a rybovití obratlovci (Pisces), 5., paprskoploutví (Actinopterygii), kostnatí (Neopterygii), stříbrnicotvaří (Argentiniformes) — asové (Lophiiformes). *Národní muzeum (zoologické oddělení)*, Praha, 92 s.
- Hanel, L., Lusk, S., Andreska, J. (2013). Huchen in the Czech Republic: A review. *Fisheries & Aquatic Life*, 21(3): 143-154.
- Hansen, M. K., Nymoen, U., Horsberg, T. E. (2003). Pharmacokinetic and pharmacodynamic properties of metomidate in turbot (*Scophthalmus maximus*) and halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*, 26(2): 95-103.
- Harms, C.A. Fish. In: Fowler, M.E., Miller, R.E, eds. (2003). *Zoo and Wild Animal Medicine*, 5th ed. St. Louis: W.B. Saunders, 2–20.
- Harms, C. A. (1999). Anesthesia in fish. *Zoo & Wild Animal Medicine Current Therapy*, 4: 158-163.

- Harms, C. A., Bakal, R. S. (1994). Techniques in fish anesthesia. In American Association of Zoo Veterinarians Annual Proceedings, 202-210.
- Harms, C. A., Bakal, R.S. (1995): Techniques in fish anesthesia. *J Sm Exot Anim Med* 3: 19-25.
- Harper, C. (2003). Status of clove oil and eugenol for anesthesia of fish. *Aquaculture Magazine*. 41-42.
- Hikasa Y, Takase K, Ogasawara T, Ogasawara S. (1986). Anesthesia and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the carp, *Cyprinus carpio*. 341-351.
- Hogan, Z., Jensen, O. (2013). *Hucho taimen*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland, 1-3.
- Holčík, J. (1990). Conservation of the huchen, *Hucho hucho* (L.) (Salmonidae) with special reference to Slovakian rivers—J. *Fish Biol*, 37 (Suppl A): 113-121.
- Holčík, J. (1995). Threatened fishes of the world: *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758) (Salmonidae). *Environmental biology of fishes*, 43(1): 105-106.
- Holčík, J., Hensel, K., Nieslanik, J., Skácel, L. (1988). Taxonomy, Systematics and Evolution. In *The Eurasian Huchen, Hucho hucho*. Springer, Dordrecht, 1-40.
- Holloway, A. C., Keene, J. L., Noakes, D. G., Moccia, R. D. (2004). Effects of clove oil and MS-222 on blood hormone profiles in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum. *Aquaculture Research*, 35(11): 1025-1030.
- Holzer G (2011). Habitat characterization of Danube salmon redds in the river Pielach/Habitatbeschreibung von Huchenlaichplätzen an der Pielach. *Österr. Fisch*. 64: 54-69.
- Hoskonen, P., Pirhonen, J. (2004). Temperature effects on anaesthesia with clove oil in six temperate-zone fishes. *Journal of Fish Biology*, 64(4): 1136-1142.
- Hseu, J. R., Yeh, S. L., Chu, Y. T., Ting, Y. Y. (1996). Effects of anesthesia with 2-phenoxyethanol on the hematological parameters of four species of marine teleosts. *臺灣水產學會刊*, 23(1): 43-48.
- Hseu, J. R., Yeh, S. L., Chu, Y. T., Ting, Y. Y. (1997). Different anesthetic effects of 2-phenoxyethanol on four species of teleost. , 24(3): 185-191.
- Hseu, J. R., Yeh, S. L., Chu, Y. T., Ting, Y. Y. (1998). Comparison of efficacy of five anesthetics in goldlined sea bream, *Sparus sarba*. *Acta Zoologica Taiwanica*, 9(1): 35-41.

- Chaieb, K., Hajlaoui, H., Zmantar, T., Kahla-Nakbi, A. B., Rouabhia, M., Mahdouani, K., Bakhrouf, A. (2007). The chemical composition and biological, 501-506.
- Cho G.K., D.D. Heath, (2000). Comparison of tricaine methanesulphonate (MS 222) and clove oil anesthesia effects on the physiology of juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). *Aquaculture Res.*, 31: 537-546.
- Ihut, A., Zitek, A., Weiss, S., Ratschan, C., Holzer, G., Kaufmann, T., ... & Miresan, V. (2014). Danube salmon (*Hucho hucho*) in Central and South Eastern Europe: A review for the development of an international program for the rehabilitation and conservation of Danube salmon populations. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 71(2): 86-101.
- Ivaška, S. (1951). Hlavátka, jej lov a umelý chov. Vyd. Tatran. Bratislava, 80 s.
- Iwama, G. K., McGeer, J. C., Pawluk, M. P. (1989). The effects of five fish anaesthetics on acid–base balance, hematocrit, blood gases, cortisol, and adrenaline in rainbow trout. *Canadian journal of zoology*, 67(8): 2065-2073.
- Jensen, O. P., Gilroy, D. J., Hogan, Z., Allen, B. C., Hrabik, T. R., Weidel, B. C., ... Vander Zanden, M. J. (2009). Evaluating recreational fisheries for an endangered species: a case study of taimen, *Hucho taimen*, in Mongolia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66(10): 1707-1718.
- Jordan, D. S., Snyder, J. O. (1902). A review of the salmonoid fishes of Japan. *Proceedings of the United States National Museum*, 614-659.
- Kawamura, H., Yonekawa, T., Mabuchi, M. (1983). The Japanese huchen, *Hucho perryi* (BREVOORT), collected in brackish water Lake Akkeshi, eastern Hokkaido, Japan. *Scientific Reports of the Hokkaido Fish Hatchery (Japan)*, 47-55.
- Kazuń, K., & Siwicki, A. K. (2012). Propiscin—a safe new anaesthetic for fish. *Fisheries & Aquatic Life*, 20(3): 173-177.
- Kazuń, K., Siwicki, A. K. (2001). Propiscin—a safe new anaesthetic for fish. *Fisheries & Aquatic Life*, 9(2): 183-190.
- Keene JL, Noakes DLG, Moccia RD, Soto CG. 1998. The efficiency of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquacult Res* 29: 89-101.
- Kennedy, W. A. (1953). Growth, maturity, fecundity and mortality in the relatively unexploited whitefish, *Coregonus clupeaformis*, of Great Slave Lake. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 10(7), 413-441.

- Kifa, M. I. (1974): Materialy po ekologii neresta lenka (*Brachyrnystax lenok*) i taimenya (*Hucho tairnen*) v basseine Amura. Issled. Bio!. Ryb. Prom. Okeanogr. 5: 105–108.
- Kimura S (1934). Description of the fishes collected from the Yangtze Kiang China by late Dr. K. Kishinouye and his party in 1927–1929. J Shanghai Sci Inst Sect 3-23.
- Kimura, S. (1966). On the life history of the salmonid fish, *Hucho perryi* (Brevoort), found in Nemuro, Hokkaido. Japanese Journal of Ichthyology, 14(1-3): 17-252.
- King, W., Hooper, B., Hillsgrove, S., Benton, C., Berlinsky, D. L. (2005). The use of clove oil, metomidate, tricaine methanesulphonate and 2-phenoxyethanol for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata* L.). Aquaculture Research, 36(14), 1442-1449.
- Kirillov, F. N., (1972): Ryby Yakutii. Izd. Nauka, Moskva, 24-36.
- Kolářová, J., Velíšek, J., Nepejchalová, L., Svobodová, Z., J. Kouřil, J., Hamáčková, J., Máchová, J., Piačková, V., Hajšlová, J., Holadová, K., Kocourek, V., Klimánková, E., Modrá, H., Dobšíková, R., Groch, L., Novotný, L. Anestetika pro ryby (2012). Aktualiz. vyd. Metodiky z r. 2007. Edice Metodiky pro praxi. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 24 s. ISBN 978-80-87437-44-5.
- Koller, R. (1907). Über die geographische Verbreitung des Huchens. Österr. Fisch.-Ztg, 4: 140-142.
- Kottelat, M., Freyhof, J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, 393-397.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Mikodina, J. V. (1992). Effects of anaesthetic agent Menocain on haarder *Mugil so-iuy*. Živočišná Vyroba, 37 (11): 921-926.
- Kouřil, J., Mareš J., Pokorný J., Adámek Z., Randák T., Kolářová J., Palíková, M. (2008). Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, 18 s. ISBN 978-80-85887-80-8.
- Kovalchuk, O. M. (2015). The first appearance of Hucho (Salmonidae) in the fossil record of Eastern Europe. Vestnik zoologii, 49(5): 413-420.
- Král, J. (1988). Sledování účinnosti Menocainu (spofa) (natrium hydrogen sulfátu etylesteru kyseliny 3-amonibenzoové), nového anestetika pro ryby. Biol. Chem. Veter. (Praha), 24 (2): 11-13.

- Král, J., Svobodová, Z. (1998). Menocain čs. Anestetikum pro ryby. VÚHR Vodňany edice Metodik, 1990, 37: 8.
- Krauss, H., (1933): Der Drauhuchen, seine Lebensweise, Wanderung und die zu seinem Schutz 2-35.
- Küçük, S. (2010). Efficacy of tricaine on *Peocilia latipinna* at different temperatures and concentrations. African Journal of Biotechnology, 9(5): 1-5.
- Kumlu, M., Yanar, M. (1999). Effects of the anesthetic quinaldine sulphate and muscle relaxant diazepam on sea bream juveniles (*Sparus aurata*), 1-5.
- Le Francois, N., Jobling, M., Carter, C., Blier, P. (2009). Finfish aquaculture: Species selection for diversification. CABI International, Oxforshire, UK, 43-362.
- Lepič, P., Stará, A., Turek, J., Kozák, P., Velíšek, J. (2014). The effects of four anaesthetics on haematological and blood biochemical profiles in vimba bream, *Vimba vimba*. Veterinarni Medicina, 59(2): 81-87.
- Levanidov, V. YA., (1951): Pitanie taimenya v predgornykh pritokakh Amura. Byull. MOIP, Otd. BioI. 56: 31-38.
- Levanidov, V. YA., (1959):Pitanie i.pishchevye otnosheniya ryb.v.predgornykh pritokakh nizhnego techeniya.Amura. Vopr. Ikhtiol. (13): 139-155.
- Lever, C. (1996). Naturalized fishes of the world. Academic Press, 408.
- Linnaeus, C. (1758). Systema Naturae, Ed. X. Nantes and Pisces.
- Malmstrøm, T., Salte, R., Gjøen, H. M., Linseth, A. (1993). A practical evaluation of metomidate and MS-222 as anaesthetics for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). Aquaculture, 113(4): 331-338.
- Maren, T. H., Embry, R., Broder, L. E. (1968). The excretion of drugs across the gill of the dogfish, *Squalus acanthias*. Comparative biochemistry and physiology, 26(3): 1-12.
- Marić, S., Alekseyev, S., Snoj, A., Askeyev, O., Askeyev, I., Weiss, S. (2014). First mtDNA sequencing of Volga and Ob basin taimen *Hucho taimen*: European populations stem from a late Pleistocene expansion of *H. taimen* out of western Siberia and are not intermediate to *Hucho hucho*. Journal of fish biology, 85(2): 1-10.
- Marsic-lucic, J., Mladineo, I., Tudor, M. (2005). Comparative effectiveness of 2-phenoxyethanol and Propiscin as anesthetics for juvenile sea bass *Dicentrarchus labrax* L. Aquaculture International, 13(6): 1-12.

- Matveev, V., Nishihara, H., Okada, N. (2007). Novel SINE families from salmon validate Parahucho (Salmonidae) as a distinct genus and give evidence that SINEs can incorporate LINE-related 3'-tails of other SINEs. *Molecular biology and evolution*, 24(8): 1-11.
- McCarter, N. (1992). Sedation of grass carp and silver carp with 2-phenoxyethanol during spawning. *The Progressive Fish-Culturist*, 54(4): 263-265.
- McDowell, R. M. (1998). Salmonidae. In: Paxton, J. R., Eschmeyer, W. N., eds. *Encyclopedia of Fishes*. Academic Press, San Diego, 114–116.
- Mercy, T. A., Malika, V., Sajan, S. (2013). Use of tricaine methanesulfonate (MS-222) to induce anaesthesia in *Puntius denisonii* (Day, 1865) (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae), a threatened barb of the Western Ghats, India. *Journal of Threatened Taxa*, 1-6.
- Misharin, K. I., Shutilo, N. V. (1971). Taimen: its morphology, biology & harvesting. *Newsl BGSRI Irkutsk State Univ*, 24, 58-105.
- Mori, T. (1928). On the fresh water fishes from the Yalu River, Korea, with descriptions of new species. *J. Chosen Nat. Hist. Soc.*, 54-70.
- Nagababu, E., & Lakshmaiah, N. (1992). Inhibitory effect of eugenol on non-enzymatic lipid peroxidation in rat liver mitochondria. *Biochemical Pharmacology*, 43(11): 2393-2400.
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 261501, Tricaine. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tricaine>. Accessed Jan. 8, 2022.
- Neiffer, D. L., Stamper, M. A. (2009). Fish sedation, anesthesia, analgesia, and euthanasia: considerations, methods, and types of drugs. *ILAR journal*, 50(4): 343-360.
- Nelson, J. S. (1994). *Fishes of the World*, 3rd edn John Wiley & Sons New York, 100-232.
- Nelson, J. S. (2007): *Fishes of the World*. 4th ed. Department of Biological Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada. John Wiley & Sons, Inc. 199–204.
- Nikolskii, G V. (1956). *Ryby basseina Amura (Fishes of the Amur River Basin)*, Moscow: Akad. Nauk SSSR.
- Ocock J., Baasanjav G., Baillie J.E.M, Erbenabat M., KottelatM., Mendsaikhan B., Smith K. (2006) – *Mongolian RedList of Fishes. Regional Red List Series Vol. 3 – Zoological Society of London*, London, 7-65.
- Öğretmen, F., Gölbası, S., & Kutluyur, F. (2016). Efficacy of clove oil, benzocaine, eugenol, 2-phenoxyethanol as anaesthetics on shabbout fish (*Barbus grypus* Heckel, 1843). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15(1): 470-478.

- Öğretmen, F., Gölbaşı, S., Inanan, B. E., Kizak, V., Kayim, M. (2014). Use of clove oil and eugenol to anesthetize fingerling Shabut *Barbus grypus*. North American Journal of Aquaculture, 76(1): 9-13.
- Oikawa, S., Takeda, T., Itazawa, Y. (1994). Scale effects of MS-222 on a marine teleost, porgy *Pagrus major*. Aquaculture, 121(4): 369-379.
- Oskay, Y., Cetin, B., Şerifoğlu, N., Arslan-Ergül, A., Adams, M. M. (2018). A novel, low-cost anesthesia and injection system for zebrafish researchers. Zebrafish, 15(2): 85-95.
- Pallas, P. S., (1773). Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs. 2. Acad. Sci., St. Petersburg. 744.
- Păsărin, B. (2007). Salmonicultură practică, Editura Alfa, 69-71.
- Pennell, W., & Barton, B. A. (Eds.). (1996). Principles of salmonid culture. Elsevier. 1-218.
- Podlesny, A.V., (1958). Yenisei fish, their living conditions and use, Izv. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Ozern. Rechn. Rybn. Khoz., 44: 97-178.
- Popiołek, M., Kuszniarz, J., Kotusz, J., & Witkowski, A. (2013). Parasites of *Hucho hucho* (L.), *Hucho taimen* (Pall.), and *Parahucho perryi* (Brevoort) (Salmonidae, Actinopterygii)—the state of knowledge. Fisheries & Aquatic Life, 21(3): 233-239.
- Pravdin, I. F. (1949). Taimen—*Hucho hucho* (Pallas). Promyslovye rbyby SSSR. Opisanija ryb. Pishchepromizdat, Moskva, 205-207.
- Prawochensky R., Kolder W. (1968). Synopsis of biological data on *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758). Food and Agriculture Organization on the United Nations Rome, 32 s.
- Prieto, A., Fajer, E., Barrera, M. (1976). Utilizacion del MS222 en la anguilla americana (*Anguilla rostrata*, Le Suer). Contribuciones del Direccion de Acuicultura, La Habana, Cuba, 25-31.
- Prince, A., Powell, C. (2000). Clove oil as an anesthetic for invasive field procedures on adult rainbow trout. North American Journal of Fisheries Management, 1-4.
- Příhoda, J., 2006. Chov lososovitých ryb. Vyd. Style, Žilina. 209 s.
- Rand, P. S. (2010). *Hucho perryi*. IUCN red list of threatened species. Version, 1-4.
- Rand, P. S. (2013). Current global status of taimen and the need to implement aggressive conservation measures to avoid population and species-level extinction. Fisheries & Aquatic Life, 21(3): 119-128.

- Rand, P.S. 2006. *Hucho perryi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T61333A12462795.
- Randall, D. J. (1962). Effect of an anaesthetic on the heart and respiration of teleost fish. *Nature*, 195(4840), 506-506.
- Ratschan, C. (2012). Maximum size and distribution limits of the Danube salmon (*Hucho hucho*) as a function of river size and geology in Austria and Bavaria. In II International Hucho Symposium, s. 19-22.
- Ratschan, C. (2014). Aspekte zur Gefährdung und zum Schutz des Huchens in Österreich. *Denisia*, 33: 443-462.
- Ross, L. G. (2001). Restraint, anaesthesia and euthanasia. In BSAVA manual of ornamental fish, s. 75-84.
- Ross, L. G., Ross, B. (1984). Anaesthetic and sedative techniques for fish. Institute of aquaculture, University of Stirling, 23-185.
- Ross, L. G., Ross, B. (2009). Anaesthetic and sedative techniques for aquatic animals. John Wiley & Sons, 62-185.
- Rothwell S.E., Black S.E., Jerrett A.R., Forster M.E.. (2005). Cardiovascular changes and catecholamine release following anaesthesia in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and snapper (*Pagrus auratus*). *Comp Biochem Physiol* 140: 289-298.
- Roubach, R., Gomes, L. C., Leão Fonseca, F. A., & Val, A. L. (2005). Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research*, 36(11): 2-6.
- Roubach, R., Gomes, L. D. C., & Val, A. L. (2001). Safest level of tricaine methanesulfonate (MS-222) to induce anesthesia in juveniles of matrinxã, *Brycon cephalus*. *Acta Amazonica*, 31: 159-163.
- Sabaneev, L. P., (1911). *Ryby Rossii*. 3rd ed. Izd. Kartsev, Moskva.
- Scognamiglio, J., Jones, L., Letizia, C. S., & Api, A. M. (2012). Fragrance material review on 2-phenoxyethanol. *Food and chemical toxicology*, 50: 244-255.
- Sedgwick, C. J. (1986). Anesthesia for fish. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 2(3): 737-742.

- Shaluei, F., Hedayati, A., Jahanbakhshi, A., Baghfalaki, M. (2012). Physiological responses of great sturgeon (*Huso huso*) to different concentrations of 2-phenoxyethanol as an anesthetic. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(6): 1-8.
- Shelton, W. L., Rothbard, S. (2006). Exotic species in global aquaculture-A review, 1-24.
- Sigunov, P. (1972). Taimen'i istorii (Stories about taimen). *Ozherelie Dzhekhangria (Necklace of Dzhekhangir)*, 71-92.
- Skácel, L. (1976): Súčasný stav a rozsirenie hlavatky podunajskej (*Hucho hucho* L.) a perspektiva aklimatizacnych pokusov na Slovensku a v zahranici. In: Hlavatka podunajska. Compiled papers. *Priroda*, Bratislava, 11 s.
- Sladký, K. K., Swanson, C. R., Stoskopf, M. K., Loomis, M. R., Lewbart, G. A. (2001). Comparative efficacy of tricaine methanesulfonate and clove oil for use as anesthetics in red pacu (*Piaractus brachypomus*). *American journal of veterinary research*. 1-7.
- Sneddon, L. U. (2012). Clinical anesthesia and analgesia in fish. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 21(1): 32-43.
- Song, Z. (2012). *Hucho bleekeri*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3.
- Stetter, M. D. (2001). Fish and amphibian anesthesia. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 4(1): 69-82.
- Summerfelt, R. C. (1990). Anesthesia, surgery, and related techniques. *Methods for fish biology*, 213-272.
- Sutili, F. J., Gressler, L. T., Baldisserotto, B. (2014). Clove Oil, eugenol effective anesthetics for silver catfish, other Brazilian species. *The Global Aquaculture Advocate*.
- Svačina, P., Příborský, J., Blecha, M., Polícar, T., Velíšek, J. (2016). Haematological and biochemical response of burbot (*Lota lota* L.) exposed to four different anaesthetics. *Czech Journal of Animal Science*. 1-7.
- Szkudlarek, M., Zakęs, Z. (1996): Using Propiscin to induce general anesthesia in pikeperch. *Komun. Ryb.* 6: 7-8.
- Šubjak, J. (2013). Observations of food and feeding of angler-caught huchen, *Hucho hucho* (L.), in Slovak rivers in winter. *Fisheries & Aquatic Life*, 21(3): 1-6.
- Taylor, P. W., and S. D. Roberts. 1999. Clove oil: an alternative anesthetic for aquaculture. *North American Journal of Aquaculture* 61: 150-155.

- Thomas, P., Robertson, L. (1991). Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldine sulfate and metomidate. *Aquaculture*, 96(1): 69-86.
- Thorpe, J. E. (1988). Salmon migration. *Science Progress* (1933-), 345-370.
- Topic Popovic, N., Strunjak-Perovic, I., Coz-Rakovac, R., Barisic, J., Jadan, M., Persin Berakovic, A., Sauerborn Klobucar, R. (2012). Tricaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(4): 1-12.
- Velíšek, J., Svobodová, Z. (2004). Anaesthesia of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with 2-phenoxyethanol: acute toxicity and effects on biochemical blood profile. 1-6.
- Velíšek, J., Wlasow, T., Gomulka, P., Svobodova, Z., Novotný, L. (2007). Effects of 2-phenoxyethanol anaesthesia on sheatfish (*Silurus glanis* L.). 1-8.
- Vladykov, V. D. (1963). A review of salmonid genera and their broad distribution. *Trans. Roy. Soc. Can.*, 1: 459-505.
- Wang, F., Zhang, Y. Q., Yin, J., China, H. (2009). A preliminary comparison of the biology character among *Hucho bleekeri*, *Hucho taimen* and *Hucho ishikawai* Mori. *Chinese Journal of Fisheries*, 22(1): 59.
- Wang, Y., Guo, R., Li, H., Zhang, X., Du, J., & Song, Z. (2011). The complete mitochondrial genome of the Sichuan taimen (*Hucho bleekeri*): repetitive sequences in the control region and phylogenetic implications for Salmonidae. *Marine genomics*, 4(3): 1-8.
- Wedemeyer, G. A. (1997). Effects of rearing conditions on the health and physiological quality of fish in intensive culture. *Fish stress and health in aquaculture*, 35-71.
- Weyl, O., Kaiser, H., Hecht, T. (1996). On the efficacy and mode of action of 2-phenoxyethanol as an anaesthetic for goldfish, *Carassius auratus* (L.), at different temperatures and concentrations. *Aquaculture Research*, 27(10): 1-10.
- Woody, C. A., Nelson, J., Ramstad, K. (2002). Clove oil as an anaesthetic for adult sockeye salmon: field trials. *Journal of fish Biology*, 60(2): 1-8.
- Wu, X. W. (1979). *The Economic Fauna of China: Freshwater Fishes*. Science Press, 12–16.
- Yamashiro, S. (1965). Age and growth of ITO (*Hucho perryi*) in northeastern Hokkaido. *Bull. Japanese Society Sci. Fish.*, 31: 1-7.
- Yue, P.Q., Chen, Y.Y. (1998) *China Red Data Book of endangered animals – Pisces*. Science Press, Beijing, Hong Kong, New York, 32–34.

- Zakęs, Z., Szczepkowski, M., Partyka, K., & Wunderlich, K. (2013). Effect of gonadotropin hormonal stimulation on out-of-season propagation success of different year classes of indoor-reared pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)). *Aquaculture International*, 21(4): 1-8.
- Zbořil, J., Absolon, K. (1916). Zoologická pozorování z okolí hodonínského. *Časopis moravského muzea zemského*. 15: 3-12.
- Zhou, Y.J., Wu, W.R. (1987) A preliminary research for the conditions of spawning ground and the spawning habit of *Hucho bleekeri* Kimura in the Dachuan He, Sichuan. *Acta Hydrobiol. Sin.* 4: (in Chinese). 11–14
- Zolotukhin, S. F., Semenchenko, A. U., Belyaev, V. A. (2000). Taimen and lenok of Russian Far East. Khabarovsk: Khabarovskaya Kraevaya Tipografiya, 128.

8. Seznam tabulek, obrázků a příloh

Seznam tabulek:

Tabulka 1. Doporučené dávky Eugenolu pro anestezii vybraných druhů ryb.....	17
Tabulka 2. Doporučené dávky hřebíčkového oleje pro anestezii vybraných druhů ryb	17
Tabulka 3. Doporučené a testované dávky MS-222 pro anestezii vybraných druhů ryb.....	19
Tabulka 4. Doporučené a testované dávky 2- fenoxxyethanolu pro anestezii vybraných.....	21
Tabulka 5. Doporučené a testované dávky Propiscinu pro anestezii vybraných druhů ryb.....	22
Tabulka 6. Průměrné váhy a délky hlavatek při provádění anestezie v lokalitách Vodňany a Mydlovary.....	41
Tabulka 7. Použité dávky eugenolu při 5 teplotách, průměrná váha a celková délka sledovaných ryb.....	42

Seznam obrázků:

Obr. č.1. Chemická struktura Eugenolu.....	17
Obr. č. 2. Chemická struktura MS-222.....	18
Obr. č.3. Chemická struktura 2-fenoxxyethanolu.....	20
Obr. č.4. Struktura Etomidátu (Propiscin).....	22
Obr. č. 5. Hlavatka obecná (Hucho hucho).....	26
Obr. č. 6. Výskyt hlavatky obecné (Hucho hucho).....	27
Obr. č. 7. Hlavatka sibiřská (Hucho taimen).....	30
Obr. č. 8. Výskyt hlavatky sibiřské (Hucho taimen).....	31
Obr. č. 9. Hlavatka čínská (Hucho bleekeri).....	34
Obr. č. 10. Mapa znázorňující výskyt hlavatky čínské (Hucho bleekeri).....	34
Obr. č. 11. Hlavatka japonská (Parahucho perryi).....	36
Obr. č. 12. Mapa s rozšířením hlavatky japonské (Parahucho perryi).....	37
Obr. č. 13. Mapa znázorňující možný výskyt hlavatky korejské (Hucho ishikawae).....	38
Obr. č. 14. Recirkulační systém experimentálního pracoviště (VÚHR).....	39
Obr. č. 15. Vpravo rybí líheň Mydlovary.....	39
Obr. č. 16. Hlavatka obecná (Hucho hucho) o délce 9,8 cm a váze 4,83 g.....	40
Obr. č. 17. Hlavatka obecná (Hucho hucho) o délce 24,5 cm a váze 123 g.....	40
Obr. č. 18. Hlavatka obecná (Hucho hucho) o délce 36,5 cm a váze 470 g.....	41
Obr. č. 19 Fotografie Eugenolu.....	42
Obr. č. 20. Fotografie 2-fenoxxyethanolu.....	42
Obr. č. 21. Fotografie MS-222.....	42
Obr. č. 22. Fotografie Propiscinu.....	42

Seznam příloh:

Tabulka 8. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění u všech teplot u Eugenolu.....	80
Tabulka 9. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění MS-222.....	81
Tabulka 10. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění 2-fenoxyethanolu.....	81
Tabulka 11. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění Propiscinu.....	81
Tabulka 12. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění rozdílných hmotnostních kategorií.....	81

9. Přílohy

Tabulka 8. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění u všech teplot u Eugenolu.

Anestezie, s ⁻¹ , Eugenol						
	0,020 ml.l ⁻¹	0,025 ml.l ⁻¹	0,030 ml.l ⁻¹	0,035 ml.l ⁻¹	0,040 ml.l ⁻¹	Teplota
2.fáze	51,5 ± 15,1	24,8 ± 6,19	16 ± 2,72	12,9 ± 0,94	9,8 ± 2,31	5 °C
2.fáze	21,3 ± 4,05	16,3 ± 2,33	15 ± 1,84	11 ± 1,48	9,5 ± 1,62	7,5 °C
2.fáze	15 ± 1,41	10,8 ± 1,32	8,8 ± 2,31	8,3 ± 1,79	6,7 ± 1	10 °C
2.fáze	14,1 ± 1,22	12,2 ± 1,66	8 ± 1,61	7,7 ± 0,64	6,2 ± 0,87	12,5 °C
2.fáze	38,3 ± 8,08	37,8 ± 3,51	24,9 ± 9,88	13,4 ± 2,97	9,5 ± 1,02	15 °C
3a fáze	168 ± 9,78	101,1 ± 17,1	90,5 ± 18,03	76,4 ± 16,37	77,71 ± 12,9	5 °C
3a fáze	107,8 ± 15,9	82,9 ± 10,67	80,4 ± 11,39	48,7 ± 16,13	58,4 ± 8,08	7,5 °C
3a fáze	89,9 ± 5,59	81,5 ± 8,07	75,4 ± 4,69	72,1 ± 3,08	64,1 ± 3,2	10 °C
3a fáze	79 ± 8,75	68,1 ± 7,13	74,8 ± 7,56	61,9 ± 10,05	48,3 ± 4,19	12,5 °C
3a fáze	171 ± 21,09	102,9 ± 11,5	66,7 ± 8,24	69,6 ± 3,92	62 ± 9,9	15 °C
3b fáze	438,4 ± 70,2	382,5 ± 96,8	270 ± 36,22	252,8 ± 57,1	237,4 ± 52,9	5 °C
3b fáze	305,2 ± 27,4	212,5 ± 19,6	180,1 ± 41,5	143,5 ± 22,6	136,9 ± 34,8	7,5 °C
3b fáze	226,7 ± 63,1	200,2 ± 20,2	165 ± 37,02	127,5 ± 5,9	116,3 ± 5,86	10 °C
3b fáze	213,7 ± 79,9	130,3 ± 11,5	120 ± 15,07	105,8 ± 5,56	83,8 ± 12,67	12,5 °C
3b fáze	552,2 ± 14,9	269,7 ± 30,8	136,1 ± 13,3	162,8 ± 5,13	100,6 ± 5,96	15 °C
4.fáze	0	0	0	0	528,7 ± 54	5 °C
4.fáze	0	0	0	584,2 ± 7,95	485,4 ± 14,3	7,5 °C
4.fáze	574,3 ± 24,9	440,2 ± 34,7	408,6 ± 35,1	296,8 ± 31,9	295 ± 10,8	10 °C
4.fáze	565,7 ± 8,1	433,8 ± 25	392,5 ± 27,8	292,8 ± 47,2	248 ± 22,65	12,5 °C
4.fáze	0	462,8 ± 53	338,4 ± 22,2	302,3 ± 46,7	289,2 ± 14,9	15 °C
3b fáze	0	0	0	0	366,8 ± 25,6	5 °C
3b fáze	0	0	0	256,8 ± 68,2	318 ± 126,93	7,5 °C
3b fáze	136,6 ± 76,7	180,6 ± 15,2	196,6 ± 53,7	210,6 ± 67,2	206,6 ± 49,3	10 °C
3b fáze	132,7 ± 49,8	117,9 ± 24,8	118,2 ± 45,7	119,1 ± 27,6	127,6 ± 45,1	12,5 °C
3b fáze	0	125,8 ± 38,9	159,4 ± 66,7	162,8 ± 47	160,4 ± 41,1	15 °C
3a fáze	153,2 ± 77,1	204,8 ± 56,9	384,5 ± 99,7	586,5 ± 168	705,1 ± 94,4	5 °C
3a fáze	307,3 ± 92,2	381,5 ± 112	421,5 ± 198	650,3 ± 152	587,1 ± 103	7,5 °C
3a fáze	175,7 ± 42,3	234,3 ± 17,7	343,8 ± 38,4	291,7 ± 51,3	273,7 ± 39,1	10 °C
3a fáze	182,1 ± 46,7	186,4 ± 38,4	237,6 ± 26,2	255,8 ± 25,4	379,2 ± 39,7	12,5 °C
3a fáze	69 ± 4,95	197,3 ± 13,4	337,5 ± 60,4	365 ± 59,8	349,8 ± 37,8	15 °C
2.fáze	262 ± 68,95	352,2 ± 50	445,5 ± 84,7	697,2 ± 138	733,1 ± 53,4	5 °C
2.fáze	386 ± 121,98	446,2 ± 96,5	615,5 ± 254	671,9 ± 122	607 ± 133	7,5 °C
2.fáze	224,5 ± 40,8	298,3 ± 8,06	366,3 ± 35,7	319,4 ± 40,9	309,3 ± 58,5	10 °C
2.fáze	198,2 ± 33	209,2 ± 28,5	268,6 ± 27,7	292,3 ± 22,3	417,2 ± 27,8	12,5 °C
2.fáze	81,25 ± 18,2	219,6 ± 20,5	364,1 ± 33,3	479,8 ± 65,9	488,4 ± 64,6	15 °C

Tabulka 9. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění MS-222.

Anestezie, s ⁻¹ , MS-222, 10 °C					
	60 mg.l ⁻¹	80 mg.l ⁻¹	100 mg.l ⁻¹	120 mg.l ⁻¹	140 mg.l ⁻¹
2.fáze	22,1 ± 3,93	13,9 ± 1,57	10,2 ± 2,52	6,6 ± 1,2	6,4 ± 0,91
3a fáze	104,6 ± 7,49	70,3 ± 8,43	57,4 ± 5,57	53,2 ± 6,38	32 ± 3,43
3b fáze	175,5 ± 7,37	93,3 ± 6,64	72,5 ± 4,34	70 ± 4,83	59,1 ± 11,05
4.fáze	0	433,5 ± 23,49	356,7 ± 60,46	211,8 ± 34,81	190,2 ± 33,75
3b fáze	0	93,2 ± 9,67	159,3 ± 37,87	212,1 ± 43,9	394,7 ± 215,7
3a fáze	65,3 ± 24,12	127,8 ± 8,21	249 ± 90,82	291,4 ± 46,28	406 ± 229,93
2.fáze	116,2 ± 14,79	130,7 ± 21,26	255,6 ± 83,54	301,3 ± 47,87	430,5 ± 231,5

Tabulka 10. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění 2-fenoxyethanolu.

Anestezie, s ⁻¹ , 2-fenoxyethanol, 10 °C					
	0,40 ml.l ⁻¹	0,45 ml.l ⁻¹	0,50 ml.l ⁻¹	0,55 ml.l ⁻¹	0,60 ml.l ⁻¹
2.fáze	12,1 ± 1,3	10,7 ± ,61	8,7 ± 1,9	7,4 ± 0,66	7 ± 0,89
3a fáze	62,9 ± 7,76	51,3 ± 5,76	37,2 ± 2,4	39,2 ± 5,3	32,8 ± 3,89
3b fáze	232,1 ± 36,65	129,5 ± 15,23	99,1 ± 11,76	94,4 ± 9,81	71,5 ± 7,13
4.fáze	0	323,2 ± 16,35	285,5 ± 12,86	222,8 ± 26,67	201,8 ± 19,98
3b fáze	0	81,7 ± 25,94	125,4 ± 18,42	100,5 ± 29,55	104,4 ± 7,85
3a fáze	67,1 ± 8,85	100,7 ± 16,7	156,1 ± 16,3	133,8 ± 14,15	163,5 ± 13,73
2.fáze	103 ± 12,68	125,02 ± 16,5	195,5 ± 42,72	164,2 ± 10,53	188,1 ± 5,76

Tabulka 11. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění Propiscinu.

Anestezie, s ⁻¹ , Propiscin, 10 °C					
	0,5 ml.l ⁻¹	0,75 ml.l ⁻¹	1 ml.l ⁻¹	1,25 ml.l ⁻¹	1,5 ml.l ⁻¹
2.fáze	22,4 ± 2,97	21,9 ± 1,57	15,4 ± 2,87	11,5 ± 0,92	11,2 ± 1,16
3a fáze	81,9 ± 17,99	42,7 ± 6,92	34,9 ± 4,84	25,1 ± 3,14	28,1 ± 1,13
3b fáze	340,3 ± 27,23	169,5 ± 40,41	124,7 ± 24,64	94,6 ± 32,06	71 ± 6,19
4.fáze	0	453,2 ± 52,77	419,6 ± 47,52	277,6 ± 39,01	242,4 ± 19,05
3b fáze	0	120,9 ± 27,18	142,8 ± 36,87	178,5 ± 12,11	201,8 ± 56,67
3a fáze	451,6 ± 134,1	550 ± 118,94	899,4 ± 274,7	485,3 ± 118,7	516,1 ± 15,73
2.fáze	518,9 ± 75,50	860,3 ± 30,87	1076,6 ± 219	659,5 ± 26,42	612 ± 19,66

Tabulka 12. Časy nástupů jednotlivých fází anestezie a odeznění rozdílných hmotnostních kategorií.

Anestezie, s ⁻¹ , Eugenol 0,03 ml.l ⁻¹ , 10 °C			
	4 g	147 g	353 g
2.fáze	10,8 ± 2,31	13,5 ± 3,26	11,2 ± 0,97
3a fáze	71,2 ± 5,94	102,5 ± 6,63	88,6 ± 12,25
3b fáze	105,6 ± 6,69	122,5 ± 7,37	105,1 ± 6,53
4.fáze	469,7 ± 33,6	368,5 ± 26,13	270,2 ± 18,05
3b fáze	195,7 ± 54,04	279,9 ± 21,93	258 ± 55,76
3a fáze	492,7 ± 76,21	538,8 ± 56	712,9 ± 100,29
2.fáze	524 ± 79,54	678,9 ± 79,03	914,4 ± 107,53

10. Abstrakt

Diplomová práce v úvodu shrnuje dosavadní známé informace o anestezii s fyziologickým působením anestetik na ryby, včetně popisu jednotlivých fází anestezie. Dále jsou uvedeny podrobné charakteristiky použitých anestetik (Eugenol, MS 222, 2-fenoxyethanol a Propiscin), popis biologie a chovu studovaného druhu ryby - hlavatky obecné (*Hucho hucho*) a příbuzných druhů. V experimentální části se práce zabývá posouzením vlivu jednotlivých anestetik (Eugenol, MS 222, 2-fenoxyethanol a Propiscin) na nástup jednotlivých fází anestezie (2, 3a, 3b, 4) a fází odeznění (3b, 3a, 2.). Není-li uvedeno jinak, průměrná kusová hmotnost použitých experimentálních jedinců se pohybovala v různém rozpětí. V případě anestetika Eugenol byl posuzován vliv teploty (v rozpětí 5-15°C) a koncentrace anestetické lázně (v rozpětí 0,02-0,04 ml.l⁻¹) a vliv různé velikosti ryb (u 3 skupin v rozpětí průměrné kusové hmotnosti 4-353g, při teplotě 10°C a koncentraci anestetika 0,03 ml.l⁻¹). Účinnost anestetik MS 222, 2-fenoxyethanol a Propiscin byla sledována pouze při teplotě 10°C, vždy při 5 různých koncentracích (MS 222 při koncentraci 60-140 mg.l⁻¹, 2-fenoxyethanol při koncentraci 0,40-0,60 ml.l⁻¹ a Propiscin při koncentraci 0,5-1,5 ml.l⁻¹). Před vlastními experimenty byly ryby několik dnů adaptovány na teploty, při nichž bylo sledování prováděno, den předcházející vlastním experimentům nebyly ryby krmeny. Délka pobytu experimentálních ryb v anestetické koupeli byla vždy 10 minut, poté byly ryby bezprostředně přeneseny do nádoby s čistou vodou o identické teplotě a pokračováno v jejich pozorování. Dosažené výsledky nástupu jednotlivých fází anestezie a jejího odeznívání u jednotlivých variant experimentu je charakterizován průměrnou délkou času v sekundách a směrodatnou odchylkou. Nejdelší časy nástupu anestezie vykazovala ve většině případů teplota 5°C a 7,5°C. Nejnížší časy nástupů anestezie vykazovala teplota 12,5°C. Průměrné hodnoty odeznění anestezie se s vyšší teplotou ve většině případů snižovaly, avšak s vyšší koncentrací se nástupy fází odeznění prodlužovaly. Nástupy jednotlivých fází anestezie a odeznění byly ovlivněny koncentrací, teplotou a hmotností. Orientační zkouška anestetik MS-222, 2-fenoxyethanolu a Propiscinu při teplotě 10°C. Zmíněná anestetika vykazovala stejný trend, postupné snižování nástupu fází anestezie se vzrůstající koncentrací. V případě MS-222 byla sledována 20% mortalita u koncentrace 140 mg.l⁻¹. Propiscin vykazuje výrazně delší čas odeznění anestezie při koncentraci 1 ml.l⁻¹. U sledovaných velikostních kategorií při teplotě 10°C a koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ Eugenolu nebyl prokázán jednoznačný trend závislosti nástupu jednotlivých fází anestezie na velikosti ryb.

11. Abstract

This diploma thesis, in the introduction, summarizes the known information about anesthesia with the physiological effect of anesthetics on fish, including a description of the various stages of anesthesia. The following are the detailed characteristics of the anesthetics used (Eugenol, MS-222, 2-phenoxyethanol and Propiscin) and describes the biology and breeding of the studied fish species - Hucho hucho and related species. The practical part of the work deals with the assessment of the influence of individual anesthetics (Eugenol, MS-222, 2-phenoxyethanol and Propiscin) on the onset of individual phases of anesthesia (2, 3a, 3b, 4) and the disappearance phase (3b, 3a, 2,). Unless otherwise stated, the average piece weight of the experimental subjects used was in the range. In the case of the anesthetic Eugenol, the effect of temperature (in the range of 5-15°C) and the concentration of the anesthetic bath (in the range of 0.02-0.04 ml.l⁻¹) and the effect of different fish sizes (in the case of 3 groups in the range of average piece weight 4-353g, at a temperature of 10°C and an anesthetic concentration of 0.03 ml.l⁻¹). The efficacy of the anesthetics MS-222, 2-phenoxyethanol and Propiscin was monitored only at 10°C, each at 5 different concentrations (MS-222 at a concentration of 60-140 mg.l⁻¹, 2-phenoxyethanol at a concentration of 0.40-0.60 ml.l⁻¹ and Propiscin at a concentration of 0.5-1.5 ml.l⁻¹). Prior to the actual experiments, the fish were adapted for several days to the temperatures at which the monitoring was performed, the day before the actual experiments the fish were not fed. The duration of the experimental fish's stay in the anesthetic bath was always 10 minutes, after which the fish were immediately transferred to a container of clean water of identical temperature and their observation was continued. The achieved results of the onset of individual phases of anesthesia and its fading in individual variants of the experiment are characterized by the average length of time in seconds and the standard deviation. In most cases, the highest onset times of anesthesia were 5°C and 7.5°C. The lowest values of the onset of anesthesia were 12.5°C. The average values of anesthesia fading decreased with higher temperature in most cases, but with higher concentration the onset of fading phases prolonged. The onset of the individual phases of anesthesia and fading were influenced by concentration, temperature, and weight. Orientation test of anesthetics MS-222, 2-phenoxyethanol and Propiscin at 10°C. The mentioned anesthetics showed the same trend, a gradual decrease in the onset of the anesthesia phases with increasing concentration. In the case of MS-222, 20% mortality was monitored at a concentration of 140 mg.l⁻¹. Propiscin shows a significantly longer time for anesthesia to subside at a concentration of 1 ml.l⁻¹. In the monitored size

categories at a temperature of 10°C and a concentration of 0.03 ml.l⁻¹ Eugenol, there was no clear trend of the dependence of the onset of individual phases of anesthesia on the size of fish.