

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta



Velikostní selektivita tenat pro běžné druhy evropských ryb

Bakalářská práce

Tomáš Dvořák

Školitelka: RNDr. Marie Prchalová, Ph.D.

České Budějovice 2012

Dvořák T. (2012). Velikostní selektivita tenat pro běžné evropské sladkovodní druhy ryb [Gillnet size selectivity for common European freshwater fish species. Bc. Thesis, in Czech,] - 31p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

Mesh size selectivity of gillnet was reviewed in this study. Gillnetting is selective method of capturing fishes. The process of catching fish in the gillnet can be influenced by doze of factors. The mesh size selectivity of gillnets can be described by statistical models and in this study the most common selectivity curves were compared for common European freshwater species.

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci 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 bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě 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 toutéž 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 dne 14.12.2012

Tomáš Dvořák

Především děkuji své školitelce RNDr. Marii Prchalové, Ph.D za všechny rady a pomoc, které mi předala. Dále bych chtěl poděkovat všem členům HBÚ, kteří mi poskytli potřebné zázemí a praxi. Poděkování patří i mé rodině, která mi byla vždy oporou.

1. ÚVOD	1
1.1 VZHLED A KONSTRUKCE TENAT.....	2
1.2 DOBA A MÍSTO LOVU	4
1.3 VELIKOST OČEK.....	5
1.4 VÝHODY A NEVÝHODY LOVU POMOCÍ TENAT	6
1.5 PRAVDĚPODOBNOST ÚLOVKU	7
1.5.1 <i>Pravděpodobnost střetnutí ryb se sítí</i>	7
1.5.2 <i>Pravděpodobnost zachycení ryb v síti</i>	8
1.5.3 <i>Pravděpodobnost udržení ryby v síti</i>	9
2. CÍLE PRÁCE.....	10
3. VELIKOSTNÍ SELEKTIVITA TENAT	10
3.1 PŘÍMÝ A NEPŘÍMÝ ODHAD SELEKTIVITY	11
3.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VELIKOSTNÍ SELEKTIVITU	12
3.3 DŮSLEDKY VELIKOSTNÍ SELEKTIVITY TENAT.....	13
3.3.1 <i>Vzorkování pro vědecké účely</i>	13
3.3.2 <i>Komerční rybolov</i>	14
3.4 KOREKCE VELIKOSTNÍ SELEKTIVITY TENAT.....	15
4. VYHODNOCENÍ VELIKOSTNÍ SELEKTIVITY TENAT.....	17
5. TYPY SELEKČNÍCH KŘIVEK A ODHAD JEJICH VHODNOSTI.....	18
5.1 NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ.....	19
5.2 NORMÁLNÍ ROZSAH	20
5.3 LOGNORMÁLNÍ	21
5.4 GAMMA	23
5.5 BIMODÁLNÍ	24
6. DISKUZE	28
7. ZÁVĚR	32
8. SEZNAM LITERATURY	33

1. Úvod

Tenata jsou jednou z nejpoužívanějších metod pasivního rybolovu. Mezi pasivní rybolovné metody patří různé pasti a sítě, které se nastražují do vodních těles. Ryby se do nich samy zachytávají. Tím pádem je zapotřebí, aby ryby vyvinuly nějakou aktivitu (vplují do sítě, do pasti, nebo se chytou na nástrahu). Tenata se využívají jak ve vědecké praxi, tak pro komerční rybolov. Ve vědecké praxi slouží tento lovný prostředek, zejména k odhadům četnosti a složení rybí obsádky. Ve většině případů je lov tenaty nepřímou metodou pro odhad rybích populací. Úlovek tenaty nám tedy neposkytne údaje o absolutní početnosti rybí populace, ale pouze vzorek délkových frekvencí lovených druhů ryb. Přesněji, tenata poskytují odhad o kvantitativní relativní četnosti a biomasy vyjádřené jako úlovek na jednotku úsilí tzv. CPUE (Catch per Unit of Effort), (EN 14757). Směrnicí pro použití tenat při odběru vzorků ryb je: Jakost vod-odběr vzorků tenatními sítěmi (ČSN 14757). Jedná se o českou verzi evropské směrnice: Water quality – sampling of fish with multi-mesh gillnets (EN 14757).

Za účelem vzorkování rybí obsádky se mohou tenata použít jako bentické, pelagické, vertikální nebo driftující sítě (Kubečka a kol., 2010). Při vzorkování nádrží se ovšem používají pouze bentická a pelagická tenata.

Pomocí tenat můžeme odhadovat různé parametry rybích populací. Tenaty odhadujeme velikostní a druhové složení populace. Z úlovků tenat můžeme dále stanovovat věkovou strukturu, poměr pohlaví nebo potravní složení.

Pro spolehlivý odhad složení a početnosti rybí obsádky potřebujeme, aby lovná metoda poskytovala co nejpřesnější data o lovené populaci. Tenata by tedy měla být schopna ulovit všechny velikosti ryb v poměru, v jakém se nacházejí v lovené nádrži. Za tímto účelem je nezbytné popsat velikostní selektivitu tenat a omezit tak nadhodnocení, či podhodnocení určitých velikostních skupin.

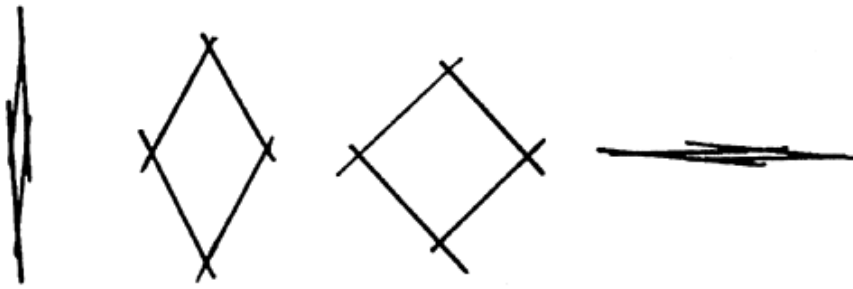
Tenata se používají po celém světě ke komerčnímu rybolovu. V některých zemích je lov tenaty důležitým zdrojem obživy. Znalost velikostní selektivity je kruciólní, jestliže chceme lovit selektivně ryby určité velikosti.

Ve své práci nejdříve popíši tenata jako lovný prostředek. Dále se pokusím zhodnotit velikostní selektivitu tenat. Popíši jaký vliv má na úlovky a to jak pro vědecké účely, tak pro komerční rybolov. Nakonec se podívám na grafické zpracování selektivity, a jak se liší modelování úlovků tenaty pro různé druhy ryb.

1.1 Vzhled a konstrukce tenat

Tenata jsou vertikální panely sítí, které jsou instalovány do vody. Každé tenato se skládá ze síťoviny (tenatoviny) spodní zátěžové a horní plovákové žíně. Nejčastěji se používají mnohoočková tenata, kde se tenato skládá z úseků síťoviny (panelů) s různými velikostmi oček. Mnohoočková tenata byla za účelem vědeckého výzkumu standardizována a metoda lovu s nimi je předmětem norem (ČSN 14757). Standardní velikost oček u mnohoočkových tenat začíná na 5 mm a pak následuje vždy 1,25 násobek tj. 6,25; 8; 10; 12,5; 15,5; 19,5; 24; 29; 35; 43 a 55 mm. Standardizovaná mnohoočková tenata jsou navržena tak, aby byla schopná ulovit všechny druhy sladkovodních ryb ve všech velikostech až po maximální možnou velikost, které dorůstají (ČSN 14757). Jinými slovy by tyto velikosti oček měly pokrýt velikostní složení rybích populací.

Síťovina je na vrchní i spodní části vpletena do žíně. Žíně jsou na tenatu kvůli manipulaci při instalaci a také slouží, k dosažení správného vertikálního postavení sítě tj., aby síť ve vodě vytvořila síťovou stěnu, přičemž horní žíně bude tenato nadnášet a spodní žíně zatěžovat. Žíně na tenatech jsou vyvážené tak, že horní žíně je vždy plovoucí a spodní vždy potápivá. Změnou délek těchto žíní můžeme měnit tzv. nakosení síťoviny (ČSN 14757, obr 1). Nakosení je vlastnost sítě, která vzniká při výrobě. Jedná se o stupeň napnutí ok. Když je nakosení nízké, oka jsou užší a lépe se do tenat zachytávají ryby s vyšším hřbetem. Když je nakosení vysoké, pak se do tenat chytají lépe ryby s oválným tvarem těla (Hamley, 1975). Ve vědecké praxi se používá nakosení 0,5 (ČSN 14757). Nakosení 0,5 znamená že tenato je vyrobené tak, aby ve vodě tvořilo oka tvarem podobná kosočtverci, jehož protilehlé úhly svírají úhel přibližně 90° (obr. 1).

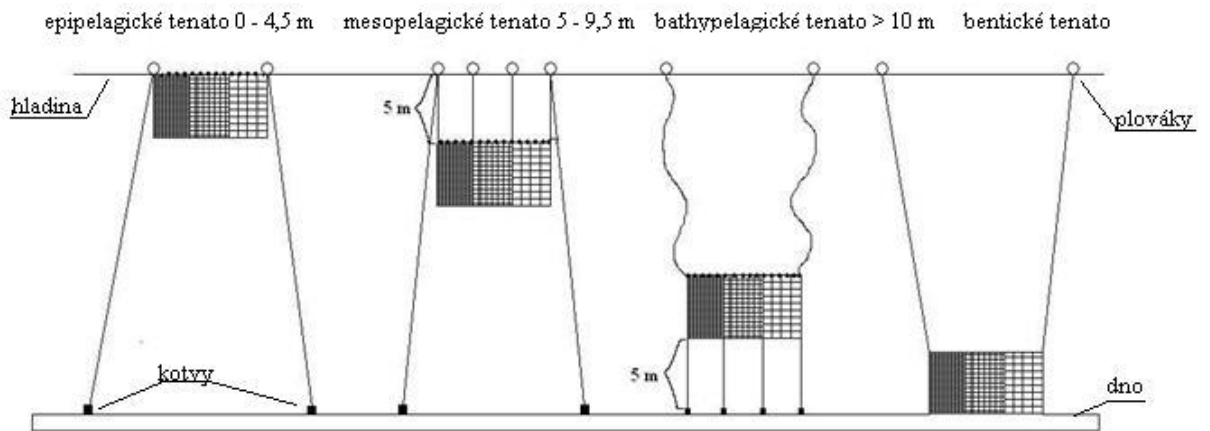


Obr. 1 Různě velká nakosení (zleva: 0; 0,4; 0,67; 1, Sparre a Venema, 1998).

Dnes se tenatovina (síťovina) vyrábí zejména z nylonu. Nylonová multivláknna se objevila ve 40. letech minulého století a ukázala se jako 2-3 krát účinnější, než sítě ze lnu, nebo bavlny (Pycha, 1975). V dnešní době se ovšem multivláknková tenata používají spíše ke komerčnímu rybolovu. Standardní mnohoočková tenata se vyrábějí z jednoduchých nylonových vláken.

Pro zajištění vertikální pozice ve vodním sloupci jsou do horní žíně vpleteny plováky a do spodní žíně zátěže. Navíc se k tenatu mohou přidělat i přídatné plováky a kotvy, které zajišťují aby tenato plavalo na hladině (u hladinových tenat) či bylo v určité hloubce vodního sloupce. Plováky slouží zároveň jako označení tenat, které je díky nim viditelné na hladině a umožní tenata opět najít nebo se jim úspěšně vyhnout (ČSN 14757; obr. 2).

Podle habitatů, ve kterých lovíme, můžeme tenata rozdělit na dva typy. Prvním typem jsou bentická tenata, která jsou konstruována tak, aby spodní žíně kopírovala dno. Druhým typem jsou pelagická tenata, která jsou konstruována tak aby se ve vodě "vznášela". Instalují se do všech hloubek vodního sloupce kromě dna. Použitím kotev a závaží můžeme pelagická tenata umisťovat do zvolených hloubek. Z hlediska lokalizace ve vodním sloupci se pelagická tenata dělí na 3 podtypy: epipelagická, mesopelagická a batypelagická (Kubečka, 2010; obr. 2).



Obr. 2 Náskres umístění tenat ve vodním sloupci. Pelagická tenata jsou instalována do různých hloubek (m), zatímco bentické tenato kopíruje svou spodní žílní dno.

1.2 Doba a místo lovu

Lovení tenaty je ovlivněno aktivitou ryb, která se mění nejen cirkadiánně, ale i celoročně a to zejména v závislosti na teplotě vody (ČSN 14757). Norma uvádí, že se úlovky snižují, pokud je teplota nižší než 15°C v důsledku nižší aktivity ryb (ČSN 14757). Dále tenaty nelovíme v době tření ryb. V této době se ryby shlukují, což by značně ovlivnilo výsledky vzorkování. Takový shluk nepředstavuje normální rozložení populace a výsledky by nebyly porovnatelné.

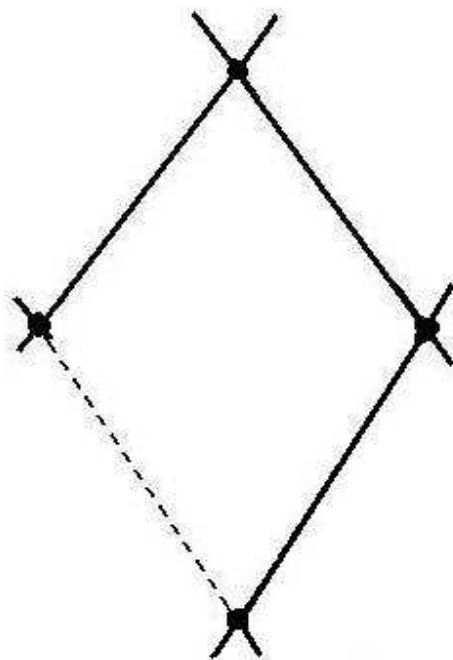
Úlovek každého tenata by měl představovat náhodný a nezávislý vzorek. Aby byl vzorek nenáhodný, nesmí se jednotlivá tenata překrývat či dotýkat (ČSN 14757). V praxi se pro usnadnění instalace spojuje více tenat dohromady. Pro zajištění nezávislosti vzorků se tenata k sobě přivazují alespoň 30 m dlouhým lanem.

Instalace tenat se provádí 2-3 hodiny před západem slunce a vytahují se další ráno, cca 2-3 hodiny po východu slunce. Zvolené časové rozmezí se odvíjí od vrcholů aktivity ryb po dobu instalace tenat, které jsou pro většinu našich druhů při soumraku a při rozbřesku (Prchalová a kol., 2010).

Výčet těchto podmínek se týká pouze použití tenat, jako vzorkovací metody. Pro komerční rybolov žádná taková omezení neplatí.

1.3 Velikost oček

Velikost oček se většinou udává jako vzdálenost mezi dvěma uzlíky (knot-to-knot; obr. 3). Někdy se jako velikost oček používá i vzdálenost mezi dvěma krajními uzlíky nataženého oka (stretched measure; nakosení 0 nebo 1), která odpovídá dvojnásobné vzdálenosti mezi dvěma sousedními uzlíky. Při čtení či interpretaci studií o tenatech vždy vyhledáme způsob, jakým autor uvádí velikosti oček (ČSN 14757).



Obr. 3 Standardní měření velikosti ok (vzdálenost mezi dvěma uzlíky). Na obrázku značeno přerušovanou čarou.

1.4 Výhody a nevýhody lovu pomocí tenat

Lovení pomocí tenat má jako každá metoda své výhody i nevýhody.

Výhody:

- Možnost lovit ve všech hloubkách a téměř ve všech habitatech nádrže (Kubečka a kol., 2010).
- Široké spektrum ulovitelných ryb. Při použití standardních mnohoočkových tenat může být uloven jakýkoliv jedinec větší než 40 mm (Prchalová a kol., 2009). Velikost oček tenat u mnohoočkových sítí roste geometrickou řadou a proporce jednotlivých velikostních tříd ulovených ryb tak odpovídají skutečnému velikostnímu složení rybí populace (Kurkilahti, 1999).
- Tenata zcela splňují požadavky kladené rámcovou směrnicí vodní politiky EU (EC Water Framework Directive, 2000) na lovné prostředky a jsou v současnosti používána jako monitorovací nástroj ve většině států EU (ČSN 14757).

Nevýhody:

- Tenata neposkytují data o absolutní početnosti a biomase ryb, ale pouze o početnosti a relativní biomase. Jedná se o poměr úlovku na jednotku vynaloženého úsilí (CPUE). Zatím neexistuje přepočítání mezi CPUE a absolutní početností/biomasou ryb na plochu či objem vodního tělesa (Kubečka a kol., 2010).
- V sítích se zachytí pouze ty ryby, které se aktivně pohybují. Díky tomu mohou být některé druhy nebo velikostní skupiny nadhodnoceny či podhodnoceny v závislosti na jejich aktivitě (Kurkilahti a kol., 2002; Olin a Malinen, 2003; Prchalová a kol., 2008; Prchalová a kol., 2009).
- Ryby, které již jsou v tenatu uloveny, snižují pravděpodobnost chycení dalších ryb (Olin a kol., 2004). Tomuto jevu se říká saturace tenat. Další nepříjemností spojenou

s delší dobou, po kterou máme tenatou ve vodě, souvisí s úhynem ryb a tím, že tyto mrtvé ryby „varují“ pomocí chemických látek další ryby před vplutím do sítě (Kennedy, 1951). CPUE tedy neroste lineárně s dobou, po kterou je tenatou ve vodě. Existují ovšem matematické korekce, které řeší problém saturace tenat (Prchalová a kol., 2011).

- Ve většině případů je lov tenaty destruktivní metodou, při které je část ryb po celonoční instalaci v sítích mrtvá (Kubečka a kol., 2010).

1.5 Pravděpodobnost úlovku

Zachycení ryby do tenat závisí na různých okolnostech. Mezi tyto okolnosti patří chování ryb, vlastnosti sítě či environmentální podmínky jako např. průhlednost a teplota vody při lovu (Hamley, 1975). Pro pravděpodobnost ulovení existuje rovnice (Hamley, 1975).

$$P_{\text{ulovení}} = P_{\text{střetnutí se sítí}} \cdot P_{\text{zachycení}} \cdot P_{\text{udržení v sítí}}$$

P = pravděpodobnost

1.5.1 Pravděpodobnost střetnutí ryb se sítí

Do této kategorie ($P_{\text{střetnutí se sítí}}$) patří vlastnosti sítě, jako je barva a průměr vlákna. Jako nejlepší se ukázal bezbarvý nylon, který se dokáže stát pro ryby neviditelným v různých světelných podmínkách (Wardle a kol., 1991). Další z faktorů ovlivňujících viditelnost nylonu je průměr vlákna. Čím je vlákno silnější, tím se stává pro ryby viditelnějším (Jensen, 1995).

Dalším parametrem, který je spojený s pravděpodobností setkání ryby a sítě, je pohybová aktivita. Velké ryby uplují větší vzdálenosti (Rudstam, 1984). Z toho vyplývá, že větší ryby mají vyšší pravděpodobnost, že na síť narazí (Jensen, 1995). Na pravděpodobnost střetu ryby se sítí má dále vliv chování jednotlivých druhů ryb. Například štika obecná (*Esox lucius*) se do tenat

prakticky nechytá, kvůli její predační strategii, kdy štika číhá na svou kořist a příliš se aktivně nepohybuje po svém teritoriu (Holmgren, 1999). Naopak Prchalová a kol. (2009) ukázali, že tenata nadhodnocují podíl okouna říčního (*Perca fluviatilis*) proti dalším druhům v úlovcích. Autoři usuzují, že nadhodnocení je způsobeno vyšší pohybovou aktivitou okouna v porovnání s ostatními druhy v pozorovaném společenstvu.

1.5.2 Pravděpodobnost zachycení ryb v síti

Pravděpodobnost zachycení ryb ($P_{\text{zachycení}}$) tenaty je spojena s vlastnostmi tenat, jako je velikost ok, pružnost, síla vláken a v neposlední řadě nakosení oček.

Velikost ok hraje hlavní roli, pokud chceme chytat selektivně různé velikosti ryb. Nejefektivnější se ukázalo, když se obvod rybího těla v místě zachycení rovná 1-1,1 násobku obvodu oka v místě zachycení (Reis, 1999). Tento vztah ovšem platí, pouze pokud se ryby do tenat zachytávají svým tělem, viz další podkapitola. Pokud je obvod rybího těla výrazně větší než velikost oček, tak se ryba ve většině případů od sítě odrazí. Pokud je naopak obvod rybího těla výrazně menší, tak ryba propluje skrz (Reis, 1999).

Další vlastností tenat, která ovlivňuje úlovek, je průměr vlákna. Průměr vlákna souvisí jak s viditelností tenatoviny, tak s její efektivitou. Tenčí vlákno se ukázalo jako efektivnější (Baranov, 1914; Andreev, 1955). Jde o to, že tenčí vlákno je pružnější a ryby se do sítě z tenčích vláken zachytí snadněji, než do sítě ze silnějšího materiálu. Jensen (1995) zjistil, že tenata zhotovená z nylonu o síle 0,1 mm dokázala ulovit 2,2 × více pstruhů (*Salmo trutta*), než síť z vláken o síle 0,17 mm.

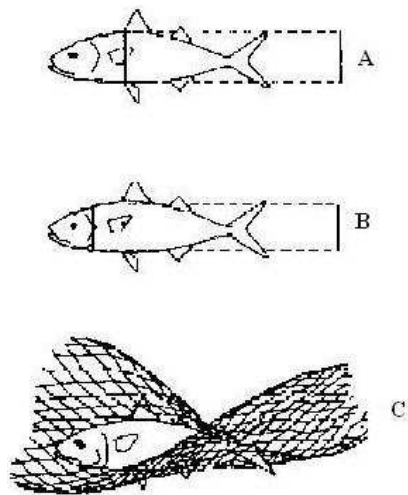
Pro pravděpodobnost, že ryba na síť narazí, platilo, že větší ryby mají větší šanci na síť narazit díky tomu, že uplují větší vzdálenosti. Podobně je tomu i s pravděpodobností, že se ryba do sítě zachytí. Větší ryby, které jsou lepšími plavci, se dokážou do sítě vklínit snáze, než ryby malé (Pivnička, 1987).

1.5.3 Pravděpodobnost udržení ryby v síti

Posledním krokem k úspěšnému lovu tenaty je zajistit, aby ryby zůstaly v síti až do jejího vytažení z vody ($P_{\text{udržení v síti}}$). Tato pravděpodobnost je spojená se způsobem, jakým je ryba do sítě chycena (Hamley, 1980).

Ryby se do tenat mohou ulovit třemi různými způsoby (Baranov, 1914; obr. 4). Prvním způsobem je, že se ryba zaklíní do sítě svým tělem, při jejím proplouvání (anglický termín - wedged). Tento způsob zachycení je nejčastější (Yokota a kol., 2001). Ryby mohou být dále uloveny za skřele (gilled), kdy ryba propluje sítí pouze částí svého těla a když se snaží dostat ze sítě, tak nylonové oko sklouzne za skřele a ryba je chycena. Z tohoto způsobu zachycení vznikl anglický název pro tenata „gillnet“ (gill znamenají v angličtině -žábry). Ryba může být zachycena i za různé tělní výstupky a nerovnosti (paprsky ploutví, zuby, čelisti atd.), aniž by proplula sítí (anglický termín - tangled).

Jestliže se například ryba zachytí jen za zuby či za ploutev, tak je pravděpodobnější, že se svým pohybem ze sítě uvolní, než když se zachytne tělem nebo za skřele.



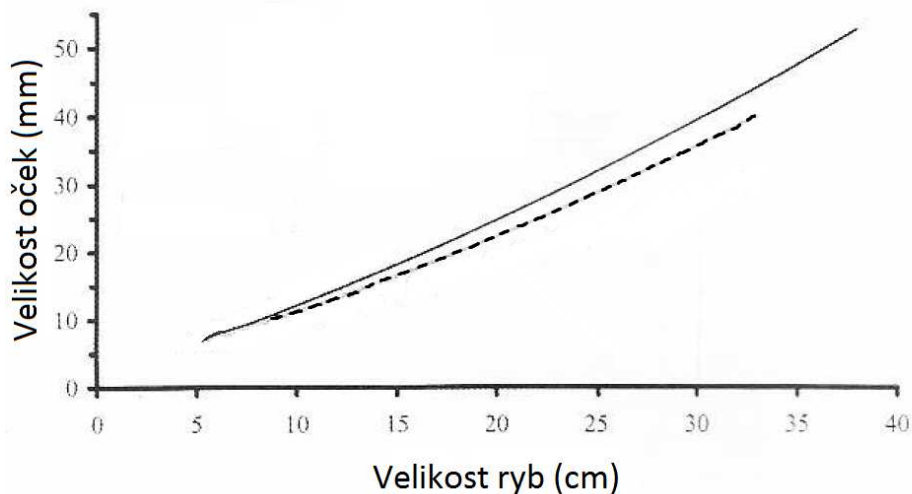
Obr. 4. Způsob zachycení ryby: A) zaklínění za tělo, B) zachycení za žábry, C) zachycení za jinou část těla. U prvních dvou způsobů je naznačeno místo, kde se tenata zachytne (Sparrea Venema, 1998).

2. Cíle práce

Cílem této práce je popsat problém velikostní selektivity tenat. Ukázat čtenáři jaký vliv může mít velikostní selektivita na úlovek a jakým způsobem můžeme tento problém korigovat. Dále budu porovnávat křivky popisující velikostní selektivitu ok pro běžné evropské druhy ryb, které byly popsány v literatuře. Vyhodnocení selektivity ok pro jednotlivé druhy a stanovení jejich křivek má velký význam pro dokonalejší poznání metodiky lovu tenaty. Jestliže dokážeme kvantifikovat velikostní selektivitu jako jeden z faktorů ovlivňující tenatní úlovek, tak můžeme zpřesnit odhady velikostí populací, které pomocí tenat vzorkujeme. Poznáním velikostní selektivity můžeme dále zefektivnit komerční lov nebo se vyhnout přelovování rybích populací.

3. Velikostní selektivita tenat

Velikostní selektivitou tenat myslíme pravděpodobnost, že se do ok určitého rozměru zachytí ryba o určité velikosti. Jinými slovy řečeno: pro každou velikost oček existuje optimální velikost ryby, která se zachytává nejlépe. Pro zaklínění ryby do tenat je nejdůležitějším parametrem obvod rybího těla (Kurkilahti a kol., 2002). Obvod se ovšem v běžné praxi neměří, protože je to složité a časově náročné. V praxi se častěji měří délka a váha chycených ryb (Millar a Fryer, 1999). Na převod obvodu a délky existuje pro některé druhy ryb přepočec. Většina studií na selektivitu bylo ovšem zpracováno za použití délek ryb. Tuto optimální velikost zjišťujeme vždy pro konkrétní rybí druh. Kurkilahti (1999) ve své práci srovnává optimální velikost oček pro okouna obecného a plotici obecnou. Velikost optimálních oček pro okouna je vždy o něco větší, než pro plotici obecnou (obr. 5). To je způsobeno tvarem těla okouna, který má "hrbovitý" tvar těla, zatímco plotice má nižší hřbet.



Obr. 5. Optimální velikost oček pro plotici obecnou (přerušovaná čarou) a okouna obecného (Kurkilahti 1999).

Poznáním velikostní selektivity jednotlivých oček nám umožní volit optimální velikost oček, pomocí kterých můžeme lovit určité velikostní skupiny. Pro komerční rybolov je důležité, aby tenata byla co nejvíce selektivní.

Zatímco pro vědecké účely potřebujeme, aby velikostní selektivita byla co nejmenší a výsledky vzorkování odpovídaly co nejlépe skutečnému složení rybí obsádky.

3.1 Přímý a nepřímý odhad selektivity

Pokud známe velikostní složení populace, kterou se chystáme lovit, tak se selektivita odhaduje přímo. Velikostní složení populace ve vzorkovaném tělese většinou není známé (pro jeho přesné určení bychom museli toto těleso po odlovu vypustit a přesné změřit všechny ryby, což je v praxi velmi obtížně proveditelné). Dále by bylo samozřejmě možné, k odhadu absolutní početnosti, použít určité velikostní skupiny a přístupy pro odhad její absolutní abundance (např. mark-recapture). Tyto postupy jsou ovšem náročné na provedení a v praxi se kvůli tomu nepoužívají (Hamley a Rieger, 1973). Velikostní selektivita se tedy odhaduje nepřímo. Při nepřímých odhadech se data o selektivitě získávají srovnáním pozorovaných frekvencí úlovku z

různě velkých ok. Tento způsob odhadování je popisován u všech prací, které používám v této rešerši.

3.2 Faktory ovlivňující velikostní selektivitu

Jedním z faktorů, ovlivňujících velikostní selektivitu, je způsob zachycení ryb do sítě. Pro zaklínění a zachycení za skřele se velikost oček, do kterých se ryby chytají, zvětšuje společně s rostoucím obvodem rybího těla v místě zachycení. Zatímco ryby, které se zachytávají za různé tělní výstupky, se mohou zachytit do oček prakticky o jakékoliv velikosti. Poměry způsobů zachycení se mezi druhy různí, což se promítne do tvaru selektivní křivky, jak bude dále přiblíženo v kapitolách modelování velikostní selektivity.

Dalším faktorem ovlivňujícím velikostní selektivitu je morfologie těla. Existuje rozdíl mezi rybami vysokohřbetými a rybami s oválnějším tvarem těla. Jde o to, že rybám s vyšším hřbetem roste obvod v místě zachytávání relativně více, oproti rybám s oválnějším profilem těla (Kurkilahti a kol., 2002). To znamená, že ryba s vyšším hřbetem se bude se vzrůstající velikostí zachytávat do čím dál větších oček, zatímco u ryb s oválnějším tělem se bude optimální velikost oček zvětšovat pomaleji. Například cejn velký (*Abramis brama*), jako zástupce vysokohřbeté ryby, se bude zachytávat do oček, jejichž velikost poroste spolu s velikostí ryby lineárně. Zatímco větší i menší jedinci candáta obecného (*Sander lucioperca*) se mohou zachytit do stejného oka a to díky podobnému obvodu těla.

Morfologie těla se navíc liší i mezi populacemi stejného druhu. Kurkilahti a kol. (2002) ve své práci rozdělil ulovené okouny do několika skupin podle tzv. Fultonova kondičního faktoru. Tento faktor určuje relativní velikost těla v závislosti na jeho délce. Velikost těla (obvod) se může měnit v závislosti na prostředí, ve kterém ryby žijí. Výsledkem bylo, že okouni stejné délky se zachytávali do různě velkých oček.

Velikost těla má navíc další znatelný vliv na úlovek tenaty. Jak jsem psal výše, tak větší ryby narazí na tenatu s větší pravděpodobností a díky tomu dojde k nadhodnocení větších ryb.

3.3 Důsledky velikostní selektivity tenat

3.3.1 Vzorkování pro vědecké účely

Při vzorkování tenaty se snažíme zvolit takové velikosti oček, abychom pokryli velikostní složení populace ve stejném poměru, v jakém se nachází ve vodním tělese, které vzorkujeme. Standardní velikosti oček, o kterých jsem se zmínil již v předchozí podkapitole, jsou konstruovány právě za tímto účelem. Úpravy velikostí oček jsou ovšem běžné a někdy zkušenosti z praxe ukážou, že některé velikostní skupiny ryb jsou v úlovku nadhodnoceny, či podhodnoceny. Například při lovu v našich nádržích se ukázalo, že ryby nad 30 cm délky jsou standardními tenaty podhodnocovány a je nutné přidat další velikosti oček (70; 90; 110 a 135 mm), aby mohli být tyto větší ryby vzorkovány (Kubečka a kol., 2010).

Prchalová a kol. (2009) ukázali, že ryby mladší než 2 roky jsou v úlovcích standardních tenatních sítí podhodnoceny. Autoři usuzují, že toto podhodnocení má několik důvodů. Jedním z důvodů je fakt, že nejmenší velikost oček standardních mnohoočkových sítí (5 mm) je moc velká a tyto ryby proplují skrz. Tyto malé ryby jsou dále podhodnoceny kvůli tomu, že panely s nejmenší velikostí oček (5 mm) jsou dělány z příliš silného nylonu (0,10 mm). Nylonové vlákno pro tyto nejmenší očka nechytá se stejnou efektivitou jako větší očka. Řešením, by v tomto případě bylo zhotovení panelů s nejmenšími očky z jemnějšího nylonu (\varnothing 0,07 mm), nicméně v praxi by nebylo možné takové tenato používat, jelikož vlákno takového průměru by bylo příliš křehké a snadno přetrhnutelné.

Anu Albert (2004) ve své studii ukazuje nadhodnocení velikostní skupiny 17-27 cm u zkoumaných rybích druhů. Konkrétně okoun říční a plotice obecná (*Rutilus rutilus*) byly vzorkovány v pobřežních vodách Estonska. Autorka ve své studii použila tenata o velikosti oček: 17, 21, 25, 30, 33, a 38 mm od uzlíku k uzlíku. Kromě nadhodnocení ryb (17-27 cm) autoři pozorovali podhodnocení ryb menších než 12 cm. V tenatech se nezachytil žádný okoun ani plotice menší než 12 cm. Autorka uvádí, že nejmenší očka (17 mm) jsou optimální pro okouny velikosti 13,4 cm a plotice velikosti 14,5 cm.

Důvody proč se nechytli žádní jedinci menší, než 12 cm mohou být dva. Za prvé by to mohlo znamenat, že ryby menší než 12 cm se v těchto vodách v lovených hloubkách (2-5 m),

nenacházejí. Druhým důvodem může být, že použitá tenata nejsou schopna takto malé jedince ulovit (Albert, 2004).

V další studii (Achleitner a kol., 2012) bylo vzorkováno čtrnáct Alpských jezer. Jednou z použitých metod byly také standardní tenatní sítě. Autoři uvádějí, že ryby větší než 40 cm jsou snadno detekovatelné hydroakustickým průzkumem, ale obtížně chytatelné tenatními sítěmi. Statisticky byla tedy tato velikostní skupina ryb podhodnocena. V tomto případě by tedy bylo vhodné přidat očka o velikosti 70 mm (od uzlíku k uzlíku) a zvýšit tím tak schopnost lovit takto velké jedince (Achleitner a kol., 2012).

3.3.2 Komerční rybolov

Pokud chceme lovit ryby o určité velikosti, zvolíme velikost oček, která je pro konkrétní délku ryb nejvhodnější. Výběr správné velikosti oček může mít velký vliv na rybí populace. Z hlediska udržování stálých rybích populací je nutné nepřetěžovat populace nadměrným lovem a zároveň nelovit příliš malé jedince, kteří ještě nereprodukovali.

Lov jedinců, kteří se alespoň jednou vytřeli, má význam i z genetického hlediska. Při lovu nedospělých jedinců se snižuje genofond populace (Law a Grey, 1989).

Heikinheimo a kol. (2006) ve své práci vypočítali, že změna velikostí oček ze 45 mm na 50 mm povede ke snížení biomasy úlovků candáta v prvním roce lovů o 50% proti úlovkům s 45 mm očky. Z dlouhodobého hlediska ovšem nehrozí této populaci candátů zánik v důsledku přelovení a navíc se v dalších letech zvýší biomasa úlovku tenaty o 20% (Heikinheimo a kol., 2006). Zvětšením minimální velikosti oček se tedy zvýší počet jedinců, kteří jsou schopni reprodukce a zároveň se zvýší biomasa úlovku, což má pozitivní vliv na ekonomiku. Candát je totiž třetím nejhodnotnějším druhem ve Finsku.

Jiným příkladem, kdy mírná změna velikosti oček může výrazně změnit reprodukční schopnost a dynamiku populace, je síh severní (*Coregonus lavaretus*), který byl loven ve Finském zálivu. Heikinheimo a Mikkola (2004) zjistili, že průměrná doba dosažení pohlavní

dospělosti síha severního je 3-5 let u samců a 4-6 let u samic. Změna velikosti oček ze 45 mm na 50 mm má za následek změnu průměrného věku chycených jedinců ze 4-5 letých k 5-6 letým (Heikinheimo a Mikkola, 2004). To znamená, že se komerční lov zaměří na jedince, kteří měli šanci se alespoň jednou vytříit.

3.4 Korekce velikostní selektivity tenat

Jak jsem popsal výše, tak tenatní vzorek bývá do jisté míry ovlivněn nadhodnocením či podhodnocením ryb. Tento problém můžeme řešit matematickými korekcemi. Kurkilahti (1999) ve své práci zdůraznil, že pravděpodobnost střetnutí ryby se sítí je možná tím nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím velikostní selektivitu tenat. Pro úlovky šesti druhů ryb, z nichž jsem vybral okouna říčního a plotici obecnou, vytvořil matematickou korekci, která upravuje počty úlovků pro konkrétní velikostní skupiny. Níže uvedené rovnice, byly vytvořeny na základě kurkilahtiho korekce a převzaty z článku Prchalová a kol. (2009).

Rovnice pro úpravu úlovků okouna říčního pak vypadá takto:

$$C_i = g_i \times (1,7159 - 0,04595 \times L_i + 0,00031 \times L_i^2 + 4,82 \times e^{-6} \times L_i^3)$$

Pro plotici obecnou:

$$C_i = g_i \times (1,5285 - 0,01547 \times L_i - 0,00074 \times L_i^2 + 7,9 \times e^{-6} \times L_i^3)$$

C- korigovaný tenatní úlovek

g- původní tenatní úlovek

i - velikostní interval (0,5 cm)

L - délka ryb (cm)

Prchalová a kol. (2009) na základě srovnání úlovků z tenat a zátahových sítí vytvořili korekci pro snížení vlivu podhodnocení malých ryb u tenat. Při tvorbě korekce postupovali takto:

1) Selektivní koeficient (R_s) poměru ryb v daném velikostním intervalu ($i= 0,5$ cm) tenat (G) a zátahových sítí (S) byl vypočítán pro každý vzorek takto:

$$R_{s,i} = \frac{(G_i/\Sigma_i G)}{(S_i/\Sigma_i S)}$$

2) Byl vybrán velikostní interval s maximálním (R_s).

3) Byl vypočítán koeficient pro úpravu počtu ryb v daném velikostním intervalu tenat (A_c). Při výpočtu autoři postupovali tak, že poměr podílů ryb v daném velikostním intervalu úlovků ze zátahových sítí byl vydělen podílem ryb velikostního intervalu s maximálním selektivním faktorem R_s (S_{max}) pro úlovek ze zátahových sítí:

$$A_{c,i} = \frac{(S_i/\Sigma_i S)}{(S_{max}/\Sigma_i S)}$$

4) Autoři poté vypočítali průměrný koeficient (a_c) pro úpravu počtu ryb ze všech vzorků. Tento koeficient byl vytvořen pro každý rybí druh.

5) Korigované množství jednotlivých ryb (CG) pro každou velikostní skupinu (interval) bylo získáno vynásobením celkového množství ryb získaných z tenat (g) s průměrným koeficientem (a_c) pro danou velikostní skupinu:

$$CG_i = g_i \times a_{c,i}$$

Prchalová a kol. (2009) stanovili, že tenatní úlovky by bez korekcí byly velmi zavádějící. To se týká zejména úlovků tohoročních a jednoročních. Ačkoliv výsledky obou korekcí byly uspokojivé (velmi podobné), tak autoři se domnívají, že by měla být vyvinuta nová a pokročilejší korekce.

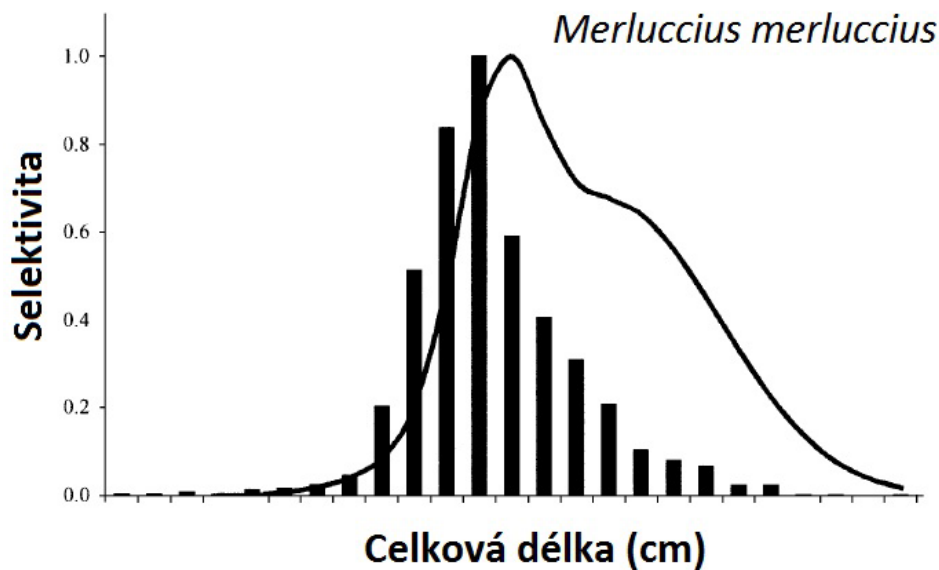
4. Vyhodnocení velikostní selektivity tenat

Pomocí křivek velikostní selektivity tenat můžeme vyjádřit pravděpodobnost zachycení do jednotlivých oček pro různé druhy ryb. Pravděpodobnost zachycení můžeme popsat křivkou, která často nabývá zvonovitý tvar, a můžeme jí popsat rovnicí:

$$r_j(l_i) = \exp\left(-\frac{(l_i - \mu)^2}{2\sigma_j^2}\right),$$

kde $r_j(l_i)$ je pravděpodobnost že se ryba o délce (l) z velikostního intervalu (i) zachytí do oček velikostí (j) a řecká písmena μ a σ značí průměr a rozptyl selektivní křivky (Millar a Freyer, 1999). Nicméně selektivní křivka může být zešikmená. Zešikmení je způsobeno tím, že některé ryby se zachytávají za tělní nerovnosti a výstupky, což může vyústit v log-normální či gamma křivku.

Vstupními daty pro vyhodnocení velikostní selektivity tenat jsou: délka, počet ryb a velikost oček, do kterých se ulovily. Pro každou velikost oček se do grafu vynese počet ryb v těchto očkách v závislosti na jejich délce (obr. 6). Těmito grafy se poté prokládají křivky selektivity. Typická křivka popisující selektivitu tenat je zvonovitého tvaru (Gaussova křivka) klesající na obou koncích k nule. Křivka je určena modem, šířkou (rozptylem) a výškou křivky. Modus koresponduje s optimální délkou chycených ryb. Rozptyl zase naznačuje míru selektivity (čím užší, tím selektivnější). Výška znázorňuje, jak efektivně tenato zachytává v místě optimální velikosti (Millar a Freyer, 1999). Od výšky se ovšem při modelování selektivity upustilo s tím, že by křivky byly přeparametrizované a to díky Baranovovu principu geometrické podobnosti jednotlivých velikostí oček a ryb (Hamley, 1975; Millar a Freyer, 1999). Baranovův princip podobnosti říká, že si ryby jednoho druhu, jsou nehledě na velikost geometricky podobné a očka všech velikostí, jsou si také geometricky podobná, z čehož vyplývá, že i křivky popisující velikostní selektivitu si jsou geometricky podobné. Tím pádem jsou všechny velikosti oček stejně účinné pro délky ryb, které chytají nejlépe (Hamley, 1975; Holst a kol., 2002).



Obr. 6. Délkové frekvence štikozubce obecného (*Merluccius merluccius*). Černé sloupčky ukazují velikostní složení úlovku tenaty o velikosti oček 70 mm. Souvislou čarou je znázorněna selektivní křivka pro štikozubce obecného, na základě velikostního složení úlovku.

5. Typy selekčních křivek a odhad jejich vhodnosti

Abychom mohli určit, která křivka se nejlépe hodí pro určité druhy ryb, musíme zhodnotit shodu reálných dat s modelem selektivity. Proložení funkce jednotlivými daty vzniká jistá odchylka. Velikost odchylky můžeme určit např. srovnáním pomocí testu dobré shody (chi-square). Platí, že čím menší odchylka, tím je lepší shoda modelu s reálnými daty (Santos a kol., 2003).

Všechny grafy užití v mé práci jsou převzaté z citované literatury a doplnil jsem do nich pouze české popisky. Přehled všech druhů a vhodných selektivních modelů můžeme vidět v tab. I.

Pro zhodnocení velikostní selektivity jsem vybral pouze práce vytvořené metodou SELECT. V tomto statistickém modelu se pro vyhodnocení selektivity používají tyto modely: normální, normální rozsah, log-normální, gamma a bimodální (binormální, obr. 7). Jedná se o modely, které jsou odvozeny od rozdělení hustoty pravděpodobností.

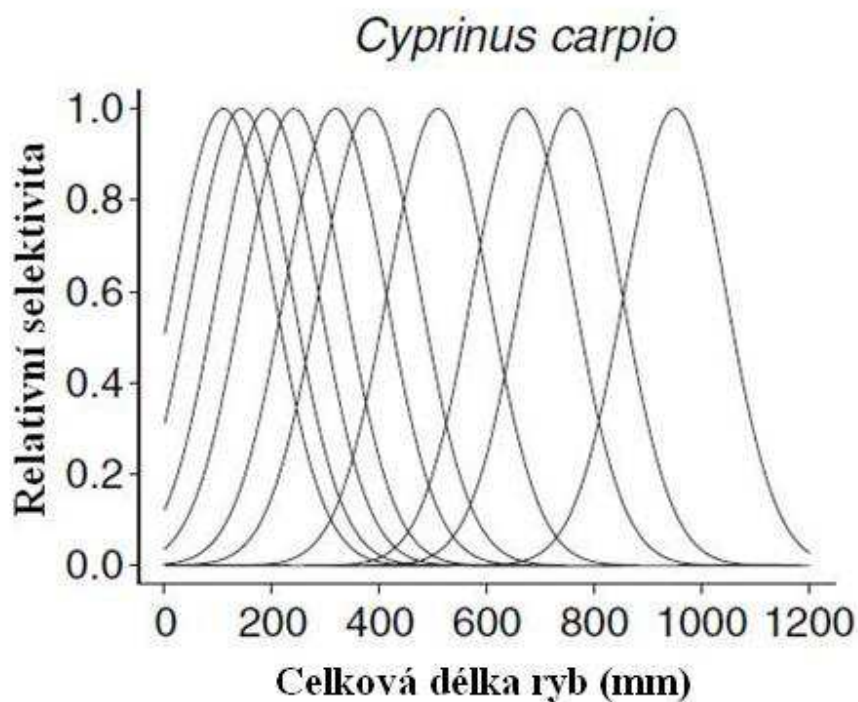
Model	Selekční křivka
Normal loc. k, σ	$\exp\left(-\frac{(l-k \cdot m_j)^2}{2\sigma^2}\right)$
Normal k_1, k_2	$\exp\left(-\frac{(l-k_1 \cdot m_j)^2}{2k_2^2 \cdot m_j^2}\right)$
Lognormal μ, σ	$\frac{m_j}{l \cdot m_1} \exp\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{(\log(l) - \mu - \log(\frac{m_j}{m_1}))^2}{2\sigma^2}\right)$
Gamma α, k	$\left(\frac{l}{(\alpha-1) \cdot k \cdot m_j}\right)^{\alpha-1} \exp\left(\alpha - 1 - \frac{l}{k \cdot m_j}\right)$
Binormal k_1, k_2, k_3, k_4, c	$\exp\left(-\frac{(l-k_1 \cdot m_j)^2}{2k_2^2 \cdot m_j^2}\right) + c \exp\left(-\frac{(l-k_3 \cdot m_j)^2}{2k_4^2 \cdot m_j^2}\right)$

Obr. 7. Přehled selekčních křivek, jak jsou definovány v modelu SELECT. V levé části se nachází daný model a jeho parametry. V pravé jsou pak definice modelů, kde (l) je délka ryby a (m_j) je velikost oček panelu (j) . Poslední proměnnou je (m_1) , což je nejmenší velikost oček.

5.1 Normální rozdělení

Jedná se o model, jehož křivka nabývá typického zvonovitého tvaru. Normální rozdělení je typické tím, že se průměry proporcionálně zvětšují se zvětšující se velikostí oček. Rozptyl zůstává stejný pro všechny velikosti oček (Carol a García-Berthou, 2006; obr. 8). Normální

rozdělení se nejlépe hodí, pokud se ryby zachytávají pouze jedním způsobem zachycení např. zaklíněním svého těla (Hamley, 1975). V tomto případě je užití normálního rozdělení nejlepší možností.



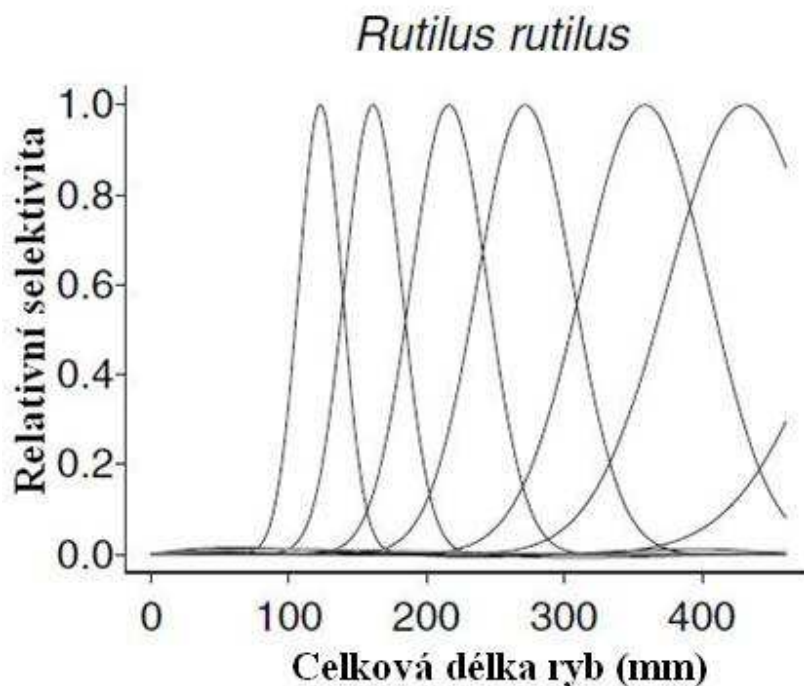
Obr. 8. Zobrazuje selektivní model normální rozsah pro kapa obecného. Každá křivka představuje vždy jednu velikost oček (Carol a García-Berthou, 2006).

Když se podíváme na stavbu těla druhů, pro které byl tento model nejvhodnější, tak nevidíme žádné větší nepravidelnosti, jako ostny ploutví, zdrsňelé skřele, zuby a jiné. Z toho vyplývá, že se do tenat mohou zachytávat pouze svým tělem. Tyto druhy se tedy zachytávají zaklíněním svého těla do oček, nebo zachycením za skřele.

5.2 Normální rozsah

Normální rozsah je selektivní model, který je odvozen od normálního rozdělení s tím rozdílem, že se zvyšující se velikostí oček se zvětšuje rozptyl selektivních křivek. I přes to, že se

v praxi nejedná o velkou tvarovou odlišnost od normálního rozdělení, tak normální rozsah se hodí více, pokud se větší ryby chytají do větší škály oček (Millar a Holst, 1997; obr. 9).

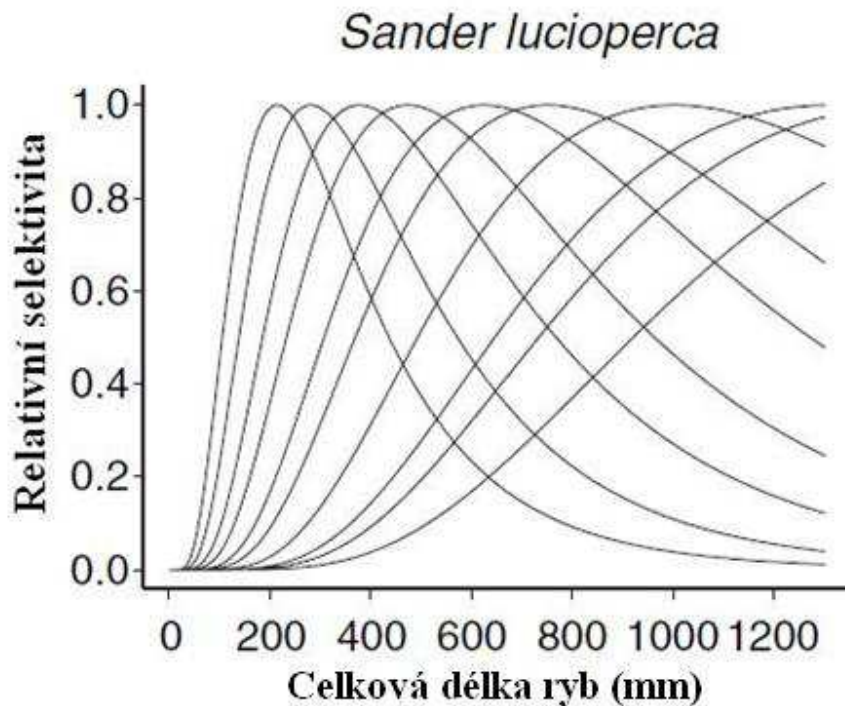


Obr. 9. Zobrazuje selektivní model normální rozsah pro plotici obecnou. Každou velikost oček znázorňuje právě jedna křivka (Carol a García-Berthou, 2006).

Všechny ryby, pro které byl tento model vhodný, se zachytily zejména za své tělo, popřípadě za skřele. Rozšiřující se křivky znamenají, že se do větších oček zachytávali ryby různých velikostních skupin.

5.3 Lognormální

Tento selektivní model je charakterizován tím, že se průměry a rozptyl zvyšují s velikostí oček a zároveň je tento model zkosený (Millar a Holst, 1997; obr. 10). Vhodnost tohoto modelu spočívá právě v jeho zkosení.

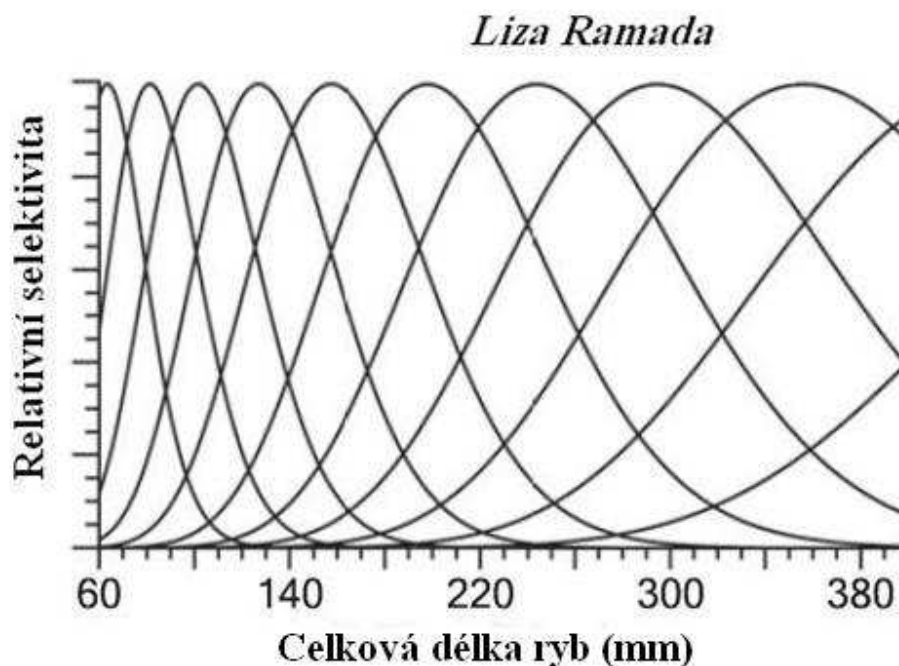


Obr. 10. V grafu se nachází selektivní model log-normální pro candáta obecného. Každou velikost oček znázorňuje právě jedna křivka (Carol a García-Berthou, 2006).

Když se podíváme na vzhled těla těchto druhů, zjistíme, že všechny z těchto druhů mají z hřbetních ploutví vyčnívající ostny a některým druhům vyčnívají ostny i z ostatních ploutví. Například ropušnice má celé tělo pokryté výrostky a ostny. Za tyto výrostky a ostny se mohou zachytávat do oček různých velikostí. Pokud se ryby zachytávají i tímto způsobem, tak bývá vhodný model log-normální, gamma nebo vícemodální model (Hamley, 1975). Odchylka se u těchto ryb s nepravidelnostmi na těle lišila nejvíce od modelů normální rozdělení a normální rozsah, ale většinou se nijak výrazně nelišila od modelu gamma či bimodálního.

5.4 Gamma

Model gamma je charakterizován podobně jako lognormální model. Průměry a rozptyl selektivních křivek se zvětšují společně se zvětšující se velikostí oček (obr.11). Gamma model je druhým zkoseným modelem, který SELECT nabízí.



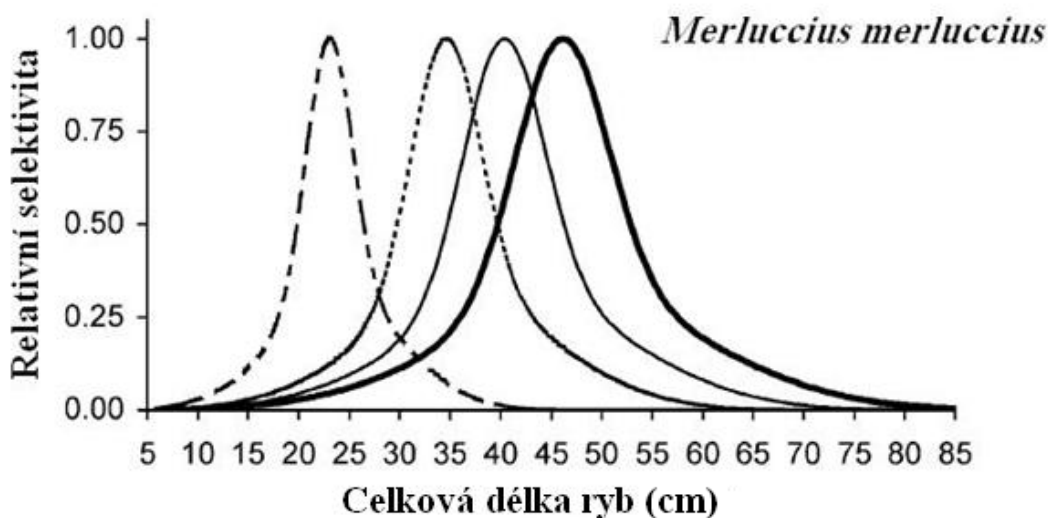
Obr. 11. Gamma model pro cípala evropského. Každá křivka představuje jednu velikost oček (Rodríguez-Climent a kol., 2011).

Cípal evropský a kanic obecný mají opět trnité hřbetní ploutve a proto se mohou zachytávat do různě velikých oček. Treska obecná ani gavůn štíhlý žádné větší nerovnosti na těle nemají. Z toho lze předpokládat, že se tyto druhy budou zachytávat zejména zaklíněním a zachycením za skřele. Odchylka gamma modelu se u gavůna příliš neliší od odchylky modelu normální rozsah. Gavůn dorůstá délky 15 cm a jeho tělo je natolik štíhlé, že by se mohl např. i větší (15 cm) jedinec zachytit do stejných oček, jako menší (8 cm) jedinec. U tresky autoři (Huse a kol., 2000) neuvádějí srovnání odchylek pro různé modely, ale uvádějí pouze odchylku pro gamma model. Vhodnost gamma modelu nejspíše souvisí s tvarem tresčího těla. Treska má

podobně jako candát poměrně nízký hřbet a tak se může stát, že se větší tresky svým obvodem v místě zachycení příliš neliší od menších jedinců a mohou se pak zachytit do různě velikých oček. (Kurkilahti a kol., 2002).

5.5 Bimodální

Jediným vícemodálním modelem, který se používá v SELECTu je bimodální model. Jedná se o model, který se skládá ze dvou normálních rozdělání. Díky tomu je tato křivka velmi flexibilní a může nabývat množství různých tvarů (Fonseca 2005; Karakulak a Erk, 2008).



Obr. 12. Bimodální model popisující úlovky štikozubce obecného do různě velikých oček (Fonseca a kol., 2005).

Všechny z druhů, pro které byl bimodální model nejvhodnější, mají na svém těle nějaké nepravidelnosti a výrůstky za které by se mohli zachytit do různě velikých oček. Jediná treska světlá nemá žádnou větší nepravidelnost, z čehož vyplývá, že se treska bude do tenat zachytávat zaklíněním svého těla, popřípadě zachycením za skřele. U tresky světlé se může stejně jako u

předchází tresky obecné stávat, že se větší jedinci zachytanou do různě velkých oček. Jedná se opět o stejný jev a to, že se obvod ryby v místě zachytávání nezvětšuje proporcionálně s velikostí oček, do kterých byly tyto tresky loveny (Kurkilahti a kol., 2002). Bimodální model se ukázal jako nejvhodnější pro nejvíce druhů ryb. Vhodnost tohoto modelu vyplývá z odchylky, která je vždy znatelně menší, než u ostatních modelů. K bimodálnímu modelu je nutné dodat, že nebyl použit ve všech pracích, ale tam kde ho autoři použili, vyšel pro většinu ryb nejlépe. Je tudíž možné, že kdyby ho použili všichni autoři, měl by tento model ještě vyšší úspěšnost.

Nepřímé odhady selektivity se získávají srovnáváním frekvence ulovených ryb a velikostí oček, do kterých se ulovily (Millar a Holst, 1997). K modelování selekčních křivek se používá vícero metod. Holtstova metoda byla jednou z nejpoužívanějších metod pro výpočet selektivity tenat (Carol a García-Berthou, 2006). Tato metoda má ovšem svá omezení. Předpokládá totiž selekční křivku s normálním rozdělením (rozptyl je stejný pro všechny velikosti ok).

V dnešní době se ovšem používají i další metody aplikující Baranovovův princip geometrické podobnosti. Jedna z těchto metod se jmenuje SELECT (Share Each Length's Catch Total). Princip tohoto statistického modelu spočívá ve srovnání očekávaných rozměrů úlovku s pozorovanými úlovky použitím metody maximum likelihood, za předpokladu že data mají Poissonovo rozdělení. Tento statistický model má řadu výhod. Mezi nejdůležitější patří rozmanitost selektivních křivek, kterými lze modelovat a také to, že jsou data ze všech oček analyzována v jednom modelu, což zvyšuje sílu testu (Carol a García-Berthou, 2006). SELECT nabízí modelování těmito modely selektivních křivek: normální rozdělení, normální rozsah, log-normální, gamma, inverzní Gaussův a binormální model.

Tab I. Přehled srovnávaných rybích druhů.

Rybí druh	Typ prostředí	Významnost druhu	Vhodný selektivní model	Zdroj
Kapr obecný (<i>Cyprinus Carpio</i>)	nádrž	Významný hospodářský druh	Normální	Carol a García-Berthou (2006)
Střevlička východní (<i>Pseudorasbora parva</i>)	Laguny v deltě řeky Ebro	Hospodářsky nevýznamný invazní druh	Normální	Rodríguez-Climent a kol. (2011)
Plotice obecná (<i>Rutilus rutilus</i>)	nádrž	Běžný evropský sladkovodní druh	Normální rozsah	Carol a García-Berthou (2006)
Ouklej obecná (<i>Alburnus alburnus</i>)	nádrž	Běžný evropský sladkovodní druh	Normální rozsah	Carol a García-Berthou (2006)
Perlín ostrobřichý (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	nádrž	Běžný evropský sladkovodní druh	Normální rozsah	Carol a García-Berthou (2006)
Očnatec štíhlý (<i>Boops boops</i>)	Egejské moře	Hospodářsky významný druh	Log-normální	Karakulak a Erk (2008)
Candát obecný (<i>Sander lucioperca</i>)	Nádrž/Jezero	Hospodářsky významný druh	Log-normální/Log-normální	Carol a García-Berthou (2006)/Ozyurt a kol. (2011)
Cípal šedý (<i>Liza saliens</i>)	Laguny v deltě řeky Ebro	Hospodářsky nevýznamný druh	Log-normální	Rodríguez-Climent a kol. (2011)
Růžicha červená (<i>Pagellus erythrinus</i>)	Egejské moře	Hospodářsky nevýznamný druh	Log-normální	Stergiou a Erzini (2001)
Ropušnice skvrnitá (<i>Scorpaena porcus</i>)	Egejské moře	Hospodářsky významný druh	Log-normální	Stergiou a Erzini (2001)
Mořan světloploutvý (<i>Diplodus annularis</i>)	Egejské moře/Egejské moře	Hospodářsky významný druh	Log-normální/bimodální	Stergiou a Erzini (2001)/Karakulak a Erk (2008)
Cípal evropský (<i>Liza ramada</i>)	Laguny v deltě řeky Ebro	Hospodářsky nevýznamný druh	Gamma	Rodríguez-Climent a kol. (2011)
Gavůn štíhlý (<i>Atherina boyeri</i>)	Laguny v deltě řeky Ebro	Ohrožený druh	Gamma	Rodríguez-Climent a kol. (2011)
Kanic obecný (<i>Seranus cabrilla</i>)	Egejské moře	Hospodářsky významný druh	Gamma	Stergiou a Erzini (2001)
Treska obecná (<i>Gadus morhua</i>)	Norské moře	Hospodářsky velmi významný druh	Gamma	Huse a kol. (2000)

Růžicha stříbřitá (<i>Pagellus acarne</i>)	Egejské moře/ Atlantský oceán	Hospodářsky významný druh	Bimodální/ Bimodální	Karakulak a Erk (2008)/ Fonseca a kol. (2005)
Modrák skvrnitý (<i>Spicara maena</i>)	Egejské moře	Hospodářsky významný druh	Bimodální	Karakulak a Erk (2008) Fonseca a kol. (2005)/
Parmice pruhovaná (<i>Mullus surmuletus</i>)	Atlantský oceán/ Egejské moře	Hospodářsky významný druh	Bimodální/ Bimodální	Fonseca a kol. (2005)/ Karakulak a Erk (2008)
Kranas obecný (<i>Trachurus trachurus</i>)	Atlantský oceán	Hospodářsky významný druh	Bimodální	Fonseca a kol. (2005)
Treska světlá (<i>Trisopterus luscus</i>)	Atlantský oceán	Hospodářsky významný druh	Bimodální	Fonseca a kol. (2005)
Štikozubec obecný (<i>Merluccius erluccius</i>)	Atlantský oceán/Keltské moře/Atlantský oceán	Hospodářsky významný druh	Bimodální/ Bimodální/ Bimodální	Fonseca a kol. (2005)/ Revill a kol. (2007)/dos Santos a kol. (2003)
Parmice nachová (<i>Mullus barbatus</i>)	Černé moře	Hospodářsky významný druh	Bimodální	Dincer a Bahar, (2008)

6. Diskuze

Standardní velikosti oček jsou navrženy tak, aby se do nich mohly zachytit ryby všech velikostí se stejnou pravděpodobností. Jak jsem zmiňoval výše, tak rozstup velikostí oček je 1,25 násobek předchozí velikosti. Ve skutečnosti jsou rozestupy mezi očky mírně odlišné (Tab. II).

Funkční respektive ulovitelné velikostní rozmezí pro jednotlivé velikosti oček se vždy kryje s dvěma sousedními rozmezími. Tato geometrická řada vznikla právě proto, aby překryv ulovitelných rozmezí byl u všech oček stejný (Kurkilahti, 1999).

TabII. Přehled velikosti oček standardních mnohočkových tenat s koeficienty pro výpočet sousední velikosti.

Standardní velikost oček (mm)	Koeficient násobení (velikost očka/předchozí velikost očka)
5	-
6,25	1,25
8	1,28
10	1,25
12,5	1,25
15,5	1,24
19,5	1,26
24	1,23
29	1,21
35	1,21
43	1,23
55	1,28

Z této tabulky je očividné, že standardní mnohoočkové tenatní sítě nejsou vyráběny přesně podle koeficientu 1,25. Od velikosti oček 24 mm až po 43 mm jsou velikosti oček

konstruovány podle menšího koeficientu. Pokud bychom ale snížili lovné úsilí tím, že bychom místo velikostí oček (24, 29, 35 a 43 mm) použili tenata s velikostmi oček (24,5; 30,5; 38 a 48 mm), což by přesně odpovídalo koeficientu 1,25, tak bychom mohli snížit nadhodnocení větších ryb (Prchalová *et. al.*, 2009).

V další studii z Estonského pobřeží (Albert, 2004) se nechytla žádná ryba menší než 12 cm. Tento jev má dvě možné vysvětlení. Ryby menší než 12 cm se ve vzorkovaných místech nenacházely, nebo byla zvolená očka příliš velká, aby takto malé jedince zachytila. Autorka uvádí, že optimální velikost okouna pro očka o velikosti (17 mm) je 13,4 cm. Zatímco vhodná velikost plotice pro tyto očka je 14,5 cm. Jak uvádí autorka, tak nejlepším řešením by tedy bylo přidání menších oček. Nicméně Kurkilahti a kol. (2002) ve své práci uvádějí, že do oček o velikosti 16 mm se zachytilo 12 okounů o délce 11 cm, což je 1% ze všech okounů a 154 okounů o délce 13 cm, což je 12% všech jedinců. Navíc se sladkovodním rybám v brakických vodách daří velmi dobře. Díky tomu nelze předpokládat, že by ryby o délce menší než 12 cm byly v horší kondici, než ryby z Kurkilahtiho studie (Finská jezera). Jak jsem již zmiňoval, nejdůležitějším parametrem pro zachycení do tenat je obvod rybího těla. Tím pádem lze předpokládat, že okouni z brakických vod by měli relativně větší obvod vůči délce těla, než okouni z jezera. Troufám si tedy tvrdit, že důvod, proč se nezachytily žádné ryby menší než 12 cm, nemusí nutně souviset s velikostí oček.

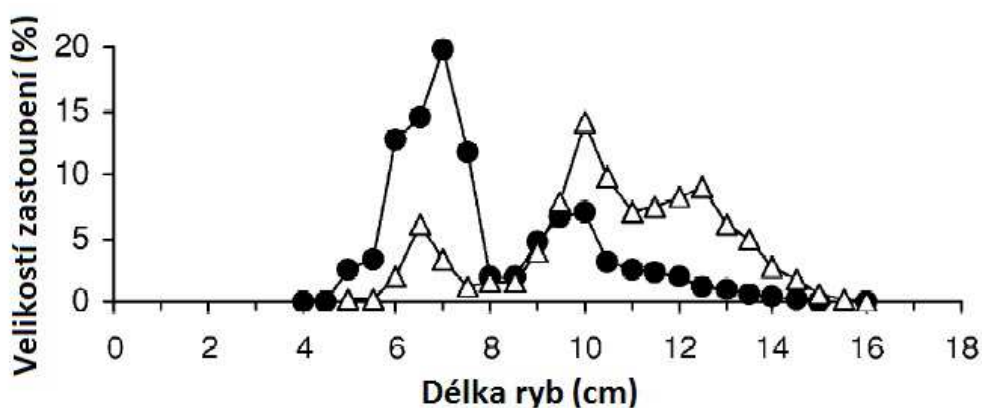
Co se týká modelování selektivity jednotlivých velikostí oček, tak vhodný selektivní model vyplývá z mechanismu zachycení a morfologie těla. Pro ryby, které se zachytávají za tělo, respektive za skřele a zároveň není narušen Baranovův princip geometrické podobnosti, jsou vhodné křivky, které mají vzhled přibližně normálního rozdělení.

Pokud se naruší Baranovův princip geometrické podobnosti a obvod rybího těla neroste proporcionálně se zvětšující se délkou těla, jsou vhodné zkosené modely jako lognormální a gamma model.

Pro rybí druhy, které se zřetelně zachytávají dvěma způsoby (jedním z nich je zachycení za tělní nepravidelnosti), se ukázalo nejvhodnější použití bimodálního modelu, který je ze všech modelů nejplastičtější a může tak nabývat různých tvarů.

Lov tenaty není však jedinou lovnou metodou, která je zatížena velikostní selektivitou. Olin a Malinen (2003) srovnávají vzorkovací schopnosti tenat a tralových záťahů. Co se týká

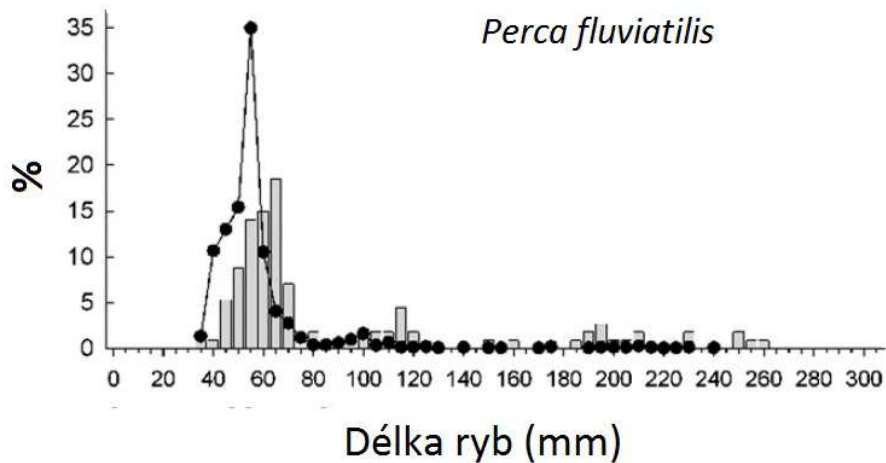
velikostního složení, tak tralové sítě zachytávaly více ryb menších než 5 cm, než standardní tenatní sítě. Přesněji tato velikostní skupina (>5 cm) tvořila u tralových vzorků 51% z celkového počtu ryb, zatímco u tenat tvořila tato velikostní skupina pouze 1% z celkového počtu ulovených ryb (Olin a Malinen, 2003). Další rozdíly ve velikostním složení vzorku tenat a tralových zátahů zobrazuje obr. 13.



Obr. 13. Velikostní složení vzorků oukleje obecné zachycené dvěma různými metodami. Černá kolečka znázorňují úlovek tralových zátahů, zatímco trojúhelníčky představují velikostní složení tenatního úlovku (Olin a Malinen 2003).

V práci, ve které autoři porovnávali velikostní selektivitu lovu na háček a lovu tenaty Stergiou a Erzini (2001) bylo vypořazováno, že do tenat se zachytilo daleko více větších ryb, než na háček. K podobnému výsledku došel i Stergiou a kol. (1996), kteří ukázali, že velikostní složení populace získané ze vzorkování tenaty je v porovnání s tralovými sítěmi a zátahy zatíženo nadhodnocením větších ryb. Všichni z výše zmíněných autorů předpokládají, že nadhodnocení větších ryb je způsobeno zejména tím, že větší ryby mají větší pravděpodobnost na síť narazit.

Nadhodnocení určitých velikostních skupin není jediný problém, který tenata způsobují. Dalším velkým problémem je podhodnocení menších ryb. Jak jsem již uvedl, tak Prchalová a kol. (2009) pozorovali výrazné podhodnocení malých ryb (tohoročních a jednoročních) v tenatním úlovku. V porovnání se zátahovými sítěmi byl prokázán výrazný rozdíl ve schopnosti ulovit takto malé ryby (obr. 14).



Obr. 14. Velikostní složení úlovků tenat (šedé sloupečky) a úlovků zátahových sítí (černá kolečka) okouna obecného (Prchalová a kol. 2009).

Důvody podhodnocení menších ryb jsem již popsal v kapitole o důsledcích selektivity. Ovšem dalším důvodem proč jsou v úlovcích tenat a zátahových sítí takové rozdíly vyplývá z jejich použití. Zátahové sítě se používají v mělkých vodách, ve kterých byl pozorován zvýšený výskyt tohoročních ryb (Brosse a kol., 1999). Zatímco tenata se instalují do hloubky nejméně 2 - 3 metry. V závislosti na reliéfu dna se tenata instaluje různě daleko od břehu. Pokud se dno svažuje pomaleji, tak vzdálenost tenat od břehu může být relativně velká. Vzhledem ke vzdálenosti, kterou jsou tohoroční ryby schopné uplavat, tak je možné že nastražené tenata nepotkají.

Většina prací, ve kterých se zhodnocuje velikostní selektivita tenat, je zaměřena na mořské druhy. O velikostní selektivitě sladkovodních druhů se toho moc neví a většina studií je již zastaralá. Bylo by tedy vhodné pokusit se modelovat velikostní selektivitu pro běžné sladkovodní druhy, které se v Evropě vyskytují.

7. Závěr

Lov pomocí tenaty, jedna z metod pasivního rybolovu, se používá po celém světě za různými účely. Velmi hojně se však využívá jako vzorkovací metoda, kterou zjišťujeme stav rybí obsádky. Můžeme stanovit velikostní složení populace, věkovou strukturu a dále například poměr pohlaví v populaci. Tématem mé práce byla velikostní selektivita, která nám znesnadňuje interpretaci výsledků. Pro vědecké účely se snažíme, aby byl lov tenaty co nejméně selektivní pro jednotlivé velikostní skupiny ryb. Výše v práci jsem popsal problémy, které vznikají při vzorkování tenaty, jako je nadhodnocení či podhodnocení určitých velikostních skupin. Tenata zachytí pouze ty ryby, které aktivně vplují do sítě. Veškeré úlovky tudíž závisí na aktivitě ryb. Některé druhy jsou do tenat prakticky nechytatelné (štika obecná) a některé druhy (okoun obecný) mohou být v úlovcích tenat naopak nadhodnocené.

Ryby tohoroční a jednoroční jsou v tenatních úlovcích podhodnoceny. Naopak velké ryby, které uplavou větší vzdálenosti, mají vyšší šanci na tenato narazit a tím pádem jsou nadhodnocené. Tyto komplikace můžeme zmírnit tím, že zvýšíme lovné úsilí pro menší ryby a naopak snížíme lovné úsilí pro větší ryby. Toho můžeme docílit změnou velikostí oček nebo změnou průměru nylonu, ze kterého se tenata vyrábějí. Pokud zjistíme, že vzorek z lovu tenaty neodráží skutečné složení populace, tak je vhodné jednotlivé údaje o velikostním složení populace korigovat.

Porozuměním velikostní selektivitě tenat můžeme v komerčním rybolovu stanovit pro konkrétní druhy a oblasti, optimální velikosti oček, které budou lovit zejména dospělé jedince, kteří se stihnou alespoň jednou vytříít. Tenata by tedy měla být co nejvíce selektivní pro cílové skupiny různých velikostí ryb. Takový krok by mohl vést k trvale udržitelnému rybolovu pro konkrétní druhy a riziko úplného vylovení by se tak snížilo.

Na tuto bakalářskou práci bych chtěl navázat prací magisterskou, kde bych se pokusil kvantifikovat vliv velikostní selektivity na úlovky standardních mnohoočkových tenat u našich běžných rybích druhů.

8. Seznam literatury

Achleitner, D.; Gassner, H.; Luger, M., 2012. Comparison of three standardised fish sampling methods in 14 alpin lakes in Austria. *Fisheries Management and Ecology*, 19, 352-361.

Andreev, N.N., 1955. (Some problems in the theory of the capture of fish by gill nets.). Tr. Vses. Nauch.-Issled. Inst. Morsk. Ryb. Khoz , 30, 109-127.

Baranov, F.I., 1914 (The capture of fish by gillnets.). *Posnaniyu Russ. Rybolov*, 3, 59-99.-rusky

Brosse, S.; Guegan, J.F.; Tourenq, J.N.; Lek, S., 1999. The use of artificial neutral net-works to assess fish abundance and spatial occupancy in the litoral zone of a mezotrophic lake. *Ecological Modeling*, 120, 299-311.

Carol, J.; García-Berthou, E., 2007. Gillnet selectivity and its relationship with body shape for eight freshwater fish species. *Institute of Aquatic Ecology*, 23, 654-660.

ČSN EN 14757, 2005: Jakost vod – odběr vzorků ryb tenzními sítěmi.

Dincer, A.; Bahar, M., 2008. Multifilament Gillnet Selectivity for the red Mullet (*Mullus barbatus*) in the Eastern Black Sea Coast of Turkey, Trabzon. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8, 355-359.

EC Water Framework Directive, 2000/60/EC

EN 14757, 2005: Water quality – Sampling of Fish with Multimesh Gillnets, CEN TC 230, Březen 2005.

Fonseca, P.; Martins, R.; Campos, A.; Sobral, P., 2005. Gill-net selectivity off the Portuguese western coast. *Fisheries Research*, 73, 323-339.

Hamley, J.M., 1975. Review of gillnet selectivity . *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, 1943-1969.

- Hamley, J.M., 1980. Guidelines for sampling fish in inland waters 4. Sampling with gillnets. European Inland Fisheries Advisory Commission. 1980, 33, 37-53.
- Hamley, J.M.; Rieger, H.A., 1973. Direct estimates of gillnet selectivity to walleye (*Stizostedion Vitreum vitreum*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30, 817-830.
- Heikinheimo, O.; Mikkola, J., 2004. Effect of selective gill-net fishing on the length distribution of European whitefish (*Coregonus Lavaretus*) in the Gulf of Finland. Ann. Zool. Fennici, 41, 357-366.
- Heikinheimo, O.; Setälä, J.; Jaarni, K.A.; Raitaniemi, J., 2006. Impacts of mesh-size regulation of gillnets on the pikeperch fisheries in the Archipelago Sea, Finland. Fisheries Research, 77, 192-199.
- Holmgren, K., 1999. Between-year variation in community structure and biomass-size distributions of benthic lake fish communities. Journal OF Fish Biology, 55, 535-552.
- Holst, R.; Wileman, D.; Madsen, N., 2002. The effect of twine thickness on the size selectivity and fishing power of Baltic cod gill nets. Fisheries Research 56, 303-312.
- Huse, I.; Lokkeborg, S.; Vold Soldal, V., 2000. Relative selectivity in trawl, longline and gillnet fisheries for cod and haddock. Journal of Marine Science, 57, 1271-1282.
- Jensen, J.W., 1995a. A direct estimate of gillnet selectivity for brown trout . JAL Journal OF Fish Biology. 46, 857-861.
- Jensen, J.W., 1995b. Evaluating catches of salmonids taken by gillnets. Journal OF Fish Biology 46, 862-871.
- Karakulak, F.; Erk, H., 2008. Gill net and trammel net selectivity in the northern Aegean Sea, Turkey. Scientia Marina, 72, 527-540.
- Kennedy, W. A., 1951. The relationship of fishing effort by gill nets to the interval between lifts. Journal of Fisheries Research Board of Canada , 8, 264-274.
- Kubečka, J.; Frouzová, J.; Jůza, T.; Kratochvíl, M.; Prchalová, M.; Říha, M., 2010. Metodika monitorování rybích společenstev nádrží a jezer.

- Kurkilahti, M., 1999. Nordic Multimesh Gillnet-Robust gear for Sampling Fish Populations. Helsinki: University of Turku, 108.
- Kurkilahti, M.; Appelberg, M.; Hesthagen, T.; Rask, M., 2002. Effect of fish shape on gillnet selectivity: a study with Fulton's condition factor. *Fisheries Research*, 54 , 153-170.
- Law, R.; and Grey, D.R., 1989. Evolution of yields from populations with age-specific cropping. *Evolutionary Ecology*, 3, 343-359.
- Millar, R.B.; Freyer, R.J., 1999. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9, 89-116.
- Millar, R.B.; Holst, R., 1997. Estimation of gillnet and hook selectivity using log-linear models. *ICES Journal of Marine Science*, 54, 471-477.
- Olin, M.; Kurkilahti, M.; Peitola, P.; Ruuhijarvi, J., 2004. The effects of fish accumulation on the catchability of multimesh gillnet. *Fisheries Research*, 68, 135-147.
- Olin, M.; Malinen, T., 2003. Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling. *Hydrobiologia*, 506, 443-449.
- Ozyurt, C.; Kyiaga, V.; Mavruk, S.; Akamca, E., 2011. Spawning, Maturity Length and Size Selectivity for Pikeperch (*Sander lucioperca*) in Seyhan Dam Lake. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10, 545-551.
- Pivnička, K., 1987. The effect of the length composition of the roach population on the gillnet selectivity (Pisces). *Věstník Československé společnosti zoologické*, 51, 214-227.
- Prchalová, M.; Kubečka, J.; Říha, M.; Litvín, R.; Čech, M.; Frouzová, J.; Hladík, M.; Hohausová, E.; Peterka, J.; Vašek, M., 2008. Overestimation of percid fishes (Percidae) in gillnet sampling. *Fisheries Research*, 91, 79-87.
- Prchalová, M.; Kubečka, J.; Říha, M.; Mrkvička, T.; Vašek, M.; Jůza, T.; Kratochvíl, M.; Peterka, J.; Draštík, V.; Křížek, J., 2009. Size selectivity of standardized multimesh gillnets in sampling coarse European species. *Fisheries Research*, 96, 51-57.

- Prchalová, M.; Mrkvička, T.; Kubečka, J.; Peterka, J.; Čech, M.; Muška, M.; Kratochvíl, M.; Vašek, M., 2010. Fish activity as determined by gillnet catch: A comparison of two reservoirs of different turbidity . Fisheries Research, 102, 291-296.
- Prchalová, M.; Mrkvička, T.; Peterka, J.; Čech, M.; Berec, L.; Kubečka, J., 2011. A model of gillnet catch in relation to the catchable biomass, saturation and soak time. Fisheries Research, 107, 201-209.
- Pycha, R. L.; King, G. R., 1975. Changes in the lake trout population of southern lake superior in relation to the fishery the sea lake lamprey and stocking 1950-1970. Great Lakes Fishery Commission Technical Report, 28, 1-34.
- Revill, A.; Cotter, J.; Armstrong, J.; Forster, R.; Caslake, G.; Holst, R., 2007. The selectivity of the gill-nets used to target hake (*Merluccius merluccius*) in the Cornish and Irish offshore fisheries. Fisheries Research, 85, 142-147.
- Reis, E.G.; Pawson, M.G., 1999. Fish morphology and estimating selectivity by gillnets. Fisheries Research, 39, 263-273.
- Rodríguez-Climent, S.; Alcaraz, C.; Caiola, N.; Ibañez, C.; Nebra, A.; Muñoz-Camarillo, G.; Casals, F.; Vinyoles, D.; Sostoa, A., 2011. Gillnet selectivity in the Ebro Delta coastal lagoons and its implication for the fishery management of the sand smelt, *Atherina boyeri*. Estuarine, Coastal and Shelf Science.
- Rudstam, L.G., 1984. Size selectivity of passive fishing gear – a correction for encounter probability applied to gill nets. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 41, 1252-1255.
- Santos, M.; Gaspar, M.; Monteiro, C.; Erzini, K., 2003. Gill net selectivity for European hake (*Merluccius merluccius*) from southern Portugal: implication for fishery management. Fisheries Science, 69, 873-882.
- Sparre, P; Venema, S., 1998. Introduction to tropical Fish Stock Assessment - Part 1: Manual. FAQ Fisheries Technical Paper, 306/1, 64.

Stergiou, K.; Petrakis, G.; Politou, C.Y., 1996. Small-scale fisheries in the south Euboikos Gulf (Greece): species composition and gear competition. *Fisheries Research*, 26, 325-336.

Stergiou, K.; Erzini, K., 2002. Comparative fixed gear studies in the Caclades (Aegean Sea): size selectivity of small-hook longlines and monofilament gill nets. *Fisheries Research*, 58, 25-40.

Wardle, C.S.; Guy, G.; Mojsiewicz, W.R.; Glass, C.W., 1991. The effect of color on the appearance of monofilament nylon under water. *Fisheries Research*, 10, 243-253.

Yokota, K.; Fujimori, Y.; Shiode, D.; Tokai, T., 2001. Effect of thin twine on gill net size-selectivity analyzed with the direct estimation method. *Fisheries Science*, 67, 851-856.