

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Ekologie a ochrana prostředí, Ochrana životního prostředí

Diplomová práce



Užití otolitů pro studium růstu a populační dynamiky okounovitých  
a kaprovitých ryb v zatopeném důlním díle Most

*The use of otoliths for growth and population dynamics studies of  
Percidae and Cyprinidae in Most water reservoir*

**Řešitel:** Bc. Eliška Tůmová

**Vedoucí:** Ing. Jaroslava Frouzová, Ph.D.

**Akademický rok:** 2012/2013

**Odevzdáno:** květen 2013

## **Poděkování:**

Ráda bych na tomto místě poděkovala paní Ing. Jaroslavě Frouzové, Ph.D. za vstřícnost a odbornou pomoc při zhotovování této diplomové práce. Dále bych chtěla velmi poděkovat svým rodičům za trpělivost a pomoc v průběhu celého mého studia na vysoké škole.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval/a samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze dne: .....

Eliška Tůmová .....

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce porovnává růst okounovitých a kaprovitých ryb v nově vzniklé nádrži (zatopená důlní jáma) Most s nádrží Vír, která je již ustálená, padesát let stará. Ryby byly chytány pomocí tenatních sítí pracovníky Hydrobiologického ústavu Akademie věd, Česká republika, kteří v těchto nádržích provádějí průzkum rybí obsádky. Pro určení věku a zpětné určení růstu v jednotlivých letech byli z ryb odebrány otolity, šupiny a skřelové kosti, a to jak kaprovitých tak okounovitých druhů. Předpokládá se výrazný rozdíl v růstu, hlavně v prvních dvou rocích života mezi oběma typy nádrží díky nadbytku živin a potravy v zatopeném důlním díle. Cílem diplomové práce je nejen popsat tento předpokládaný rozdíl v růstu jednotlivých druhů, ale i odhadnout jeho příčiny. Zároveň budou ve velmi kontrastních podmínkách porovnány různé metody určení věku ryb.

Klíčová slova: otolit, stáří ryb, populace ryb, růst ryb, vodní nádrž, zatopená důlní jáma

## **ABSTRACT**

This Master thesis compares growth of Percidae and Cyprinidae in flooded mining pit Most with water reservoir Vír, which is stable, fifty years old. Fish were caught using toils by workers from Hydrobiology institute, Academy of Sciences, Czech Republic, which are exploring fish stock. Otoliths, scales, and operculas from both families, Cyprinidae and Percidae, were removed from fish for age determination and growth back-calculation in individual years. Due to surplus of nutrients and food in flooding mining pit is assumed a huge growth difference in the first two years of life. The aim of this thesis is not only to describe the difference in the expected growth of individual species, but also to estimate its causes. At the same time will be in a very contrasting conditions compared different methods of age determination.

Key words: otolith, fish age, fish populacion, fish growth, water reservoir, flooded mining pit

<b>Obsah:</b>	
1. Úvod	6
<b>Teoretická část:</b>	7
2. Vodní nádrže	7
2.1. Ekologie vodních nádrží	9
2.2. Zatopené důlní jámy	11
2.3. Vznik jezera Most	11
2.4. Rybí obsádka jezera Most	12
2.5. Vířská přehrada	14
2.6. Rybí obsádka vodní nádrže Víř	14
3. Populační ekologie ryb	16
4. Růst a charakteristika ryb	17
4.1. Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )	18
4.2. Plotice obecná ( <i>Rutilus rutilus</i> )	19
5. Pozice a morfologie rybích otolitů a šupin	20
5.1. Výpočet růstových křivek z otolitů a šupin	21
<b>Praktická část:</b>	23
6. Materiál a metodika práce	23
6.1. Oblast výzkumu	23
6.2. Sběr ryb	23
6.3. Získávání a zpracování vzorků z ryb	25
6.4. Určování věku ryb	26
6.5. Růst ryb a růstové křivky ryb	27
7. Výsledky	28
7.1. Věkové zastoupení v populaci	28
7.2. Velikosti jednotlivých ryb v jezeru Most a v přehradě Víř	29
7.3. Růstové křivky jednotlivých ryb v jezeru Most a přehradě Víř	33
8. Diskuze	39
9. Závěr	41
10. Přehled citované literatury	42
11. Přílohy	47

## 1. Úvod

Tato diplomová práce svým tématem částečně navazuje na moji bakalářskou práci. Jejím cílem je popsat a porovnat rozdíl v růstu a populační dynamiku kaprovitých (Cyprinidae) a okounovitých (Percidae) ryb v zatopené důlní jámě Most - Ležáky s přehradní nádrží Víř. Přehradní nádrž Víř je 50 let stará, již ustálená, zatímco jezero Most, vzniklé zatopením důlní jámy Ležáky je nové a rybí populace se zde teprve vyvíjí, což představuje unikátní příležitost sledovat vývoj rybích populací od jejich vzniku.

Vodní nádrže ve světě jsou převážně vodní díla, která mají objem okolo 10 mil m<sup>3</sup> vody. Primárně se využívají k zavlažování, dodávce vody (pitné, pro zemědělství a průmyslové) a také k rybníctví (Kalff 2002). Česká republika má na svém území nedostatek přirozených nádrží, proto se v druhé polovině 20. století začaly budovat údolní nádrže, které vznikaly přehrazením řek (Hanel and Lusk 2005). Tímto způsobem vznikla i přehradní nádrž Víř, která v práci zastupuje roli modelové nádrže, a výsledky z ní srovnáváme s jezerem Most.

Jezero Most vzniklo zatopením otevřeného dolu po těžbě uhlí, která zanechala velmi poškozenou krajinu a je výsledkem mnoha rekultivačních a sanačních prací (Hildmann and Wunsche 1996). Takto vzniklé rezervoáry se mohou stát jednak velice cenným zdrojem vody i přesto, že zatopené důlní jámy mají většinou nižší pH vody, vysoký obsah síranů a rozpuštěné kationty kovů, a také esteticky a ekologicky hodnotnou krajinou obnovením terestricky a přidáním vodních ekosystémů. Naopak mohou způsobovat i určité environmentální riziko při uvolnění kyselých důlních vod do podzemních vod daného regionu (Kumar et al. 2011).

Na obou dvou nádržích jsme určovali věk pomocí šupin u zástupce kaprovitých ryb: plotice obecné (*Rutilus rutilus*) a pomocí otolitů u okouna říčního (*Perca fluviatilis*) z čeledi okounovitých ryb. Jak u přehrady Víř, tak u jezera most jsme měli k dispozici celkový průzkum rybí obsádky, který je popsán v teoretické části práce.

Naším úkolem bylo určit věkovou strukturu populace obou dvou čeledí, zhodnotit a porovnat růst jednotlivých druhů v obou dvou vodních dílech a sestavit růstové křivky pro celý odebraný vzorek populace.

V diskuzi se na základě dostupných znalostí této problematiky zamýšlíme nad možnými příčinami tohoto rozdílu v růstu a v kontrastních podmínkách obou dvou nádrží vyhodnocujeme práci s daným biologickým materiálem a různé metody určení věku.

## **Teoretická část:**

### **2. Vodní nádrže**

Velká většina vodních nádrží na světě je oproti největším přírodním jezerům relativně malá. Jejich objem vody se pohybuje okolo nebo je menší než  $10^6 \text{ m}^3$ . Vodní nádrže jsou primárně používány pro zavlažování, dodávku vody (jak pitné, tak pro zemědělství a průmyslovou činnost) a také v rybářství. Malé nádrže jsou většinou užívány lokálně k zemědělství nebo k produkci ryb. Co se týče počtu vodních nádrží, nejvíce, okolo 948 větších nádrží ve světě, bylo dostavěno až okolo roku 1994.

Převážná většina nádrží je postavená přehrazením řek v regionech, kde vypařování dosahuje nebo překračuje srážky a slouží k nashromáždění vody během období dešťů. Tyto přehradny vykazují velké sezónní změny v množství vody. Méně nádrží je postaveno, jak je již výše zmíněno k účelu zavlažování, kontrole povodní, jako vodárenské nádrže k urbanizovaným oblastem, k chovu ryb nebo k rekreaci (Kalff 2002). I přesto, že vodní nádrže jsou vybudovány člověkem a došlo ke změně původních habitatů a podmínek v tekoucích řekách, velmi připomínají přirozené podmínky a strukturu, kterou nalezneme v přírodních nádržích, např. stejné druhy s identickými habitaty, stejné vztahy mezi kořistí a predátorem, podobné redoxní reakce a stejné konvektivní a dynamické promíchávání vody. Takto změněná stanoviště se stala nedílnou součástí krajiny, místních obyvatel i návštěvníků (Kalff 2002; Krolová et al. 2012).

Česká republika trpí nedostatkem přirozených vodních nádrží. Tento nedostatek byl u nás řešen převážně rybníky, později údolními nádržemi, jako je přehradní nádrž Vír, které se tato práce částečně věnuje. Rybníky na území České republiky byly nejvíce budovány od 14. – 15. století, kdy patřily k vrcholným vodohospodářským dílům Evropy. Jsou to umělé, vypustitelné a hrazené nádrže s hloubkou okolo 2 m a slouží zejména k chovu ryb, k akumulaci užitkové vody, zvlažování, jako zdroj vody pro průmysl a v neposlední řadě i k rekreaci.

Údolní nádrže se začaly budovat v druhé polovině 20. století. I v České republice, jako ve světě, velká většina nádrží vzniká přehrazením vodního toku hrází, přičemž je vytvořena nádrž s objemem vody větším než 1 milion  $\text{m}^3$ . Ve většině případů jsou hluboké a dobře průtočné. I na našem území se využívají k různým účelům (energetickým, vodárenským, k závlahám, ke splavnosti, rekreaci, chovu ryb pro sportovní rybaření atd.). V nádržích, které jsou určené k odběru pitné vody (jako je i přehradní nádrž Vír), se uplatňují tzv. řízené rybí obsádky s biomeliorační funkcí. Zajišťují dostatek zooplanktonu

ve vodě k odfiltrování řas (Hanel and Lusk 2005).

## 2.1. Ekologie vodních nádrží

Vzhledem k tomu, že procesy uvnitř vodních nádrží a přírodních jezer jsou velmi podobné, velká většina znalostí o uměle vytvořených vodních nádržích pochází z poznatků právě z přírodních jezer (Ruttner 1993; Wetzel 1982). Ovšem, ne všechny procesy jsou stejné (Thornton et al. 1999). Následující kapitola se bude stručně věnovat vodním nádržím a jejich charakteristickým jevům.

Nejprve se budu věnovat transportním procesům, které ve vodní nádrži fungují. Pohyby a smíchávání rozpuštěných a nerozpuštěných částic v celém obsahu vodní nádrže jsou výsledkem mnoha komplexních, vzájemně závislých transportních mechanismů. Vzhledem k tomu, že tyto mechanismy ovlivňují prostředí (teplota, světlo, chemické režimy atd.), ve kterém akvatické organismy existují, porozumění a pochopení těchto procesů je základní k pochopení vztahů mezi organismy a samotnou prosperitou nádrže. Tyto mechanismy zahrnují advekci, konvekci, difuzi, disperzi a promíchávání, při čemž rozsah a důležitost těchto jevů je odvislá od konkrétních vodních nádrží a podmínek, ve kterých se nacházejí. Ve stratifikaci hrají největší roli změny v potenciální energii nádrže, která je určena celkovou hmotností vody, gravitačním zrychlením a nadmořskou výškou centra vodní hmoty v nádrži. Velkou roli ve většině vodních nádrží také hraje velké kolísání hladiny, které je způsobeno regulací vodních toků (Thornton et al. 1990). Jezero Most ovšem není vybudováno jako ochrana proti povodním nebo záchytná nádrž, proto zde k většímu kolísání, kdy by se odkryly břehy, nedochází. Tyto pohyby můžeme spíše najít ve srovnávací nádrži Vír.

Dalším důležitým jevem, který ovlivňuje ekologii vodních nádrží, ale i přírodních jezer je transport a ukládání sedimentů. Např. u nádrží, které byly vybudovány ve středním západě v USA do roku 1953, můžeme říct, že díky ukládání sedimentů se 33 % vodních nádrží zmenšilo o jednu čtvrtinu až polovinu, 14% o jednu polovinu až dvě třetiny a 10 % vodních nádrží bylo zaplněných jenom sedimenty (Thornton et al. 1999 podle Vanoni 1975). Sedimenty nepatří pouze do skupiny hlavních znečišťujících látek, ale také jsou hlavním nosičem a katalyzátorem pesticidů, zbytků organických látek, živin a mikrobiálních organismů včetně patogenů. (Droppo et al. 2011). Hlavním rozdílem mezi uměle vybudovanými nádržemi, které vznikají přehrazením řek, a těmi přírodními je původní lotický ekosystém, díky kterému dochází k ukládání sedimentů u hráze (Thornton



et al. 1999). U přírodních jezer tomu bude uprostřed. Odhadujeme, že jezero Most vzhledem k podmínkám se bude v usazování sedimentů podobat spíše přírodním jezerům.

Množství a dynamika rozpuštěného kyslíku v uměle vytvořených nádržích je založena na stejných principech jako u přírodních nádrží a jsou ovlivňovány stejnými faktory, mezi které patří teplota, proud, morfologie - dvě jezera se stejnou primární produkcí a různým objemem vody v hypolimniu mají rozdílné koncentrace rozpuštěného kyslíku, fotosyntéza a dýchání a v neposlední řadě vítr. Výsledkem interakce všech těchto faktorů bývá jarní stratifikace, která je velmi častá zejména v hlubokých nádržích. Hypolimnická anoxická zóna se zpočátku přechodně objevuje v údolnici během letní stratifikace potom příležitostně v horní nebo v dolní části jezera. Doba trvání anoxické zóny určují převážně meteorologické podmínky (Thornton et al 1999).

Mezi poslední dva důležité faktory ovlivňující celkovou ekologii vodních nádrží patří pohyb a množství živin a primární produkce vodní nádrže. V nádržích, jako v přírodních jezerech, jsou různé vodní ekosystémy, o kterých máme jenom omezené znalosti. I přesto ale existují obecná pravidla o pohybu živin ve vodních nádržích, když uvážíme, že se v nich nachází říční, přechodné nebo jezerní zóny. Hranice mezi jednotlivými zónami je velmi těžké určit z důvodu jejich nestability. Většina živin, z nichž velké procento jsou prachové částice, postupují přes říční zónu a jsou uloženy v dolní části nádrže. Dostupnost živin pro produkci fytoplanktonu je snížena sedimentací a snižováním jejich hustoty v přechodných zónách nádrže a je největší v oblasti mezi přechodnou a říční zónou (Lampert and Sommer 1997; Thornton et al. 1999).

Většina vodních nádrží svou primární produkcí zaujímá pozici mezi řekami a přírodními jezery zejména kvůli morfologickým a hydrologickým charakteristikám, dále jsou odlišné potřeby příjmu živin a jejich cyklu uvnitř vodní nádrže a v neposlední řadě význam alochtonních zdrojů organického materiálu oproti autochtonním zdrojům do potravního řetězce (Thornton et al 1999 podle Kimmel and Lind 1972). Vzhledem k velké rozmanitosti nelze vodní nádrže přesně klasifikovat. Nicméně z ekologického i limnologického hlediska jsou vodní nádrže ojedinělou příležitostí k vyřešení různých otázek. Např. plankton ve vodních nádržích se může použít jako prostředek k výzkumu ekologických odpovědí na občasné disturbance a resilienci celého ekosystému. Vodní nádrže nám tímto způsobem umožňují ojedinělý náhled na strukturu a funkci jak lotických, tak lentických ekosystémů vedle sebe (Thornton et al. 1999).

Další část textu se bude věnovat dějům, které vznikají po dostavbě vodní nádrže, a bude se věnovat rybímu společenstvu, které hraji ve všech vodních nádržích velice

významnou roli. Po napuštění nově vzniklé nádrže se rybí společenstvo vytváří postupně. Značnou část, zejména v horní části nádrže, tvoří druhy, které jsou typické pro tekoucí vody. Celkový proces formování rybí obsádky prochází následujícími fázemi:

### 1. Počáteční fáze

Počáteční fáze nastává po ukončení stavby přehradní hráze. Dochází k postupnému vzestupu hladiny vody, rozšiřuje se lenitické prostředí a rybí fauna se druhově vyvíjí podle řeky, která do nádrže přitéká. V této fázi se snižuje rozmanitost rybiho společenstva. Životní podmínky vzhledem k hojným úkrytům, dostatku potravy a málu predátorů umožňují vysoké přežití embryí, larev a plůdků. Díky hojnosti potravy a nízké hustotě ryb se zvyšuje růst a plodnost. Naopak doba, kdy ryby pohlavně dospívají, se snižuje. Tyto podmínky umožňují expanzi některých, pro Evropu typických, druhů (např. štika obecná, lín obecný, okoun říční a cejn velký), které jsou známé svou populační explozí. Trvání počáteční fáze se odhaduje na 2 – 12 let. Zde velmi závisí na podmínkách. Ichtyomasa se v této fázi stále zvyšuje, až dojde k dosažení maximální udržitelné kapacity.

### 2. Fáze deprese

Ve fázi deprese dochází k poklesu obsahu živin v nádrži, zhoršení dostupnosti potravy a podmínek ke tření. Dále dochází ke zpomalení růstu ryb. V důsledku toho se snižuje ichtyomasa a v rybím společenstvu začínají převládat tzv. fytolitofilní druhy ryb, které kladou jikry na otevřené plochy (ježdík obecný, plotice obecná, ouklej obecná). Fáze deprese může trvat 10 let v nižších nadmořských výškách a 30 let ve vyšších nadmořských výškách. Pro tuto fázi jsou velmi charakteristické nestabilní podmínky.

### 3. Zralá fáze

Tato fáze je nejméně známa, kvůli absenci dlouholetých pozorování na dané téma. Ve zralé fázi dojde ke stabilizaci podmínek, což umožňuje přizpůsobení potravní nabídky a rybiho společenstva neměnnému biotopu. Zde je důležité, aby podmínky umožnily výskyt trdlišť pro co nejvíce druhů ryb. Tato fáze je charakteristická pomalou obnovou ichtyomasy (Baruš et al. 1995).

## **2.2. Zatopené důlní jámy**

V České republice je převážná většina člověkem vytvořených nádrží vybudována přehrazením řeky. Novým fenoménem, který vzniká nejenom v Evropě, ale i ve světě je zatápění otevřených dolů po těžbě uhlí. Takto vzniklé nádrže mají většinou charakter alpských jezer a podobají se svými ekosystémy více jezerům přírodním než vodním nádržím, které vznikaly přehrazením řek.

Těžba hnědého uhlí, která v oblasti výzkumu probíhala, zanechala poškozenou krajinu a má obrovský dopad na životní prostředí. Obnova zejména terestrických a přidání vodních ekosystémů po ukončené těžbě a vytvoření zcela nové krajiny se stává stále více důležitou. Zatopení se jeví jako jedno z nejlepších možných řešení, protože se vytvoří jak esteticky, tak ekologicky významná krajina (Hildmann and Wunsche 1996).

Zatopení důlních jam však není úplně jednoduché, jak by se mohlo zdát. Voda v důlní jámě může vytvořit několik geotechnických problémů, jako je nestabilní svah nebo regulace související s odtokem kyselých důlních vod. Kromě toho může být narušena aktivní těžba v blízkosti zatopené důlní jámy, když voda zaplaví aktivní doly. Dále zde hraje roli několik dalších faktorů, na které se musí dát pozor. Patří mezi ně např.: geologické a hydrogeologické podmínky na území důlní jámy a kvalita podzemních vod, která může mnohdy způsobit chemické znečištění prostředí (Mokhov 2012; Wunsch et al 1999). Tyto faktory a problémy, které mohou nastat, se určují individuálně a řeší se podle potřeb po průzkumu důlní jámy, která se plánuje zatopit (Wunsch et al. 1999).

## **2.3. Vznik jezera Most**

Nově vzniklé antropogenní jezero Most se nachází na severozápadě České republiky přibližně jeden kilometr od obce Most. Je výsledkem několikaleté rekultivace krajiny po těžbě hnědého uhlí z povrchového dolu Ležáky, která byla na území zahájena v 70. letech 20. století a ukončena 31. srpna roku 1999.

Projektové přípravy k dokončení jezera Most prošly poměrně náročným a dlouhým vývojem. V původním plánu měla být hlavní zásobárna vody z řeky Bíliny a důlní voda z hlubinného dolu Kohinoor, avšak kvalita a průtok vody v řece Bílina se ukázali jako nevhodné k rekreační činnosti a napouštění jezera. Navíc by při odběru vody došlo ke značnému snížení celkového průtoku řeky Bíliny, což by ovlivnilo její přirozené provzdušňování a snížilo by to její biologickou hodnotu a obsah kyslíku ve vodě.

V roce 2001 došlo k přehodnocení tohoto původního návrhu a jako hlavní přítok byla zvolena řeka Ohře, z níž se voda přivádí podzemním potrubním přivaděčem, který je dlouhý 4 929 m. Její kvalita vody a průtok odpovídá nutným hygienickým normám a podmínkám, při nichž nebude při napouštění docházet ke snížení stability břehů pod i nad hladinou jezera a neovlivní přirozený tok řeky. Zároveň se před zatápěním vyskytly další faktory, které by mohly budoucí nádrž ovlivňovat, proto bylo nutné zvolit následující sanační postupy:

- hutnění dosud nezpevněného dna pomocí tří vrstev jílu
- následné pokrytí jílu zeminou tak, aby před vypouštěním nevyschly
- zpevnění svahů
- výstavba obvodové 4 m široké komunikace.

Všechny tyto práce byly ukončeny v roce 2008.

Napouštění jezera Most bylo rovněž zahájeno v roce 2008, a to 24. října. Po úplném napuštění, které bylo ukončeno v roce 2012, vzniklo jezero s vodní plochou 311 hektarů, maximální hloubkou 75 metrů a celkovým objemem vody 68,9 mil m<sup>3</sup>. Hladina se nachází v nadmořské výšce 199 m. n. m. a může kolísat o cca 30 cm (Dvořák, Švec 2009).

#### **2.4. Rybí obsádka jezera Most**

Kompletní průzkum rybí obsádky probíhá každý rok od roku 2006, kdy už probíhalo částečně napouštění jezera. Přítomnost ryb v jezeře byla poprvé zaznamenána až v květnu 2010, a to v litorálu. Poté se přistoupilo k úplnému zatápění jezera, kdy došlo v souvislosti s vzedutím hladiny ke spojení okolních plně zarybněných jezírek. Díky tomu se během velmi krátké doby (přibližně čtyři měsíce) jezero plně zarybnilo. Výskyt ryb ve všech habitatech byl potvrzen už v září roku 2010. Průzkum byl prováděn pomocí hydroakustiky, plůdkových vlečných a záťahových sítí a bentických a pelagických tenatních sítí. Aby byl výsledek reprezentativní, musí se jezero rozdělit tak, aby v průzkumu byly obsaženy všechny typy habitatů. Obecně se v jezerech nacházejí dva typy habitatů, dnové (bentické) a volné vody (pelagické), přičemž vzorkování habitatů volné vody je z hlediska menší různorodosti jednodušší. Naopak, vzorkování dnových habitatů je složitější, jednak kvůli podélnému gradientu, který se vyskytuje spíše u korytových nádrží, ale také kvůli velké různorodosti jednotlivých útvarů na pobřeží (přítoky, zátoky atp.) (Peterka and Kubečka 2011). Přesné rozdělení jezera Most popisují v praktické části této práce.

Hydroakustický průzkum se většinou provádí v denních i nočních hodinách. Při hydroakustickém průzkumu je vodní těleso rovnoměrně podle předem vypočítané dráhy prohledáváno ultrazvukovými kužely (Eversona et al. 2013), v tomto případě o frekvenci 120 kHz. Ostatní metody: tenatní sítě, plůdkové vlečné sítě a záťahové sítě, patří mezi přímé odlovy. Tenatní sítě byly při komplexním průzkumu použity jako základní odlovný prostředek, přičemž všechny ryby zpracovávané v této práci byly chyceny pomocí nich. Vlečné sítě plůdkové, zaměřené na odlov tohoročních ryb, byly použity v nočních hodinách, kdy je únikovost ryb v hlubokých částech jezera menší. Hloubka musela dosahovat aspoň 15 m. Záťahové sítě plůdkové se používají v nižších hloubkách, většinou u břehu. Pro průzkum byly použity také v noci, aby byla možnost srovnání s vlečnými sítěmi. Chycené byli i některé strašáky ryby, které byly změřeny a vypuštěny zpět do jezera. Plůdky byly usmrceny a fixovány roztokem formaldehydu k následnému laboratornímu zpracování.

Rybí obsádka v roce 2011 čítala pět druhů ryb. Jednotlivé ryby byly posuzovány z hlediska početnosti a biomasy. Co se týká početnosti výskytu ryb starších než tohoroční byl nejpočetnějším druhem perlín s 60 %, následoval okoun s 20 % a plotice, která tvořila 10% z celkového množství vylovených kusů. Ovšem největší biomasu tvořil okoun a to s 43 %, velmi těsně ho následoval perlín s 36 % a plotice zastupovala 14% celkové biomasy. Kromě těchto druhů byli v jezeře zastoupení lín a ježdík. Jejich počet ani biomasa však nedosahuje ani 10%, proto patří mezi zde méně významné druhy. Tohoročním rybám jasně dominoval okoun, který tvořil 86 % z celkové početnosti a 90 % celkové biomasy.

Ke srovnání celkové rybí obsádky v jezeře Most jsou k dispozici i data z roku 2010. Po zatopení menších jezírek se jezero Most za necelé čtyři měsíce dostalo z iniciální fáze do fáze plného zarybnění. V číslech to byl neuvěřitelný dvě stě jedenácti násobný nárůst početnosti a sto dvaceti dvou násobný nárůst celkové biomasy. Po srovnání úlovků z let 2010 a 2011 můžeme vidět z grafů další nárůst ryb ve všech habitatech jezera Most (Graf 1 - pelagické habitaty a Graf 2 - bentické habitaty).

Velmi strmý nárůst množství ryb v jezeře Most ovlivnily dva důležité faktory. Jednak se do jezera dostali silní, reprodukce schopní jedinci z jezírek, které byla zaplavená, a hned se začali rozmnožovat (k tomu přispěl i fakt, že druhy, které se v jezeře vyskytují, mají sklon k explozi jejich populace - plotice, perlín), jednak se v jezeře vytvořili velmi dobré podmínky pro přežívání tohoročních jedinců jako bohatá základna potravy, absence predátorů a kompetice.

## 2.5. Vírská přehrada

Vodní nádrž neboli přehrada Vír se v České republice nachází v povodí řeky Moravy a přehrazuje řeku Svratku na jejím 114,9. kilometru v nejužším místě údolí. Nejbližší k přehradě je stejnojmenná obec Vír, která se nachází v okrese Žďár nad Sázavou. V současné době slouží vodní nádrž jako regulační proti povodním, byla zde vystavěna hydroelektrárna s dvěma turbínami a je využívána i jako zdroj pitné vody pro město Brno, Nové Město na Moravě, Bystřice nad Pernštejnem a část Žďáru nad Sázavou. Zejména kvůli využití jako pitná voda je u nádrže zakázána rekreace a rybolov a bylo zde vyhlášeno pásmo hygienické ochrany vod 1. stupně.

Původní funkce vodní nádrže byla regulace vody řeky Svratky (na území docházelo k častým povodním) a energetické využití. V původním záměru se ještě uvažovalo o možné rekreaci nikoli však o využití přehrady jako zásobárny pitné vody. Myšlenka vytvoření regulačních nádrží na řece Svratce pochází z roku 1911. Přehrada se však začala budovat až v roce 1947, přičemž návrhy a plány pocházejí už z roku 1938. Velkým impulzem pro stavbu byla ničivá povodeň v roce 1941. Zátopová plocha přehrady dosahuje 232 hektarů a týkala se celkem 8 obcí (Dalečín, Hluboké, Chlum, Chudobín, Karasín, Korouhvice, Písečné a Vír), přičemž dvě obce Chudobín a Korouhvice byly zatopené úplně. Dostavba, při které bylo kromě přípravných prací, jako je odlesnění atd. nejtěžší postavit gravitační betonovou hráz, která je 66,2 metrů vysoká a její délka v koruně je 390 metrů, byla ukončena v roce 1958. V tom samém roce začalo postupné zatápění údolí. Při úplném zatopení vznikne vodní nádrž s objemem vody 56,193 milionů m<sup>3</sup>, délkou 9,3 kilometrů a maximální hloubkou 65,5 metrů (Černý and Klusák 2012).

## 2.6. Rybí obsádka vodní nádrže Vír

Stejně tak jako u jezera Most jsem měla i u přehradní nádrže Vír k dispozici údaje o celkové rybí obsádce za rok 2010 a 2011. Jelikož je vodní nádrž Vír už 55 let stará a ustálená, tak se ani početnost rybí obsádky v nádrži tak rapidně nemění jako v nově vzniklé zatopené důlní jámě Most.

Při průzkumu rybí obsádky se používaly víceméně stejné metody jako u již výše zmíněného jezera Most. Nádrž byla nejprve rozdělena na čtyři podobné lokality, které budou přesněji popsány v praktické části této práce. Tyto čtyři lokality byly nejprve prozkoumávány vědeckým echolotem. V každé oblasti byly dle jednotlivých hloubek

použity tenatní sítě, jak pelagické, mesopelagické, bentické, tak i batypelagické v roce 2011. Tenata byla ve všech případech vložena do vodní nádrže krátce před soumrakem a vyndána následující den po rozednění. K tomu byl proveden odběr vzorků tohoročních ryb s pomocí vlečných plůdkových sítí. Ve volné vodě pak byly použity i tzv. adultní traly, což jsou vlečné sítě určené k odlovu větších ryb (Sed'a et al. 2010; Sed'a et al. 2011).

Při průzkumu v roce 2010 bylo v údolní nádrži Vír zaznamenáno 12 druhů ryb a jeden kříženec. Oproti průzkumu, který byl proveden v roce 2009, se v nádrži v roce 2010 vyskytly dva nové druhy: kapr a karas stříbřitý a nebyla zaznamenána střevlička východní, nepůvodní, rychle se šířící druh. Mezi nejpočetnější úlovky patří tohoroční okouni a plotice a mezi nejvíce zastoupené druhy v počtu starších ryb byli oukleje, plotice a okouni. Ve vodní nádrži Vír jsou zastoupení i úhoři. Jejich přítomnost však můžeme zaznamenat jenom díky rybám chyceným v tenatech, které napadají.

Průměrné množství a početnost všech ryb v přehradě bylo 52 kg na 1 000 m<sup>2</sup> a 2 116 ks na 1 000 m<sup>2</sup> exponovaných tenat. Nejvyšší početnosti byli na lokalitě s názvem Příklad a směrem k hrázi se početnosti snižovali o dvě třetiny, přičemž v pelagických habitatech byla celková relativní početnost vyšší než v habitatech bentických. V celkové biomase to bylo obráceně (v bentických habitatech byla celková biomasa větší než v pelagických habitatech), což bylo způsobeno dvěma faktory. Ouklej, která dorůstá malých velikostí, převládá v pelagických habitatech, zatímco v bentických habitatech dominoval cejn velký a okoun s vysokou hmotností. Druhým faktorem byla vyšší početnost tohoročních ryb v pelagiálu, které nepřispívají vysokým podílem do celkové biomasy.

Mezi nejpočetnější druhy bentických habitatů v roce 2010 patřila plotice, okoun a ouklej. Každý představoval přes 20 % celkového úlovku. Mezi další početně významné druhy patřili ježdík s 16 % a cejn s 8 %. Ostatní druhy nebyly z hlediska početnosti významné, protože představovaly méně než 2 % početnosti celkového úlovku. S výjimkou okouna, který byl nejrozšířenější v Zátocě u hráze a na Hrázi, početnosti jednotlivých druhů stoupaly směrem od hráze k přítoku. Toto rozvrstvení je dáno preferencí podélného gradientu jednotlivých druhů. V procentuálním zastoupení v biomase celkového úlovky jednoznačně dominoval okoun, který představoval skoro 54 % celkové biomasy.

Trochu jiné zastoupení se objevilo v pelagických habitatech. Zde bylo zjištěno celkem 10 druhů a jeden hybrid. Dominantním druhem byla ouklej, která tvořila přes 60 % celkové početnosti. Mezi další důležité druhy patřily cejn (15 %), plotice (10 %) a okoun (8 %). Ostatní druhy nedosahovaly více než 5 % celkové početnosti. Biomasy i početnosti všech druhů, které byly uloveny do tenat, se snižovaly s rostoucí hloubkou. Nejvíce ryb

(93 %) se vyskytovalo do hloubky 3 metrů, kde se také nachází nejvíce rozpuštěného kyslíku. Při porovnání výsledků z roku 2009 a 2010 zjistíme, že se rybí obsádka v nádrži Vír z roku na rok téměř nezměnila. Nejvýraznějším rozdílem je početnost tohoročních plotic v bentických habitatech a tohoročních okounů, které měly dva silné ročníky za sebou, což se projevilo na zvýšení podílu okouna a i na celkové biomase (Sed'a et al. 2010).

Další údaje, které byly do práce zahrnuty, jsou z roku 2011. V tomto roce se ve vodní nádrži Vír chytilo celkem 11 druhů ryb a dva mezidruhové kříženci. Tato zpráva nebude podrobněji diskutována, protože obsahuje téměř stejné informace jako z roku 2010. Jediná významnější změna je nižší hustota plůdků okouna, což značí, že rok 2011 nebyl pro okouny příliš příznivý (Sed'a et al. 2011).

V následujících kapitolách se již budu teoreticky věnovat růstu ryb a ekologii druhů ryb, na kterých byl průzkum rybí obsádky prováděn.

### **3. Populační dynamika a ekologie ryb**

Všechny ryby můžeme z hlediska jejich životních a ekologických nároků rozdělit do čtyř skupin: mořské, sladkovodní, tažné a ryby brakických vod. Různorodost výskytu rybích populací si postupem času vynutila řadu přizpůsobení.

I když se jedná o poikilotermní živočichy, vliv teploty hraje velmi významnou roli. Některé ryby jsou schopny se přizpůsobit velice nízkým teplotám, existují však i druhy, které dokáží přežít teploty až do 48°C (*Tilapia*). Naopak schopnost snášení tepelných výkyvů je u ryb omezena a pohybuje se pouze v malých rozmezech. Teplota je také velmi důležitý faktor pro správný růst. Obvykle je pro populaci nejpříznivější taková teplota, při které se za předpokladu dostatku potravy nejlépe zvětšují tělní tkáně. Většina ryb v našem podnebním pásu v zimě odpočívá v hlubších částech vodních děl. Např. kapři se shlukují do hejn o cca 50 – 100 jedincích.

Dalším faktorem přímo ovlivňujícím rybí společenstvo je koncentrace kyslíku ve vodě. Druhy vyžadují buď vysokou, střední nebo nízkou koncentraci.

V úvodu této kapitoly jsem se zmiňovala o rozdělení ryb na sladkovodní a mořské. Zde hraje roli adaptace nebo speciální nároky vlivu působení rozpuštěných iontů ve vodě. Vliv rozpustných iontů na ryby je komplexní. Hranice mezi sladkovodní a brakickou vodou je v rozmezí od 5 – 8 ‰ solí ve vodě, přičemž ve sladkých vodách převažují soli vápníku.



Jednotlivé druhy ryb obývají rozmanité biotopy v areálu svého rozšíření. Populace je základní jednotkou seskupení v rámci jednoho druhu.

*„Populaci definujeme jako skupinu organismů téhož druhu, která má společný genofond.*

*Společný genofond je spojený v čase i prostoru.“*

*(Baruš et al. 1995)*

Většina našich volných vod je v současné době ovlivňována buď rybníkářstvím, nebo přímo působením člověka (úpravy vodního prostředí, vodní stavby, úprava vodního režimu, atd.). Základem rybníkářského obhospodařování a ochrany jednotlivých druhů je znalost zákonitostí dynamiky, kolísání početnosti a nejvýznamnějších faktorů, které na rybí populaci působí. Ke studiu změn v populaci existuje několik metod odhadů populačních parametrů. Ke studiu populační dynamiky musíme znát početnost rybí obsádky, úmrtnost a natalitu a v neposlední řadě věkové složení populace.

#### **4. Růst a charakteristika ryb**

Růst definuje Karel Pivnička ve své práci Aplikovaná ekologie, dlouhodobá udržitelnost rybníkářské, zemědělské a lesnické produkce jako zvětšování rozměrů a hmotnosti organismu (Pivnička 2005). Růst poikilotermních organismů, mezi které patří i ryby, je ovlivněn zejména teplotou a potravou, přičemž nedostatek potravy hraje hlavní roli při úmrtnosti larev a juvenilních ryb a teplota ovlivňuje aktivitu trávicích enzymů a stupeň metabolismu (Abolfathi et al. 2012; Nunn et al. 2012). K dalším faktorům ovlivňující růst patří světlo, kompetice a množství rozpuštěného kyslíku (Hanson 2011; Pivnička 2005). Ryby jsou charakteristické neukončeným růstem. Nejvyšší rychlosti růstu dosahují do doby jejich pohlavní zralosti. Poté se růst zpomaluje, protože velkou většinu energie vynakládají na tvorbu pohlavních žláz. Ve stáří se růst téměř zastavuje.

Dalším zajímavým údajem v růstu ryb jsou tzv. délko-hmotnostní vztahy. Pro jejich výpočet se používá hmotnost ( $W$ ) v gramech a délka celého těla (*angl. Total length – TL*) udaná v centimetrech. U některých druhů mají samci a samice různé délko-hmotnostní křivky (Bister et al. 2000). V této práci se mimo jiné zaměřím na délko-hmotnostní vztahy u okouna říčního, kde jsme určovali i pohlaví. Další odlišné křivky vědci zaznamenali u ryb stejných populací žijících buď v lenitickém (stojatá voda) nebo lotickém (tekoucí voda) habitatu (Simpkins and Hubert 1996). V mé práci se zaměřím na popis délko-

hmotnostních křivek u dvou populací stejných druhů v jiné nádrži. Tyto délko-hmotnostní křivky se využívají zejména k určení zdraví jednotlivých ryb nebo populace. Většinou platí, že čím jsou ryby těžší, než je jejich standardní váha popsaná v tabulkách, tím jsou zdravější a mají více energie na každodenní činnosti, růst i rozmnožování.

K výpočtu kondice se používá tzv. Fultonův kondiční faktor:

$$K = W/L^3$$

K = Fultonův kondiční faktor

W = Váha ryby (g)

L = Celková délka ryby – TL (cm)

Tento vzorec se hojně využívá v rybářství a v biologických vědeckých studiích k určení kondice individuálních jedinců a slouží jako matematický nástroj ke kvantifikaci rozdílů v rybí populaci. Škála výsledku se blíží hodnotě 1. Pokud se jedinec blíží k hodnotě 0,8, tak je ve špatné kondici a na pokraji úmrtí.

#### 4.1. Okoun říční (*Perca fluviatilis*)

Okoun říční (*lat. Perca fluviatilis* Linnaeus, 1785; Obr. 1) z čeledi okounovití (Percidae) vyskytující se druhy ryb v povodí Labe, Moravy a Odry. Má vysoké tělo, které je z boků stlačené a pokryté hřebenitými (ktenoidními) šupinami. Podle lokalit výskytu se liší vyklenutí hřbetu. Na hřbetě má dvě ploutve, přičemž báze první ploutve je trochu delší než báze zadní ploutve. Blížené prsní ploutve jsou posunuty dopředu téměř pod jejich základ. Šupiny, kde se nachází kanálky postranní čáry, se táhnou až k ocasní ploutvi, kterou již nepřekrývají. Tělo má žlutozelenou barvu a může přecházet až do barvy šedé. Barva hřbetu je zelenočerná, boky má žlutavé až žlutohnědé s mosazným leskem a břicho bývá žlutavé až bílé barvy. Na bocích těla se vyskytuje 5 – 9 hnědých až hnědočerných příčných pruhů, které nesestupují hluboko na boky. Tyto pruhy nemusí být vždy jasně zřetelné. Někdy jsou na těle pouze naznačené. Pokud je má okoun již vytvořeny, tak mají různou délku a nejčastěji připomínají písmeno „V“ nebo „Y“. Jedince na téže lokalitě mohou mít toto pruhování odlišné. Hnědošedá až šedá přední hřbetní ploutev má výraznou černou skvrnu mezi posledními 2-3 ostny. Zajímavé je, že tuto skvrnu má každý okoun bez ohledu na to, zda je pruhování na boku zřetelné nebo ne. Druhá hřbetní ploutev má

odlišnou barvu. Je žlutozelená až průhledná. Prsní ploutvé má nažloutlé, naopak břišní, řitní a ocasní ploutve jsou červené, přičemž ocasní ploutev je červená pouze u okraje spodního laloku. Oči okouna mají oranžovou duhovku.

Okoun se svými ekologickými návyky řadí mezi demerzální, potamodromní sladkovodní druhy, které tolerují vodu brakickou. Řadíme ho mezi eurytopní druhy tekoucích, ale i stojatých vod. Nejraději vyhledává lokality, které jsou zarostlé rostlinstvem.

Z biologického hlediska patří okoun mezi stanovištní ryby, které se pohybují jen na malé vzdálenosti. Početná hejna okounů se za soumraku rozpadají a za svítání se zpět formují. Jejich aktivita má dva vrcholy. Jeden za soumraku a druhý za svítání. Okoun se velmi často pohybuje prudkým střelovitým vyražením kupředu, poté se náhle zastaví a po krátké pomlce se dá znovu do pohybu. Plůdek okouna se živí v převážné většině drobnými planktonními korýši. Později se zaměřuje na lov larev hmyzu nebo plůdky jiných ryb. Vzrostlí okouni jsou hlavně rybožraví, velice běžně se vyskytuje i kanibalismus. Samci okounů pohlavně dospívají v 1. – 3. roku života a samice v 2. – 4. roku života. Tření probíhá na mělčinách s tvrdým dnem a podél břehů, v našich podmínkách od dubna do konce května (výjimečně do konce června). Jikry, které samice naklade, tvoří bílé, pentlicovité pásy dlouhé 1 – 2 m. Klade je na kameny, kořeny, ponořené větve nebo vodní rostliny. V českých poměrech dosahují okouni obvykle délky 250 mm a váhy okolo 500 g, přičemž největší jedinci dorůstají do váhy 3 000 g a jejich délka je přes 500 mm. Nejvyšší zjištěné stáří okouna je 19 let.

Ve vhodných podmínkách se okoun dokáže velice rychle množit a pak potravně konkuruje ušlechtilým rybám. Ve vodárenských údolních jezerech často může vyžírat velký zooplankton a tím se vlastně podílí na zhoršování kvality vody (pokud chybí zooplankton, který filtruje řasy, vyskytuje se zelený zákal). V tekoucích vodách, kde nežijí pstruzi, je hospodářsky i sportovně významným druhem. Okoun je potravou štiky a candáta. Mladí jedinci se používají jako nástražní rybka. Maso okouna je lahodné a patří mezi ty chutnější, i když se u něj špatně odstraňují šupiny, proto je lepší ho nejprve stáhnout (Baruš et al. 1995; Hanel and Lusk 2005).

#### **4.2. Plotice obecná (*Rutilus Rutilus*)**

Plotice obecná (*lat. Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758; Obr. 2) z čeledi kaprovití (Cyprinidae) je také jednou z našich nejrozšířenějších ryb. Vyskytuje se ve všech typech

stojatých i tekoucích vod do 900 m. n. m. v povodí Labe, Moravy a Odry. Její tělo je protáhlé po stranách zploštělé, pokryté velkými šupinami. Hřbet má vyklenutý. Důležitým znakem při rozeznávání plotice od perlína jsou báze hřbetní a prsní ploutve, které jsou nad sebou (perlín má hřbetní ploutev posunutou více dozadu). Hlavová část tvoří 20 – 26 % těla, výška hlavy 14 – 21 %. Postranní čáru tvoří obvykle méně než 44 šupin. Hřbet má tmavý se zelenavým, kovovým leskem. Boky a břišní část těla je světlá až stříbrobílá. Ocasní a hřbetní ploutve jsou zelenošedé. Prsní ploutve má zbarvené do červena. Výstelku břišní dutiny má, na rozdíl od plotice lesklou, světlou a není temně pigmentována. Oko má cihlově červené. Plotice obecné se úspěšně kříží s jinými kaprovitými druhy ryb, jako je např. cejn velký, cejnek malý, perlín ostrobřichý, ouklej obecná. Určování těchto kříženců je velmi složité, protože mají kombinaci samčích a samičích znaků obou druhů. Plotice může dorůst až do velikosti 530 mm s hmotností 2 100 g.

Plotici z ekologického hlediska nevdají brakické vody. Je to druh bentopelagický a potamdromní. Naše populace plotic jsou vesměs stálé, konají jen krátké migrace, a to v době tření. Plotice je dále eurytopní ryba s ohledem na stav prostředí. Vyžaduje středně vysoký obsah kyslíku ve vodě.

Tohoroční jedinci plotice obecné se nejčastěji vyskytují na mělčinách, kde mají snadno dostupnou potravu a jsou v relativním bezpečí. Dospělí jedinci jsou velmi přizpůsobiví, využívají k životu celý vodní sloupec. Plotice jsou všežravé. Nejčastěji se živí zooplanktonem, ale i částmi rostlin. Starší jedinci mají větší podíl rostlin ve stravě než ti mladší. Za potravou připlouvají na mělčiny nejčastěji po soumraku a v noci. Doba obvyklého tření probíhá od začátku května do června, kdy se teplota vody pohybuje v rozmezí 14 – 20 °C. Samci dospívají rychleji (již ve dvou letech) a samice o rok později. Jikry pokládá na vodní rostliny, potopené kořeny stromů, zatopené travnaté břehy, v údolních nádržích nejčastěji na kamenitý substrát. Nejstarší ulovená plotice dosahovala stejně jako okoun 19 ti let (Baruš et al. 1995; Hanel and Lusk 2005).

## **5. Pozice a morfologie rybích otolitů a šupin**

Všechny kostnaté ryby (*Telostei*) mají ve svém vnitřním uchu otolity. Orgány vnitřního ucha, mezi které patří mimo jiné i otolity, jsou jako u ostatních obratlovců bilaterálně souměrné (Nolf 1985). Pro tuto diplomovou práci jsou z hlediska anatomie vnitřního ucha ryb nejvýznamnější tři orgány: sacculus, utriculus a lagena, které mají tvar polokruhovitých váčků a nacházejí se v nich maculi (okrsky obrveného epitelu). Uvnitř

těchto váčků je tekutina (endolymfa) a otolity, tvrdé kalcifikované útvary, které vlivem gravitace dráždí obrvený epitel. Díky tomuto systému je ryba přesně informována o poloze, ve které se v prostoru nachází. Otolity jsou nehybné a nepřetržitě se obalují minerály usazenými ve vodě. (Ladich and Popper 2004).

Otolity u paprskoploutvých ryb (*Actinopterygii*) vyplňují téměř celou dutinu polokruhovitých váčků. Kromě rovnovážného ústrojí otolity, vzhledem k absenci hlemýžďovité části ušního labyrintu, slouží i jako sluchový orgán. Každý z otolitů se liší velikostí, tvarem, mikrostrukturou, ale i funkcí. Abychom účinně otolit vyjmuli a mohli ho podrobit další analýze je znalost anatomie vnitřního ucha ryb nezbytná (Secor et al. 1992).

Tři páry otolitů se nazývají: sagitta (pl. sagittae), lapillus (pl. lapilli) a asteriscus (pl. asterisci). V praktické části této práce jsme nejčastěji pracovali se sagittou, která je u okounovitých největší a lapillem nebo sagittou u kaprovitých. Každý otolit je rozlišen na několik částí. Některé části: Rostrum, Antirostrum, Opaque zone (neprůsvitný pruh) a Translucent zone (průsvitný pruh), které budu v práci nejvíce používat, jsou vyznačené na obrázku (Obr. č. 2 a 3 v Příloze). V této práci jsme nejvíce využívaly neprůsvitné a průsvitné pruhy k určení stáří ryby. Neprůsvitný pruh na otolitu vzniká v chladnějších podmínkách, v našem případě v zimě a průsvitný pruh, kdy ryba roste daleko rychleji je ve velké většině případů širší a vzniká v létě, čili v teplejších podmínkách. Podle počtu jednotlivých neprůsvitných pruhů určíme stáří ryb.

### **5.1. Výpočet růstových křivek z otolitů a šupin**

Růstové křivky jsou definovány jako odhady velikostí jednotlivých ryb od jejich narození až po dobu, kdy byly uloveny na základě odpovídajících měření délky ryby a jejich kalcifikovaných struktur jako jsou šupiny, otolity nebo opercula (Li 2008).

Získání informací o průběhu života jednotlivých ryb pomocí růstových křivek je důležité i pro celou populaci. Růstové křivky poskytují přehled o zranitelnosti populací. Mohou se také využít jako informace o odolnosti populace, a o tom, jak daná populace reaguje na případnou změnu managementu. Dále poskytují přehled o vlivu rybaření na fenotypové znaky populace jako je např. nástup pohlavní zralosti nebo tendence k zakrslosti (Fenton et al. 1991; Amezcua et al 2006). Navíc tím, že sestavíme růstové křivky u stejných druhů v různých nádržích nebo v různých časových intervalech dostaneme přehled jednak o vývoji rybí populace a o reakcích růstu na proběhlé změny nebo můžeme porovnat různé environmentální podmínky v jednotlivých nádržích (Stocks et al. 2011).

Srovnáním prostorové variability, zejména v oceánech a velkých jezerech, a jejího vlivu na růst ryb můžeme zjistit, který habitat je pro ryby nejvíce vhodný a ten může být použit jako srovnávací ukazatel kvality prostředí. Platí zde pravidlo, že vyšší tempo růstu je spojené s produktivnějším stanovištěm. Znalost této prostorové variability umožňuje např. stanovení různých rybolovných kvót na zkoumanou populaci (Meng et al. 2000).

A právě k sestavení těchto růstových křivek se používají buď šupiny nebo otolity. Obě dvě struktury, zejména prostor mezi jejich jednotlivými přírůstky (anulli), jsou lineárně závislé na růstu ryby (Campana 1990; Stocks et al. 2011). K tomu, aby se sestavili růstové křivky, můžeme ryby sbírat dvojitým způsobem. První způsob je vzorkování ryb a odebírání jejich šupin. To je ovšem jak časově (musí se dělat několik sezón a let po sobě, aby byl výsledek uspokojivý), tak finančně velmi nákladné. Proto se ukázalo, že daleko lepší metoda je sestavování růstových křivek pomocí otolitů, které se jednoduše zakládají hned po narození ryby. Nemusíme tak počítat délku ryby, kdy ho ještě nemá tak, jako u šupin. Další výhodou otolitů je jejich čitelnost u všech druhů ryb na rozdíl od šupin. Bohužel tato metoda je pro rybu smrtelná (Williams et al. 2007). Další nevýhodou zpětného určování délek ryb z šupin je nadhodnocení délek mladých ryb a naopak podhodnocení délek ryb starších (Kocovsky and Carline 2000; Ross et al. 2005; Phelps et al. 2007). To znamená, že starší ryby při zpětném dopočítávání délky dosahují menší délky než ryby mladší v tomtéž roce (Wahl et al. 2009).

V kapitole materiál a metodika práce budou uvedeny výpočty, podle kterých se zpětně stanovuje délky ryby v jednotlivých letech.

## **Praktická část:**

### **6. Materiál a metodika práce**

Následující kapitola bude popisovat, jak jsme při výzkumu postupovali a jaký materiál jsme použili. Každá kapitola bude rozdělena do dvou odstavců, kde budu odděleně popisovat vodní nádrž Vír a jezero Most. Velká většina použitého materiálu a postupu práce se zásadně neliší, ale jsou zde odlišnosti, způsobené hlavně morfologií vodních nádrží a budou probírány v prvních dvou podkapitolách. Zbylé tři podkapitoly budou pro obě dvě nádrže totožné.

#### **6.1. Oblast výzkumu**

Výzkum k této diplomové práci byl prováděn ve dvou oblastech současně. První oblast, která byla ve výzkumu použita jako srovnávací, je přehradní nádrž Vír. Jak je již výše zmíněno, přehradní nádrž Vír se nachází na východním okraji Českomoravské vrchoviny u obce Vír v okrese Žďár nad Sázavou. Přehrada Vír má údolní charakter a přehrazuje řeku Svratku na jejím 114,9 kilometru.

Přehrada byla kvůli podélnému gradientu, který je u korytovitých nádrží výraznější (Prchalová et al. 2008; 2009) rozdělena na čtyři oblasti: Vír 1 Hráz, Vír 2 Zátoka u Hráze, Vír 3 Střed a Vír 4 Přítok (Obr. 5). Oblasti byly rozdělené na bentické a pelagické habitaty.

Druhá oblast, kde byla prováděna hlavní část výzkumu, je jezero Most. Most je nově vzniklé jezero antropogenního původu. Nachází se v severovýchodních Čechách blízko stejnojmenného města Most.

Také jezero Most bylo nejprve rozděleno a to do tří lokalit: severní, střední a jižní (Obr. 6) kvůli možnému podélnému gradientu, který zde z hlediska morfologie nádrže nepředpokládáme. Dále byly jednotlivé habitaty rozdělené na tzv. dnové (bentické) habitaty a habitaty volné vody (pelagické). Schéma je znázorněné na obrázku v Přílohách (Obr. 7).

#### **6.2. Sběr ryb**

Sběr ryb k účelům tohoto výzkumu prováděli pracovníci Hydrobiologického ústavu AV ČR s názvem pracovní skupiny FishEcu. Byl prováděn pomocí různých typů tenat

firmy Pokorný sítě, Brloh. Tenata byla vyrobena podle evropského standardu nordických mnohoočkových tenat (EN 14757, 2005), který byl uzákoněn i jako česká tenatní norma ČSN 75 7708 (2005). Tenata byla konstruována a používána odlišně podle typu habitatů.

Bentická tenata - vzorkují dnové habitaty - jsou konstruovány tak, aby spodní část, která je zatížena, kopírovala dno a horní část pomocí plováků zajišťovala svislé postavení sítě ve vodě. Výška sítě je 1,5 m.

Epipelagická tenata - zajišťují vzorky z horní volné vody - jsou konstruovány tak, aby horní část pomocí plováků zajišťovala plavání na hladině a dolní část pomocí zátěže zajišťovala svislé postavení sítě ve vodě. Výška sítě je podle hloubky dané lokality 4,5 nebo 3 m.

Mesopelagická tenata - používají se pro vzorkování střední volné vody - horní žiň těchto tenat je potápivá, vybavená plováky na 5 metrů dlouhých úponech. Svislé postavení sítě ve vodním sloupci zajišťuje spodní část, která je zatížena. Výška těchto tenat je 4,5 m.

Batypelagická tenata - používají se pro vzorkování spodní volné vody. Podobně jako epipelagická tenata mají horní část plovavou, spodní část je vybavena kotvami na 5 m dlouhých úponech. Výška těchto tenat je 4,5 m.

Použité tenatní sítě jsou složeny z bloků 2,5 metrů dlouhé síťoviny s dvanácti velikostmi oček. Tato očka po sobě následují v náhodném pořadí. Jednotlivé velikosti oček, které se měří v milimetrech od uzlíku k uzlíku, jsou: 5,5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 19,5; 24; 29; 35; 43 a 55 mm. Každé tenato obsahuje tři panely, které dohromady tvoří sadu. Jednotlivé panely mají délku 40 metrů a jsou spojeny 30 metrů dlouhou šňůrou. Kromě těchto tenat byly v každém habitatu použity i velkooké tenatní sítě, které jsou určené pro lov ryb velkých velikostí. Tyto sítě byly tvořené čtyřmi bloky síťoviny o celkové délce 10 metrů s velikostmi oček: 70; 90; 110 a 135 mm. Jako u předchozích tenat i v těchto byly v každé sadě tři panely spojené 30 metrů dlouhou šňůrkou.

V jezeře Most byly v nejmělkším litorálu s hloubkou 0 - 1 m byly zvlášť použity i speciálně upravené sítě k odlovu tohoročních ryb s velikostmi oček 5,5; 6; 8 a 10 mm. Tyto sítě nazýváme také jako juvenilní.

Veškerá tenata byla vložena do vody z lodi krátce před soumrakem kolem 16:00 - 17:00 hodiny a vytažena byla následující den po rozednění vždy mezi 9:00 a 11:00 hodinou. Hloubka, v které byla nainstalována bentická tenata, byla určena komerčním echolotem firmy Eagle, USA. Úlovky zaznamenané v tenatních sítích se vyjadřují v kusech na jednotku úsilí tenatních sítí (tzv. CPUE, Catch-Per-Unit-of-Effort). V našem případě se jednotkou rybolovného úsilí rozumí 1000 m<sup>2</sup> sítí exponovaných přes jednu noc.



Jelikož nebylo v našich silách zpracovat vzorky všech vylovených ryb, vybrali jsme si pro odběr vzorků reprezentativní průřez délek a hmotností veškerých ryb jednotlivých zástupců okounovitých (okoun říční) a kaprovitých (plotice obecná). Následující tabulka znázorňuje počet námi zkoumaných ryb v jednotlivých letech v jednotlivých vodních nádržích.

Tab. 1

Počet námi zkoumaných ryb v jednotlivých letech v obou dvou vodních nádržích

Vodní nádrž	Rok	Počet zkoumaných okounů (ks)	Počet zkoumaných plotic (ks)
Vír	2011	61	59
Most	2011	153	42
Most	2012	487	257

### 6.3. Získávání a zpracování vzorků z ryb

Z ulovených ryb jsme odebírali šupiny, otolity a skřelová víčka. Všechny struktury jsme se snažili co nejlépe očistit a vkládali jsme je do nadepsaných papírových sáčků. U ryb jsme dále určovali hmotnost (g), celkovou délku (mm), standardní délku - délka těla ryb bez ocasu (mm) a u okounů jsme určovali pohlaví a obsah žaludku.

Nejpracnější část byla získávání otolitů z hlavy ryb, k čemuž jsme využívali nůžky, kleště, pinzetu a gumové rukavice. Otolity jsme nejčastěji získávali metodou *Up Through the gills* (podle Secor et al. 1992), která začíná uchopením již mrtvé ryby ukazováčkem a palcem pod žábrami, které se odstříhnou. Potom se odklopí a kleštěmi nebo nůžkami podle velikosti a tvrdosti neurocrania se naštípne lebeční kost v nejužším místě asi ve dvou třetinách směrem k tělu ryby. Po nastříhnutí lebeční kosti se hlava zvrátí dozadu tak, aby se otevřel řez kostí, a opatrně se pinzetou vyndají obě sagitty. Je důležité dávat pozor, aby otolity nebyly zatlačeny dovnitř lebky nebo aby se nezlomili (jsou křehké).

Další metodu, kterou jsme pro získání otolitů, zejména u kaprovitých ryb kvůli masité hlavě, používali, byla *Between the eyes* (podle Secor et al 1992). Tato metoda spočívá v rozříznutí hlavy na dvě poloviny řezem jdoucím od dutiny ústní mezi očima až ke konci hlavové části těla ryby. Po rozříznutí hlavy se obě dvě poloviny od sebe oddělí. Nejprve se musí odstranit obě části mozku tak, aby se po stranách odkrylo celé sluchové ústrojí. Poté se odstraní lapillus, který je u plotic největší. Kvůli poloze sagitty blízko středu hlavy je důležité rozpůlit lebku na dvě části tak, aby otolity zůstaly neporušené.

#### 6.4. Určování věku ryb

Po terénní práci následovala práce laboratorní, kde bylo cílem určit věk u jednotlivých ryb a případně zpětně spočítat jejich růst v jednotlivých letech. V roce 2011 jsme odebírali z okounů i šupiny ze tří oblastí těla - nad postranní čarou pod hřbetní ploutví, pod postranní čarou, co nejbliže hlavové části a pod postranní čarou na těle, abychom zjistili, jestli nejsou alespoň z některé části těla čitelné. Naopak u plotic víme, že mají celkem dobře čitelné šupiny a tak jsme otolity odebírali pouze u některých ryb k získání dalšího srovnávacího údaje věku ryb (jako např. Beckman and Hutson 2012).

Nejprve jsme zpracovávali otolity, kde byla důležitá opatrná manipulace, kvůli velikosti a jejich křehkosti. Každý otolit jsme vyndali z papírového sáčku, pokud byla potřeba, tak jsme jej očistili a podle velikosti jsme určovali věk pomocí binolupy. Otolit jsme pinzetou položili do Petriho misky s vodou, která umožňuje zřetelnější odlišení jednotlivých anullů. V potaz jsme brali jenom anulli, které byly jasně zřetelné a po celém obvodu otolitu (Ofstad et al. 2013). Odečtený věk jsme zapsali do tabulky k příslušným údajům. Jako ve většině prací tohoto typu jsme se snažili, abychom jeden otolit přečetli buď vícekrát, nebo více lidí nezávisle na sobě (Campana et al. 1995; Cazorla and Sidorkewitj 2011; Ofstad et al. 2013). Kromě mě se na čtení otolitů a šupin podílela paní Ing. Jaroslava Frouzová, PhD.

Vzhledem k tomu, že otolity mají miskovitý tvar, tak se u starších ryb mohou jednotlivé anulli překrývat. Aby bylo odečtení věku co nejpřesnější, musí se otolity zbrousit. Ke zbroušení jsme používali brusný kotouč a ochranné brýle. Před broušením jsme si nadepsali podložní sklíčko a nechali na něm rozpustit rychleschnoucí pryskyřicové lepidlo. Před broušením jsme na otolit pod binolupou vyznačili obyčejnou tužkou čáru v úrovni nukleu (jádro otolitu). Čára sloužila jako značka toho, kam až otolit můžeme zbrousit. Brousit se musí kolmo tak, aby po dokončení broušení otolit stál zbroušenou stranou na stole. Po zbroušení otolitu k čáře jsme otolit upevnili zbroušenou stranou dolů na podložní sklíčko s rozpuštěným lepidlem a nechali několik minut (cca 20 min) zaschnout. Po zaschnutí jsme otolit brousili z druhé strany. Museli jsme dávat pozor na to, abychom otolity nezbrousili moc a jednotlivé anulli byly čitelné. Po zbroušení jsme na otolit použili imersní olej, aby lépe vynikly jednotlivé anulli a odečtený věk jsme zapsali do tabulky.

Další práce byla téměř totožná, pouze místo z otolitů jsme určovali věk ze šupin a to zejména u plotic. K čtení šupin jsme využívali čtečku šupin v Hydrobiologickém ústavu

AV ČR. Odečtený věk jsme zapsali do tabulky.

Potom, co jsme zjistili věk jednotlivých ryb, sestavili jsme graf závislosti dosažené délky na věku, abychom zjistili, jak ryby v jednotlivých nádržích rostou. Tyto grafy jsme sestavili jak pro okouny, tak pro plotice v obou nádržích.

## 6.5. Růst a růstové křivky ryb

Posledním úkolem naší laboratorní práce byl výpočet růstových křivek ze šupin a otolitů. Nejprve jsme se věnovali výpočtu růstových křivek ze šupin. Při odečítání šupiny jsme si změřili pomocí pravítka diagonální poloměr šupiny a potom jednotlivé diagonální poloměry všech anullů nacházejících se na šupině. Dosažené délky ryb v jednotlivých letech života jsme vypočítali podle následujícího vzorce (Lee 1920):

$$L_a = d + (L_c - d) O_c^{-1} O_a$$

$L_a$  = Délka ryby v určitém roce

$d$  = parametr (délka ryby v době, kdy se tvoří šupina)

$L_c$  = Délka ryby v době chytnutí

$O_c$  = Délka celé šupiny

$O_a$  = Délka šupiny k příslušnému anullu

(všechny parametry jsou uvedené ve shodných délkových jednotkách – nejčastěji mm)

Stejně jako u šupin jsme sestavovali růstové křivky u otolitů. I u otolitů se předpokládá, že i vztah otolit:růst ryby je lineární a nemusí se počítat s parametrem. Vztah pro zpětný výpočet délky ryb (Campana 1990):

$$L_a = L_c O_c^{-1} O_a$$

$L_a$  = Délka ryby v určitém roce

$L_c$  = Délka ryby v době chytnutí

$O_c$  = Délka celého otolitu

$O_a$  = Délka otolitu k příslušnému anullu

(všechny parametry jsou uvedené ve shodných délkových jednotkách – nejčastěji mm)

Ke změření otolitů jsme používali počítačový program Vision lite, kde jsme otolity vyfotografovali a rovnou i změřili poloměry jednotlivých anullů.

## 7. Výsledky

V následujících podkapitolách jsou znázorněny výsledky, které jsme po zhodnocení nasbíraného biologického materiálu získaly.

### 7.1. Věková struktura rybích populací v jezeře Most a přehradě Vír

Naším prvním cílem bylo určit věk jednotlivých rybích populací v nádržích. Věk jsme určovali ze dvou struktur - šupin a otolitů. U okouna říčního jsme první rok odebírali jak otolity, tak šupiny a to ze tří částí těla, abychom zjistili, jestli z některé části nebudou čitelnější. Při laboratorních pracích jsme zjistili, že ani jedna šupina není čitelná. Vzhledem k tomu jsme se další rok sběrem šupin u okounů nezabývali a šupiny jsme sbírali pouze u plotic, kde je jejich čitelnost dobrá. U obou dvou druhů jsme sbírali otolity, přičemž z okouna se otolity v terénních podmínkách získávají o mnoho lépe než z plotice, kde jsme otolitů odebrali jen několik pro srovnání jednotlivých struktur při určování věku. Zjistili jsme, že jak u šupin, tak u otolitů nám věk u stejné ryby vychází stejně, což ověřilo to, že šupiny plotic jsou dobře čitelné.

V tabulce (Příloha - Tab. 1) jsou přehledně zaznamenány nejmenší a největší ulovené ryby v jednotlivých nádržích od obou druhů. Největšího okouna jsme ulovili v jezeře Most. Jeho délka bez ocasní části (SL) dosahovala 375 mm, byl 5 let starý a vážil 1 304 gramů, ale nejstaršího okouna (8 let) jsme chytili na přehradě Vír a dosahoval délky (SL) 350 mm a vážil 850 gramů. Nejmenšího okouna jsme ulovili také v jezeře Most a dosahoval délky (SL) 42 mm, vážil 1 gram a řadil se mezi tohoroční ryby.

Největší plotici jsme ulovili též v jezeře Most. Byla 5 let stará, dosahovala délky (SL) 280 mm a její váha byla 512 gramů. Naopak nejstarší plotici (7 let) jsme chytili na přehradě Vír, dosahovala délky (SL) 240 mm a vážila 366 gramů. Nejmenší plotice byla chycena v jezeře Most. Patřila mezi tohoroční ryb, její délka (SL) byla 50 mm a její váha 1 gram.

Další tabulky (Příloha - Tab. 2 a Tab. 3) znázorňují počty jednotlivých ryb, u kterých jsme určili věk. Dohromady jsme na jezeře Most určili věk u 574 okounů a 161 plotic a na přehradě Vír u 55 okounů a 59 plotic. Stáří jednotlivých jedinců v úlovku

okounů se pohyboval v rozmezí 0,5 let (tohoroční ryby) až 5 na jezeře Most a 0,5 až 8 let na přehradě Vír. Přičemž nejvíc zastoupený věk na jezeře Most byl 1 rok a na přehradě Vír roky 2. Staří jednotlivých jedinců plotice bylo v obou dvou nádržích velmi podobné. Jezero Most se shodovalo svým rozpětím 0,5 let do 5 let a na přehradě Vír bylo rozpětí od 0,5 let do 7 let. Na jezeře Most byl nejběžnější věk 3 roky a v přehradě Vír dominovaly tohoroční plotice. Odchylna v individuálním čtení otolitů a šupin byla menší než 0,5, což je u přesného určení věku ryby důležité (Campana 2001). Grafy (Graf 3 a 4), které se nachází v Příloze, znázorňují procentuální zastoupení jednotlivých let a srovnávají věkové zastoupení okounů a plotic v obou nádržích.

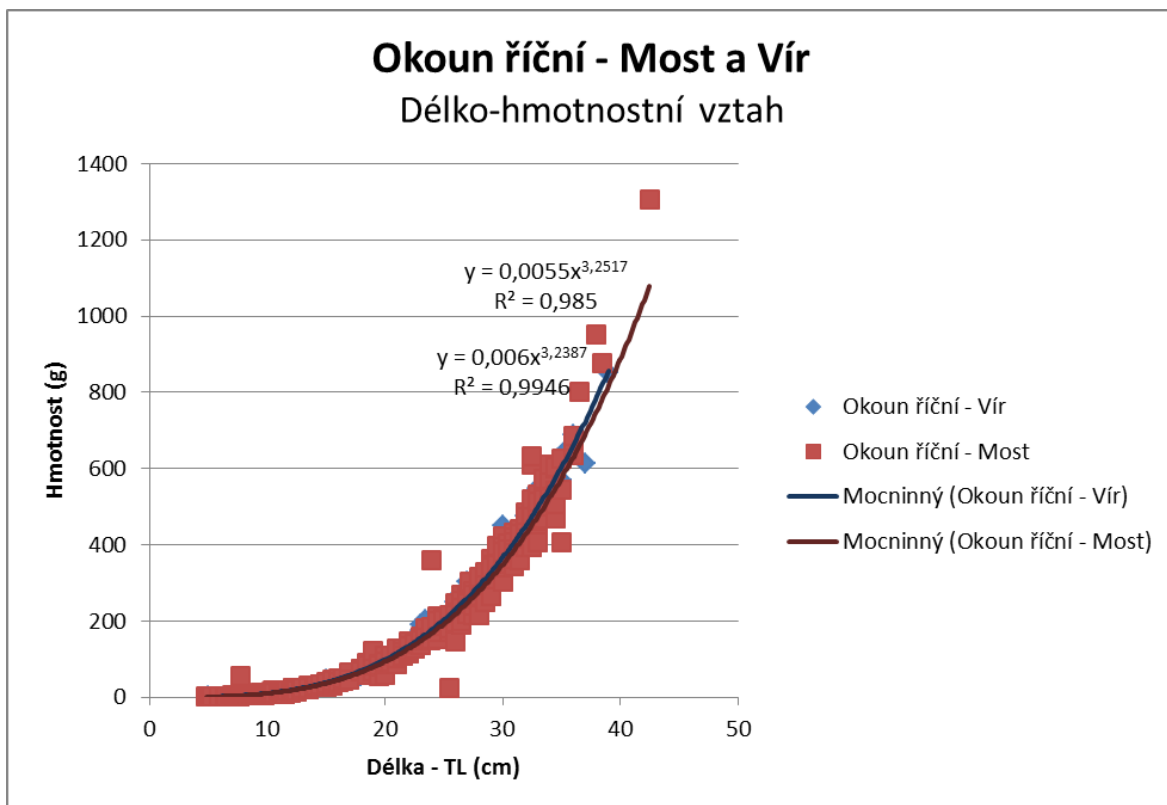
## **7.2. Velikosti jednotlivých ryb v jezeře Most a v přehradě Vír**

Nejprve rozeberu údaje týkající se váhy a velikosti ryby. Váhy jednotlivých okounů se pohybovaly od 1 g (tohoroční chycené ryby) do 1 304 g na jezeře Most a od 1,3 g do 850 g v přehradě Vír.

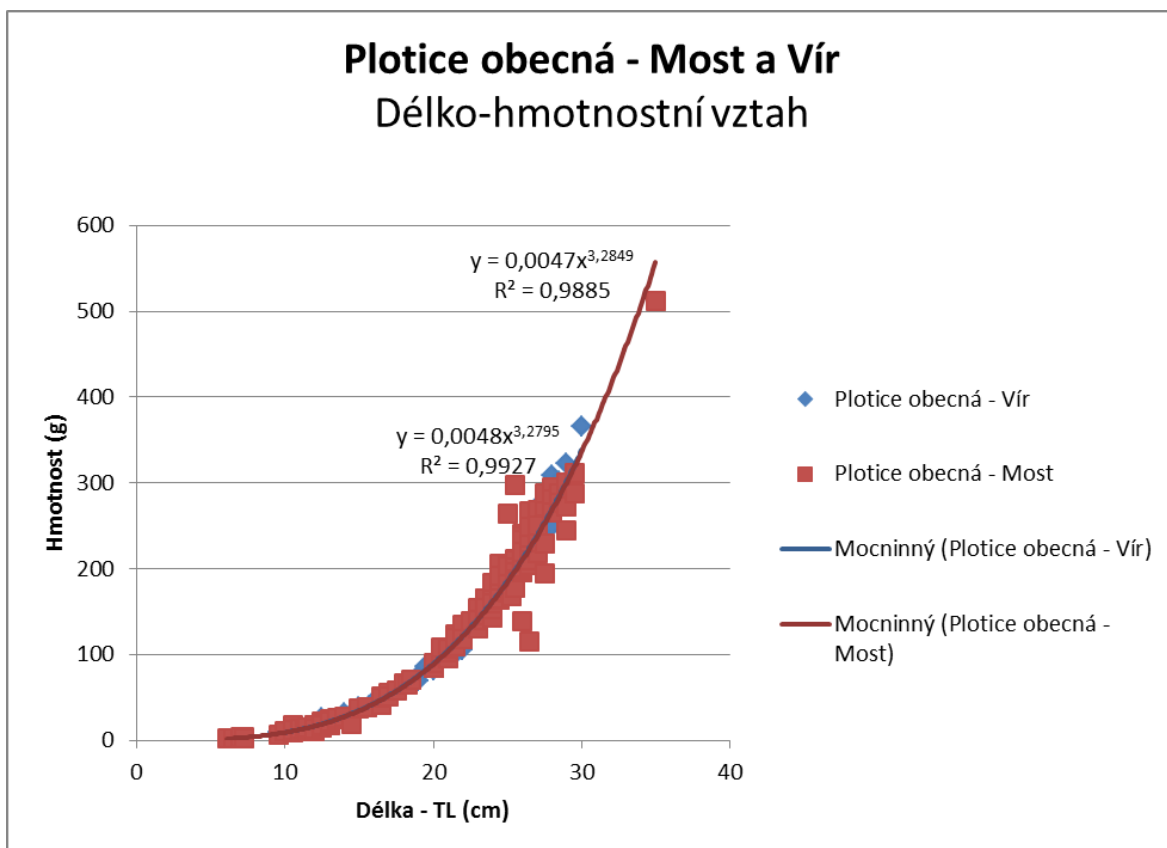
Plotice svou vahou dosahovaly o něco menších čísel. Na jezeře Most se hodnoty váhy pohybovaly od 2,2 g do 512 g, přičemž průměrná váha dosahovala 141,3 g. V přehradě Vír nejlehčí plotice vážila 8,5 g a nejtěžší 366 g, přičemž průměrná váha všech plotic byla nižší než v jezeře Most a to 97,5 g.

Jak je již zmíněno v teoretické části, některé křivky stejných druhů ryb se liší dle výskytu a pohlaví. Graf 5 a 6, který naleznete v textu, znázorňuje překryv obou lokalit u stejných druhů. Z grafů je patrné, že ani u jednoho druhu se tyto křivky svojí strmostí neliší.

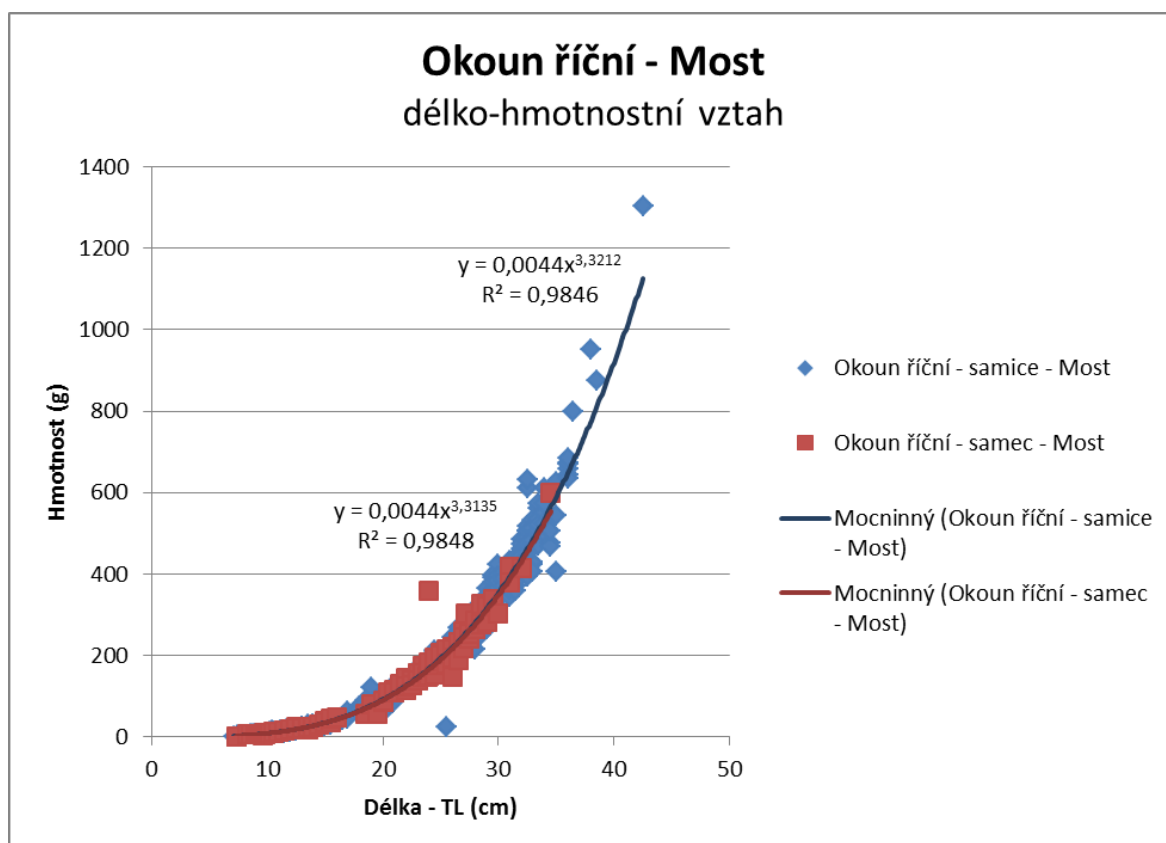
**Graf 5 – Okoun říční - délko-hmotnostní křivka, srovnání obou dvou nádrží**



**Graf 6 – Plotice obecná - délko-hmotnostní křivka, srovnání obou dvou nádrží**



**Graf 7 – Okoun říční – Most, Délko-hmotnostní křivka, rozdělení podle pohlaví**

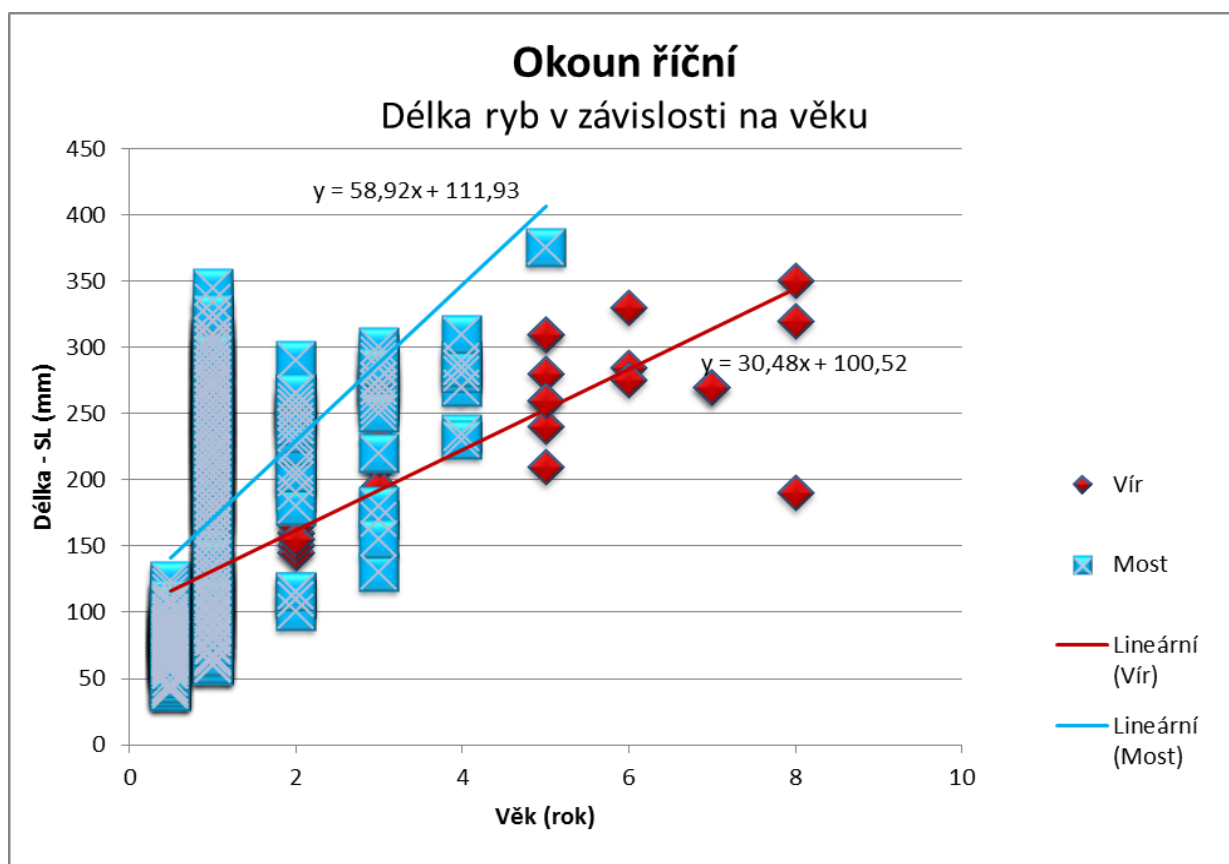


Graf 7 znázorňuje růstové křivky okouna říčního v jezeře Most rozděleného podle pohlaví. I zde je z grafu patrné, že obě dvě křivky jsou svoji strmostí totožné.

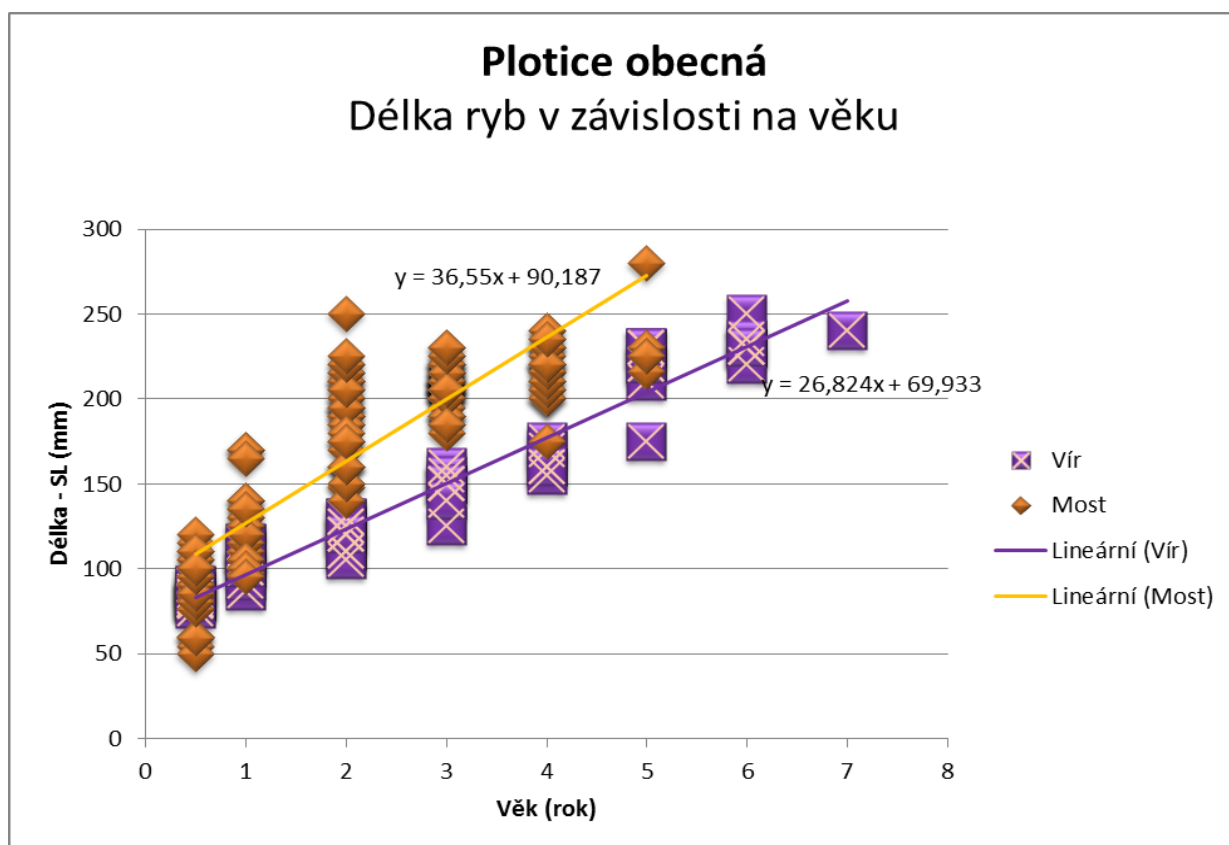
V Příloze jsou uvedeny další grafy (Graf 8, 9, 10, 11), které jsou vytvořené zvlášť pro každý druh ryby a vodní dílo.

Dalším cílem bylo porovnat jednotlivé velikosti ryb v obou vodních dílech. Předpokládali jsme, že ryby budou v jezeře Most růst rychleji než v přehradní nádrži Vír. Rozpětí délek okounů v jednotlivých nádržích se pohybovalo mezi 45 mm do 350 mm v přehradě Vír a od 40 mm do 375 mm v jezeře Most. Přičemž průměrná délka okounů v přehradě Vír byla 191,1 mm a v jezeře Most nižší a to 175 mm. Rozpětí délek plotic, které jsou v průměru menší než okouni, se v přehradě Vír pohybovalo mezi 76 mm a 250 mm, průměrná naměřená délka byla 143,8 mm a v jezeře Most byla rozpětí od 50 mm do 280 mm a průměrná délka byla větší než v přehradě Vír a dosahovala 173 mm. Následující grafy (Graf 12, 13 – v textu a Graf 14, 15, 16, 17 – v příloze) potvrzují naše předpoklady.

Graf 12 – Znáznornění délek okouna říčního v závislosti na věku v obou dvou nádržích



Graf 13 – Znáznornění délek plotice obecné v závislosti na věku v obou dvou nádržích





Ze strmosti regresní přímky je patrné, že okouni v jezeře Most rostou téměř dvakrát rychleji (58,92x) než v přehradní nádrži Vír (30,48x). Tento trend znázorňuje Graf 12 (zejména regresní přímky), který je přímo v textu a porovnává růst okouna říčního v obou dvou nádržích.

U plotice obecné jsme tak výrazný rozdíl v růstu nezaznamenali. Nicméně i zde je, jak je patrné z grafu Graf 13 v textu, regresní přímka patřící jezeru Most strmější (36,55x) než v přehradě Vír (26,824x).

U okounů říčních jsme určovali pohlaví. V jezeru Most jsme pohlaví určili u celkem 441 okounů, přičemž 321 okounů (72,8 %) bylo samic a 120 okounů (27,2 %) samci. Na dalším grafu v Příloze (Graf 18) jsou znázorněny velikostní rozdíly a rychlost růstu mezi samci a samicemi okouna v jezeru Most. Zde je patrné, že samice v jednotlivých letech dosahují větší velikosti a jejich křivka růstu je nepatrně strmější (29,572x) než u samců (28,114x).

### **7.3. Růstové křivky jednotlivých ryb v jezeru Most a přehradě Vír**

Jedním z posledních úkolů této diplomové práce bylo sestavení jednotlivých růstových křivek pro oba dva druhy ryb v obou dvou vodních dílech.

Nejprve se budu věnovat plotici obecné, kde jsme sestavovali růstové křivky ze šupin. Jako parametr jsme zvolili 15 mm. Jedná se o délku, kdy se plotici začnou tvořit šupiny (Horpilla 2000). Sestavením růstových křivek jsme zjistili, jak jednotlivé ryby narůstaly v průběhu jejich života. Ze zpětných výpočtů délek jsme zjistili, že ryby dosahují v jednotlivých letech 1 – 7 následující průměrné délky: 78, 104, 133, 160, 188, 211, 225 (vše uvedeno v mm), přičemž průměrný nárůst za rok je 24,5 mm. Nejvyšší průměrný nárůst (29 mm) byl mezi 2. a 3. rokem života a nejmenší (14 mm) mezi 6. a 7. rokem života, což potvrzuje teorii, že ryby rostou nejvíce v prvních letech svého života a že s přibývajícím věkem se růst zpomaluje. Když jsme spočítali průměrné délky u chycených ryb jednotlivých stáří od 0,5 – 7,5 dosáhli jsme následujících průměrných délek: 83, 104, 120, 148, 164, 216, 232 a 240. (Jelikož jsme ryby chytali v září a plotice již byly cca 2 – 4 měsíce na světě, tak jsem k jednotlivým rokům připočetla půl roku.) Tato skupina plotic průměrně, narůstala o 23 mm za rok, což se oproti zpětně vypočítaným délkám liší o 1,5 mm za rok.

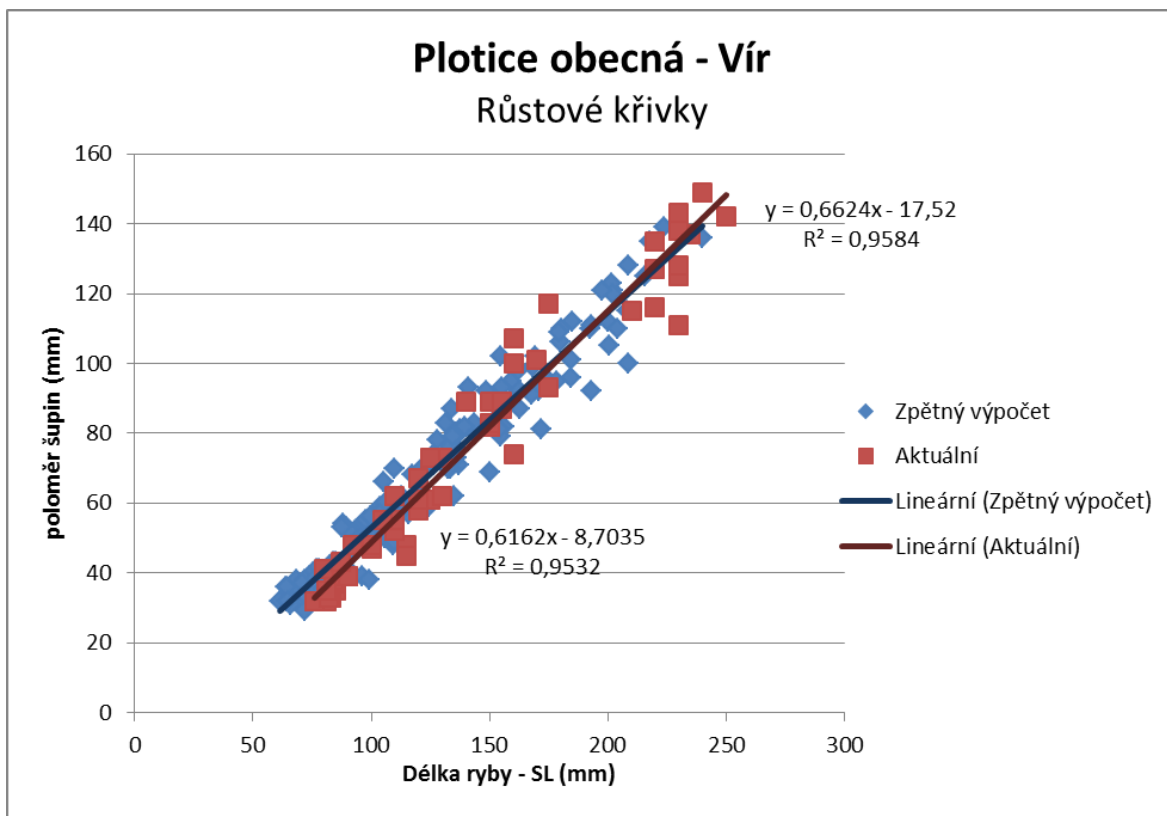
Následující graf (Graf 19), který je připojen k textu zobrazuje růstové křivky

plotice obecné v přehradě Víř. Z grafu je patrné, že aktuální křivky (naměřené délky ryb a poloměry šupin při odlovu) se od křivek zpětně určených v zásadě neliší. Avšak i zde se mírně projevuje nevýhoda zpětných kalkulací pomocí šupin a to při nadhodnocení délek ryb mladých a naopak podhodnocení ryb starých. V Příloze naleznete samostatné grafy pro zpětně vypočítané i aktuální růstové křivky (Graf 20, 21).

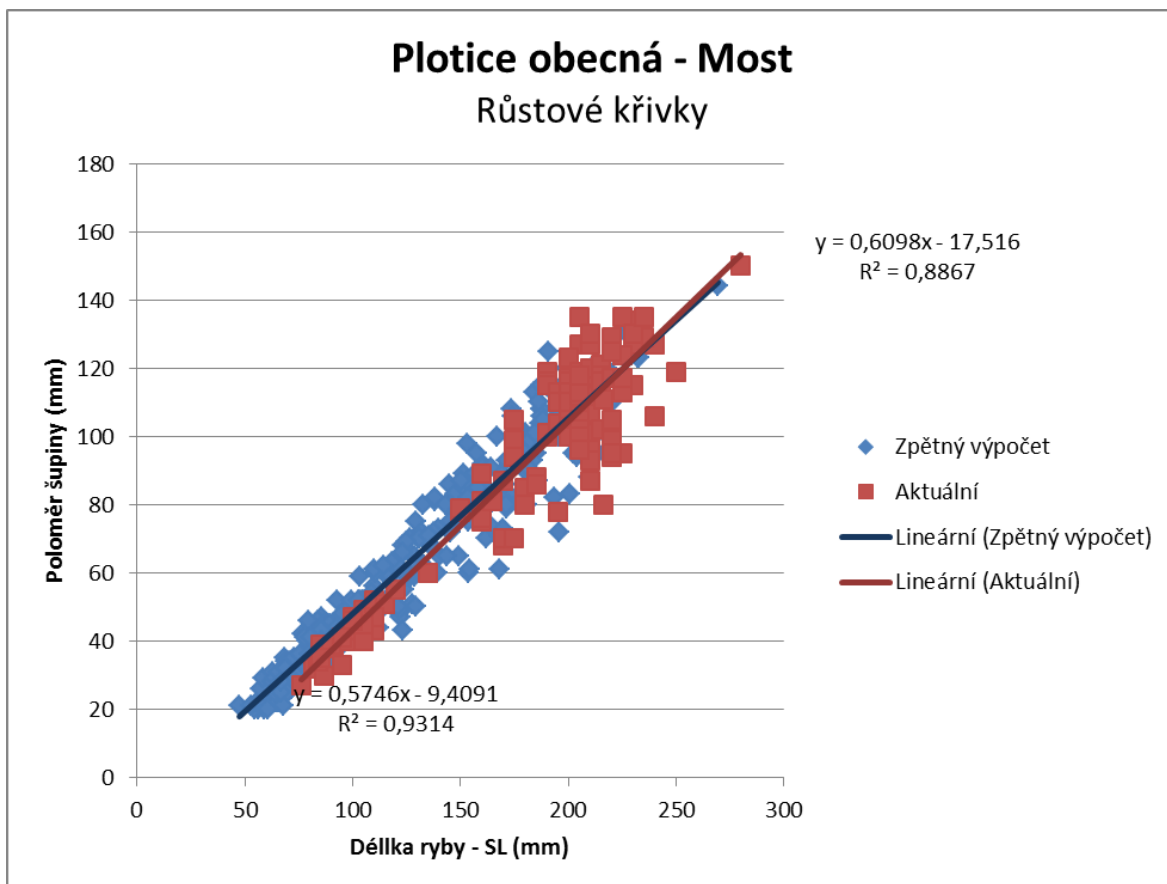
Následující graf (Graf 22) v textu znázorňuje aktuální a zpětný výpočet růstových křivek plotice obecné z jezera Most. Ze zpětných výpočtů délek bylo zjištěno, že ryby dosahují v jednotlivých letech 1 – 5 průměrných délek – SL: 80, 136, 171, 194 a 222 mm. Délkový přírůstek ryb v jezeře Most je podle zpětně vypočítaných délek v průměru 35,5 mm za rok, přičemž největší průměrný nárůst (56 mm) jsme zaznamenali mezi 1. a 2. rokem života. Oproti tomu nejmenší průměrný roční nárůst (23 mm) jsme zaznamenali mezi 4. a 5. rokem života. Odchylka aktuální a zpětné vypočtené růstové křivky ryb z jezera Most je poněkud větší než u přehrady Víř. Z naměřených délek v jednotlivých letech 0,5 – 5,5 jsme získali tyto průměrné délky: 89, 115, 193, 207, 218 a 235 mm, přičemž ryby narostou v průměru o 29,2 mm za rok. Oba výpočty průměrných nárůstů se zde liší o 6,3 mm. V Příloze v grafech (Graf 23 a 24) naleznete aktuální a zpětně určené růstové křivky v každém grafu zvlášť. Tato nesrovnalost v obou nádržích může být způsobena buď malým množstvím určených ryb a nebo velkým rozpětím délek ryb v jednom roce života v různých částech jezera Most (Horpila 2000).

Grafy (Graf 25 a 26) také přiložené v textu znázorňují průměrné délky zpětně vypočtených délek plotic v obou nádržích. V jezeře Most můžeme pozorovat zrychlení růstu po spojení malého jezera s nově napuštěným jezerem Most, který je způsoben náhlým zvýšením dostupného objemu potravy.

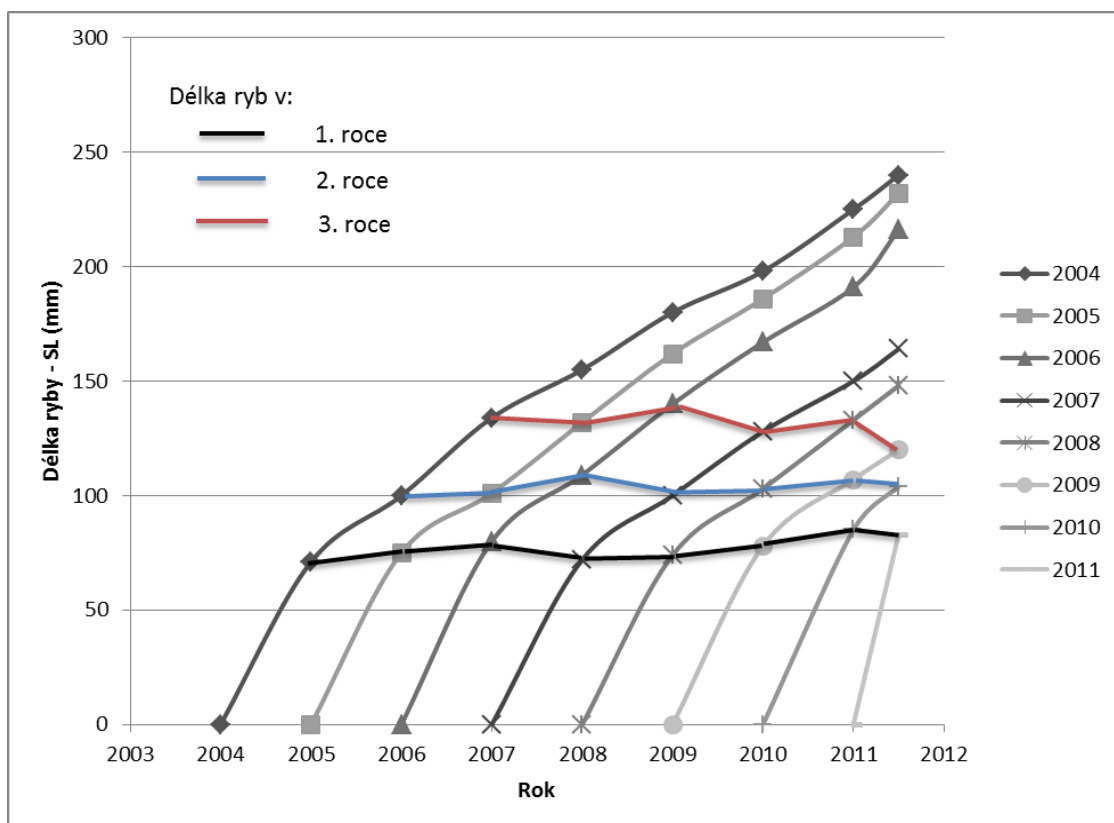
Graf 19 – Růstové křivky plotice obecné z přehrady Vír



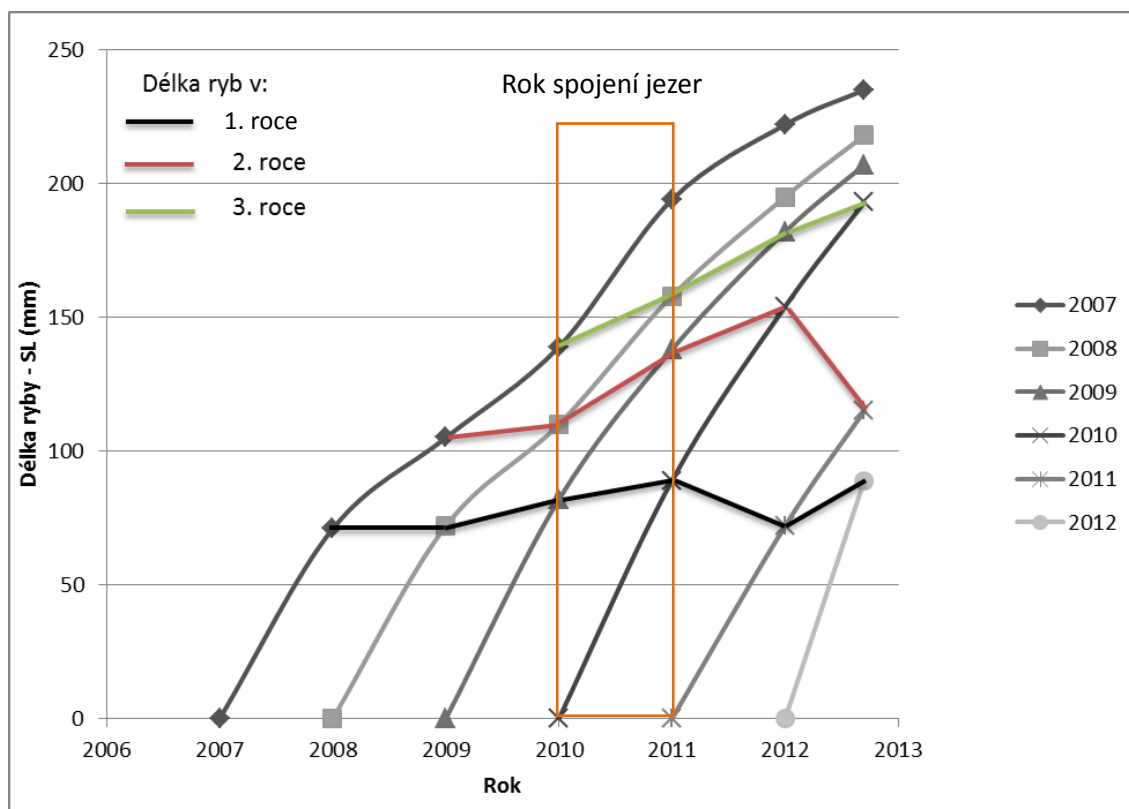
Graf 22 – Růstové křivky plotice obecné z jezera Most



**Graf 25 – Plotice obecná – průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech – Vír**

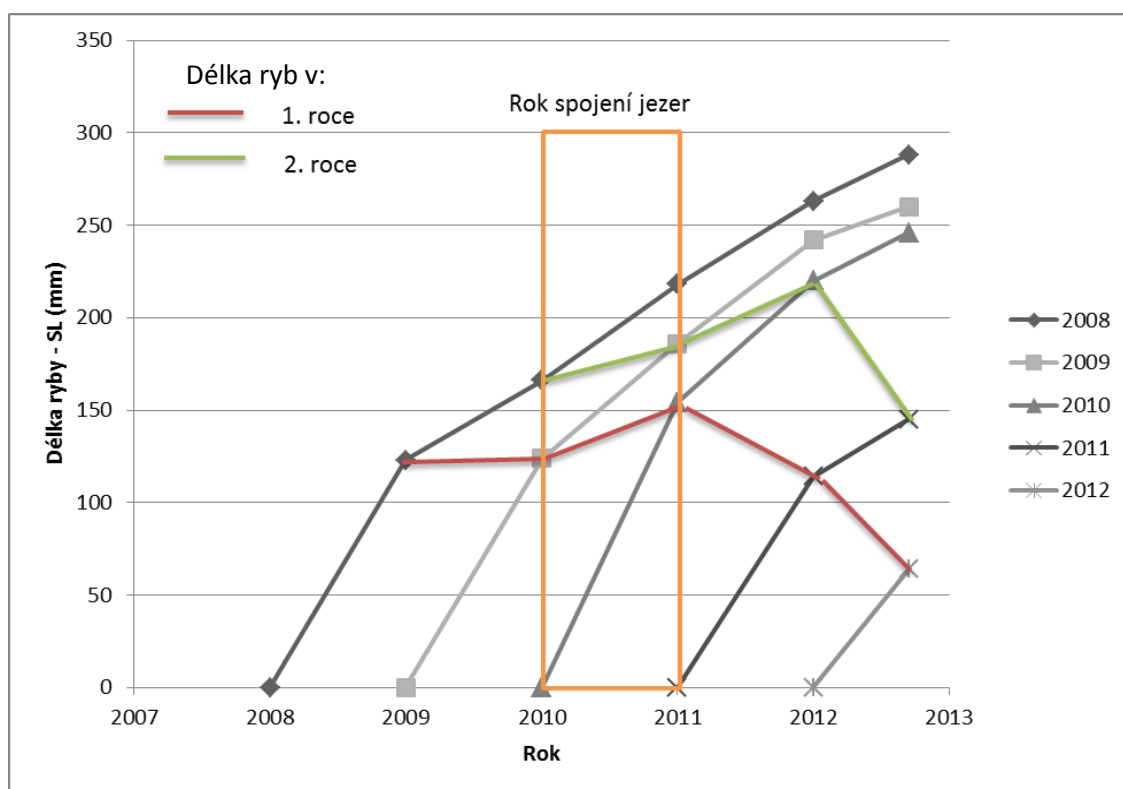


**Graf 26 – Plotice obecná – průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech – Most**



Zpětné výpočty délek ryb v jednotlivých letech jsme prováděli i u okounů říčních. Vzhledem k nečitelnosti šupin jsme zpětné výpočty prováděli pouze pomocí otolitů, které jsou u sestavování růstových křivek přesnější než šupiny. V jezeře Most byly otolity méně čitelné než v přehradní nádrži Vír, proto vyžadovaly pro „přečtení“ sledovaných údajů mnohem náročnější přípravu ve smyslu broušení. Vzhledem k následným rozdílným velikostem jsme museli sestavit dva grafy (Graf 27 a 28) pro broušené otolity a pro celé otolity, které spolu s grafem (Graf 29) růstových křivek celých otolitů okounů říčních z přehradní nádrže Vír naleznete v Příloze spolu s grafy (Graf 30 a 31), který znázorňuje závislost délky poloměru otolitu na věku. V textu naleznete graf (Graf 32), který znázorňuje průměrné délky ryb u zpětně vypočítaných hodnot. Můžeme zde zaznamenat, stejně jako u plotic, nárůst v době, když se spojilo malé jezero s tím velkým. Krátce na to (2 roky) však můžeme sledovat silný pokles v průměrném nárůstu. To znamená, že se jezero dostalo velmi rychle do plné fáze zarybnění a ryby zde již nemají dostatek potravy jako dříve.

**Graf 32 – Okoun říční – průměry zpětně vypočítaných délek ryb v jednotlivých letech – Most**



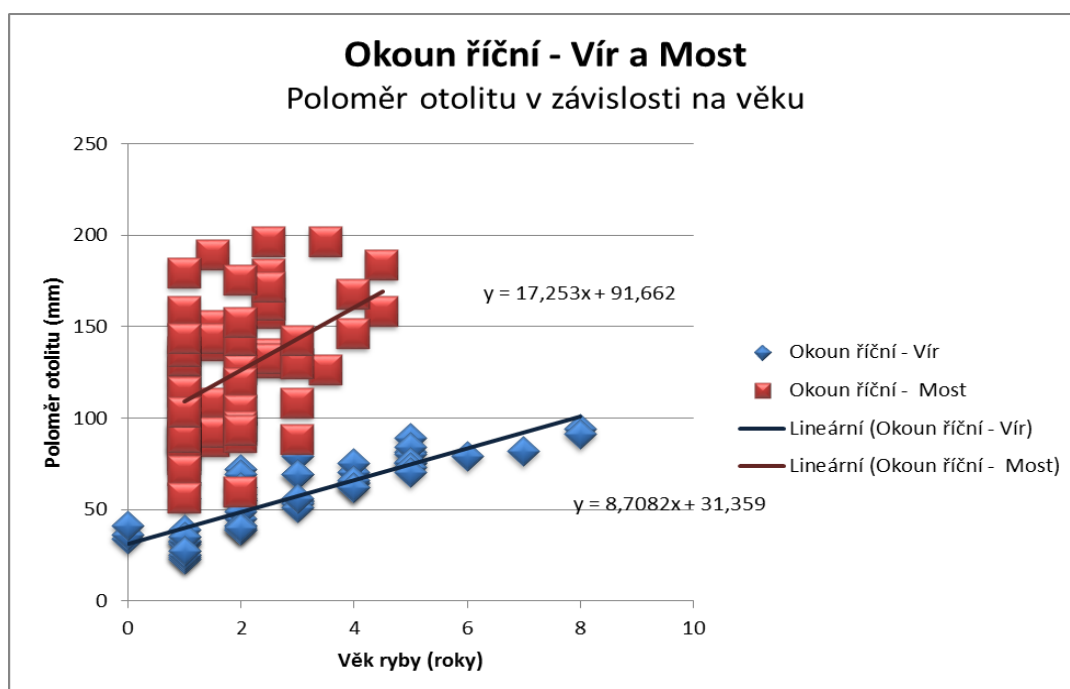
Podle zpětných výpočtů délek z otolitů v jezeře Most ryby dosahují průměrné délky v jednotlivých letech 1 – 4: u celých otolitů 123, 199, 238 a 254 mm a 139, 189, 222, 264

mm u broušených otolitů, přičemž průměrný délkový přírůstek je 44 mm u celých otolitů a 42 mm u broušených otolitů. Největší průměrný přírůstek 76 mm u celých otolitů a 51 mm u broušených otolitů jsme zaznamenali mezi 1. a 2. rokem života a nejmenší průměrný přírůstek 16 mm mezi 3. a 4. rokem života u celých otolitů a 33 mm mezi 2. a 3. rokem života u broušených otolitů. Tabulka v Příloze (Tab. 4) ukazuje výsledky GLM, které znázorňují statisticky významný jak vliv věku ryby tak vliv jezera na délku ryb u obou druhů ryb.

U aktuálně naměřených délek okounů, u kterých jsme určovali věk, byly naměřené následující průměrné délky v jednotlivých letech 0,5 – 5,5: 77, 196, 214, 252, 273, 375. Vzorek pro věk 5,5 let představuje jeden chycený exemplář, což není pro tuto práci průkazná hodnota, a proto byla vypuštěna z celkového hodnocení. Průměrný přírůstek okounů za rok tedy činí 49 mm. Největší přírůstek jsme naměřili mezi 0,5. a 1. rokem života, kdy se pohyboval okolo 119 mm a nejmenší jsme zaznamenali mezi 3. a 4. rokem života a to 21 mm. Hodnoty stanovené oběma způsoby (zpětné určení délky a aktuální délka) spolu s menší odchylkou korespondují, což potvrzuje správnost hypotézy přesnějšího určení zpětné délky ryb z otolitů.

Velmi zajímavý je graf (Graf 33), který je také částí textu a znázorňuje poloměr otolitu v závislosti na věku v obou nádržích. Z grafu je patrné, že nejenom ryby, ale i otolity dosahují v jezeře Most dvojnásobné velikosti a jejich růst je také téměř dvojnásobně rychlejší (17,3 x – jezero Most a 8,7x přehrada Vír) než v přehradní nádrži Vír.

**Graf 33 – Okoun říční – Vír a Most – Poloměr otolitu v závislosti na věku**



## 8. Diskuze

Tato diplomová práce reprezentuje první nám známý pokus v určení věku a vytvoření růstových křivek pomocí otolitů nejen v nově vzniklém jezeru Most, ale i v České republice. Používání otolitů (sagittae) k určování věku a zpětnému určování délek jednotlivých ryb plně nahrazuje předchozí používání šupin, které bylo velmi nepřesné z hlediska jejich nečitelnosti (Terwilliger et al. 2009). Práce zároveň zkoumá populační dynamiku a růstové křivky v nově vzniklém jezeře, zatopené důlní jámě, Most. Toto prostředí je z vědeckého hlediska velmi zajímavé, protože umožňuje průzkum rybích populací od jejich úplného počátku.

Zatápění důlních jam je nový fenomén nejen v České republice, ale i ve světě. I přesto, že zatápění se jeví, jako nejlepší možné řešení při rekultivaci těžbou zničené krajiny (Hildmann and Wunsche 1996) voda v nově vzniklých jezerech může se vyskytnout několik ekologických problémů, kvůli kterým je jezero pro ryby nevhodné. Jedním s častých ekologických problémů je nízké pH vody kvůli kyselým důlním vodám. V extrémních případech může pH vody dosahovat hodnot: 2,8 – 3,5. Toto prostředí je pro ryby, které jsou na vrcholu potravního řetězce, nevhodné. Většinou zde přežívají pouze silně specializovaní druhy (Moser and Weisse 2011; Kumar et al. 2011). Jezero Most jako jedno z mála nemá z acidifikací větší problém. Jeho průměrné pH je neutrální až slabě zásadité s hodnotou 7,7.

Jezero Most se podle charakteristiky jednotlivých fází při zarybnování jezer a stáří nachází ve fázi počáteční (Baruš et al. 1995) s tím rozdílem, že do jezera se nedostaly žádné ryby spolu s přítokem, ale část ryb zde byla uměle vysazena a část se do jezera dostala z okolního plně zarybněného jezírka, které postupně splynulo s jezerem. V tomto případě se jedná zejména o okouna říčního (Peterka and Kubečka 2011). Zajímavá je doba, za kterou došlo v jezeře Most k úplnému zarybnění. V literatuře se uvádí, že počáteční fáze nádrží trvá 2 – 12 let (Baruš et al. 1995). Podle výsledků, zejména rychlého nárůstu průměrných délek ryb v roce 2010, kdy došlo ke splnutí, a následného rapidního poklesu průměrných dosažených délek v roce 2012, se jezero dostalo do druhé fáze deprese za necelé dva roky. Zde bude velmi zajímavé tento vývoj nadále sledovat.

Jedním z hlavních cílů této práce bylo určit pomocí otolitů, šupin a skřelových kostí věk chyceného vzorku ryb a zjistit, které struktury jsou k určení věku daného druhu nejvhodnější. U obou druhů plotice obecné (kaprovitých ryb) jsou k určení věku vhodné jak šupiny, tak otolity. Šupiny jsou vhodnější hlavně kvůli rychlosti odebírání a kvůli tomu,

že se ryba při této metodě nemusí usmrtit. Na druhou stranu otolity by měly být přesnější ve výpočtu růstových křivek. Nemělo by docházet k nadhodnocování malých a podhodnocování velkých ryb (Williams et al. 2007). I když nejstarší známý ulovený okoun i plotice dosahovali 19 let (Baruš et al. 1995; Hanel and Lusk 2005), my jsme chytili na přehradě Vír nejstaršího okouna, který dosahoval 8mi let a 7mi letou plotici také z přehrady Vír. V jezeře Most jsme chytili nejstarší rybu, která byla 5 let stará i přesto, že jsme ryby poprvé zaregistrovali v roce 2010. Takto staré ryby pocházejí z jezírka, které splynulo s jezerem.

Po určení věku jsme sestavili křivky délko-hmotnostních vztahů. Vzhledem k možné odlišnosti těchto křivek u stejných druhů v různých habitatech a u pohlaví téhož druhu (Simpkins and Hubert 1996; Bister et al. 2000) jsme ověřovali, zda se tyto hodnoty neliší i u zkoumaných druhů v jednotlivých nádržích. Došli jsme k závěru, jak je patrné i z grafů, že se tyto křivky neliší a že ryby rostou stejně v obou lokalitách.

Posledním tématem práce bylo srovnání rychlosti růstu a sestavení růstových křivek. Předpokládali jsme, že v jezeře Most ryby porostou rychleji, ale nevěděli jsme, jaký mezi nimi bude rozdíl. Z dostupných údajů jsme zjistili, že okouni v jezeře Most rostou téměř dvakrát rychleji než na přehradě Vír. Objevil se zde dokonce silný ročník ryb starých 1 rok, které dosahovaly stejné délky jako 8mi roční okouni v přehradě Vír a tvořili téměř 70% ze všech určených ryb. To znamená, že v roce 2011 nejspíš v jezeře Most došlo k velmi malému úhynu juvenilních ryb a vzhledem k dobré dostupnosti potravy a nízkému výskytu predátorů se jim podařilo přežít v neobvykle hojném počtu. U plotic jsme tak výrazný rozdíl v růstu nezaznamenali, nicméně i tento druh rostl rychleji v jezeře Most než v přehradě Vír.

Po určení věků jak ze šupin, tak i z otolitů jsme sestavovali růstové křivky. Nejprve jsme je sestavovali ze šupin u plotic, kde podle literatury došlo k mírnému nadhodnocení malých a podhodnocení velkých ryb v délce v jednotlivých letech (Williams et al. 2007). Poprvé jsme si vyzkoušeli i určování růstových křivek z otolitů, které by měly být přesnější než křivky sestavené pomocí šupin (Campana 1990). I zde se nám tato hypotéza potvrdila, i přes poměrně malý počet vzorků, zejména u referenční nádrže Vír, kde jsme nemohli několik grafů sestavit. Další grafy (Graf 25 – 27) v textu znázorňují průměrné délky ryb zpětně vypočítané v jednotlivých letech. U jezera Most je vyznačen rok, kdy došlo ke spojení malého jezírka a je zde oproti přehradě Vír jasně zřetelný okamžitý roční nárůst. Velmi zajímavý je graf, který sleduje závislost poloměru otolitů (mm) a dosaženého věku v jezeře Most. V grafu je znázorněno, že nejenom délky a růst ryb je téměř dvakrát



větší, ale že i otolity okounů v jezeře Most rostou dvakrát rychleji, což nám potvrzuje tuto teorii.

## 9. Závěr

Tato diplomová popisuje růst kaprovitých (zástupce: plotice obecná – *Rutilus rutilus*) a okounovitých (zástupce: okoun říční – *Perca fluviatilis*) ryb v nově vzniklém jezeře Most. Jako modelová nádrž populační dynamiky byla zvolena přehrada Vír, která je již ustálená 50 let stará. Ryby byly chytány pracovníky Hydrobiologického ústavu AV ČR pomocí tenatních sítí a byly jim odebírány šupiny, skřelové kosti a otolity, které jsme využívali k dalšímu výzkumu.

U plotice obecné jsme k určení věku využívali převážně šupiny, protože byli dobře čitelné. Naopak u okouna říčního jsme jako hlavní strukturu k odečítání věku použili otolity, které jsou nejenom čitelnější, ale také daleko přesnější. Bohužel získání otolitů z ryby je ve srovnání se šupinou pro rybu smrtelné a mnoho více časově náročnější. Nejstarší ryby se vyskytovaly v přehradě Vír. Chytili jsme zde 8mi letého okouna a 7mi letou plotici. Na jezeře Most byl nejstarší 5 letý okoun.

U ryb jsme se nejprve věnovali délko-hmotnostním vztahům, kde jsme pomocí délky – TL ryby a váhy určovali délko-hmotnostní křivky obou druhů v obou nádržích. Zde jsme zjistili, že se tyto křivky neliší. Dále jsme se věnovali závislosti délky – SL ryby na věku. Ze získaných dat jsme zjistili, že okouni v jezeře Most rostou téměř dvakrát rychleji než v přehradě Vír. Tuto domněnku nám u okounů potvrdila i křivka závislosti poloměru otolitů na věku, kdy je z grafu jasně zřetelné, že otolity okounů v jezeře Most jsou ve stejném roce dvakrát větší než u okounů téhož věku v přehradě Vír. I plotice rostou v jezeře Most rychleji, ale tento rozdíl není tak markantní jako u okounů.

Posledním úkolem této práce bylo sestavení růstových křivek obou druhů v jednotlivých vodních dílech. I zde se nám potvrdila hypotéza, že sestavování křivek z otolitů je přesnější než ze šupin, kde velmi často, tak i v naší práci, bývají menší ryby nadhodnoceny a větší ryby podhodnoceny (Williams et al. 2007).

## 10. Přehled citované literatury

1. Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R., Zamani, A.; 2012; **Compensatory growth in juvenile roach *Rutilus caspicus*: effect of starvation and re-feeding on growth and digestive surface area**; Journal of Fish Biology; Vol.: 81; p.: 1880 - 1890
2. Amezcua, F., Soto-Avila, C., Green-Ruiz, Y.; 2006; **Age, growth, and mortality of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* from the southeastern Gulf of California**; Fisheries Research; Vol.: 77; p.: 293–300
3. Baruš, V., Oliva, O. et al.; **Mihulovci (*Petromyzontes*) a ryby (*Osteichthyes*)**; ACADEMIA; Praha; 1995; 698 p.
4. Beckman, D., W., Hutson, C., A.; 2012; **Validation of aging techniques and growth of the River Redhorse, *Moxostoma carinatum*, in the James River, Missouri**; Southwestern Naturalist; Vol.: 57; Issue: 3; p.:240-247
5. Bister, J., T., Willis, W., D., Brown, L., M., Jordan, M., S., Neumann, M., R., Quist, C., M., Guy, S., C.; 2000; **Proposed Standard Weight ( $W_s$ ) Equations and Standard Length Categories for 18 Warmwater Nongame and Riverine Fish Species**; North American Journal of Fisheries Management; Vol.: 20; p.: 570 - 574
6. Campana, S., E; 1990; **How Reliable are Growth Back-Calculations Based on Otoliths?**; Canadian Journal of Aquatic Science; Vol.: 47; p.: 2219 - 2227
7. Campana, S., E., Annand, M., C., McMillan, J., I.; 1995; **Graphical and statistical-methods for determining the consistency of age-determinations**; Transactions of the American Fisheries Society; Vol.: 124; Issue: 1; p.: 131-138
8. Campana, S., E.; 1999; **Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications**; Marine Ecology-progress Series; Vol.: 188; p.: 263-297
9. Campana, S., E.; 2001; **Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods**; Journal of Fish Biology; Vol.: 59; p.: 97–242.
10. Cazorla, A., L., Sidorkewicz, N.; 2011; **Age, growth and reproduction in creole perch (*Percichthys trucha*) in the Negro River, Argentinean Patagonia**; Journal of Applied Ichthyology; Vol.: 27; Issue: 1; p: 30-38
11. Černý, J., Klusák, M.; 2012; [www.prehradavir.cz](http://www.prehradavir.cz); odkaz od povodí řeky Moravy
12. Droppo, I., G., Krishnappan, B., G., Liss, S., N., Marvin, C., Biberhofer, J.; 2011;

- Modelling sediment-microbial dynamics in the South Nation River, Ontario, Canada: Towards the prediction of aquatic and human health risk;** Water Research; Vol.: 45; Issue: 12; p.: 3797-3809
13. Dvořák, P., Švec, J.; 2009; **Napouštění zbytkové jámy lomy Most - Ležáky;** Vesmír; Vol.: 88; p.: 46 - 47
  14. Eversona, I., Taabu-Munyahob, A., Kayanda, R.; 2013; **Acoustic estimates of commercial fish species in Lake Victoria: Moving towards ecosystem-based fisheries management;** Fisheries Research; Vol.: 139; p.: 65 - 75
  15. Fenton, G. E., Short, S., A., Ritz, D., A.; 1991; **Age determination of orange roughy *Hoplostethus atlanticus* (Pisces:Trachichthyidae) using <sup>210</sup>Pb/<sup>226</sup>Ra disequilibria;** Marine Biology; Vol.: 109; p.: 197–202
  16. Hanel, L., Lusk, S.; **Ryby a mihule České republiky, rozšíření a ochrana;** Český svaz ochránců přírody Vlašim a Ministerstvo životního prostředí; Příbram; 2005; p.: 447
  17. Hanson, N.; 2011; **Population modeling of the fish species roach (*Rutilus rutilus*) to investigate how latitudinal variations in Life history traits affect the sensitivity to anthropogenic Stress;** Environmental Modeling & Assessment; Vol.: 16; p.: 401 - 411
  18. Hildmann, E., Wunsche, M.; 1996; **Lignite mining and its after-effects on the Central German landscape;** Water Air and Soil Pollution; Vol.: 91; p.: 79 – 87
  19. Horpilla, J.; 2000; **The effect of length frequency ranges on the back-calculated lengths of roach, *Rutilus rutilus* (L.);** Fisheries Research; Vol.: 45; p.: 21 - 29
  20. Kalff, J.; **Limnology;** Prentice-Hall; Upper Sadle River, New Jersey; 2002
  21. Kimmel, B., L., Lind, O., T.; 1972; **Factors Affecting Phytoplankton Production in a Eutrophic Reservoir;** Archiv Fur Hydrobiologie; Vol.: 71; p.:124 - &
  22. Kocovsky, P., M., Carline, R., F.; 2000; **A comparison of methods for estimating ages of unexploited walleyes;** North American Journal of Fisheries Management; Vol.: 20; p.: 1044- 1048.
  23. Krolová, M., Čížková, H., Hezlar, J.; 2012; **Depth limit of littoral vegetation in a storage reservoir: A case study of Lipno Reservoir (Czech Republic);** Limnologica; Vol.: 42; p.: 165 – 174
  24. Kumar, R. N., McCullough, C., D., Lund, M., A.; 2011; **How does storage affect the quality and quantity of organic carbon in sewage for use in the bioremediation of acidic mine waters?;** Ecological Engineering; Vol.: 37; p.:

25. Ladich, F., Popper, A., N.; 2004; **Paraller Evolution in Fish Hearing Organs**; In: Evolution of the Vertebrate Auditory System; G. Manley, A., N., Popper and R., R., Fay (eds); Springer-Verlag, New York; p. 95 - 227
26. Lampert, U., Sommer, W.; **Limnoecology - The Ecology of Lakes and Streams**; Oxford University Press; New York; 1997
27. Lee, R; 1920; **A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales**; Fishery Investigations, Series 2, Marine Fisheries; Great Britain Ministry of Agriculture; Fisheries and Food; 4(2)
28. Li, L., Hoie, H., Geffen, A., J., Heegaard, E., Skadal, J., Folkvord, A.; 2008; **Back-calculation of previous fish size using individually tagged and marked Atlantic cod (*Gadus morhua*)**; Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences; Vol.: 65; p.: 2496-2508
29. Meng, L., Gray, C., Taplin, B., Kupcha, E.; 2000; **Using winter flounder growth rates to assess habitat quality in Rhode Islands coastal lagoons**; Marine Ecology Progress Series; Vol.:201; p.: 287–299
30. Mokhov A., V.; 2012; **The hydrogeochemical structure of water bodies in flooded openings of coal mines**; Doklady Earth Sciences; Vol.: 445; p.: 903 – 905
31. Moser, M., Weisse, T.; 2011; **The most acidified Austrian lake in comparison to a neutralized mining lake**; Limnologica; Vol.: 41; p.: 303-315
32. Nolf, D.; 1985; **Otolithi piscium**; Handbook of Paleoichthyology; Vol.: 10; p.: 1-26
33. Ofstad, L., H., Angus, C., Pedersen, T., Steingrund, P.; 2013; **Age and growth of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in Faroese waters**; Fisheries Researh; Vol.: 139; p.: 51-60
34. Peterka, J., Kubečka, J.; 2011; **Komplexní průzkum rybí obsádky jezera Most v roce 2011**; Biologické centrum AV ČR, Hydrobiologický ústav, pracovní skupina FishEcu; České Budějovice
35. Phelps, Q., E., Edwards, K., R., Willis, D., W.; 2007; **Precision of five structures for estimating age of common carp**; North American Journal of Fisheries Management; Vol.: 27; p.: 103-105
36. Pivnička, K.; **Aplikovaná ekologie, dlouhodobá udržitelnost rybářské, zemědělské a lesnické produkce**; Univerzita Karlova v Praze - učební texty; 2005
37. Nunn, A., D., Tewson, L., H., Cowx, I., G.; 2012; **The foraging ecology of larval and juvenile fishes**; Reviews in Fish Biology and Fisheries; Vol.: 22; p.: 377-408

38. Ross, J., R., Crosby, J., D., Kosa, J., T.; 2005; **Accuracy and precision of age estimation of crappies**; North American Journal of Fisheries Management; Vol.: 25; p.: 423-428.
39. Ruttner, F.; **Fundamentals of Limnology**; University of Toronto Press; Toronto; 1963; 295 pp
40. Sed'a, J., Vašek, M., Prchalová, M.; 2010; **Průzkum rybí obsadky údolní nádrže Vír v roce 2010**; Biologické centrum AV ČR, v.v.i. Hydrobiologický ústav, pracovní skupina FishEcu; České Budějovice
41. Sed'a, J., Vašek, M., Soukalová, K., Prchalová, M., Kubečka, J.; 2011; **Průzkum rybí obsadky údolní nádrže Vír v roce 2011**; Biologické centrum AV ČR, v.v.i. Hydrobiologický ústav, pracovní skupina FishEcu; České Budějovice
42. Secor, D., H., Dean, J., M., Laban, E., H.; 1992; **Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination**; p.: 19-57; V Otolith microstructure examination and analysis; Stevenson D., K., Campana, S., E.[ed]; Canadian Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117
43. Secor, D., Dean, H., John, M.; Campana, S., E.; 1995; **Glossary for Otolith Studies**; University of South Carolina PRESS, Institute for Marine Biology and Coastal Research; The belle W. Baruch Library in Marine Science; Number 19; p.: 723-727
44. Simpkins, D. G., Hubert, W., A.; 1996; **Proposed revision of the standard weight equation for rainbow trout**; Journal of Freshwater Ecology; Vol.: 11; p.: 319-326
45. Stocks, J., Stewart, J., Gray, C. A., West, R., J.; 2011; **Using otolith increment widths to infer spatial, temporal and gender variation in the growth of sand whiting *Sillago ciliata***; Fisheries Management and Ecology; Vol.: 18; Issue: 2; p.: 121-131
46. Terwilliger, M., R., Reece, T., Markle, D., F.; 2009; **Historic and recent age structure and growth of endangered Lost River and shortnose suckers in Upper Klamath Lake, Oregon**; Environmental Biology of Fishes; Vol.: 89; p.: 239 - 252
47. Thornton, K., W., Kimmel, B., L., Payne, F., E.; **Reservoir Limnology - Ecological Perspectives**; Wiley-Interscience Publication; New York; 1990; 246 pp
48. Trella, K., Podolska, M., Nedreaas, K., Janusz, J.; 2013; **Discrimination of the redfish (*Sebastes mentella*) stock components in the Irminger Sea and adjacent waters based on meristics, morphometry and biological characteristics**; Journal

- of Applied Ichthyology; Vol.: 29; p.: 341 - 351
49. Vanoni, V., A.; **Sedimentation Engineering**; American Society of Civil Engineering; New York; 1975
  50. Wahl, N., C., Phelps, Q., E., Garvey, J., E., Lynott, S., T., Adams, W., E.; 2009; **Comparison of Scales and Sagittal Otoliths to Back-Calculate Lengths-at-Age of Crappies Collected from Midwestern Waters**; Journal of Freshwater Ecology; Vol.: 24; p.: 469-475
  51. Wetzel, R., G.; **Limnology**; Saunders College Publishing; Philadelphia; 1983; 767 pp
  52. Williams, A., Mapstone, B., D., Davies, C., R.; 2007; **Spatial and interannual patterns in growth of an exploited coral-reef fish**; Journal of Fish Biology; Vol.: 71; p.: 970–992.
  53. Wunsch, D., R., Dinger, J., S., Graham, C., D., R.; 1999; **Predicting ground-water movement in large mine spoil areas in the Appalachian Plateau**; International Journal of Coal Geology; Vol.: 41; p.: 73-106

## 11. Přílohy

### Seznam příloh:

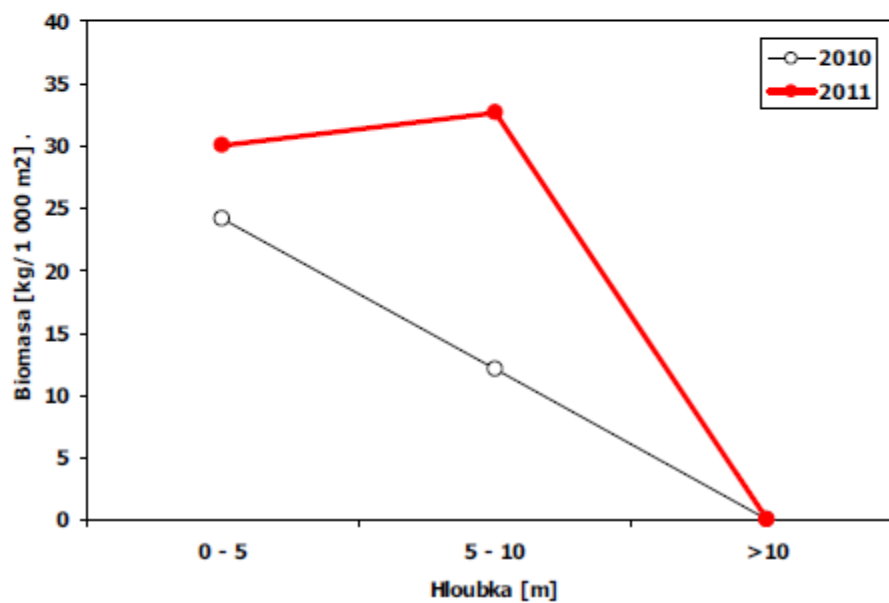
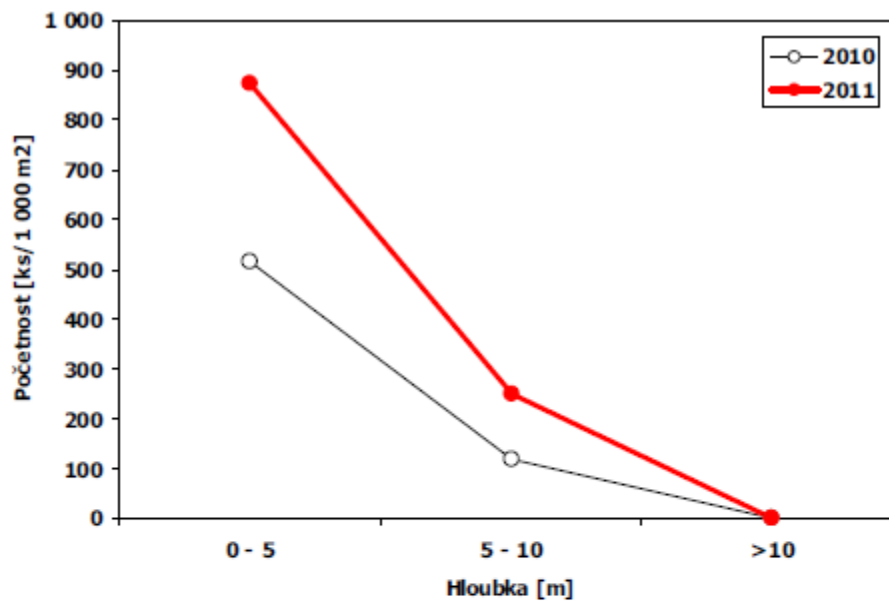
1. **Graf 1** – Srovnání úlovků ryb do tenatních sítí v pelagických habitatech jezera Most v letech 2010 a 2011 (Peterka and Kubečka 2011)
2. **Graf 2** – Srovnání úlovků ryb do tenatních sítí v bentických habitatech jezera Most v letech 2010 a 2011 (Peterka and Kubečka 2011)
3. **Obr. č. 3** – Ukázka jednotlivých částí otolitu z Okouna říčního (*Perca fluviatilis*) (Foto a popisky: Bc. Eliška Tůmová)
4. **Obr. č. 4** – Příčný řez úzké části sagitty z kahavaje skvrnitého (*Arripis trutta*) zobrazen pod osvětlením. Tento řez je proveden skrz střed sagitty (Nákres vytvořil Darren Stevens, Nový Zéland, MAF Fisheries podle Secor et al. 1995, Glossary str. 728)
5. **Obr. č. 5** – Schématické znázornění expozice tenatních sítí v přehradě Vír (Seďa et al. 2010)
6. **Obr. č. 6** – Schématické znázornění expozice tenatních sítí v jednotlivých hloubkových profilech (0 - 1 m, 1 - 3 m, 3 - 6 m, 6 - 9 m, 11 - 13 m, 20 m a 30 m, E - epipelagiál, M - mezopelagiál, B - batypelgiál) Červené čáry znázorňují rozdělení jezera na tři části (severní, střední a jižní), (Peterka and Kubečka 2011)
7. **Obr. 7** – Schématické znázornění zkoumaných pelagických habitatů v jezeře Most (Peterka and Kubečka 2011)
8. **Tab. 1.** – Tabulka, která znázorňuje nejmladší a nejstarší jedince od obou druhů, které byly chyceny do tenat v rámci výzkumu k diplomové práci
9. **Tab. 2** – Tabulka frekvence zastoupení jednotlivých let u okouna říčního
10. **Graf 3** – Graf procentuálního zastoupení jednotlivých let u okouna říčního
11. **Tab. 3** – Tabulka frekvence zastoupení jednotlivých let u plotice obecné
12. **Graf 4** – Graf procentuálního zastoupení jednotlivých let u plotice obecné
13. **Graf 8** – Okoun říční - délko-hmotnostní křivka – přehrada Vír
14. **Graf 9** – Okoun říční - délko-hmotnostní křivka – jezero Most
15. **Graf 10** – Plotice obecná - délko-hmotnostní křivka – přehrada Vír
16. **Graf 11** – Plotice obecná - délko-hmotnostní křivka – jezero Most
17. **Graf 14** – Znázornění délek okouna říčního v závislosti na věku v přehradě Vír
18. **Graf 15** – Znázornění délek okouna říčního v závislosti na věku v jezeře Most
19. **Graf 16** – Znázornění délek plotice obecné v závislosti na věku v přehradě Vír
20. **Graf 17** – Znázornění délek plotice obecné v závislosti na věku v jezeře Most

21. **Graf 18** – Okoun říční Most – Délka samců a samic v závislosti na věku
22. **Graf 20** – Plotice obecná – přehrada Vír – Růstová křivka zpětný výpočet
23. **Graf 21** – Plotice obecná – přehrada Vír – Růstová křivka – aktuální
24. **Graf 23** – Plotice obecná jezero Most – Růstová křivka – zpětný výpočet
25. **Graf 24** – Plotice obecná jezero most – Růstová křivka – aktuální
26. **Graf 27** – Růstová křivka okouna říčního – Most – broušené otolity
27. **Graf 28** – Růstová křivka okouna říčního – Most – celý otolit
28. **Graf 29** – Růstová křivka okouna říčního – Vír – celý otolit
29. **Graf 30** – Okoun říční Most – závislost délky poloměru otolitu na věku
30. **Graf 31** – Okoun říční Vír – závislost délky poloměru otolitu na věku
31. **Tab. 4** – Výsledek analýzy pomocí generálních lineárních modelů porovnávající vliv věku ryb a jezera na dosaženou délku ryby.



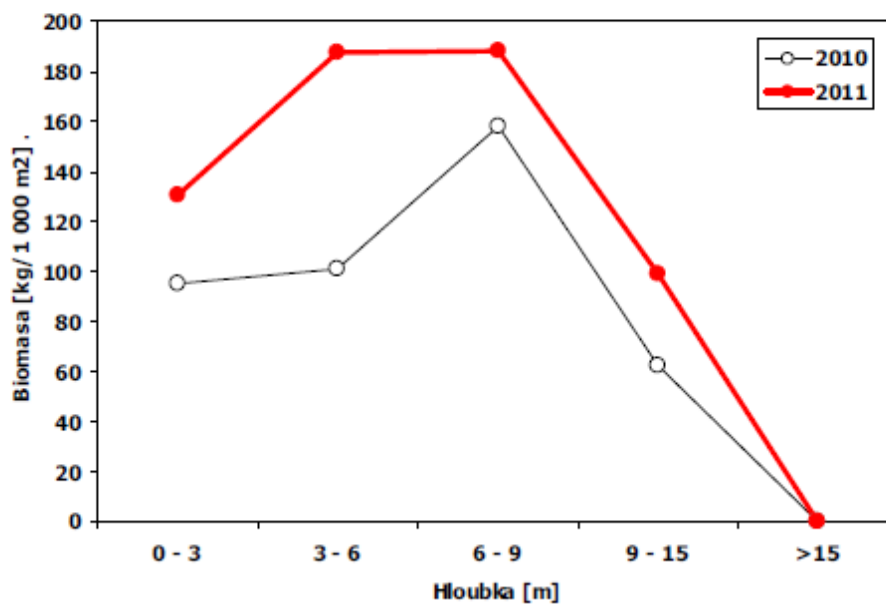
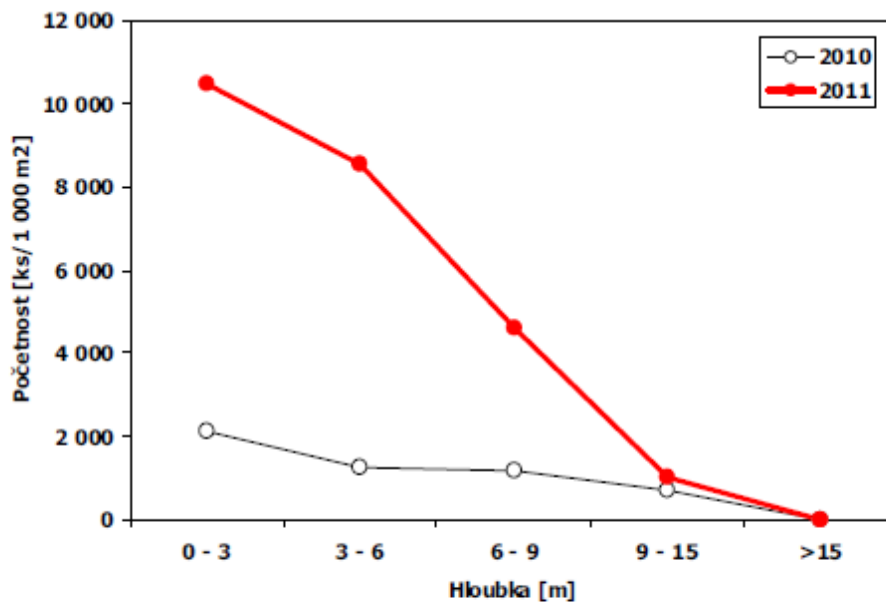
## Graf 1

Srovnání úlovků ryb do tenatních sítí v pelagických habitatech jezera Most v letech 2010 a 2011 (Peterka and Kubečka 2011)



## Graf 2

Srovnání úlovků ryb do tenatních sítí v bentických habitatech jezera Most v letech 2010 a 2011 (Peterka and Kubečka 2011)



**Obr. č. 3**

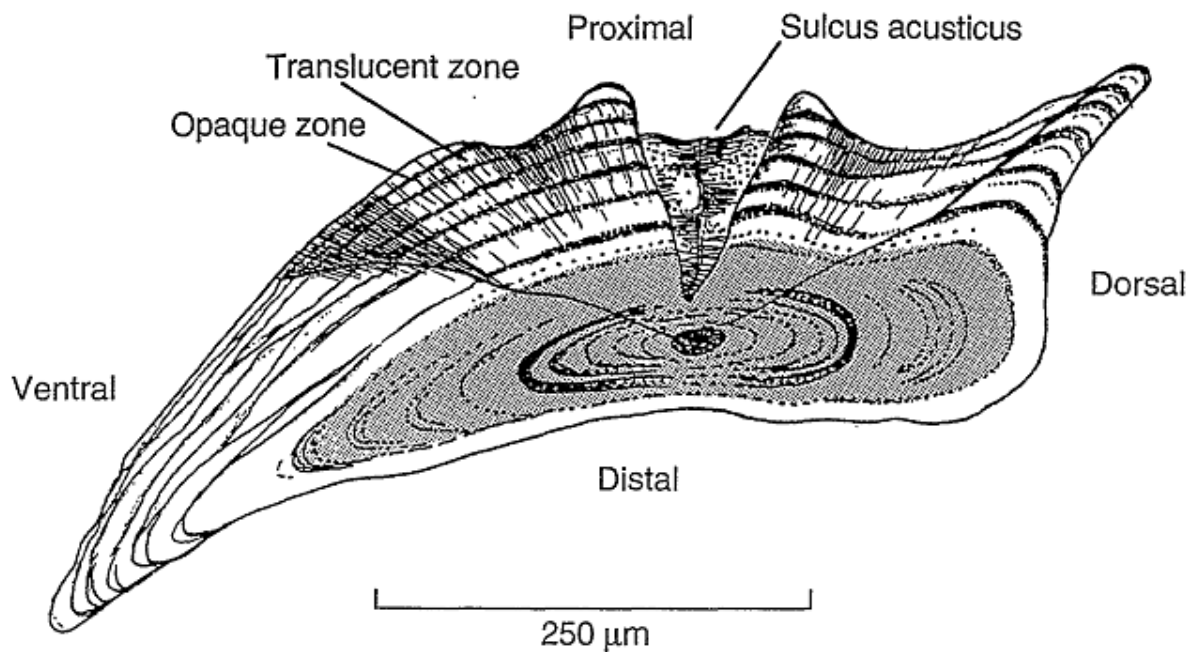
**Ukázka jednotlivých částí otolitu z Okouna říčního (*Perca fluviatilis*)**

(Foto a popisky: Bc. Eliška Tůmová)



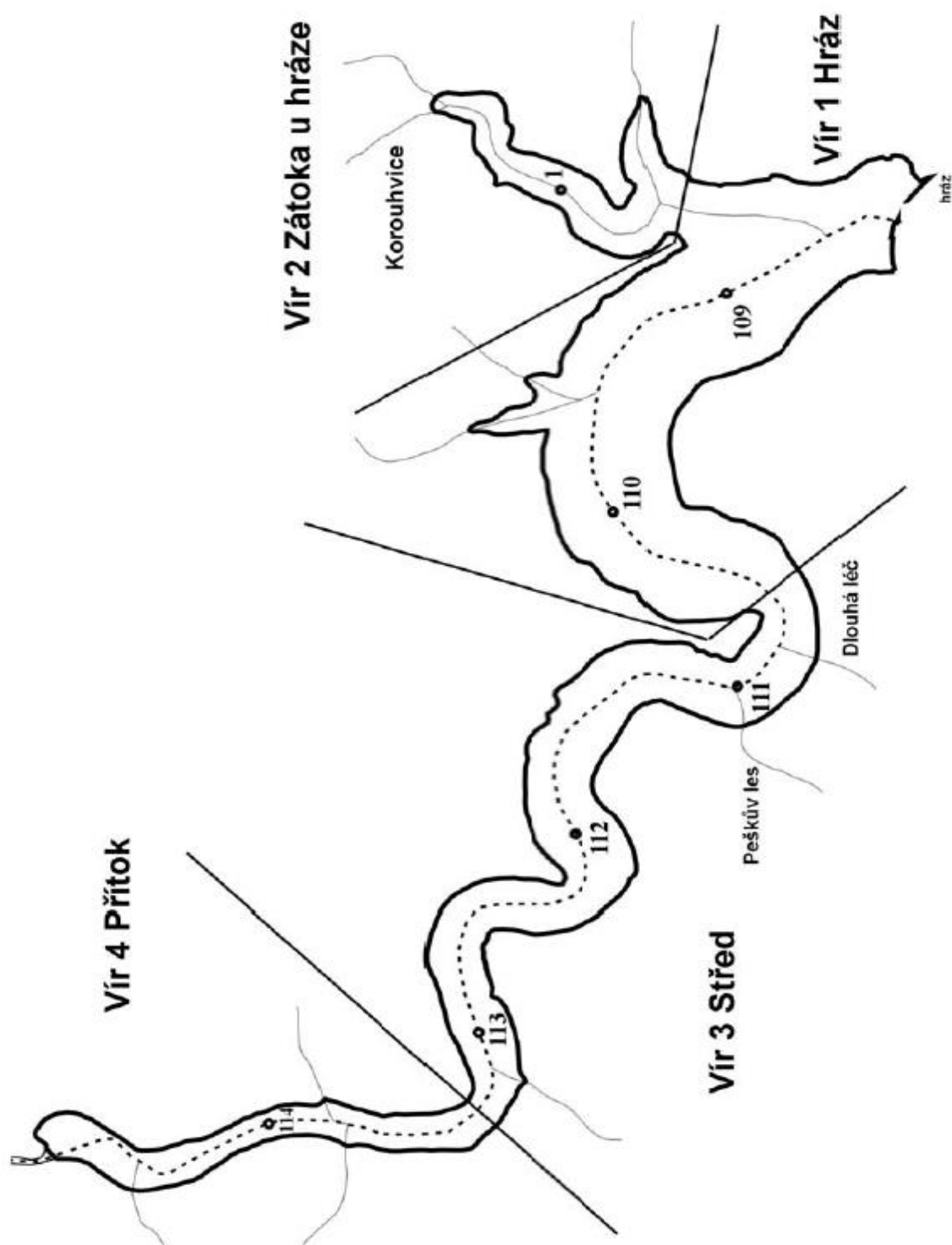
**Obr. č. 4**

**Příčný řez úzké části sagitty z kahavaje skvrnitého (*Arripis trutta*) zobrazen pod osvětlením. Tento řez je proveden skrz střed sagitty (Nákres vytvořil Darren Stevens, Nový Zéland, MAF Fisheries podle Secor et al. 1995, Glossary str. 728)**



Obr. 5

Schématické znázornění expozice tenátních sítí v přehradě Vír (Sed'a et al. 2010).

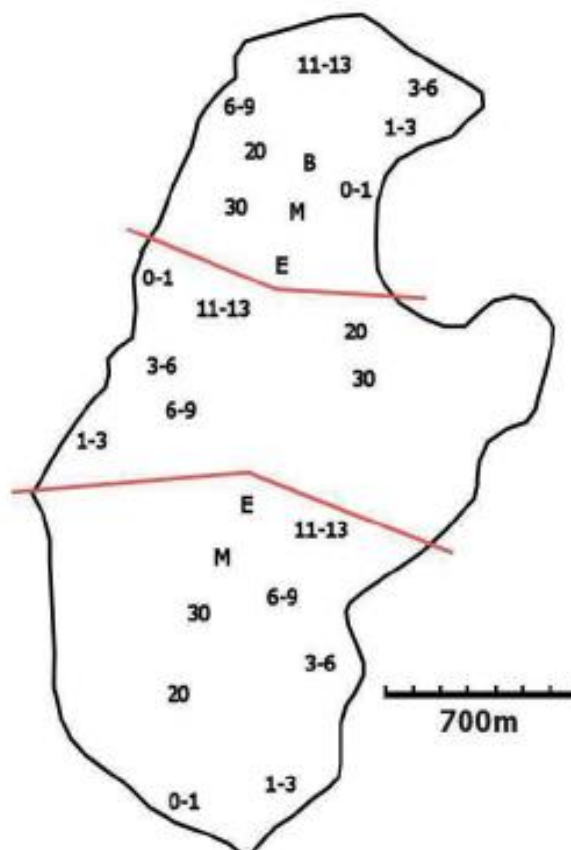


**Obr. č. 6**

**Schématické znázornění expozice tenátních sítí v jednotlivých hloubkových profilech**

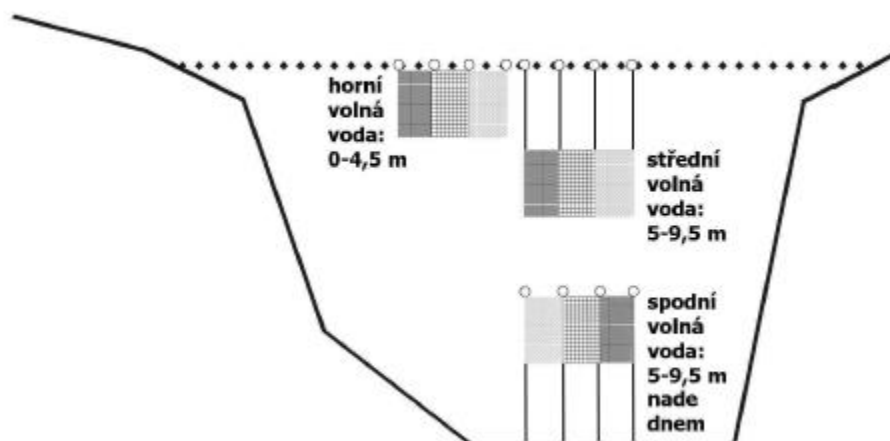
(0 - 1 m, 1 - 3 m, 3 - 6 m, 6 - 9 m, 11 - 13 m, 20 m a 30 m, E - epipelagiál, M - mezopelagiál, B - batypelgiál) Červené čáry znázorňují rozdělení jezera na tři části (severní, střední a jižní)

(Peterka and Kubečka 2011)



**Obr. 7****Schématické znázornění zkoumaných pelagických habitatů v jezeře Most**

(Peterka and Kubečka 2011)

**Tab. 1.**

Tabulka, která znázorňuje nejmladší a nejstarší jedince od obou druhů, které byly chyceny do tenat v rámci výzkumu k diplomové práci

Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )					Plotice obecná ( <i>Rutilus rutilus</i> )				
	SL (mm)	TL (mm)	Váha (g)	Věk		SL (mm)	TL (mm)	Váha (g)	Věk
Vír	60	70	3,3	0,5	Vír	76	96	8,5	0,5
	350	390	850	8		240	300	366	7
Most 2011	42	48	1	0,5	Most 2011	50	61	2,4	0,5
	375	425	1304	5		230	280	280	4
Most 2012	55	64	3	0,5	Most 2012	76	96	7	0,5
	335	380	952	4		280	350	512	5

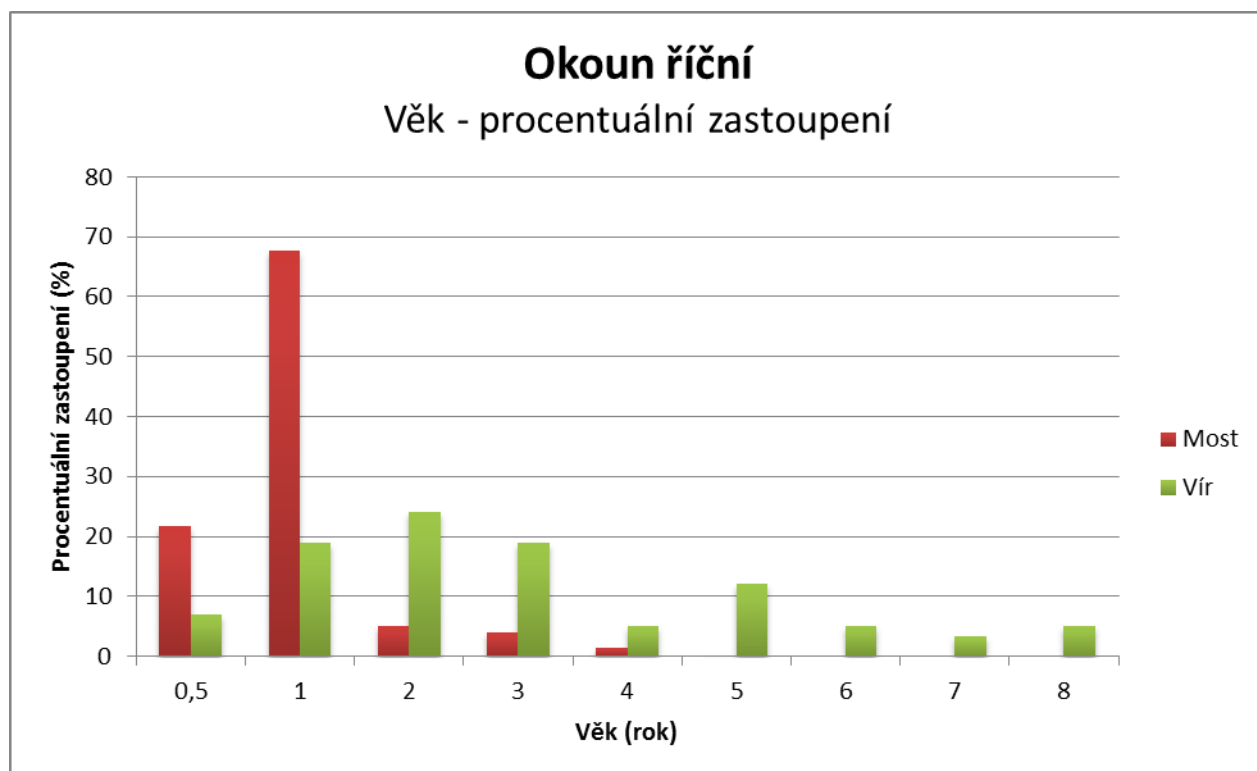
**Tab. 2**

**Tabulka frekvence zastoupení jednotlivých let u okouna říčního**

Okoun říční ( <i>Perca fluviatilis</i> )												
Věk												
Počet												
Most	0,5		1		2		3		4		5	
	125		388		29		23		8		1	
Vír	0,5	1		2	3	4		5	6	7		8
	4	11	14	11	3	7	3	2	3			

**Graf 3**

**Graf procentuálního zastoupení jednotlivých let u okouna říčního**



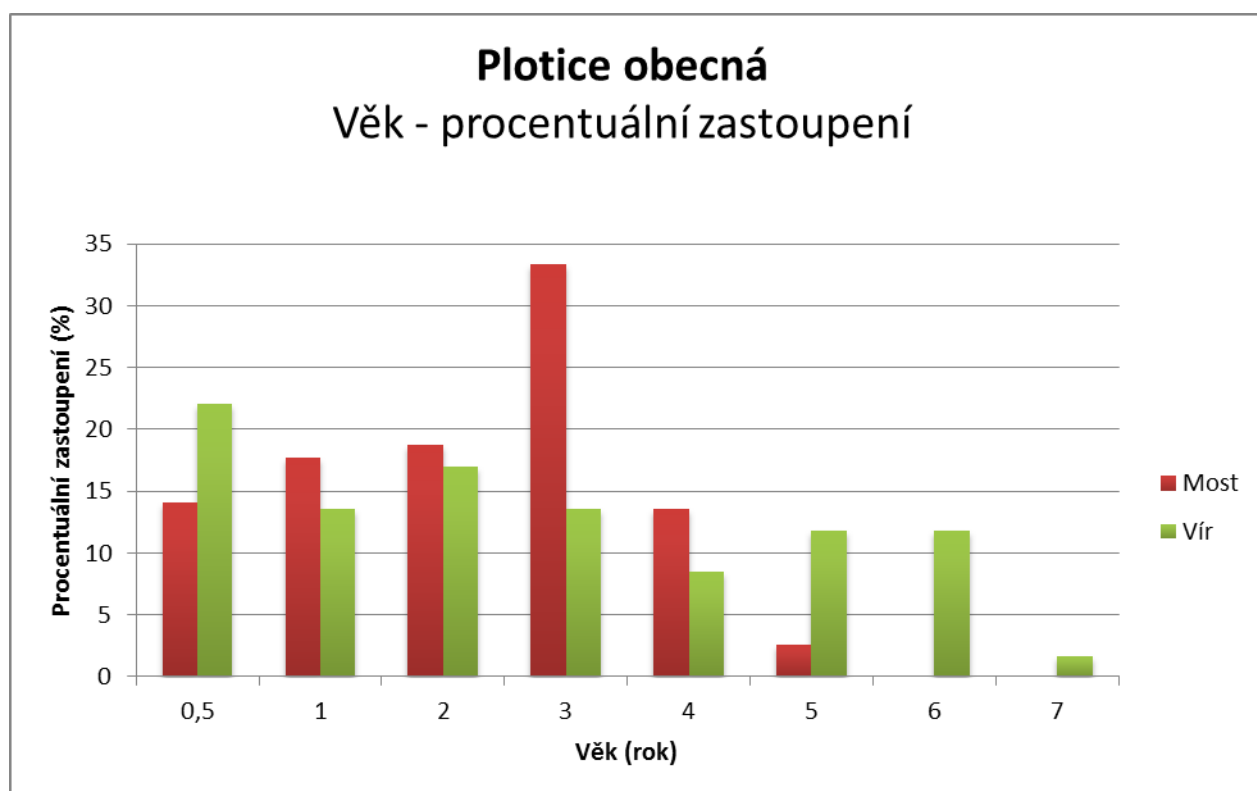
**Tab. 3**

**Tabulka frekvence zastoupení jednotlivých let u plotice obecné**

Plotice obecná ( <i>Rutilus rutilus</i> )								
Věk								
Počet								
Most	0,5	1	2	3	4	5		
	27	34	36	64	26	5		
Vír	0,5	1	2	3	4	5	6	7
	13	8	10	8	5	7	7	1

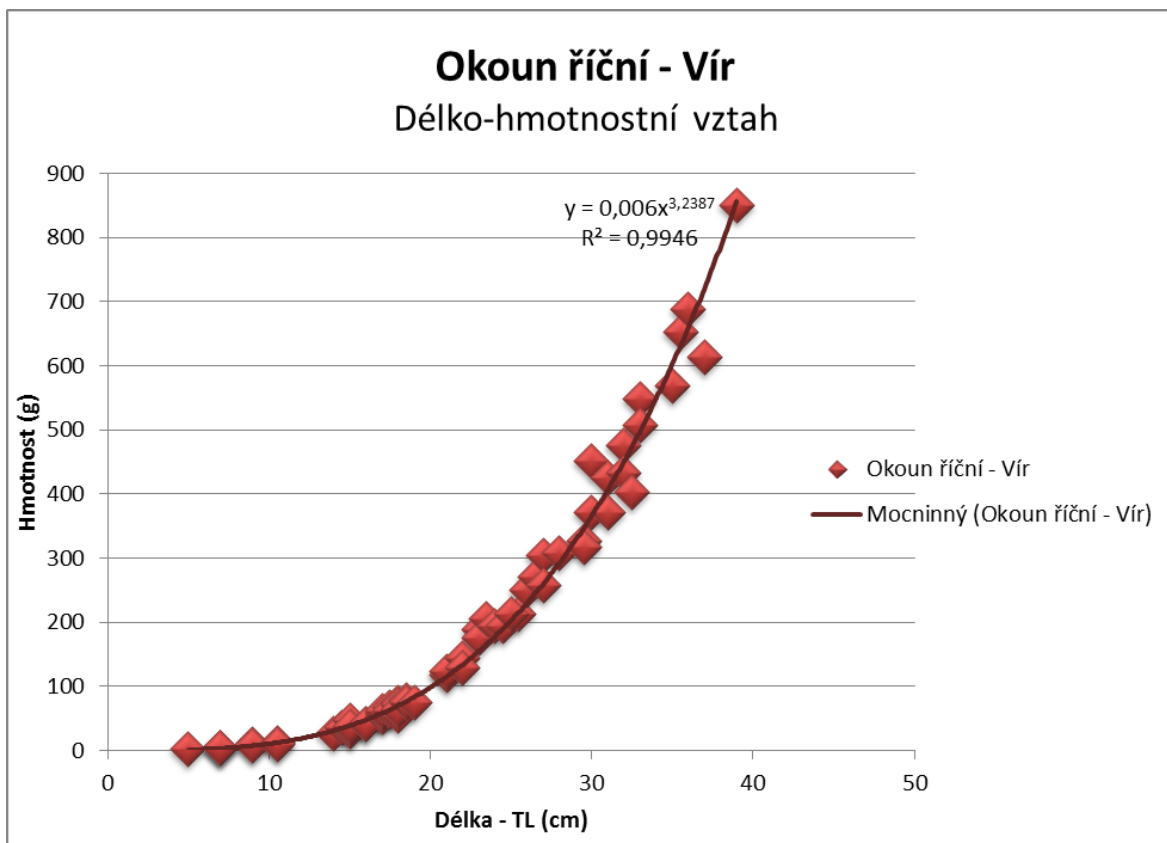
**Graf 4**

**Graf procentuálního zastoupení jednotlivých let u plotice obecné**

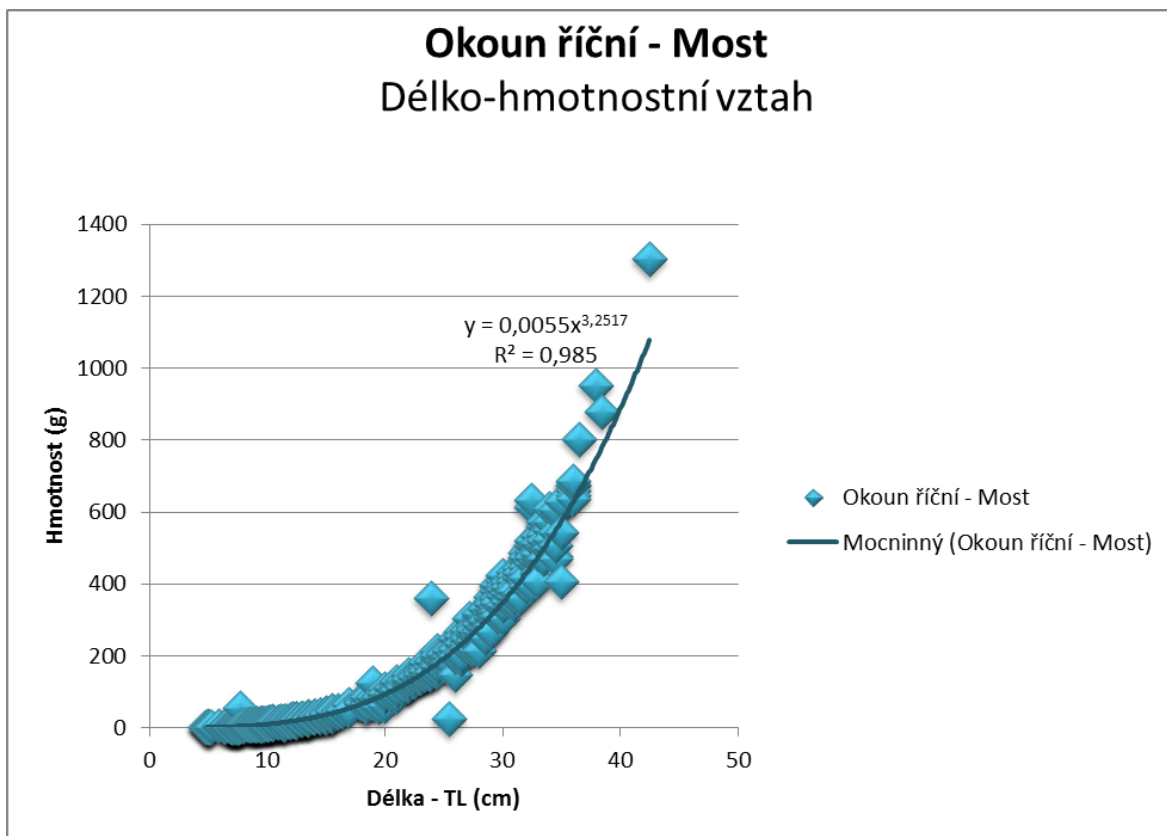




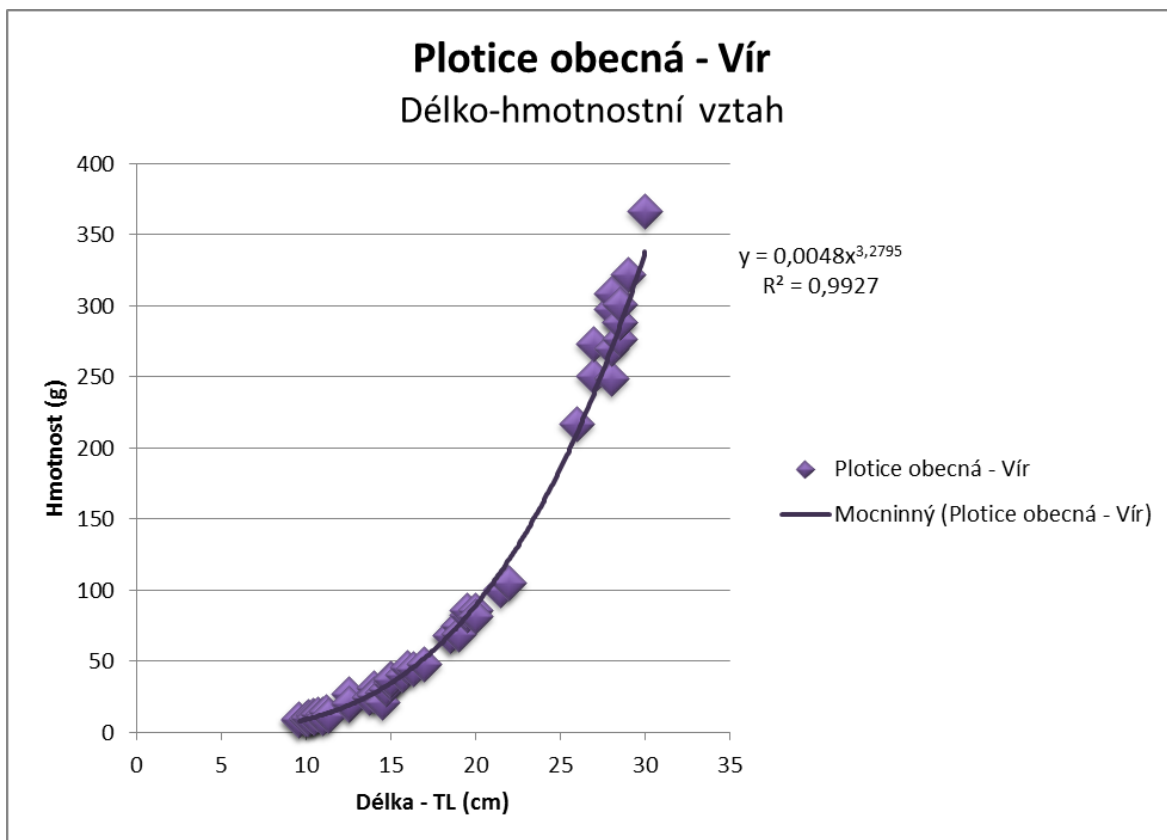
Graf 8 – Okoun říční - délko-hmotnostní křivka – přehrada Vír



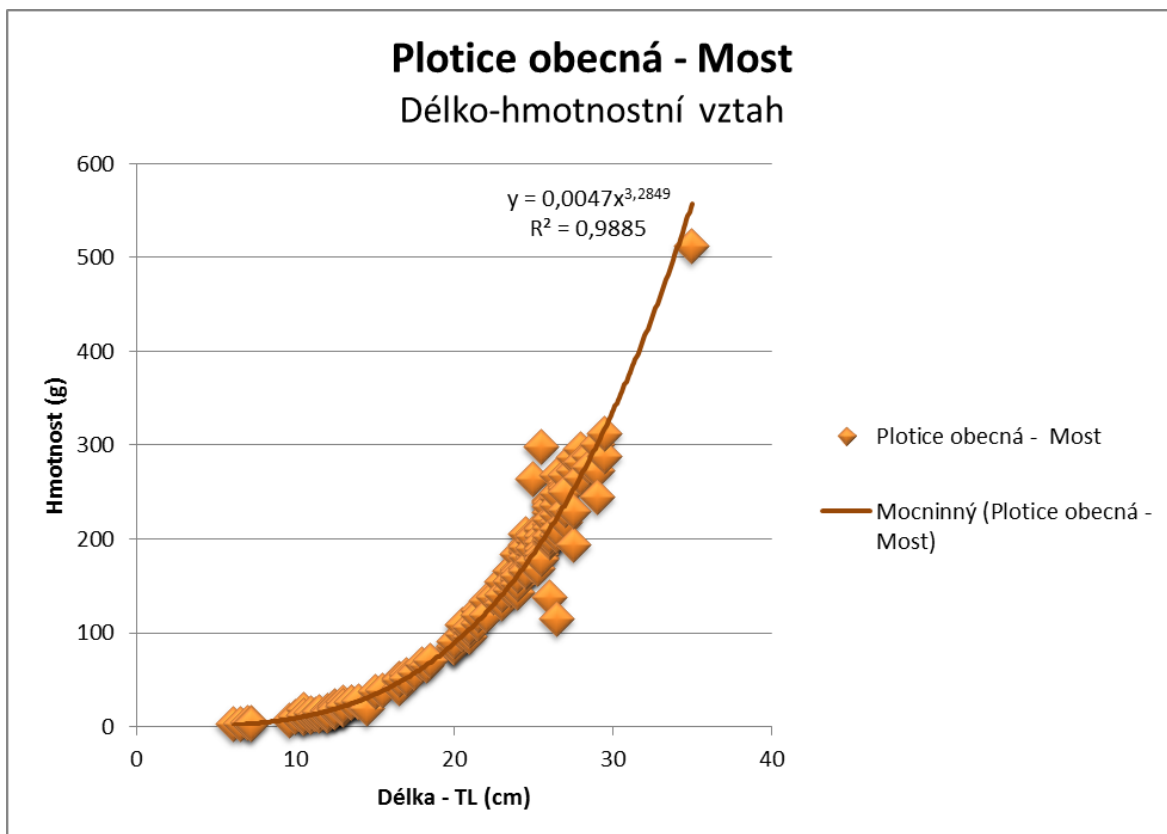
Graf 9 – Okoun říční - délko-hmotnostní křivka – jezero Most



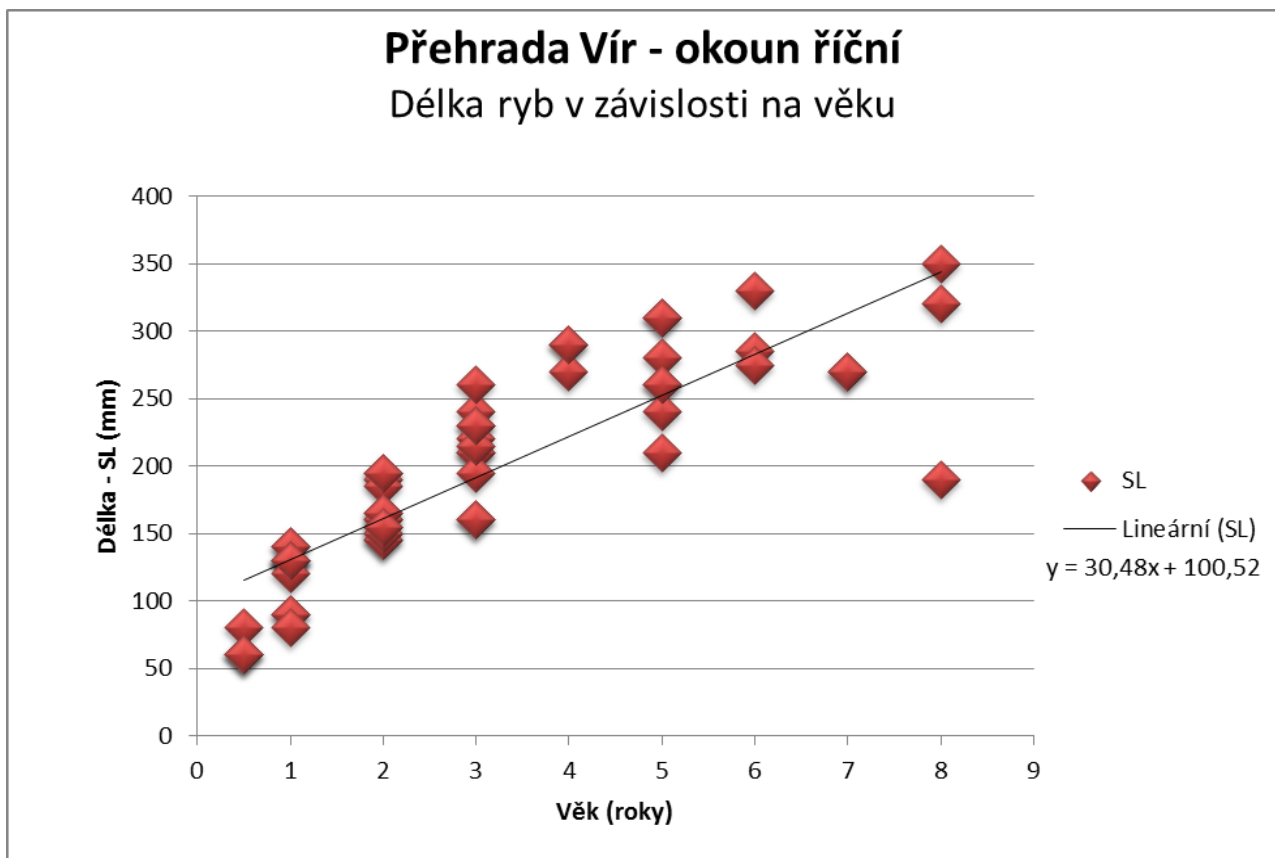
Graf 10 – Plotice obecná - délko-hmotnostní křivka – přehrada Vír



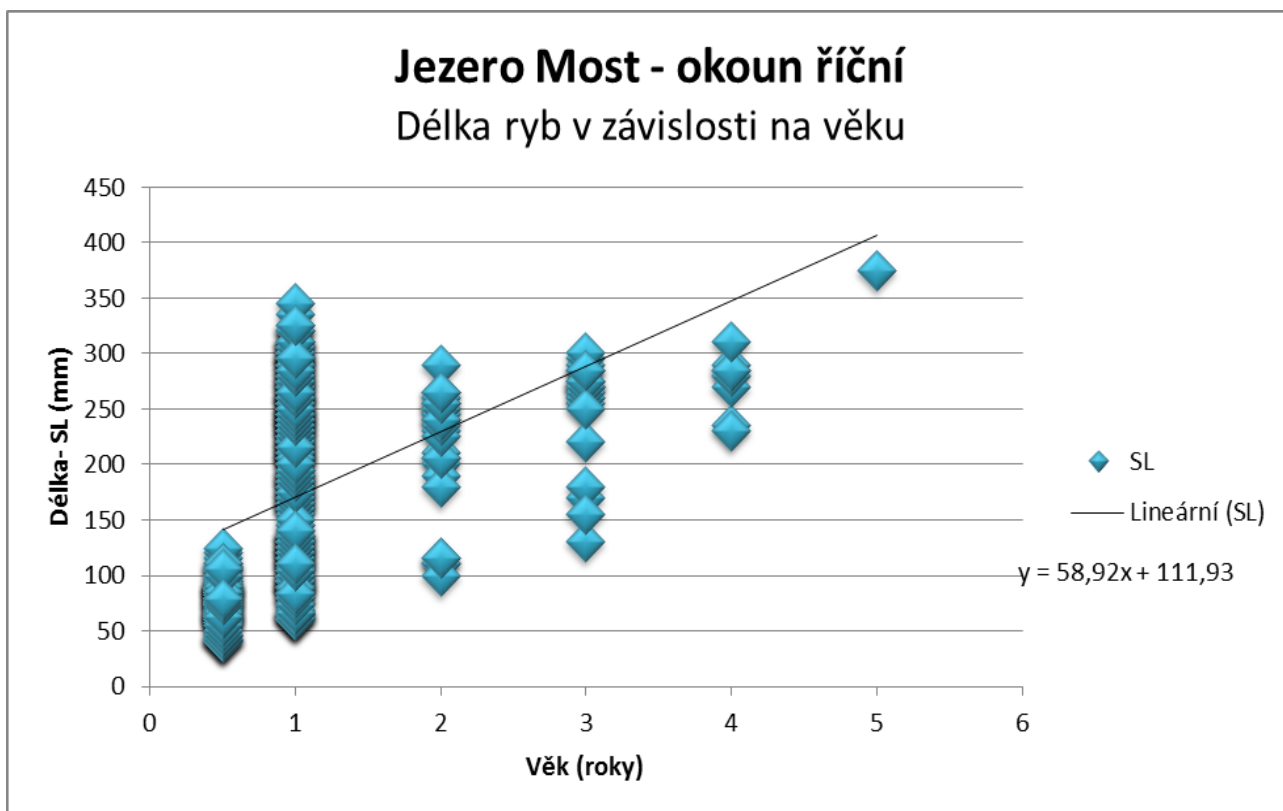
Graf 11 – Plotice obecná - délko-hmotnostní křivka – jezero Most



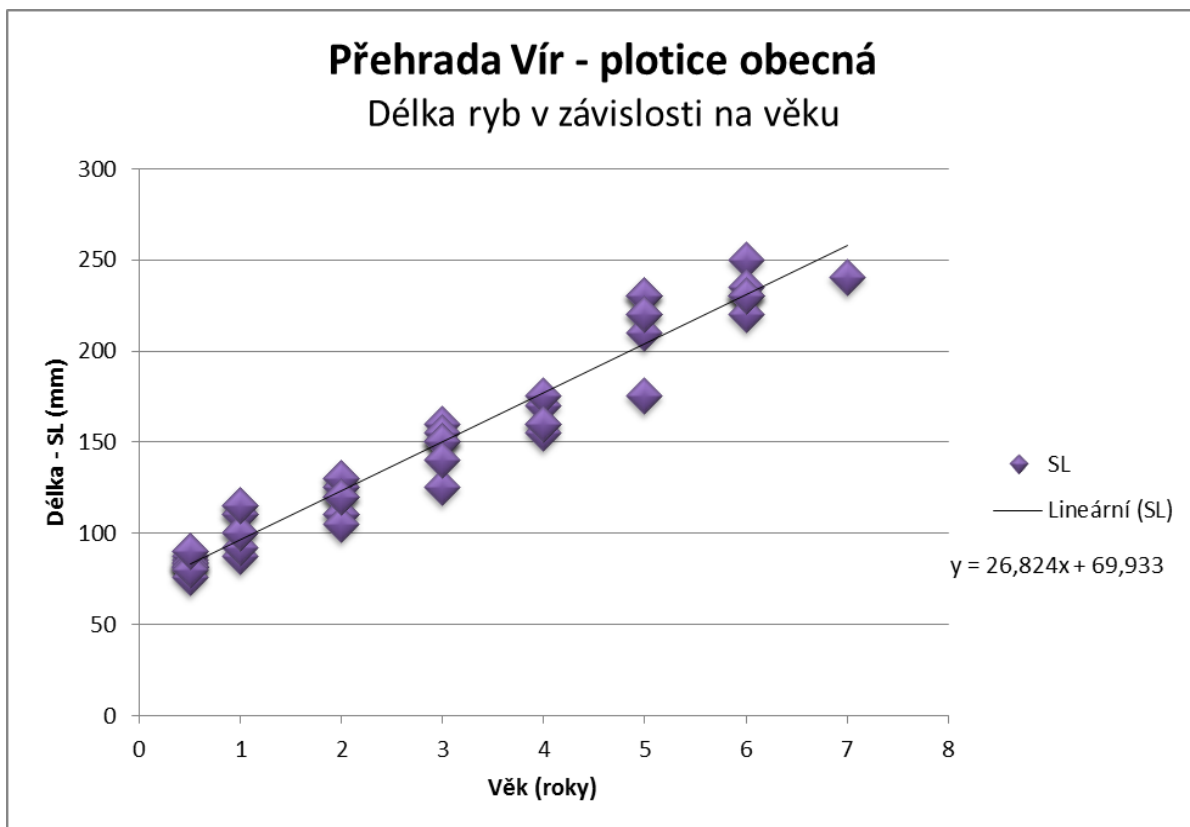
Graf 14 – Znázornění délek okouna říčního v závislosti na věku v přehradě Vír



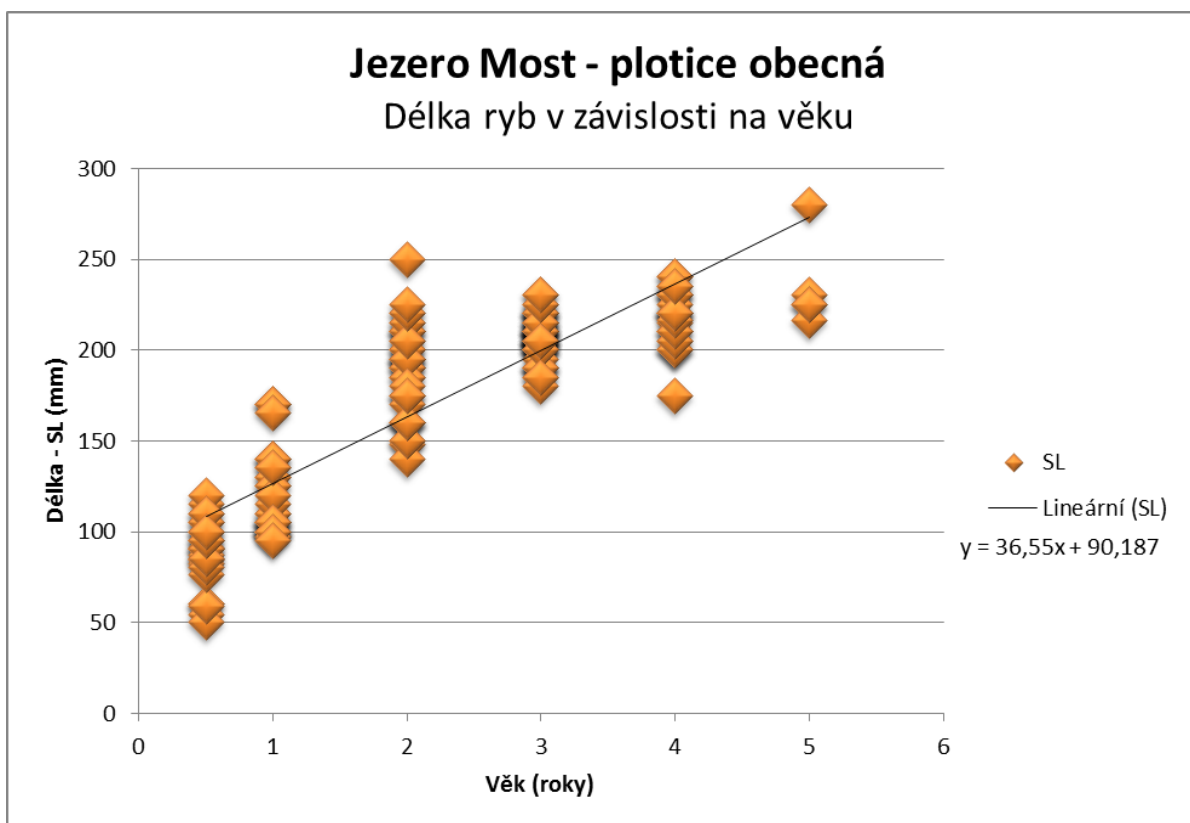
Graf 15 – Znázornění délek okouna říčního v závislosti na věku v jezeru Most



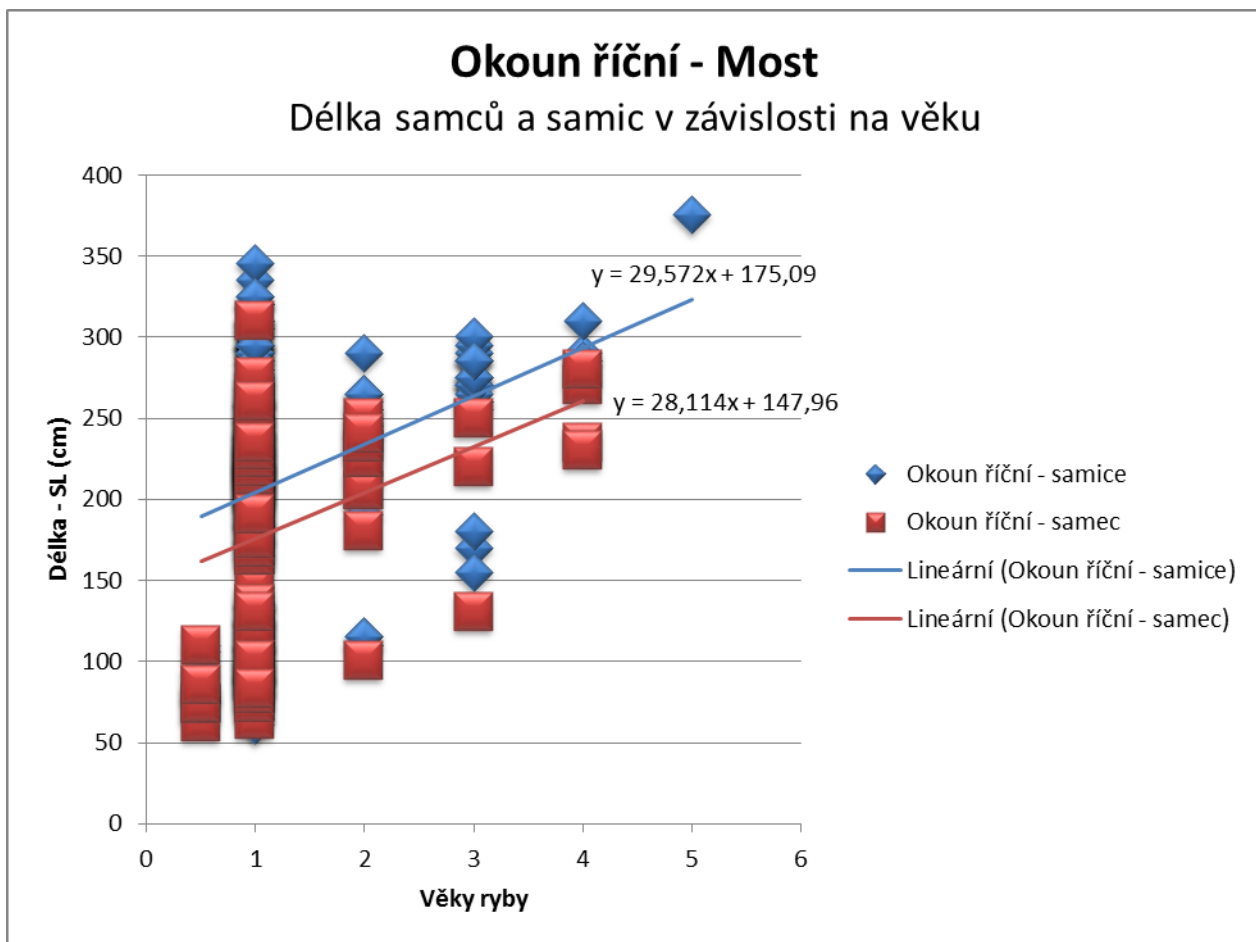
Graf 16 – Znáznornění délek plotice obecné v závislosti na věku v přehradě Víř



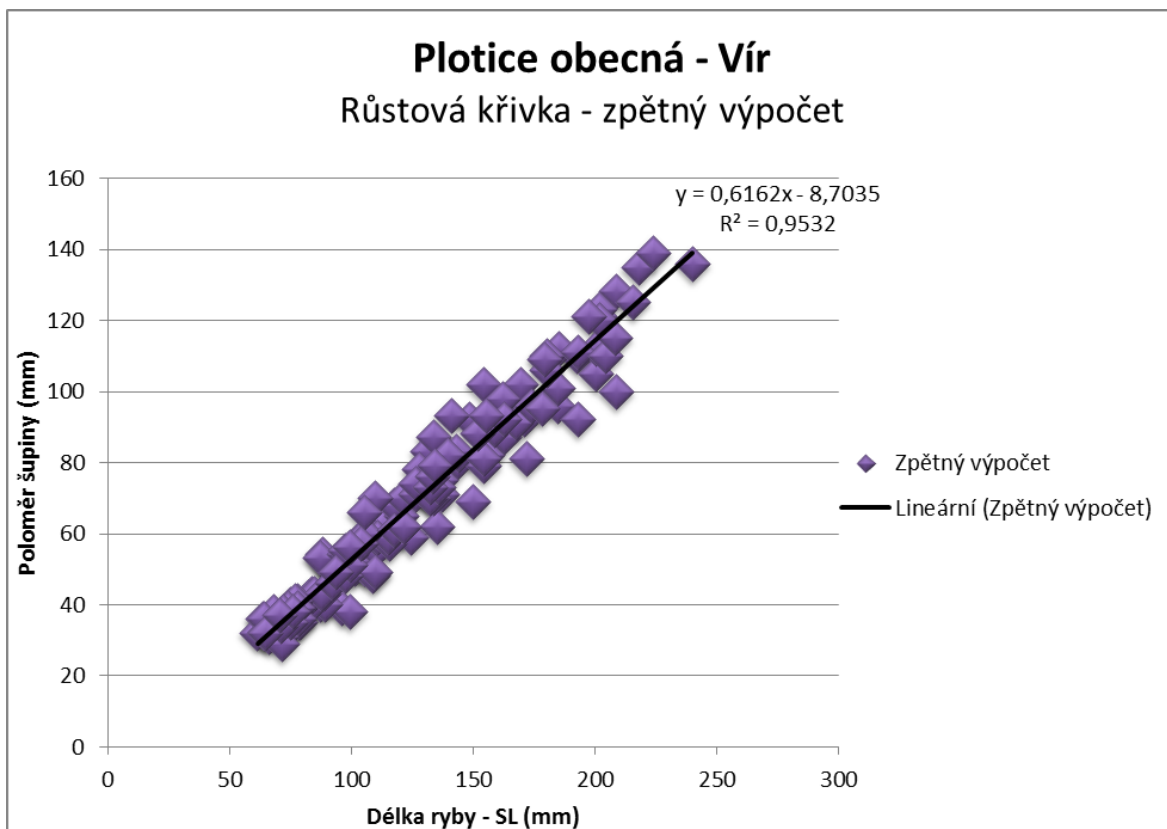
Graf 17 – Znáznornění délek plotice obecné v závislosti na věku v jezeře Most



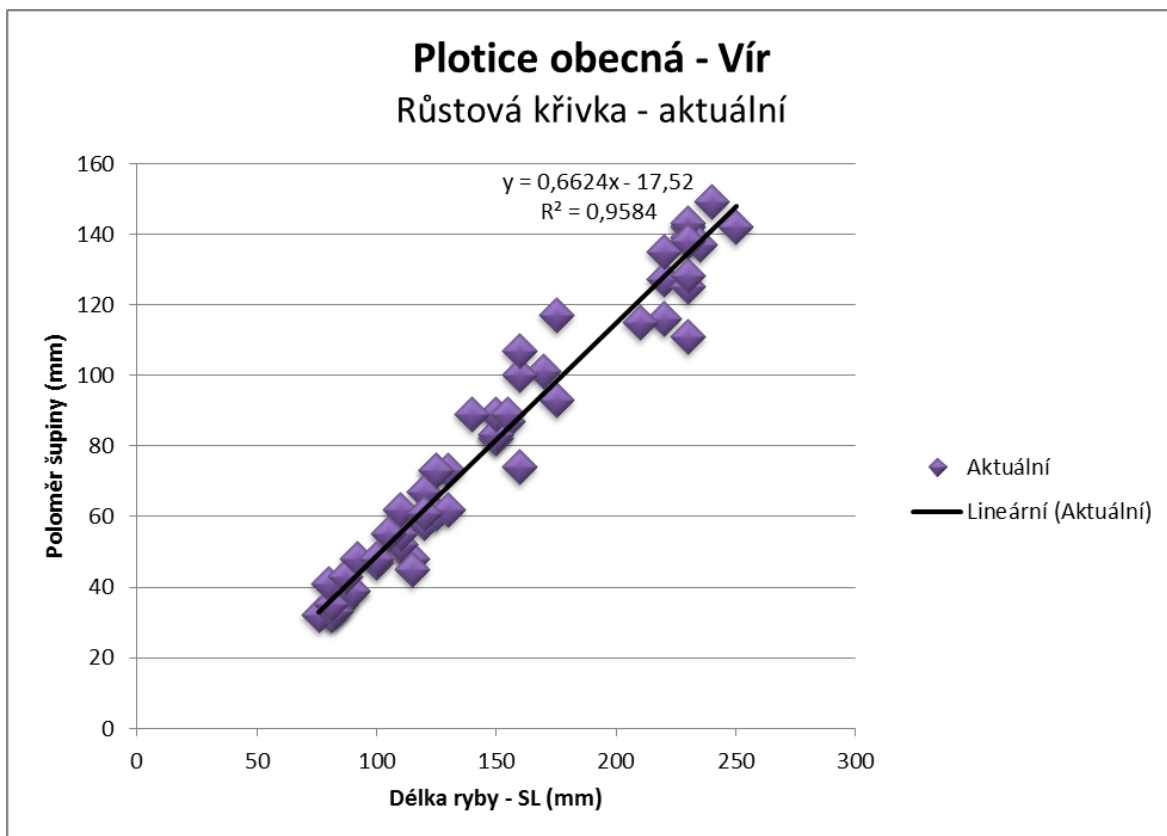
Graf 18 – Okoun říční Most – Délka samců a samic v závislosti na věku



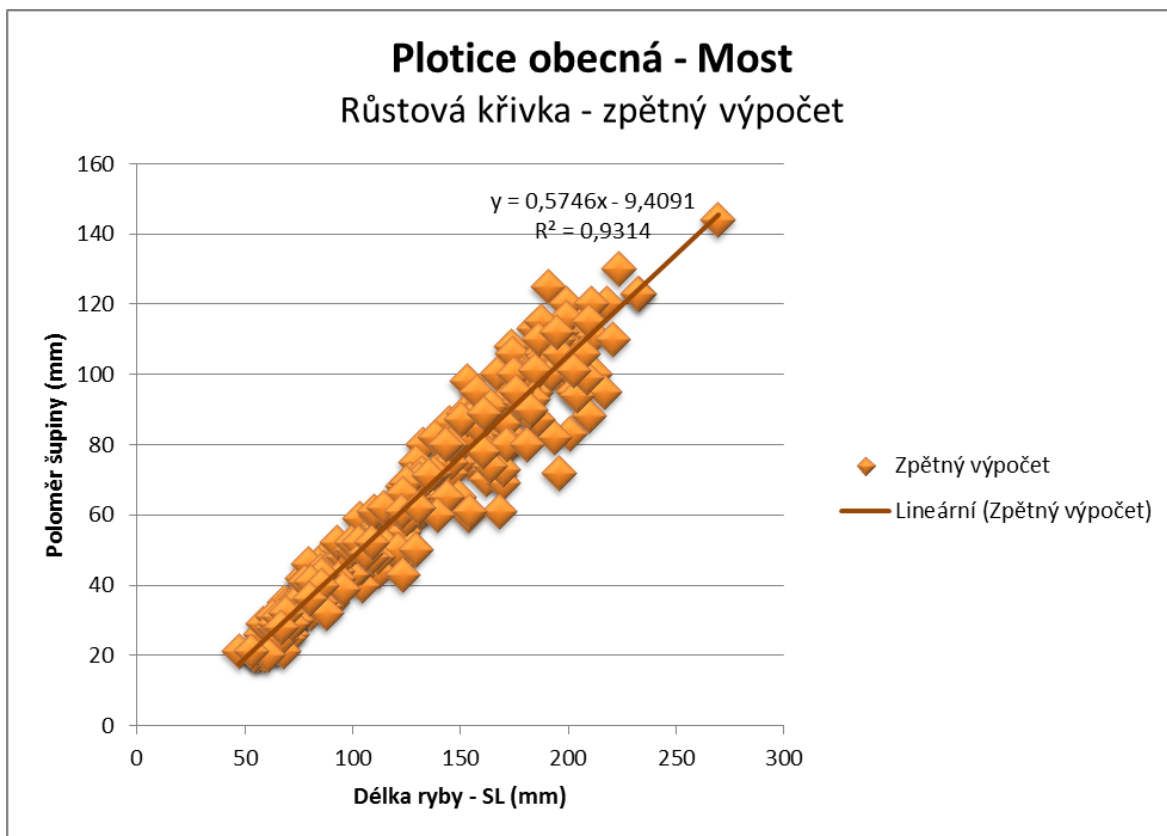
Graf 20 – Plotice obecná – přehrada Vír – Růstová křivka zpětný výpočet



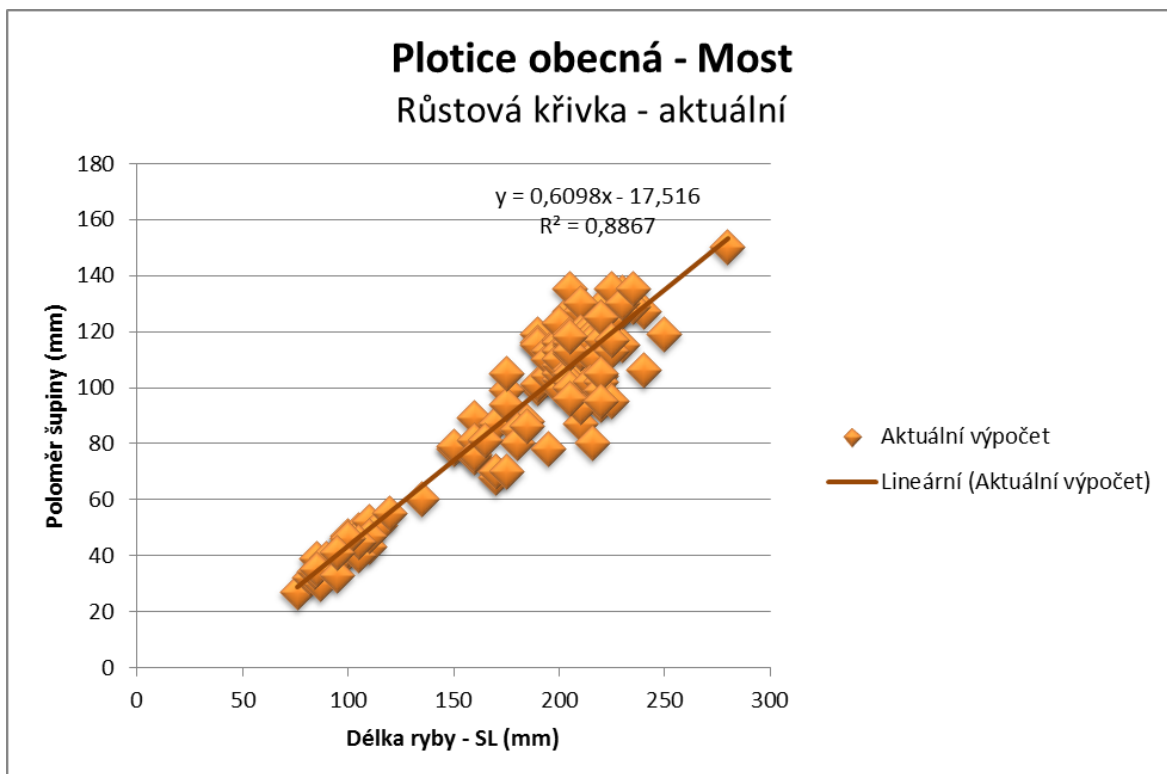
Graf 21 – Plotice obecná – přehrada Vír – Růstová křivka – aktuální



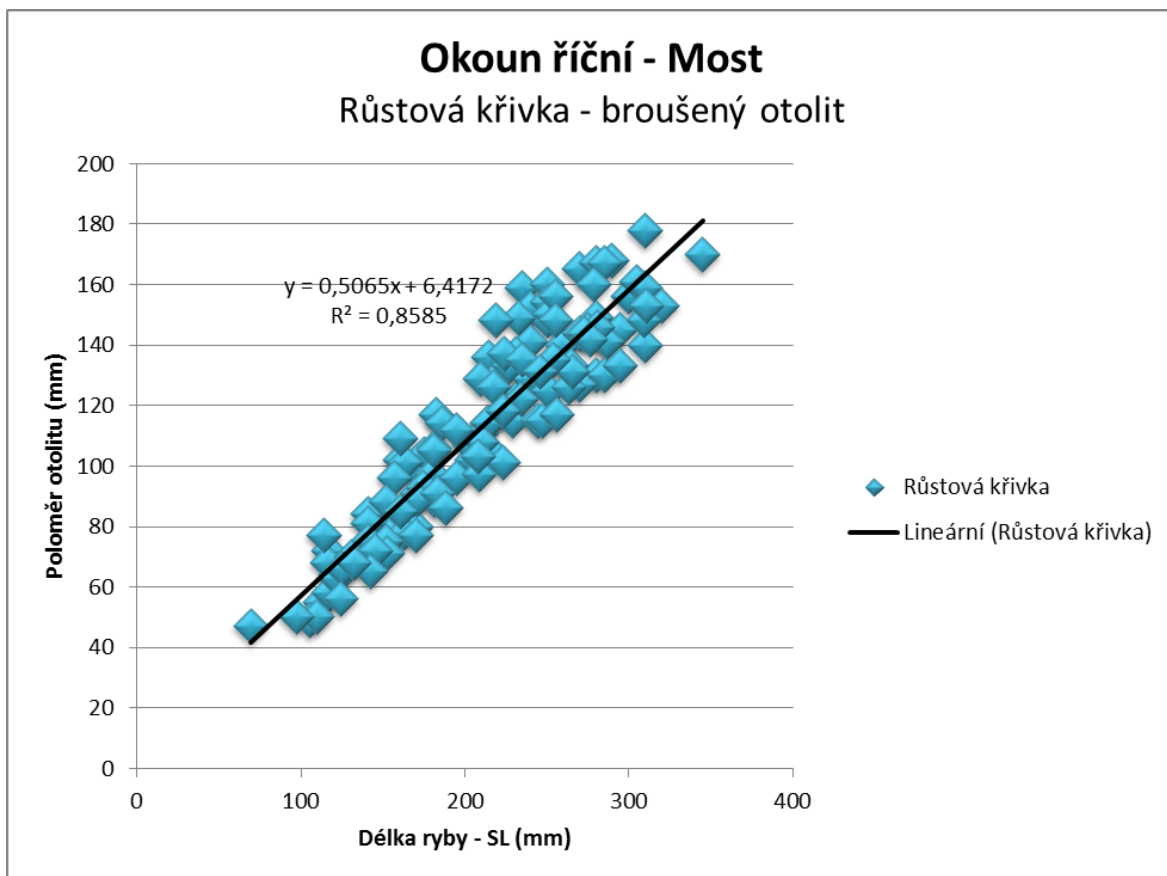
Graf 23 – Plotice obecná jezero Most – Růstová křivka – zpětný výpočet



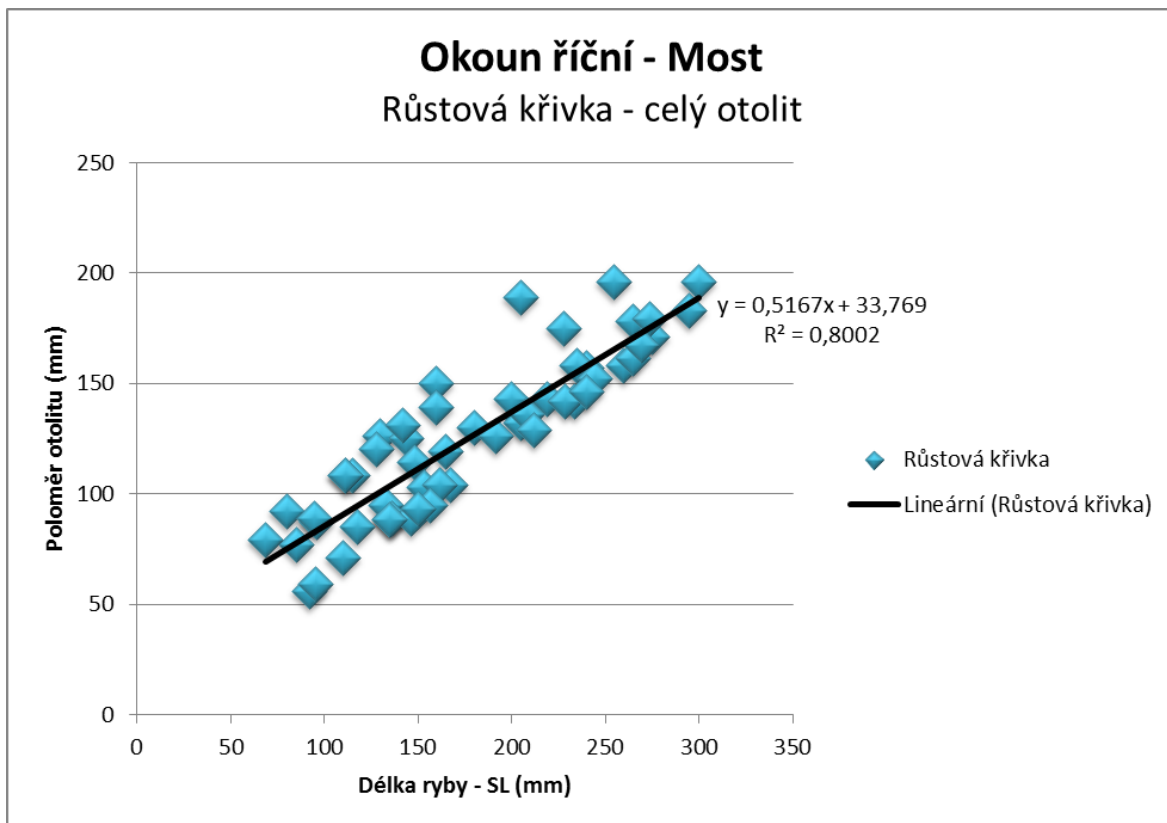
Graf 24 – Plotice obecná jezero most – Růstová křivka – aktuální



Graf 27 – Růstová křivka okouna říčního – Most – broušené otolity

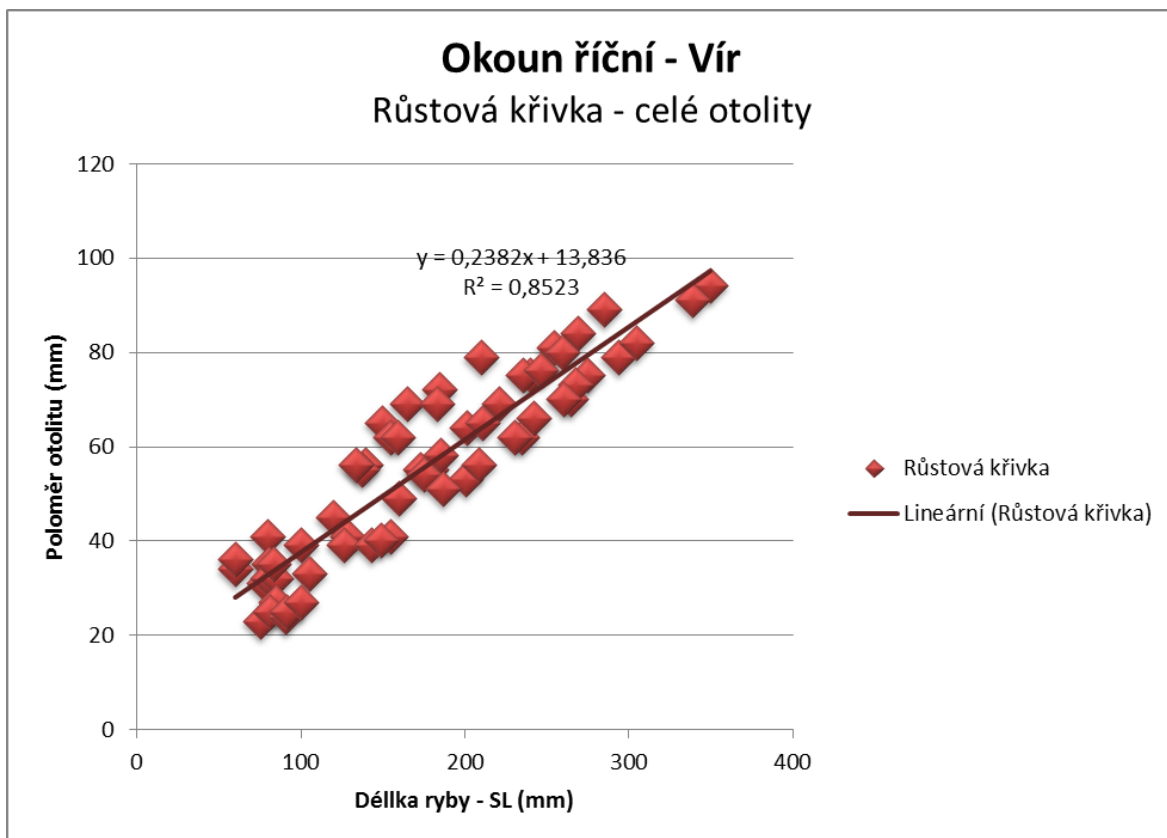


Graf 28 – Růstová křivka okouna říčního – Most – celý otolit

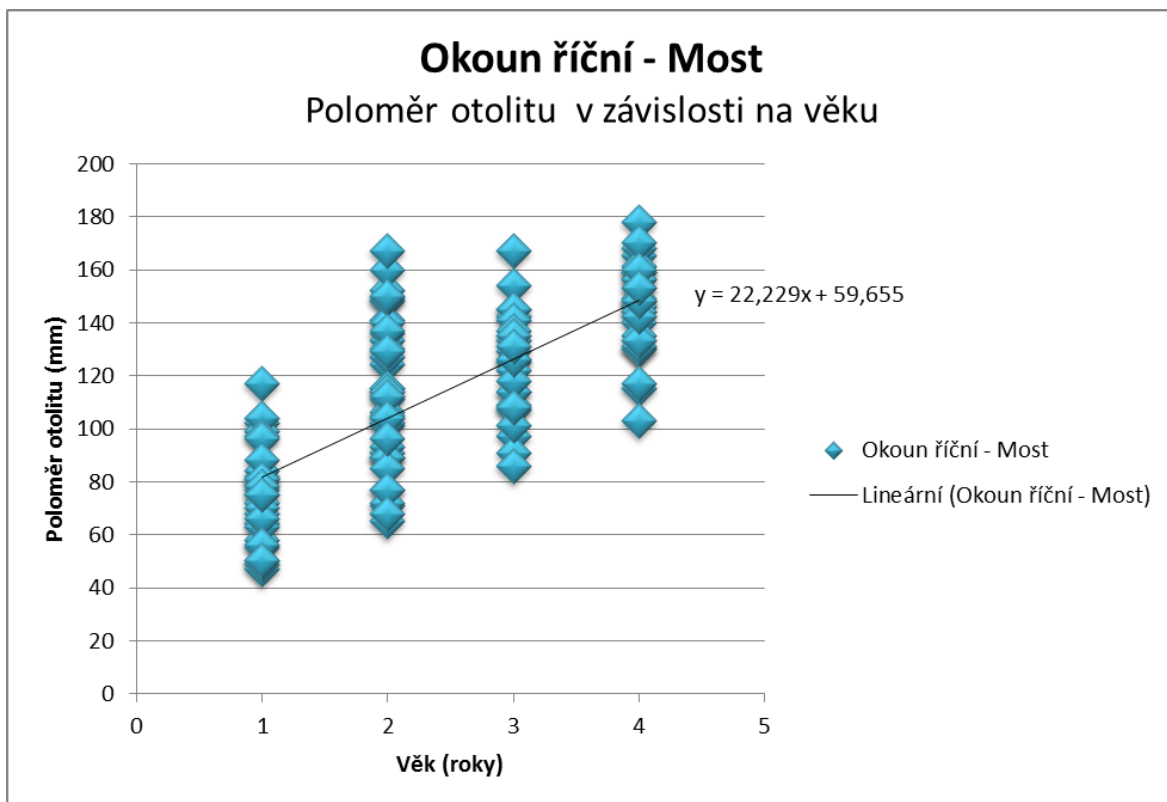




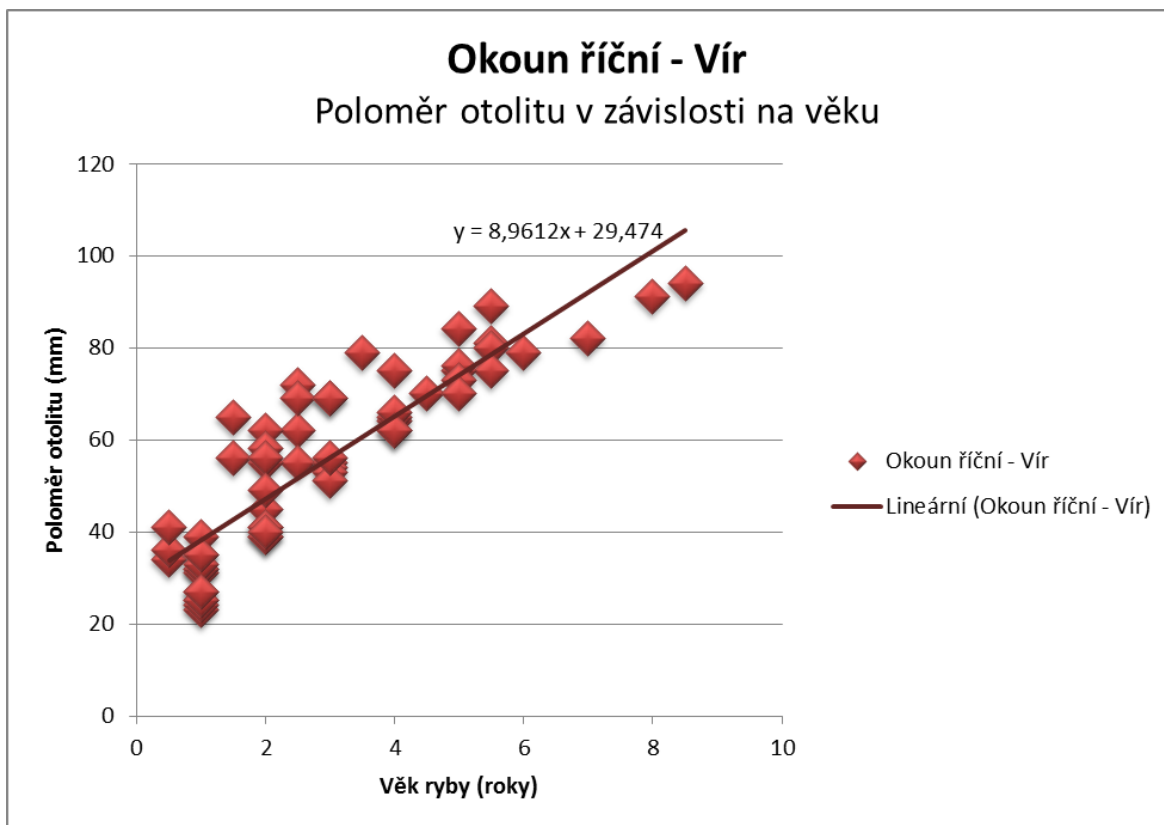
Graf 29 – Růstová křivka okouna říčního – Vír – celý otolit



Graf 30 – Okoun říční Most – závislost délky poloměru otolitu na věku



**Graf 31 – Okoun říční Vír – závislost délky poloměru otolitu na věku**



**Tab. 4 - Výsledek analýzy pomocí generálních lineárních modelů porovnávající vliv věku ryb a jezera na dosaženou délku ryby**

	SS	df	MS	F	p
<b>okoun</b>					
jezero	476012.6	1	476012.6	574.9114	<0.0001
stáří ryb	63313.5	1	63313.5	76.46783	<0.0001
<b>plotice</b>					
jezero	603998.6	1	603998.6	1236.046	<0.0001
stáří ryb	42731.56	1	42731.56	87.44748	<0.0001