

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 2011

Dvořák T. (2011). 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:

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

Prohlašuji, že svoji bakalářskou 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 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 14.12.2011

Tomáš Dvořák

Především děkuji své školitelce RNDr. Marie Prchalové, Ph.D za všechny rady a pomoc, co mi poskytla. Dále děkuji všem členům HBÚ, kteří mi poskytli potřebné zázemí a praxi. Poděkování patří i mé rodině, která mi byla vždy oporou.

Obsah:

1. ÚVOD	2
1.1 DOBA A MÍSTO LOVU	3
1.2 VÝHODY A NEVÝHODY LOVU TENATY	4
1.3 PRAVDĚPODOBNOST ÚLOVKU	5
1.4 PRAVDĚPODOBNOST STŘETNUTÍ RYB SE SÍTÍ	5
1.5 PRAVDĚPODOBNOST ZACHYCENÍ RYB V SÍTI	6
1.6 PRAVDĚPODOBNOST UDRŽENÍ RYBY V SÍTI	7
2. CÍLE PRÁCE	8
3. VELIKOSTNÍ SELEKTIVITA VELIKOSTÍ OK TENAT	9
3.1 PŘÍMÝ A NEPŘÍMÝ ODHAD SELEKTIVITY	9
3.2 VÝZNAM VELIKOSTI OČEK	9
3.3 MĚŘENÍ VELIKOSTI OČEK	10
3.4 MORFOLOGIE TĚLA	10
3.5 PODHODNOCENÍ MENŠÍCH RYB	11
4. VYHODNOCENÍ VELIKOSTNÍ SELEKTIVITY TENAT	12
4.1 METODA MAXIMÁLNÍ VĚROHODNOSTI	14
5. TYPY SELEKČNÍCH KŘIVEK	14
5.1 NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ	14
5.2 NORMÁLNÍ ROZSAH	16
5.3 LOG-NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ	16
5.4 GAMMA ROZDĚLENÍ	17
6. SROVNÁNÍ KŘIVEK SELEKTIVITY	18
6.1 NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ	19
6.2 LOG-NORMÁLNÍ	22
6.3 GAMMA ROZDĚLENÍ	23
6.4 POZNÁMKY K VÝSLEDKŮM	23
7. ZÁVĚR	24
8. SEZNAM LITERATURY	25

1. Úvod

Tenata jsou jedním z nejpoužívanějších metod pasivního rybolovu. Použití tenat je od komerčního rybolovu až po vědecké účely. Tato práce bude ovšem hlavně o použití tenat jako metody reprezentativního vzorkování rybích populací. Směrnicí pro použití tenat na odběr vzorků ryb je: Jakost vod-Odběr vzorků tenatními sítěmi (ČSN EN 14757). Jedná se o českou verzi evropské směrnice: Water quality – sampling of fish with multi-mesh gillnets (EN 14757).

Tenata jsou vertikální panely sítí, které jsou instalovány do vody. Každé tenato se skládá ze síťoviny a spodní zátěžové a horní plovákové žíně. Síťovina se podle normy skládá z panelů síťoviny, kdy každý panel obsahuje očka o různé velikosti tzv. mnohoočková tenata (ČSN EN 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. Velikost oček je možné měnit podle zkušeností, ale vždy o tom musí být zmínka v metodice práce (ČSN EN 14757).

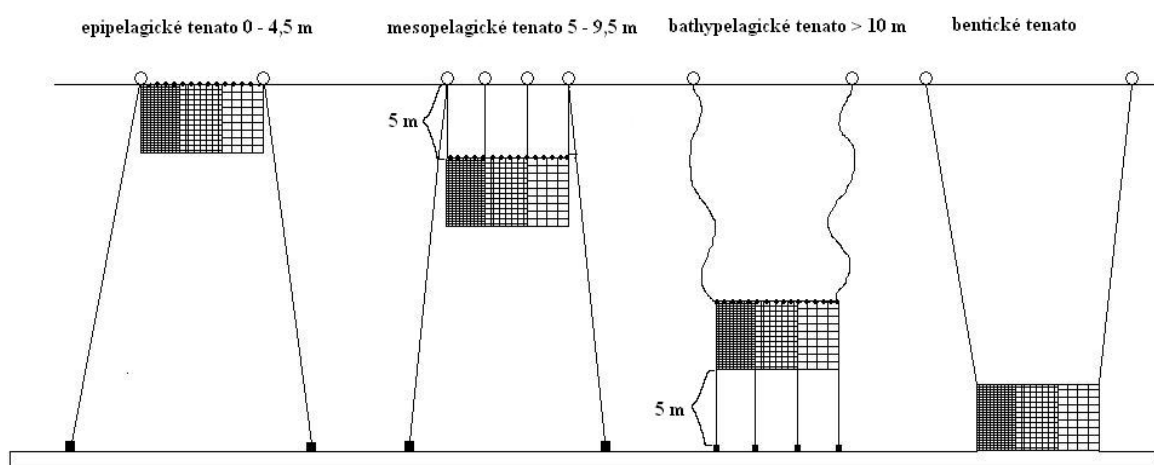
Síťovina je na vrchu i na spodu vpletena do žíně. Žíně jsou na tenatu kvůli manipulaci při instalaci a také slouží k dosažení správného vertikálního designu sítě. Horní žíně je plovoucí a spodní je potápivá, čímž se dosáhne správného designu. Obě žíně musí být vyvážené, aby byla spodní žíně vždy tou potápivou. Změnou délek těchto žíní, můžeme měnit tzv. nakosení síťoviny (ČSN EN 14757).

Dále jsou na každém tenatu plováky a kotvy. Plováky se přivazují na horní žíni a kotvy se přivazují na různé části, což zvolíme podle habitatu, kde chceme lovit, viz Obr. 1. Plováky slouží zároveň jako označení tenata, které je viditelné na hladině a umožní tenato opět najít nebo se mu úspěšně vyhnout (ČSN EN 14757).

Podle habitatů, ve kterých lovíme, můžeme tenata rozdělit na 2 typy. První z nich jsou bentická tenata, která přiléhají na dno, a k jejich umístění není za potřeby používat kotvy. Pelagická tenata jsou, na rozdíl od bentických tenat, vybaveny kotvami. Z hlediska lokalizace tenata se pelagická tenata dělí na 3 podtypy: epipelagická, mesopelagická a batypelagická (Prchalová, ústní sdělení). Jak tato tenata vypadají a kde se používají, zobrazuje Obr. 1.

V dnešní době je tenatovina (síťovina) vyráběna zejména z nylonu. Nylonová multivlákna se objevila ve 40. letech minulého století a ukázala se jako 2-3 krát účinnější, než

sítě ze lnu, nebo bavlny (Pycha, 1975). Nylonové sítě se tedy ukázaly jako efektivní a zároveň nenáročné na údržbu (Lagler, 1978). Jednovláknová nylonová tenata se špatně opravují a také se s nimi špatně pracuje v mrazivých podmínkách. Jsou ovšem ve vodě méně viditelná, zároveň se lépe čistí a jsou poměrně odolná, zejména oproti tenatům z přírodních materiálů, jako je např. bavlna a len. Správný výběr materiálu má značný vliv na úlovek a na vlastnosti, jako je viditelnost, elasticita, vůně, pevnost a síla nutná k protržení (Jester, 1973).



Obr. 1 Umístění tenat ve vodě.

1.1 Doba a místo lovu

Lovení tenaty je ovlivněno aktivitou ryb, která se mění nejen cirkadiálně, ale i celoročně, zejména v závislosti na teplotě vody. Tenaty nelovíme v době tření ryb. V této době se ryby shlukují, což by značně ovlivnilo výsledky lovu. Norma uvádí, že se úlovky snižují, pokud je teplota nižší než 15°C.

Úlovek každého tenata představuje náhodný nezávislý vzorek. Aby toto bylo zaručeno, nesmí se jednotlivá tenata dotýkat či překrývat (EN 14757, 2005).

Instalace tenat se provádí 2-3 hodiny před západem slunce a tenata se vytahují další ráno, cca 2-3 hodiny po východu slunce. Toto časové rozmezí se odvíjí od vrcholů aktivity ryb

po dobu instalace tenat, které jsou pro většinu našich druhů při soumraku a při rozbřesku (Prchalová *et al.*, 2010).

1.2 Výhody a nevýhody lovu tenaty

Lovení do tenat je pasivní lovnou metodou. Lovit můžeme, jak na moři, tak na vnitrozemských vodních plochách jako jsou nádrže, jezera, případně rybníky. Lovení tenaty má své výhody a nevýhody.

Výhody:

- Možnost lovit ve všech hloubkách a téměř ve všech habitatech nádrže. (Kubečka *et al.*, 2010).
- Široké spektrum ulovitelných ryb. Při použití standardních mnohoočkových tenat může být uloven jakýkoliv jedinec větší než 40 mm standardní velikosti (Prchalová *et al.*, 2009). Velikost oček tenat u mnohoočkových sítí roste geometrickou řadou a měla by odpovídat skutečnému velikostnímu složení populace ryb (Kurkilahti, 1999).
- Tenata zcela splňují požadavky Rámcové směrnice vodní politiky EU na lovné prostředky a jsou v současnosti používána jako monitorovací nástroj ve většině států EU.

Nevýhody:

- Tenata bohužel neposkytují data o absolutní početnosti a biomase ryb, ale pouze o početnosti a biomase relativní. Jedná se o poměr úlovku na jednotku vynaloženého úsilí (CPUE = Catch Per Unit of Effort). Zatím neexistuje přepočítání mezi relativní a absolutní početností (Kubečka *et al.*, 2010).
- V sítích se zachytí pouze ty ryby, které se aktivně pohybují, tudíž mohou být některé druhy nebo velikostní skupiny nadhodnoceny či podhodnoceny v závislosti na jejich aktivitě (Kurkilahti *et al.*, 2002; Olin a Malinen, 2003; Prchalová *et al.*, 2008; Prchalová *et al.*, 2009).

- Dále ryby, které jsou ulovené v tenatu, snižují pravděpodobnost chycení dalších ryb (Olin *et al.*, 2004). Tomuto jevu se říká saturace tenat. Další nepříjemností spojenou s delší dobou, po kterou máme tenato ve vodě, je to, že některé ryby hynou a tyto mrtvé ryby „varují“ další ryby před vplutím do sítě (Kennedy, 1951). Tudíž CPUE neroste lineárně s dobou, po kterou je tenato ve vodě. Existují ovšem statistické korekce, které řeší problém saturace tenat (Prchalová *et al.*, 2011).
- Ve většině případů je lov tenaty destruktivní metodou, při které je část ryb po celonoční instalaci v sítích mrtvá (Kubečka *et al.*, 2010).

1.3 Pravděpodobnost úlovku

Tenata jako selektivní metoda neloví vždy se stejnou úspěšností. To, aby se ryba do tenat mohla ulovit, závisí na různých okolnostech. Mezi tyto okolnosti patří chování ryb, vlastnosti sítě či environmentální podmínky při lovu (Hamley, 1975). Všechny z výše zmíněných parametrů mají vliv na úspěšnost lovu a musejí být brány v potaz při vyhodnocování úlovků. Pro pravděpodobnost ulovení existuje rovnice (Hamley, 1975).

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

P=pravděpodobnost

1.4 Pravděpodobnost střetnutí ryb se sítí

Mezi vlastnosti z první skupiny ($P_{\text{střetnutí se sítí}}$) patří vizuální vlastnosti sítě, jako je barva. Dále jsou to vzorce chování jednotlivých druhů ryb. Barva se týká nylonových sítí, které mohou

být zbarveny do různých odstínů. Zvolení správné barvy nylonu souvisí s viditelností ve vodě, kde budeme lovit. Můžeme říci, že čím je viditelnost vyšší, tím je zvolení správné barvy důležitější. Množství světla se dramaticky mění v denním cyklu a zároveň se snižuje se zvyšující se hloubkou (Wardle; *et al.* 1991). Jako nejlepší se ukázal bezbarvý nylon, který se dokáže stát pro ryby neviditelným v různých světelných podmínkách (Wardle; *et al.* 1991).

Další z faktorů ovlivňujících viditelnost nylonu je například 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 mají vyšší pohybovou aktivitu a uplují větší vzdálenosti (Rudstam, 1984). Z toho vyplývá, že pravděpodobnost, že ryba střeťne síť se zvyšuje se vzdáleností, jakou ryba uplave (Jensen, 1995). Tudíž se o dost více chytají větší ryby, které jsou pohybově aktivnější, než malé ryby nebo dokonce plůdek.

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 (Holmgren, 1999). Naopak některé druhy mohou být nadhodnoceny, což znamená, že zastoupení v úlovku je vyšší právě kvůli zvýšené pravděpodobnosti potkání sítě. Prchalová *et al.* (2009) ukázali, že tenata nadhodnocují podíl okouna říčního (*Perca fluviatilis*) oproti dalším druhům v úlovcích. Autoři usuzují, že nadhodnocení je způsobeno právě vyšší aktivitou okouna v porovnání s ostatními druhy v pozorovaném společenstvu.

1.5 Pravděpodobnost zachycení ryb v síti

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

Velikost ok hraje hlavní roli, pokud chceme chytat selektivně různé velikosti ryb. Nejeftektivnější se ukázalo, když se obvod ryby rovnal 1-1,1 násobku obvodu oka (Reis, 1999). Dále se budu zabývat velikostmi ok v kapitole o selektivitě, kdy porovnáím účinnosti jednotlivých velikostí ok.

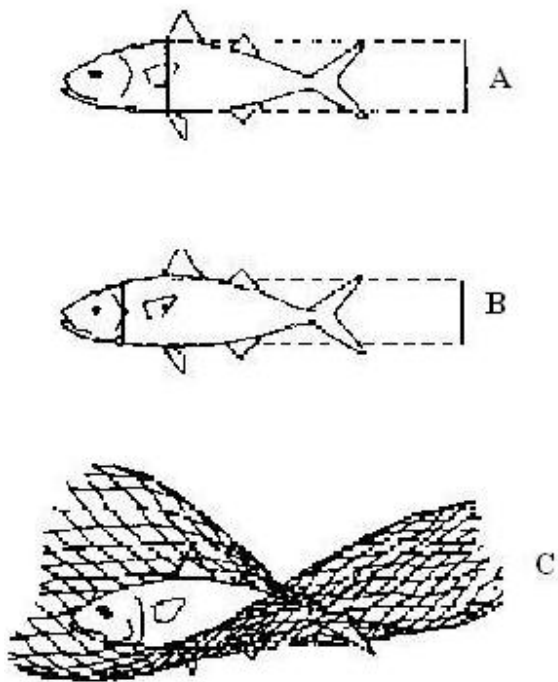
Síla vlákna souvisí jak s viditelností sítě, tak s efektivitou. Obecně se tenčí vlákno ukázalo jako efektivnější (Baranov, 1914; Andreev, 1955). Jde o to, že tenčí vlákno je méně viditelné, lépe se natahuje, a proto je efektivnější v zachytávání rybích těl. Ovšem jen do té doby, než je ryba natolik velká, aby vlákno protrhla. Jensen (1995) zjistil, že vlákno o síle 0,1 mm chytlo 2,2 × více pstruhů (*Salmo trutta*), než vlákno o síle 0,17 mm.

Nakosení je vlastnost sítě, která vzniká už při výrobě. Jedná se prakticky o stupeň napnutí ok. Buďto je nakosení nízké, což znamená, že oka jsou užší. Pokud je tedy nakosení nízké, tak se budou lépe chytat ryby s vyšším profilem těla. Nebo je nakosení vysoké a pak se do tenat chytají lépe ryby s oválným profilem těla. Ve vědecké praxi se používá nakosení 0,5 (ČSN EN 14757).

1.6 Pravděpodobnost udržení ryby v síti

Posledním krokem k úspěšnému lovu tenaty je zajistit, že ryby zůstanou v síti do dalšího rána ($P_{\text{udržení v síti}}$), kdy se tenata vytahují. 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). Prvním způsobem je, že se ryba do sítě při jejím proplouvání zaklíní svým tělem (wedged). Nejčastěji se ryba zaklíní právě za tělo (Yokota *et al.*, 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-žábra). Ryba může být chycena i za různé tělní výstupky a nerovnosti (paprsky ploutví, zuby, čelisti atd.), aniž by proplula sítí (tangled). Jak vypadá chycení za jednotlivé části ryb, je ukázáno na Obr. 2.



Obr. 2. Způsob zachycení ryby:A) zaklínění za tělo, B) za žábry, C) zachycení za jinou část těla. U prvních dvou způsobů je naznačeno místo, kde se tenato zachytne.

2. Cíle práce

Cílem této práce je popsat problém velikostní selektivity jednotlivých velikostí ok tenat. Zahrnout do práce všechny možné faktory, které tuto selektivitu ovlivňují. Dále budu porovnávat křivky popisující velikostní selektivitu jednotlivých ok pro naše nejběžnější druhy ryb, které byly popsány v literatuře. Vyhodnocení selektivity velikostí ok pro jednotlivé druhy a stanovení jejich křivek má velký význam na zvýšení efektivity lovu ať už pro vědecké či komerční účely.

3. Velikostní selektivita velikostí ok tenat

Selektivita znamená v tomto případě pravděpodobnost, že se do ok určitého rozměru chytne ryba o určité velikosti. Při zaklínění ryby to tenata je nejdůležitějším parametrem obvodu rybiho těla (Kurkilahti *et al*, 2002). Nejvíce studií na selektivitu bylo zpracováno za použití délek ryb. Obvod se nepoužívá zejména proto, že je složité ho měřit a je to časově náročné, proto se raději měří délka a váha chycených ryb (Millar a Fryer, 1999). Na převod obvodu a délky existuje přepočít pro jednotlivé druhy. Jestliže se ryby chytají třemi různými způsoby, tak se optimální velikost ryby bude měnit v závislosti na tom, za jakou část těla se různé druhy chytají nejčastěji.

3.1 Přímý a nepřímý odhad selektivity

Pokud známe velikostní složení populace, kterou se chystáme lovit, tak se selektivita měří přímo. Velikostní zastoupení v nádrži, známe velmi zřídka a v praxi se dá uvažovat jen o metodách zpětného odchyty značených ryb určité sub-populace (Hamley a Rieger, 1973).

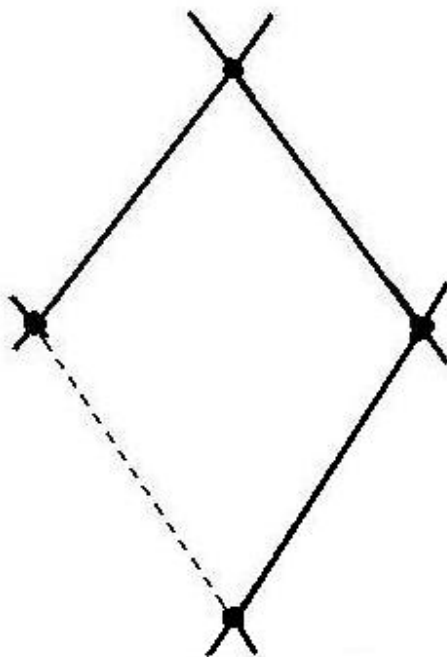
Daleko častěji se však setkáme s tím, že lovenou populaci neznáme a jedná se tedy o nepřímé měření selektivity. Při nepřímém měření se data o selektivitě získávají srovnáním pozorovaných frekvencí úlovku z různě velkých ok. Tento způsob měření je použit v mé práci.

3.2 Význam velikosti oček

Pouze v očekách optimální velikosti, jsou jednotlivé ryby chytány nejlépe. Ryby menší nebo větší, než je optimální velikost, se chytají s menší pravděpodobností. Pokud by, jsme zvolili příliš velká oka, tak by ryby mohli proplouvat skrz, zatímco při zvolení příliš malých oček by se ryby od sítě odrážely (Nielsen a Johnson 1983).

3.3 Měření velikosti oček

Velikost oček se většinou udává jako vzdálenost mezi dvěma uzlíky (knot-to-knot), což můžeme vidět na Obr. 3. Někdy se používá i vzdálenost mezi dvěma nataženými uzlíky (stretched measure), která odpovídá 2x knot-to-knot. Je důležité zjistit tento údaj před interpretací výsledků, které by jinak byly nejednotné.



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

3.4 Morfologie těla

Jedním z důvodů velikostní selektivity je morfologie těla. Rybám s vyšším hřbetem roste obvod v místě zachytávání relativně více, oproti rybám s oválnějším profilem těla (Kurkilahti et al., 2002). To znamená, že větší kapři se budou chytat do větších oček, než menší kapři. Naproti tomu mezi větším a menším candátem (délka těla) nemusí být tak velký rozdíl v obvodu těla. Tudíž se větší candát může zachytnout i do stejného oka, jako menší jedinec.

Kromě tvaru těla mohou mít na selektivitu vliv další morfologické nepravidelnosti, jako paprsky ploutví, zuby či jiné tělní výstupky.

3.5 Podhodnocení menších ryb

Podhodnocení ryb menších velikostí je jeden z neduhů lovení tenaty. Prchalová *et al.*, (2009) ve své práci ukázali značné rozdíly v úlovku mezi rybami menšími než 40mm, kterých se chytlo méně než ostatních ryb. To svědčí o tom, že očka, která by měla zachycovat rybky menších velikostí, loví s jinou efektivitou, než očka pro větší ryby. Důvodů proč se to děje, je zřejmě více. Jedním z důvodů proč byly v této práci menší ryby podhodnoceny je, že použitá očka (5 mm, knot-to-knot) byla moc velká. Řešením by v tomto případě mohlo být posunutí období pro lov (Prchalová *et al.*, 2009).

Navíc 5 mm očka, která by měla zachytávat nejmenší rybky, neloví vzhledem k průměru nylonu se stejnou efektivitou (Prchalová *et al.*, 2009). Průměr materiálu, který se postupně mění s velikostí oček, nereflektuje úplně přesně lovné úsilí, nutné pro ulovení ryb menších velikostí. Jde o to, že vlákna o síle 0,1 mm nejsou dostatečně elastická, aby ulovila rybky odpovídající velikosti oček. Jak se mění průměr nylonu s velikostí oček, můžeme vidět v Tab. 1. Vztah mezi průměrem nylonového vlákna a jeho efektivitou byl prováděn ve více studiích (Libosvářský, 1970; Hansen, 1974; Jensen, 1995a,b; Turunen, 1996; Hovgård, 1996a,b; Finstad *et al.*, 2000; Yokota *et al.*, 2001; Holst *et al.*, 2002). Čím menší je průměr nylonového vlákna, tím je tenato efektivnější. Průměr se zvyšuje, kvůli pevnosti materiálu.

Dalším důvodem může být zvýšená viditelnost tenat s očky malých velikostí. Relativní zvýšená hustota nylonových vláken, může být pro ryby více viditelná a tím se zvýší schopnost ryby vyhnout se síti (Borgström, 1989; Borgström and Plahte, 1992; Jensen, 1995b; Turunen, 1996; Jensen a Hasthagen, 1996; Kurkilahti *et al.*, 1998).

Posledním důvodem podhodnocení menších ryb spočívá v rozdílné pohybové aktivitě. Menší ryby uplují menší vzdálenost a tak je jejich šance na setkání tenata menší, než u ryb větších (Rudstam *et al.*, 1984).

Tab. 1. Přehled velikostí oček a průměru použitého materiálu (ČSN 14757)

Velikost oček (mm)	průměr vlákna (mm)
5	0,1
6,25	0,1
8	0,1
10	0,12
12,5	0,12
15,5	0,12
19,5	0,15
24	0,17
29	0,17
35	0,2
43	0,2
55	0,25

4. Vyhodnocení velikostní selektivity tenat

Velikostní selektivita tenat se dá vyjádřit graficky. Vstupními daty pro vyhodnocení selektivity jsou délka ryb, počet ryb a velikost oček, do kterých se ulovily. Typická křivka popisující selektivitu tenat je zvonovitého tvaru (Gaussova křivka) a klesá na obou koncích k nule. Křivka je určena mode, 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 chytá v místě optimální velikosti. Od výšky se ovšem při modelování selektivity upustilo s tím, že by křivky byly přeparametrizované (Millar a Freyer, 1999). Stalo se tak díky principu geometrické podobnosti jednotlivých velikostí oček a ryb (Hamley, 1975; Millar a Freyer, 1999). To znamená, že všechny sítě jsou stejně účinné pro délky ryb, které chytají nejlépe (Hamley, 1975; Holst *et al.* 1998). Pro modelování jsem zhodnotil pouze unimodální rozdělení. Pro některé druhy by se ovšem mohlo lépe hodit i vícemodální rozdělení. Užití vícemodálních rozdělení může být předmětem pro další studie.

Všeobecně se nepřímé odhady selektivity získávají srovnáním frekvence ulovených ryb a velikostí oček, do kterých se ulovily (Millar a Holst, 1997). Pro získání selekčních křivek se dnes používají různé postupy, které se liší různou manipulací se selekčními rovnicemi. Holtstova metoda (Holst, 1963) 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 jiné metody aplikující Baranovovu princip geometrické podobnosti pro srovnání úlovků o stejné velikosti, které byly chyceny různými očky. Jedna z těchto metod se jmenuje SELECT (Share Each Length's Catch Total). Tento statistický model má řadu výhod. Mezi nejdůležitější patří rozmanitost rozdělení, která lze aplikovat a dále to, že data ze všech oček jsou analyzována v jednom modelu, což zvyšuje sílu testu. Díky těmto výhodám si myslím, že SELECT je ze zmíněných metod nejlepší. Jedná se o precizní statistický model, který odhaduje selekční křivky ze srovnání úlovků tenat a poskytuje více možností pro modelování (Millar a Holst, 1997; Millar a Freyer, 1999; Millar, 2000). V této metodě se očekávaná data srovnávají s daty naměřenými použitím metody maximální věrohodnosti, za předpokladu, že data mají Poissonovo rozdělení. Zmínil jsem se o Baranovovu principu geometrické podobnosti, který říká, že všechny velikosti oček jsou geometricky podobné a ryby stejného druhu jsou také geometricky podobné, potom musí být i křivky pro různě velká oka u stejných druhů podobné (Hamley, 1975).

4.1 Metoda maximální věrohodnosti

Maximální věrohodnost je metoda odhadující parametry různých statistických modelů s co nejvyšší pravděpodobností. Při aplikaci na data a daný statistický model poskytuje maximální věrohodnost odhad parametrů celého modelu. Můžeme například odhadnout nějaký parametr (např. délku ryb) pro určitou populaci, když použijeme průměr a varianci, kterou získáme z určitého vzorku populace. Předpokladem je pak normální rozdělení populace (Aldrich, 1997).

5. Typy selekčních křivek

Pro vyhodnocení selektivity se používají zejména tyto funkce: normální, normální rozsah, log-normální a gamma. Jedná se o funkce, které jsou odvozeny od rozdělení hustoty pravděpodobností. Různé křivky nejlépe odpovídají různým kombinacím mechanismu zachycení. Pro představu o vzhledu a vlastnostech těchto funkcí uvádím přehled rozdělení, od kterých jsou odvozeny.

5.1 Normální rozdělení

Jedná se o rozdělení se dvěma parametry pro kontinuální proměnnou. Kontinuální znamená, že data mohou nabývat všech hodnot z určitého intervalu. Záleží na přesnosti měření. Vhodnost normálního rozdělení vyplývá z principu geometrické podobnosti a nejčastějšího způsobu zachycení ryb v tenatu. Ryby se do tenat nejčastěji zaklíní svým tělem, což znamená, že se jejich obvod v místě zachycení rovná přibližně 1-1,1 násobku obvodu oka (Reis, 1999). Princip geometrické podobnosti zase říká, že obvod ryby roste přibližně pořád stejně a velikost oček taky. V tomto případě je užití normálního rozdělení nejlepší možností. Pro představu uvádím rovnici normálního rozdělení.

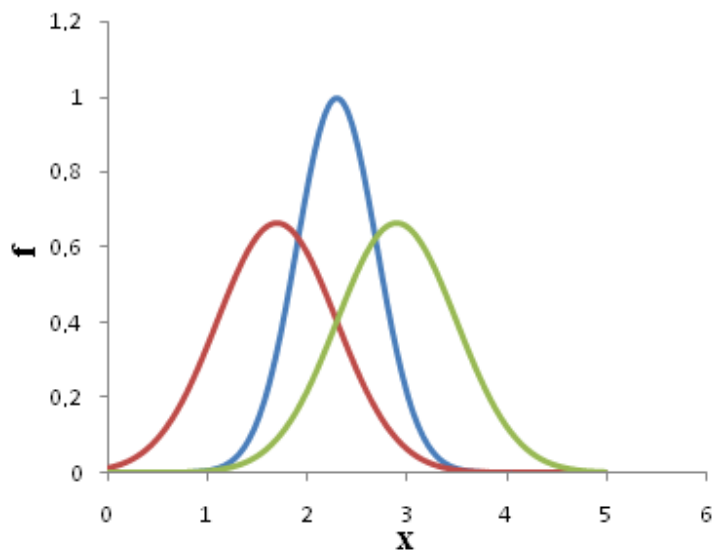
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

μ = průměr

σ^2 = rozptyl

σ = směrodatná odchylka

U normálního rozdělení se průměr rovná modu i mediánu. Jakých tvarů může normální rozdělení nabývat, znázorňuje Obr. 4.



Obr. 4. Normální rozdělení. Na ose x leží hodnoty náhodné proměnné a na ose y je vynesena funkce normálního rozdělení.

Variantou normálního rozdělení je normální rozsah.

5.2 Normální rozsah

Jedná se o rozdělení, které je prakticky stejné, jako normální. Rozdíl je v tom, že rozptyl se mění proporcionálně s velikostmi oček. Použit se dá zejména v případech, kdy se u jednotlivého druhu mění s velikostí i škála oček, do kterých se chytne (Carol a García-Berthou, 2006).

5.3 Log-normální rozdělení

Log-normální rozdělení patří do skupiny dvouparametrových rozdělení s kontinuální proměnnou. Jedná se o rozdělení, které bude mít po zlogaritmování proměnné vzhled přibližně normálního rozdělení. Podmínkou pro použití tohoto rozdělení je, že hodnota proměnné musí být kladná. Tento předpoklad je v případě modelování selektivity splněn, jelikož délka ani počet ryb nemůže nabývat záporných hodnot. Uvádím zde i rovnici pro log-normální rozdělení.

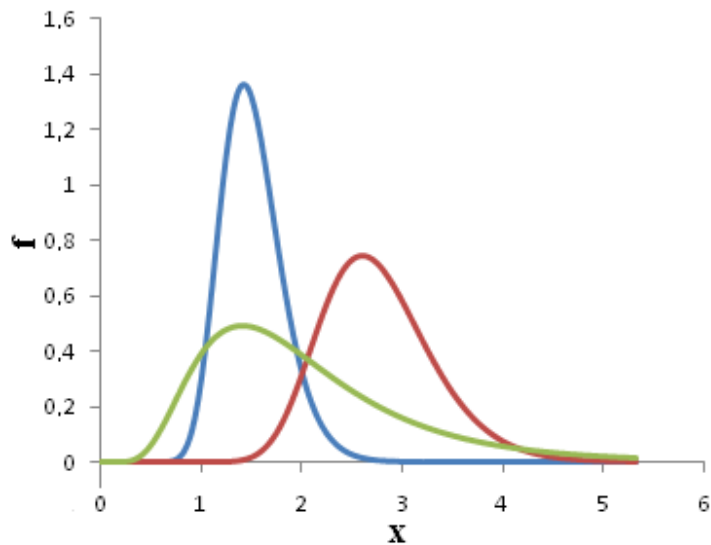
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-x}, X > 0$$

μ = průměr

σ^2 = rozptyl

σ = směrodatná odchylka

Čím je vyšší hodnota rozptylu, tím více je křivka pozitivně nakloněna. V našem případě to znamená, že pokud je rozptyl dat v nějaké rozumné míře, tak log-normální rozdělení lze použít pro případy, kdy jsou data pozitivně nakloněna (Hamley, 1975). Znamená to, že toto rozdělení je vhodné použít, pokud se větší ryby chytají to menších oček (Hamley, 1975). Jakých tvarů může log-normální rozdělení nabývat, ukazuje Obr. 5.



Obr. 5. Log-normální rozdělení. Na ose x leží hodnoty náhodné proměnné a na ose y je vynesena funkce log-normálního rozdělení.

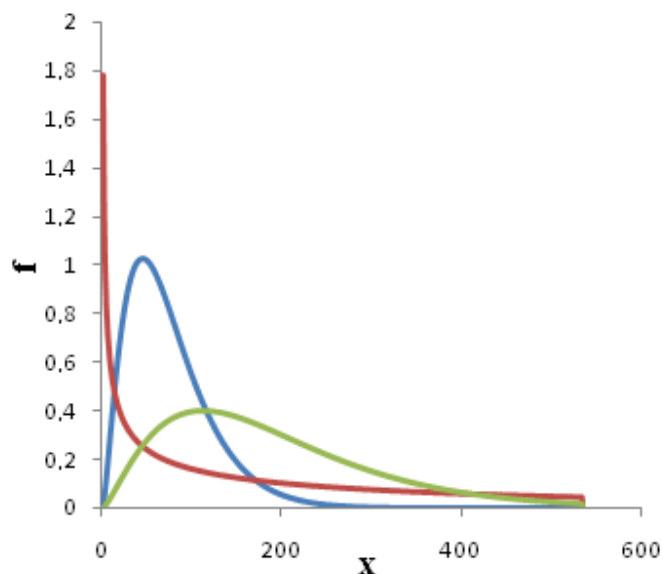
5.4 Gamma rozdělení

Gamma rozdělení je dvouparametrové rozdělení pro kontinuální proměnné. Prvním parametrem je θ (teta), který určuje rozptyl, a druhým parametrem je parametr k , který zase ovlivňuje náklon křivky. Gamma rozdělení se běžně používá k modelování nějakých časových událostí. Často se například modeluje doba, za kterou se stane určitá událost (úmrtí, čas do první poruchy, atd.) (Mrkvička, ústní sdělení)

Rovnici gamma rozdělení můžeme vidět níže.

$$f(x) = x^{k-1} \frac{e^{-x/\theta}}{\theta^k \Gamma(k)} \text{ pro } x \geq 0 \text{ a } k, \theta > 0$$

Gamma je nejrozmanitější rozdělení z těch, co představuji ve své práci. Je takové universální právě díky rozmanitosti tvarů, které může nabývat, viz Obr. 6.



Obr. 6. Názorný obrázek gamma rozdělení. Na ose x leží hodnoty náhodné proměnné a na ose y je vynesena funkce gamma rozdělení.

6. Srovnání křivek selektivity

Abychom mohli určit, která funkce se nejlépe hodí pro určité druhy ryb, tak musíme nějakým způsobem zhodnotit shodu reálných dat s modelem selektivity. Jak pasuje jednotlivá funkce pro jednotlivá data, se dá určit pomocí odchylky, což se běžně provádí srovnáním pomocí testu dobré shody (chi-square). Platí, že čím menší odchylka, tím je lepší shoda modelu s reálnými daty (Dos Santos et al., 2003). Všechny černobílé grafy užití v mé práci jsou převzaté z citované literatury a doplnil jsem do nich pouze české popisky.

Níže srovnávám různé druhy sladkovodních ryb, které pocházejí z různých prací. První z nich je práce o šesti sladkovodních rybách, které byly chytány ve Španělsku, tj. Carol a García-Berthou (2006). Chytány byly tyto druhy: ouklej obecná (*Alburnus alburnus*), kapr obecný (*Cyprinus caprio*), plotice obecná (*Rutilus rutilus*), perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*), jelec tloušť (*Squalius cephalus*) a candát obecný (*Sander lucioperca*). Byla použita tenata s velikostmi oček 14,5; 19; 25,5; 32; 42,25; 50,75; 67,75; 88,75; 100,75 a 126,5

mm (od uzlíku k uzlíku). Grafy byly vytvořeny pomocí metody SELECT užitím statistického programu S-plus 2000.

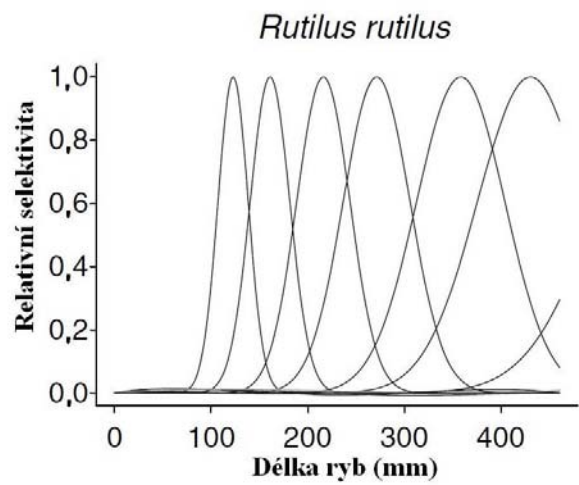
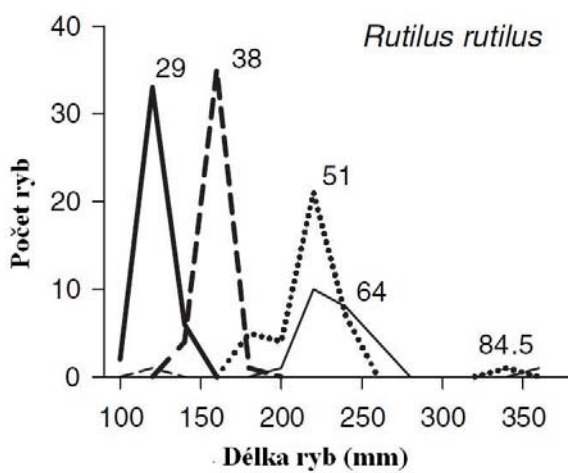
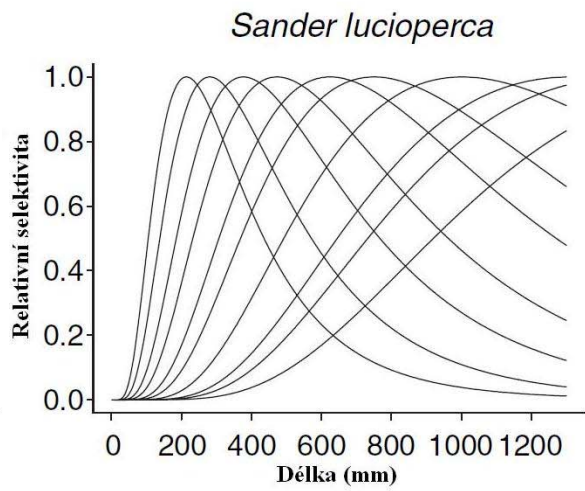
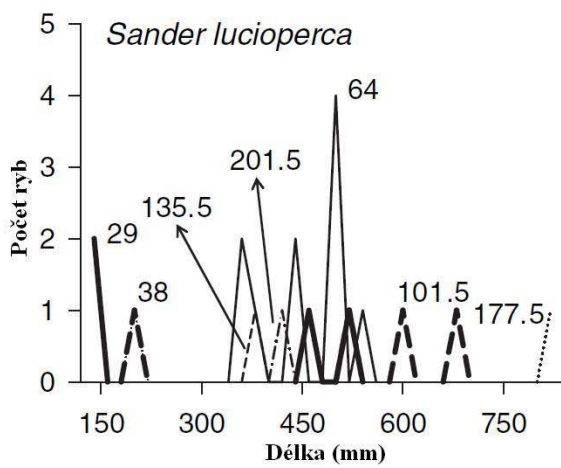
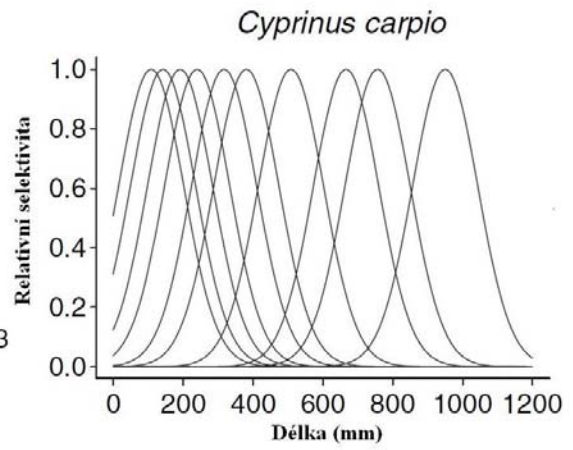
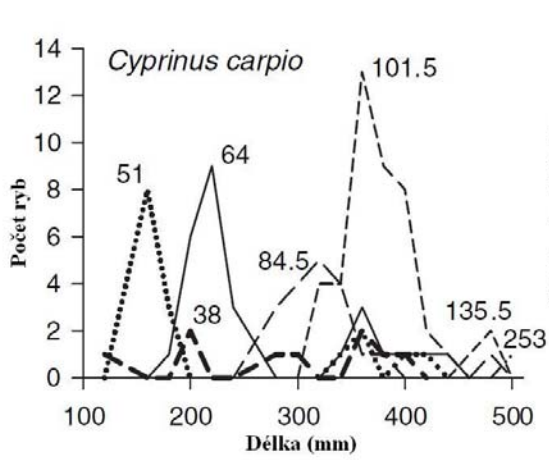
V další práci jsou porovnávány křivky selektivity pro candáta obecného (*Sander lucioperca*). Jedná se o práci autorů Ozyurt *et al* (2011). V této práci byly, candáti chytáni do těchto velikostí oček: 40, 44, 48, 52 mm (od uzlíku k uzlíku). Grafy byly vytvořeny metodou SELECT počítanou v programu PASGEAR 2.

Ke srovnání jsem dále vybral práci od Psuty a Borowského (1997). Jedná se modelování selektivity pro cejna velkého (*Abramis brama*) za použití Holtstovy metody. Ve své práci autoři srovnávají velikostní zastoupení pro jednotlivá očka (50, 55, 60, 65, 70, 75 mm) s křivkami normálního rozdělení.

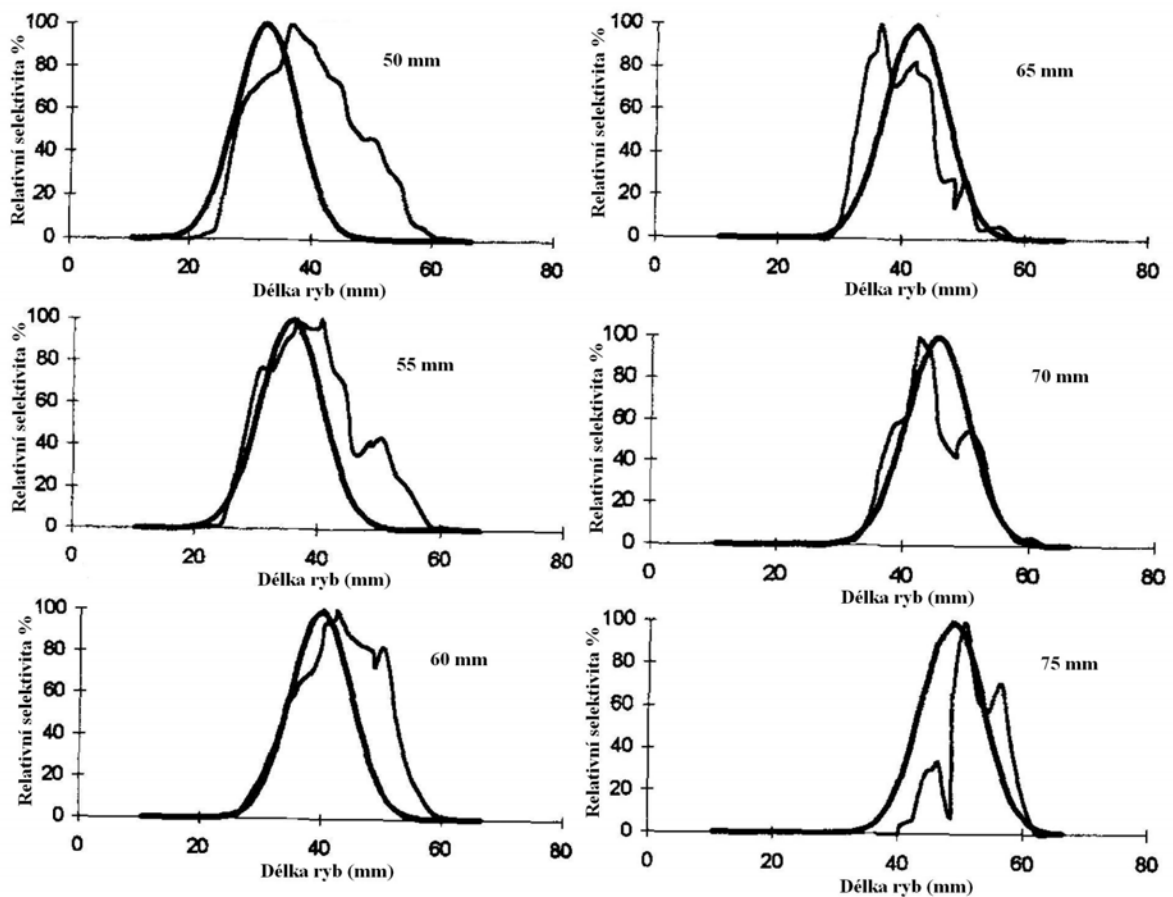
Poslední prací je studie ze dvou finských jezer, kde byli chytáni okouni obecní (*Perca fluviatilis*) a plotice obecné (*Rutilus rutilus*) do mnohoočkových tenat a sérií jednoočkových tenat. Kurkilahti a Rask (1996) použili pro svá měření tenata o velikosti oček (5; 6,25; 8; 10; 12,5; 16; 19,5; 24; 29; 35; 43 a 55 mm) a výsledky z lovení jednotlivých ryb byly poté vypočítány nepřímou metodou Guland a Harding (1961). Autoři použili k modelování křivky normálního rozdělení, u kterých lze vidět vhodnost použití modelu pro lovené druhy viz Obr. 9.

6.1 Normální rozdělení

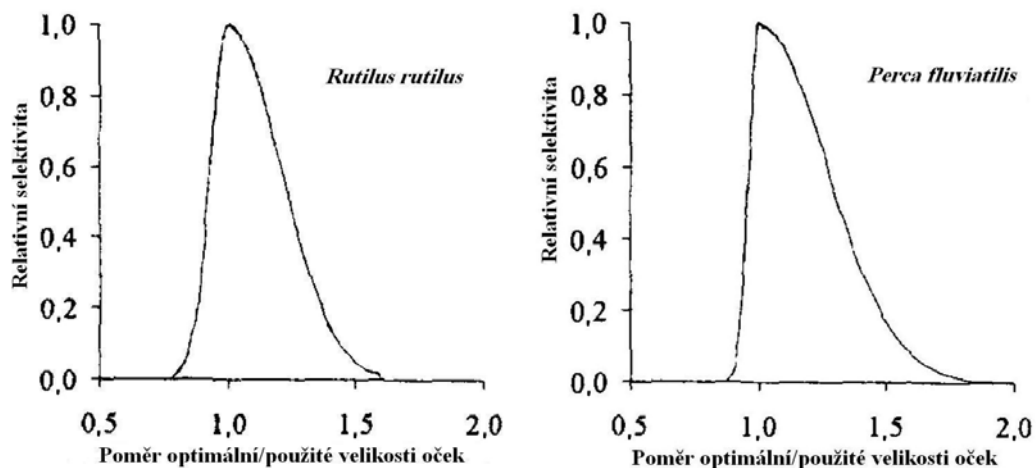
Normální rozdělení vyšlo nejlépe ve dvou případech. Jedná se o kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a cejna velkého (*Abramis brama*) (Carol a García-Berthou, 2006; Psuty a Borowsky, 1997). Kapr měl nejmenší hodnotu odchylky právě při použití normálního rozdělení. To znamená, že kapr se chytal zejména do oček, které odpovídají jeho obvodu v místě záchyty. Na Obr. 7. lze vidět velikostní zastoupení v jednotlivých očkách a dále graf s normálním rozdělením. V práci o cejnovi bylo modelováno pouze normální rozdělení, jehož výsledek můžeme vidět na Obr. 8.



Obr. 7. Grafy vlevo zobrazují velikostní zastoupení druhu pro jednotlivá očka. Na pravé straně jsou znázorněny křivky vhodného selektivního modelu, kdy každá křivka znamená jednu velikost ok. Velikost oček u grafů v pravé části začíná vždy 14,5 mm a poté následují další velikosti. Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) a plotice obecná (*Rutilus rutilus*) byly modelovány normálním rozdělením, zatímco candát obecný (*Sander lucioperca*) byl modelován log-normálním rozdělením. Grafy byly převzaty z (Carol a García-Berthou, 2006)



Obr. 8. Srovnání získaných délkových frekvencí (slabá křivka) a křivek selektivity (silná křivka) pro cejna velkého (*Abramis brama*). Jednotlivé grafy odpovídají vždy jedné velikosti oček. Grafy převzaty z (Psuty a Borowsky, 1997).



Obr. 9. Tento obrázek ukazuje rozdíl v použití normálního rozdělení pro plotici obecnou (*Rutilus rutilus*) a okouna říčního (*Perca fluviatilis*). Na ose x se nachází poměr nejvhodnějších oček/použitá očka. Grafy převzaty z (Kurkilahti a Rask, 1996).

Normální rozsah vykázal nejmenší odchylku pro celkem čtyři druhy ryb. Jedná se o plotici obecnou (*Rutilus rutilus*), ouklej obecnou (*Alburnus alburnus*), perlína ostrobřichého (*Scardinius erythrophthalmus*) a jelce tlouště (*Squalius cephalus*), García-Berthou (2006). Normální rozsah, jehož rozptyl se zvětšuje proporcionálně s velikostí oček, nejlépe kopíroval svým tvarem úlovky těchto čtyř druhů ryb. Z hlediska selektivity to tedy znamená, že zmíněné druhy ryb se chytají zejména zamotáním svého těla do oček, která odpovídají obvodu jejich těla. Se zvětšující se velikostí ok se více stává, že se nějaká větší ryba zachytne do menšího očka. Konkrétní velikostní rozložení a křivky normálního rozsahu lze vidět na Obr. 7.

6.2 Log-normální

Lognormální rozdělení pasovalo nejlépe pro candáta obecného (*Sander lucioperca*) a to v obou studiích, García-Berthou (2006), Ozyurt *et al* (2011). Takový výsledek naznačuje, že se candáti chytali i do jiných oček, než bychom očekávali. U candátů je například typické zachytávání za zuby (Prchalová, ústní zdělení). Dalším důvodem může být tvar těla, který je u těchto dvou druhů více oválný. V praxi to znamená, že se s rostoucí velikostí ryby už tolik

nemění její tvar, na rozdíl od vysokohřbetých ryb, což úplně nekoresponduje s principem geometrické similarity (Kurkilahti et al., 2002). Díky tomu se pak větší ryby od menších tolik neliší svým obvodem a mohou se zachytit větší ryby do menších oček. Selektivitu jednotlivých oček zobrazuje Obr 7.

6.3 Gamma rozdělení

Gamma rozdělení se nehodí ani na jeden druh ryb. Pro ryby, které se chytaly tělem do vhodných oček, pasuje lépe normální rozdělení, zatímco log-normální dokáže zachytit i různé odchylky od optima. Gamma rozdělení bylo použito u prací, modelovaných metodou SELECT, García-Berthou (2006), Ozyurt *et al* (2011).

6.4 Poznámky k výsledkům

Výsledky ze Španělských nádrží odpovídají předpokladům velikostní selektivity na základě mechanismu zachycení. Nutno ovšem dodat, že zkoumané druhy jsou v těchto nádržích nepůvodní a jejich těla mohou mít odlišné tvary a velikosti. Autoři uvádějí, že jejich konkrétní výsledky pro plotici obecnou, jako jediný dobře prozkoumaný druh z předešlých studií, byly srovnatelné s ostatními pracemi (např. Kurkilahti a Rask, 1996).

U všech grafů, kromě dvou posledních (Kurkilahti a Rask (1996) byla vybrána nejvhodnější křivka pro tyto běžné druhy evropských ryb. Poslední dva grafy ovšem ukazují rozdíl ve vhodnosti použití normálního rozdělení pro plotici a okouna. V případě okouna je vidět větší sklon směrem vpravo a posunutí krajních hodnot více vpravo. Z toho lze usuzovat, že pro modelování selektivity by pro okouna možná lépe pasovalo log-normální rozdělení. Jedná se ovšem o starší práci a autoři nevyužili, podle mě lepšího, statistického modelu SELECT, který by pro tato data zvolil jiné, než normální rozdělení. Navíc správné modelování selektivity nebylo předmětem jejich práce.

7. Závěr

K modelování velikostní selektivity se používají různé statistické modely. Selektivní model by měl co nejlépe kopírovat reálná data s co nejmenší odchylkou. Nejhojnější způsob zachycení ryb je zaklínění ryby v oku tenata svým tělem, to znamená, že platí následující: Pro ryby s vyšším hřbetem, které nemají na těle žádné větší nepravidelnosti, se nejlépe hodí normální rozdělení respektive normální rozsah. Normální rozsah použijeme, když se zvětšuje rozptyl dat, se zvětšující se velikostí oček.

Pokud se ovšem některé druhy ryb např. candát hojně chytají i jiným způsobem než zaklíněním za tělo, tak je třeba modelovat jiné rozdělení. Může to být způsobeno různými nerovnostmi a výstupky na těle ryby. Větší ryba se pak může ulovit do sítě o menším obvodu, než do jakého by se vůbec dokázala vklínit. Navíc rybám s oválnějším tělem neroste obvod těla stejně jako vysokohřbetým rybám. Může se tedy stát, že se dva candáti, mezi kterými je rozdíl v délce např. 30 cm, zachytnou do stejně velkých ok. Tomuto jevu by se dalo zabránit, kdybychom místo délky ryb použili obvod těla. Snáze bychom pak mohli usoudit, jak časté je zachytávání candátů za tělní výstupky a nerovnosti.

Rozdělení gamma nebylo vybráno jako nejlepší ani pro jeden z uvedených rybích druhů. U candáta obecného byla odchylka reálných dat od modelu nejmenší pro log-normální rozdělení, avšak druhou nejmenší odchylku v obou pracích o candátovi mělo právě gamma rozdělení.

8. Seznam literatury

- Aldrich, J., 1997. R. A. Fisher and the making of maximum likelihood 1912-1922. *Statistical Science*, 12, 162-173.
- 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
- Borgstrom, R., 1989. Direct estimation of gill-net selectivity for roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in a small lake. *Fisheries Research* 7, 289-298.
- Borgstrom, R.; Plathe, E., 1992. Gillnet selectivity and a model for capture probabilities for a stunted brown trout (*Salmo Trutta*) population. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49, 1546-1554.
- 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.
- EN 14757, 2005: Water quality – Sampling of Fish with Multimesh Gillnets, CEN TC 230, Březen 2005.
- Finstad, A.G.; Jansen, P.A.; Langeland, A., 2000. Gillnet selectivity and size and age structure of an alpine Arctic char (*Salvelinus alpinus*) population. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57, 1718-1727.
- 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.
- Hansen, R.G., 1974. Effect of different filament diameters on selective action of monofilament gill nets. *American Fisheries Society* 103, 386-387.
- 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.
- Hovgard, H., 1996a. Effect of twine diameter on fishing power of experimental gill nets used in Greenland waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53, 1014-1017.
- Hovgard, H., 1996b. A two-step approach to estimating selectivity and fishing power of research gill nets used in Greenland waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53, 1007-1013.
- 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.
- Jensen, J.W.; Hesthagen, T., 1996. Direct estimates of the selectivity of a multimesh and a series of single gillnets for brown trout. *Journal OF Fish Biology* 49, 33-40.
- Jester, D.B., 1973. Variations in catchability of fishes with color of gillnets. *Transactions of the American Fisheries Society*, 102, 109-115.
- 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.; Bergstrand, E.; Enderlein, O., 1998. An indirect estimate of bimodal gillnet selectivity of smelt. *Journal of Fish Biology* 52, 243-254.
- 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.
- Kurkilahti, M.; Rask, M., 1996. A comparative study of the usefulness and catchability of multimesh gill nets and gill net series in sampling of perch (*Perca fluviatilis* L.) and roach (*Rutilus rutilus* L.). *Fisheries Research*, 27, 243-260.
- Lagler, K.F., 1978. Capture sampling and examination of fishes. Philadelphia: J. B. LIPPINCOTT, 632.

- Libosvářský, J., 1970. Survey carried out at Lac La Martre, Northwest Territories, in summer 1969. Fisheries Research Board of Canada Technical Report, 180, 1-23.
- Linlokken, A.; Haugen, T.O., 2006. Density and temperature dependence of gill net catch per unit effort for perch, *Perca fluviatilis*, and roach, *Rutilus rutilus*. Fisheries Management and Ecology, 13, 261-269.
- Millar, R.B., 2000. Untangling the confusion surrounding the estimation of gillnet selectivity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 57, 507-511.
- 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.
- Nielsen, L.A.; Johnson, D.L., 1983. Fisheries techniques. Maryland: American Fisheries Society. Active fish capture methods, 123-145.
- 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.
- Prchalová, M.; Kubečka, J.; Říha, M.; Litvín, R.; Čech, M.; Frouzová, J.; Hladík, M.; Hohausová, E.; Peterka, J.; Vašek, M., 2008. Overestimation of percoid 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.
- Psuty, I.; Borowski, W., 1997. The selectivity of gill nets to bream (*Abramis brama* L.) fished in the polish part of the Vistula lagoon. Fisheries Research, 32, 249-261.

- 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.
- Reis, E.G.; Pawson, M.G., 1999. Fish morphology and estimating selectivity by gillnets. Fisheries Research, 39, 263-273.
- 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.
- Turunen, T., 1996. The effects of twine thickness on the catchability of gillnets for pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). Annales Zoologici Fennici 33, 621-625.
- Vatema, M.; Eschbaum, R.; Verliin, A.; Albert, A.; Eero, M.; Lillemagi, R.; Pihlak, M.; Saat, T., 2006. Annual and seasonal dynamics of fish in the brackish-water Matsalu Bay, Estonia. Ecology of Freshwater Fish, 15, 211-220.
- 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.