

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD**

**Využití amurského lysce pro zefektivnění produkce  
kapra v rybníční akvakultuře ČR**

**Autoři**

**M. Prchal, D. Gela, M. Flajšhans, V. Piačková, H. Kocour Kroupová,  
M. Kocour**

**č. 189**

**Vodňany**

*ISBN*



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství

**Vydání a tisk publikace byly uskutečněny v rámci Operačního programu  
Rybářství 2014–2020:**

„Metodika VI“ č. CZ.10.5.109/5.2/4.0/20\_017/0001098

**Obsahová část metodiky je výsledkem řešení výzkumných projektů:**

Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky – projekt Biodiverzita s názvem „Reprodukční a genetické postupy pro uchování biodiverzity ryb a akvakulturu“;  
CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_025/0007370) – 40 % a Národní agentury pro zemědělský výzkum – projekt QK1710310 s názvem „Využití nových biotechnologických postupů v podmínkách české akvakultury s cílem dosáhnout efektivní, kvalitní a ekologicky šetrné produkce ryb“ – 60 %

## Obsah

1. CÍL METODIKY .....	4
2. VLASTNÍ POPIS METODIKY .....	4
2.1 Úvod .....	4
2.2 Potenciál amurského lysce v hybridizačním programu .....	7
2.2.1 Křížení a testování užitkovosti .....	7
2.2.2 Testování užitkovosti s využitím F <sub>1</sub> hybridů amurského lysce .....	8
2.2.2.1 Výsledky v rámci jednotlivých testů užitkovosti .....	9
2.2.2.2 Souhrnné výsledky za všechny testy užitkovosti pro tržní hmotnost a kumulativní přežití .....	10
2.2.2.3 Souhrnné výsledky za všechny testy pro jateční a biometrické ukazatele .....	12
2.2.3 Zvýšení odolnosti lysé obsádky kapra vůči koi herpesviróze (KHV) .....	16
2.3 Možnosti využití amurského lysce v selekčním programu .....	19
2.3.1 Úvod k selekci a selekčním programům .....	19
2.3.2. Genetické parametry hlavních užitkových znaků AL .....	21
2.3.3 Selektce na růst .....	23
2.3.4. Selektce na obsah tuku ve svalovině .....	25
2.3.5. Selektce na zvýšení výtěžnosti opracovaného trupu a filetu s kůží .....	27
2.3.6 Selektce na vzhled ošupení .....	33
2.3.7. Selektce na požadovaný tělesný rámec .....	36
2.3.8. Selektce na zvýšení odolnosti vůči KHV .....	36
2.3.9. Selektce na vyšší kumulativní hodnotu přežití .....	37
3. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ .....	38
4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY .....	38
5. EKONOMICKÉ ASPEKTY .....	39
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	43
7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE .....	46
8. REJSTŘÍK ODBORNÝCH POJMŮ A JEJICH DEFINICE .....	47

## 1. CÍL METODIKY

V roce 2014 prošlo uznávacím řízením Ministerstva zemědělství (MZe ČR) nové plemeno kapra obecného – amurský lysec (AL), a to ve dvou liniích – pohořelické (AL<sub>p</sub>) a vodňanské (AL<sub>v</sub>). Proces byl završen zařazením nového plemene v obou liniích do Ústřední evidence a do Integrovaného zemědělského registru Ministerstva zemědělství ČR. Plemeno amurský lysec je výsledkem spolupráce mezi Fakultou rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a Rybníkářstvím Pohořelice a.s. Cílem této metodiky je poskytnout ucelený přehled o možnostech využití AL pro zefektivnění produkce kapra v rybníčních chovech pomocí klasických šlechtitelských metod, jako jsou křížení (hybridizace) a systematická selekce. Tato metodika je podložena mnoha výsledky publikovanými ve vědeckých časopisech, prezentovanými na mezinárodních konferencích či dostupnými v různých databázích. Výsledky jednoznačně ukazují na vysoký potenciál AL nejen pro zlepšování růstu ryb lysého fenotypu, ale i pro zvyšování podílu jedlých částí, odolnosti vůči různým stresovým faktorům či pro úpravu obsahu tuku ve svalovině.

## 2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

### 2.1 Úvod

Kapr obecný je v celosvětovém měřítku všech produkovaných druhů ryb na třetím místě s celkovou produkcí více než 4 mil. tun ročně (FAO, 2018). V České republice se roční produkce kapra pohybuje okolo 85 – 90 % ze všech tržních ryb (Rybářské sdružení ČR, 2021). Nicméně trh s kaprem se v ČR v posledních pěti letech potýká s mnoha problémy. Asi největším problémem je stagnující či spíše snižující se poptávka po kapru obecném, v jejímž důsledku klesají výkupní ceny. Situaci zkomplikovala i celosvětová pandemie způsobená onemocněním COVID-19, neboť se ztížil vývoz ryb do zahraničí a v tuzemsku výrazně poklesla poptávka gastronomických podniků po rybách jako surovině k přípravě pokrmů. K tomu se přidávají neustále rostoucí náklady na produkci ryb (mzdy, krmení, energie atd.). Proto i české rybářství musí reagovat na měnící se podmínky s ohledem na udržitelnou rentabilitu chovu, do níž se kromě výše uvedeného promítá celá řada dalších více či méně ovlivnitelných faktorů. Jednou z možností, jak pomoci s udržitelností chovu kapra, je využití šlechtitelských postupů se zaměřením na ty znaky, které k lepší rentabilitě mohou přispět.

Historie chovu kapra započala pravděpodobně v Číně přibližně 2000 let před n. l., kdy byla divoká forma kapra lovena z řek a následně chována v umělých lagunách či v rybnících na rýžových polích do tržní velikosti a část pohlavně dospělých ryb dále držena pro přirozený výtěr (Janssen a kol., 2015). O skutečné domestikaci a reprodukci kapra ale můžeme hovořit až dle záznamů ve 13. století v Evropě. Chov kapra zde probíhal v kláštřích budovaných od raného středověku (Balon, 1995, 2006). Řízená reprodukce a šlechtění kapra se pak rozvinulo v průběhu 19. století, což vedlo k založení mnoha různých, často vysoce příbuzných (inbredních) plemen (Kohlmann a Kersten, 1999; Kohlmann a kol., 2003, 2005).

Kapr obecný má podle současné taxonomie dvě geneticky odlišné větve, které jsou uznány jako samostatné druhy; evropský kapr *Cyprinus carpio* a asijský kapr *Cyprinus rubrofasciatus* (Kottelat, 2001, 2013; Huckstorf, 2012; Dyldin a Orlov, 2016; Froese a Pauly, 2018). Někteří autoři však stále pokládají kapra obecného, *Cyprinus carpio* za jeden druh se dvěma či třemi poddruhy: *Cyprinus c. carpio*, *Cyprinus c. haematopterus* a *Cyprinus c. rubrofasciatus* (Zhou a kol., 2004; Thai a kol., 2005; Chistiakov a Voronova, 2009; Xu a kol., 2014).

Evropská plemena či linie kapra většinou pocházejí z divokých kaprů z Dunaje (Flajšhans a Hulata 2007; Bogeruk, 2008). K užitkovému chovu se používá také několik kříženců mezi evropskými a asijskými kapry (Bogeruk, 2008; Flajšhans a kol., 2015). V rámci druhu se rozlišuje mnoho plemen, linií a populací, které se liší nejen geneticky, ale i celkovým vzhledem, ošupením, morfologií či užitkovostí – rychlosti růstu, přežití, odolnosti vůči chorobám atd. Tato variabilita představuje potenciál pro další šlechtění za účelem zlepšení specifických produkčních vlastností (Gorda a kol., 1995; Vandeputte, 2003) či založení nových linií a plemen pro jejich další využití (Bogeruk, 2008; Kocour a kol., 2011; Flajšhans a kol., 2015).

Pro zakládání nových linií a plemen kapra se často užívá reprodukční křížení či tzv. novošlechtění. Jeho princip byl blíže popsán v metodice o aplikaci hybridizačních programů v podmínkách rybníčního chovu (Kocour a kol., 2011). Novošlechtění se v současné době využívá především v chovu lysých forem kapra, které jsou na trhu žádanější. To sice nemusí platit navždy, ale dalším důvodem je skutečnost, že chov lysých kaprů je v porovnání s šupinatými náročnější a pro producenty méně výhodný, neboť tyto ryby mají obecně nižší užitkovost a fitness, jsou vnímavější ke stresovým faktorům a rostou pomaleji ve srovnání s kapry se šupinatým fenotypem. Potvrzují to i výsledky testů užitkovosti kapra pravidelně prováděné v rybnících v ČR, kde nejlepší z testovaných lysých skupin kapra mají v drtivé většině případů horší užitkovost než kontrolní šupinatá skupina, a naopak v testu šupinatých skupin kapra má většina těchto skupin lepší užitkovost než kontrolní lysá skupina. Procentuální porovnání užitkovosti lysců a šupináčů publikoval např. Kirpichnikov (1999) (Tab. 1).

**Tab. 1.** Pleiotropní účinky genů kódujících šupinatou a lysou formu kapra obecného na růst a přežití v různých podmínkách a velikostech. Relativní hodnoty pro lysý fenotyp jsou vztaheny k šupinatému fenotypu, který je 100 % (Převzato z Kirpichnikov, 1999).  $K_1$  – kapr po prvním vegetačním období až do stáří jednoho roku.  $K_2$  – kapr po druhém vegetačním období až do stáří dvou let.

Pleiotropní účinky	Fenotypy a genotypy ošupení	
	šupinatý <i>SSnn, Ssnn</i>	lysý <i>ssnn</i>
Hmotnost $K_1$ v dobrých podmínkách	100 %	93 – 96 %
Hmotnost $K_1$ v nepříznivých podmínkách	100 %	83 – 94 %
Hmotnost $K_2$	100 %	94 – 96 %
Celkové přežití $K_1$ v dobrých podmínkách	100 %	91 – 98 %
Celkové přežití $K_1$ v nepříznivých podmínkách	100 %	93 – 95 %

Jedním z hlavních cílů novošlechtění lysého plemene bylo tedy zvýšení jeho nespécifické odolnosti při zachování produkčních vlastností. V minulosti byl tento záměr realizován v ČR v letech 1987 – 1992, kdy byl vyšlechtěn severský lysec (M72) s využitím plemene ropšínského kapra jako donora vyšší odolnosti (Flajšhans a kol., 2013, 2015; Bogeruk, 2008). Plemeno M72 je v současnosti v rybářských podnicích ČR jedním z nejpoužívanějších.

Ropšínský kapr vznikl hybridizací haličského kapra (HA) s amurským sazanem (AS) a následnou selekcí. U AS, divoké populace asijského kapra pocházející z východoruské oblasti kolem řeky Amur, byla již dříve prokázána vyšší nespécifická odolnost v porovnání s našimi kulturními plemeny. Proto byl šupinatý AS, jako donor vloh pro vyšší přirozenou rezistenci, začleněn do rodokmenu nově šlechtěného plemene, nazvaného amurský lysec (AL) (Flajšhans a kol., 2013, 2015). Jelikož alela pro plné ošupení je dominantní, výsledkem křížení lysé

(genotyp *ssnn*) a šupinaté formy kapra (genotyp *SSnn*) je v  $F_1$  generaci vždy 100% šupinaté heterozygotní potomstvo (genotyp *Ssnn*). Dalším vzájemným křížením jedinců  $F_1$  vznikne generace  $F_2$  již s 25% podílem lysých ryb s geny šupinatých divokých kaprů. Tyto ryby jsou pak následně selektovány a udržovány čistokrevnou plemenitbou.

Amurský lysec jako první vznikl ve Výzkumném ústavu rybářském a hydrobiologickém – VÚRH JU Vodňany na šlechtitelské stanici v letech 1996 – 2003. Hlavním cílem bylo vnesení genů amurského sazana do genomu lysce z důvodu jeho vyšší rezistence vůči nemocem, zejména pak koi herpesviróze (KHV). Prvním krokem k produkci nové linie bylo založení heterozygotní  $F_1$  populace šupinatého fenotypu. Pro tento účel byl využit směsný vzorek jiker ze čtyř lysých linií, tzv. syntetické linie maďarských lysců HSM (*Hungarian synthetic mirror*), která se skládá 1) z lysého plemene M2, 2) z  $F_2$  generace maďarských plemen s aischgrundským lysým plemenem, 3) z hybrida mezi maďarskými lysými plemeny 215 a M2 a 4) z hybrida M2 s českým syntetickým lysým plemenem C 435. Tento směsný vzorek byl následně oplodněn spermatem amurského sazana. Založená  $F_1$  generace byla chována do pohlavní dospělosti, kdy byli vybraní samci a samice zkříženi mezi sebou. Vyštěpených 25 % lysců v  $F_2$  generaci dalo základ vodňanské linii amurského lysce ( $AL_V$ ) (Bogeruk a kol., 2008). V letech 2003 – 2006 se do šlechtění Amurského lysce zapojilo také Rybníkářství Pohořelice, a.s., přičemž zde byly na mateřské pozici místo HSM využity jikernačky Pohořelického lysce (PoL), čímž vznikla linie pohořelická ( $AL_P$ ). V roce 2014 byl amurský lysec uznán Ministerstvem zemědělství ČR jako nové plemeno, které se rozlišuje na dvě samostatné linie – vodňanskou ( $AL_V$ ), a pohořelickou ( $AL_P$ ), – viz Obr. 1 resp. 2, (Gela a kol., 2014, Flajšhans a kol., 2015). Podobným způsobem je možné si založit vlastní plemeno amurského lysce s využitím např. místní formy lysce na mateřské pozici a nákupem či použitím vlastního spermatu amurského sazana. Metodický postup je blíže popsán v předchozí metodice Kocour a kol. (2011), v kapitole 4.1.2. Produkce nových linií/plemen – novošlechtění.



**Obr. 1.** Vzhled generační ryby amurského lysce (vodňanská linie). Foto: Vojtěch Kašpar



**Obr. 2.** Vzhled generační ryby amurského lysce (pohořelická linie). Foto: Vladimír Chytka

Plemeno amurského lysce je nižšího tělesného rámce s obdélníkovým tvarem těla. Hřbet a břicho jsou vzhledem k podélné ose těla téměř rovnoběžné nebo jen mírně klenuté. Hlava je menší, s rovnou nebo mírně konkávní vrchní linií. Ošupení odpovídá lysému fenotypu, genotyp ošupení je *ssnn*. Rozmístění šupin po těle je ale neustálené, stejně jako jejich velikost a tvar, s menšími či většími ostrůvky po celé ploše těla s výskytem okrsků u hlavy, podél postranní čáry, v ocasní části a u báze párových ploutví. Právě vzhled lysého ošupení u AL s častým výskytem nevzhledných a nežádoucích typů je u AL jednou z hlavních překážek jeho využití v užitkových obsádkách v čistém stavu.

Amurský lysec byl zařazen do několika výzkumných studií zaměřených na testování odolnosti vůči KHV (Piačková a kol., 2013), užitkovosti jeho hybridů (Flajšhans a kol., 2014), nebo možností jeho využití v selekčních programech (Prchal a kol., 2018ab, 2020, 2021; Palaiokostas a kol., 2018ab, 2019; Zhao a kol., 2020). Všechny dosud získané poznatky jsou shrnuty v této metodice, která podtrhuje potenciál využití AL k zefektivnění produkce kapra v podmínkách rybníční akvakultury střední Evropy.

## **2.2 Potenciál amurského lysce v hybridizačním programu**

### **2.2.1 Křížení a testování užitkovosti**

Jednou z nejjednodušších možností využití amurského lysce je jeho zařazení do hybridizačního programu. Hlavním důvodem produkce kříženců je využívání fenoménu zvaného heterozní efekt, díky němuž mají hybridy za určitých okolností významně lepší růstové vlastnosti a přežití než čistá plemena. V závislosti na výběru hybridní kombinace lze v tržní velikosti u vhodných kříženců očekávat ryby s průměrnou hmotností o 10 – 40 % (Hulata, 1995; Flajšhans a Hulata, 2007) vyšší oproti rodičovskému plemeni /linii/populaci. Kumulativní hodnoty přežití mohou být rovněž výrazně vyšší. U podílu jedlých částí těla není působení

heterozního efektu tak jednoznačné. Z hlediska ekonomiky chovu je důležité, aby užitkové obsádky s lepším růstem a přežitím využily efektivněji přirozenou potravu v rybníce a tím výrazně zvýšily rentabilitu chovu. Užitím hybridních obsádek tak velmi pravděpodobně zvýšíme výlověk ryb z jednotky rybníční plochy, což je v produkčním rybníkářství tím nejdůležitějším ekonomickým aspektem. Stanovení skutečného vlivu využití ryb s obecně vyšším genetickým potenciálem na zvýšení produkce biomasy ryb z jednotky plochy rybníka je v současné době předmětem výzkumu.

Objektivní stanovení rozdílů v užitkovosti různých skupin kapra v rybnících není úplně jednoduché a nastavení optimálního modelu testování je komplikované. V současné době se zdá být nejpraktičtější a poměrně objektivní porovnání užitkových vlastností v tzv. testech užitkovosti. Povinnost otestovat např. nového hybrida před jeho komerčním využitím vyplývá z plemenářského zákona č. 154/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Testování užitkovosti kapra obecného je pravidelně prováděno pěti produkčními podniky akvakultury (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybníkářství a ochrany vod ve Vodňanech; Klatovské rybníkářství a.s.; Rybníkářství Hluboká cz., s.r.o.; Rybníkářství Třeboň a.s. a Rybníkářství Pohořelice a.s.), jež jsou členy Rybníkářského sdružení České republiky (RS ČR). Při kontrole užitkovosti je rozlišováno testování (srovnávání) užitkovosti plemen či kříženců, nebo odhad plemenné hodnoty v rámci plemene. Za posledních 20 let se u kapra využívalo výhradně testování při vrcholovém křížení s otcovskou dědičností, kdy na samice jedné skupiny (plemena, linie) se kříží několik různých skupin samců. Výhodou tohoto křížení je, že při menším počtu odchovných ploch je možné otestovat více otcovských skupin a tento typ křížení zapadá lépe do strategie produkčního rybníkářství (Kocour a kol., 2011). Do doby možného skupinového označení ryb (zpravidla se provádí ve věkové kategorii  $K_1$ ) se ale odlišné skupiny musejí chovat v samostatných rybnících. Pro korekci rozdílů v růstu a přežití, způsobených vlivem odlišných podmínek prostředí, se využívá tzv. interní kontrola. V případě testování lysých plemen a hybridů se přisazuje kontrolní šupinatý hybrid ropšínského a tatajského kapra (ROP x TAT). U testovaných skupin a kontrolní skupiny se alespoň jednou ročně, optimálně po každé vegetační sezoně a po komorování, zjišťuje dosažená průměrná hmotnost individuálním vážením minimálně 33 ks ryb ze skupiny, přežití každé ze skupin za dané období a na konci testu i výtěžnostní a biometrické ukazatele v tržní velikosti. Ze zjištěných údajů se pak vypočítávají kumulativní přežití ryb za celou dobu testování a rozdíly v užitkovosti jednotlivých testovaných hybridů vůči čistému plemeni. Získaná data z testování užitkovosti ryb jsou za každý rok statisticky vyhodnocována, jako součást zprávy o činnosti v oblasti šlechtění a plemenitby ryb prezentována na Šlechtitelské radě pro chov ryb RS ČR a taktéž předávána členům RS ČR a poskytnuta pro potřeby Ústřední plemenářské evidence ČR.

### **2.2.2 Testování užitkovosti s využitím $F_1$ hybridů amurského lysce**

V rámci testování užitkovosti kapra obecného byl amurský lysec použit celkem ve třech testech. V prvním testu (2006 – 2008) byl testován hybrid HSM x AL<sub>v</sub>, ve druhém testu (2009 – 2011) obě vyšlechtěné linie v křížení s maďarským lyscem na mateřské pozici (M2 x AL<sub>v</sub> a M2 x AL<sub>p</sub>) a ve třetím testu (2015 – 2017) obdobně, ale s využitím plemene pohořelického lysce (PoL x AL<sub>v</sub> a PoL x AL<sub>p</sub>). Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno analýzou kovariance (ANCOVA), kde spojitou proměnnou byla průměrná hodnota daného znaku kontrolní skupiny (v případě hmotnosti a přežití), či hmotnosti a délky těla dané skupiny (v případě jatečných a biometrických ukazatelů). Na základě shromážděných dat bylo provedeno porovnání užitkových vlastností všech testovaných plemen a hybridů jak v rámci jednotlivých testů, tak i napříč všemi testovanými plemeny a hybridy.

### 2.2.2.1 Výsledky v rámci jednotlivých testů užitkovosti

Celkové výsledky tří plošných testů užitkovosti (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod ve Vodňanech; Klatovské rybářství a.s.; Rybářství Hluboká cz. s.r.o.; Rybářství Třeboň a.s. a Rybníkářství Pohořelice a.s.) hybridů a čistých plemen kapra obecného s využitím amurského lysce jsou prezentovány v Tab. 2. Tato tabulka shrnuje výsledky získané u ryb v tržní velikosti, a to živou hmotnost a jateční ukazatele, dále pak kumulativní přežití od váčkového plůdku do tržní velikosti a heterozní efekt hmotnosti a kumulativního přežití. Z výsledků je patrné, že v každém testu dosahovali hybridy s AL nejvyšší tržní hmotnosti, která byla ve srovnání s čistými plemeny průkazně vyšší, ale v několika případech i vůči hybridům. Obdobná situace byla i v případě kumulativního přežití, kdy hybridy s AL vykazovali nejvyšší hodnoty kumulativního přežití, které se také významně statisticky lišily od několika dalších testovaných skupin. Rozdíly v hodnotách jateční výtěžnosti podle očekávání nebyly, až na jednu výjimku, průkazné. Naproti tomu v růstu a přežití se heterozní efekt projevil vysokým procentuálním rozdílem mezi hybridy s AL a čistými plemeny i s ostatními hybridy, a to včetně dosud nejpoužívanějšího hybridu M2 x M72. Tyto výsledky potvrzují velmi dobré užitkové vlastnosti hybridů s AL a ukazují vysokou perspektivu jejich využití v českém produkčním rybářství. Další nespornou výhodou využití AL při křížení je skutečnost, že hybridy AL s plemeny M2 či PoL mají, na rozdíl od čistého AL, přijatelný fenotyp lysého ošupení, jen s malým podílem ryb, které mají okrsky šupin na celé ploše těla či v postranní čáře. Rovněž tvarem těla dosahují takoví hybridy požadovaného středního rámce, zvláště pokud je druhá rodičovská linie vyššího tělesného rámce (Obr. 3.). Proto se vždy doporučuje křížit AL pouze s plemeny, která mají ustálené ošupení požadovaného lysého fenotypu a vyšší tělesný rámec. Užitkové obsádky takových hybridů uspokojí svými vlastnostmi nejen chovatele, ale i spotřebitele.

**Tab. 2.** Výsledky tří plošných testů užitkovosti hybridů kapra obecného s využitím amurského lysce. Údaje byly převzaty ze zpráv o činnosti v oblasti šlechtění a plemenitby ryb poskytovaných pro potřeby ústřední plemenářské evidence ČR.

Období	Testované skupiny	ŽHM (g)	KPř (%)	Jateční výtěžnost (%)		HE (%)	
				POT	PFSK	ŽHM	KPř
2006-2008	HSM	1257±32 <sup>a</sup>	2,9±1,6 <sup>a</sup>	61,6±0,2 <sup>a</sup>	39,9±0,25 <sup>a</sup>	0,0	0,0
	HSM x M72	1293±33 <sup>ab</sup>	5,4±1,7 <sup>ab</sup>	61,7±0,2 <sup>a</sup>	40,3±0,23 <sup>a</sup>	2,9	86,2
	HSM x TeL	1304±32 <sup>ab</sup>	6,9±1,9 <sup>ab</sup>	63,2±0,2 <sup>b</sup>	41,5±0,28 <sup>b</sup>	3,7	137,9
	<b>HSM x AL<sub>v</sub></b>	<b>1413±32<sup>b</sup></b>	<b>11,4±1,6<sup>b</sup></b>	<b>63,0±0,2<sup>b</sup></b>	<b>41,1±0,22<sup>b</sup></b>	<b>12,4</b>	<b>293,1</b>
2009-2011	M2	1520±31 <sup>a</sup>	6,5±1,2 <sup>ab</sup>	63,1±0,2 <sup>b</sup>	43,2±0,2 <sup>b</sup>	0,0	0,0
	M2 x M72	1722±32 <sup>b</sup>	4,1±1,3 <sup>a</sup>	63,2±0,2 <sup>b</sup>	43,5±0,2 <sup>b</sup>	13,3	-36,6
	<b>M2 x AL<sub>v</sub></b>	<b>1823±31<sup>bc</sup></b>	<b>10,2±1,3<sup>bc</sup></b>	<b>63,2±0,2<sup>b</sup></b>	<b>43,6±0,2<sup>b</sup></b>	<b>20,0</b>	<b>56,0</b>
	<b>M2 x AL<sub>p</sub></b>	<b>1922±31<sup>c</sup></b>	<b>13,5±1,2<sup>c</sup></b>	<b>63,6±0,2<sup>b</sup></b>	<b>44,2±0,2<sup>b</sup></b>	<b>26,5</b>	<b>106,4</b>
2015-2017	PoL	1515±41 <sup>a</sup>	3,5±1,3 <sup>a</sup>	62,3±0,2 <sup>a</sup>	44,4±0,2 <sup>a</sup>	0,0	0,0
	PoL x M72	1648±41 <sup>b</sup>	5,0±1,3 <sup>a</sup>	64,2±0,2 <sup>b</sup>	46,1±0,2 <sup>b</sup>	8,8	42,9
	<b>PoL x AL<sub>p</sub></b>	<b>1771±41<sup>c</sup></b>	<b>9,0±1,3<sup>b</sup></b>	<b>63,6±0,2<sup>b</sup></b>	<b>45,6±0,2<sup>b</sup></b>	<b>16,9</b>	<b>157,1</b>
	<b>PoL x AL<sub>v</sub></b>	<b>1797±41<sup>c</sup></b>	<b>8,7±1,3<sup>b</sup></b>	<b>63,8±0,2<sup>b</sup></b>	<b>45,6±0,2<sup>b</sup></b>	<b>18,6</b>	<b>148,6</b>

**Vysvětlivky:** ŽHM – živá hmotnost ryb na konci testu; KPř – kumulativní přežití od stádia váčkového plůdku do konce testu; POT – podíl opracovaného trupu; PFSK – podíl filetů s kůží; HE – heterozní efekt hybridu vůči čistému plemeni/linii v rámci daného testu. Tučně jsou zvýrazněny užitkově nejlepší hybridní kombinace v rámci daného testu. **HSM** – syntetická maďarská linie; **M72** – severský lysec; **M2**

– maďarský lysec; **PoL** – pohořelický lysec; **TeL** – telčský lysec; **AL<sub>v</sub>** – amurský lysec (vodňanská linie); **AL<sub>p</sub>** – amurský lysec (pohořelická linie). <sup>a, b, c</sup> **statistická analýza kovariance (ANCOVA)** – rozdíly mezi skupinami se stejným abecedním znakem nejsou statisticky průkazné na hladině  $p < 0,05$ . Uváděné hodnoty představují průměry vypočtené metodou nejmenších čtverců a střední chybu průměru (Průměr MNČ ± S.E.).



**Obr. 3.** Vzhled hybridu M2 x AL<sub>p</sub> v tržní velikosti. Foto: Martin Prchal

#### 2.2.2.2 Souhrnné výsledky za všechny testy užítkovosti pro tržní hmotnost a kumulativní přežití

Porovnání testovaných skupin včetně statistické analýzy je zobrazeno v Tab. 3 (tržní hmotnost) a Tab. 4 (přežití). Čistá plemena dosáhla v průměru nejnižších hodnot u tržní hmotnosti a v zásadě i u kumulativního přežití. Tento výsledek není žádným překvapením, neboť čistá plemena kaprů mají zpravidla horší užítkovost než někteří jejich kříženci. Možným vysvětlením je fakt, že evropská plemena, podle analýzy mikrosatelitních markerů (Kohlmann a kol., 2003, 2005), vznikala z malého počtu předků a jsou tak vnitřně zatížena vysokým stupněm příbuznosti, který vede ke zvyšování homozygotnosti a inbreedingu. Ten má za následek ztrátu celkové užítkovosti těchto plemen. Nicméně při vzájemném křížení takových plemen a linií pak častěji pozorujeme u kříženců heterózní efekt, jež je při realizaci hybridizačních programů vyhledáván. Paradoxně v celkovém srovnání přežití nedopadl dobře ani hybrid M2 x M72.

Naopak hybridy s AL se umístili nejlépe při hodnocení hmotnosti i přežití. Vůbec nejvyšší hmotnosti dosáhl hybrid PoL x AL<sub>v</sub>, jehož hmotnost byla statisticky vyšší oproti všem hybridům bez využití AL a samozřejmě také oproti všem čistým plemenům. Nejvyšší kumulativní přežití bylo zaregistrováno u hybridu M2 x AL<sub>p</sub>, jeho hodnota byla kromě čistých plemen a jiných hybridů průkazně vyšší i ve srovnání s hybridem PoL x AL<sub>v</sub>.

Celková sumarizace výsledků za všechny testy potvrdila zjištění zaznamenaná v rámci jednotlivých testů a jednoznačně ukazuje na výhody tvorby kříženců s AL. Rychlý růst lze přisuzovat vysokému heteróznímu efektu při hybridizaci s AL. Vyšší přežití může kromě vlastního heterózního efektu ovlivňovat také posílená nespécifická odolnost přenesená z genů amurského sazana do genomu AL. Z dosud otestovaných hybridních kombinací lze doporučit především hybridy PoL x AL<sub>v</sub> a M2 x AL<sub>p</sub>. Oba hybridy mohou zvýšit kumulativní přežívání ryb i

o více než 100 % a průměrnou tržní hmotnost ryb až o 20 %. To by mělo mít bezesporu vliv i na rentabilitu chovu lysých obsádek kaprů, jak je naznačeno v kapitole 5.

Produkční F<sub>1</sub> hybridy s AL je možné zakoupit (duben–květen) jako váčkový plůdek na Genetickém rybářském centru Fakulty rybářství a ochrany vod či na Rybníkářství Pohořelice a.s. Subjekty, které mají možnost umělého výtěru ryb, mohou tedy výše publikované informace využít k realizaci vlastního šlechtitelského programu a založit si své místní linie amurských lysců pro budoucí tvorbu vysoce užitkových lysých hybridů. Kromě vlastních generačních samic je k tomu potřeba sperma amurského sazana. Vlastníky generačních ryb AS byly dle informací z plemenářské evidence v roce 2020 tyto subjekty:

- Rybníkářství Pohořelice a.s.
- Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Aktuální informace o vlastnictví AS mohou chovatelé, kteří jsou členy Rybářského sdružení ČR, najít na CD s ročním výpisem z plemenářské evidence vedené pro každé plemeno, jež sdružení spolu s vyhodnocením testování užitkovosti každoročně svým členům distribuuje. Nečlenové si o ně mohou u Rybářského sdružení ČR požádat. Další možností je požádat o výpis z hlášení plemenných ryb AS pro daný rok z Integrovaného zemědělského registru Ministerstva zemědělství u osob oprávněných ke vstupu na portál eAGRI (Ministerstvo zemědělství; Státní zemědělský intervenční fond; Česká plemenářská inspekce; Státní veterinární správa; Českomoravská společnost chovatelů, a.s.; Rybářské sdružení ČR).

**Tab. 3.** Tržní hmotnosti tříletých čistých plemen, produkčních hybridů a hybridů s AL (zvýrazněny tučně).

Testované skupiny	Tržní hmotnost (g)
HSM	1464±50 <sup>a</sup>
M2	1480±43 <sup>a</sup>
PoL	1514±43 <sup>ab</sup>
HSM x M72	1523±50 <sup>ab</sup>
HSM x TeL	1533±43 <sup>ab</sup>
PoL x M72	1639±43 <sup>bc</sup>
<b>HSM x AL<sub>v</sub></b>	<b>1662±50<sup>bcd</sup></b>
M2 x M72	1723±43 <sup>cde</sup>
<b>M2 x AL<sub>v</sub></b>	<b>1738±43<sup>cde</sup></b>
<b>M2 x AL<sub>p</sub></b>	<b>1778±44<sup>ef</sup></b>
<b>PoL x AL<sub>p</sub></b>	<b>1788±43<sup>ef</sup></b>
<b>PoL x AL<sub>v</sub></b>	<b>1794±43<sup>f</sup></b>

a, b, c, d, e, f\_ **statistická analýza kovariance (ANCOVA)** – rozdíly mezi skupinami se stejným abecedním znakem nejsou statisticky průkazné na hladině  $p < 0,05$ . Uváděné hodnoty představují průměry vypočtené metodou nejmenších čtverců a střední chybu průměru (Průměr MNČ ± S.E.).

**Tab. 4.** Kumulativní přežití (od váčkového plůdku do tržní velikosti) čistých plemen, produkčních hybridů a hybridů s AL (zvýrazněny tučně).

Testované skupiny	Kumulativní přežití (%)
M2 x M72	2,8±1,5 <sup>a</sup>
HSM	3,5±1,6 <sup>ab</sup>
Pol	4,0±1,4 <sup>ab</sup>
Pol x M72	4,3±1,4 <sup>abc</sup>
M2	5,7±1,5 <sup>abcd</sup>
HSM x M72	6,4±1,6 <sup>abcd</sup>
HSM x TeL	7,5±1,8 <sup>bcd</sup>
<b>PoL x AL<sub>v</sub></b>	<b>8,0±1,4<sup>cde</sup></b>
<b>PoL x AL<sub>p</sub></b>	<b>9,7±1,4<sup>def</sup></b>
<b>HSM x AL<sub>v</sub></b>	<b>9,9±1,6<sup>def</sup></b>
<b>M2 x AL<sub>v</sub></b>	<b>11,3±1,5<sup>ef</sup></b>
<b>M2 x AL<sub>p</sub></b>	<b>13,8±1,5<sup>f</sup></b>

a, b, c, d, e, f\_ **statistická analýza kovariance (ANCOVA)** – rozdíly mezi skupinami se stejným abecedním znakem nejsou statisticky průkazné na hladině  $p < 0,05$ . Uváděné hodnoty představují průměry vypočtené metodou nejmenších čtverců a střední chybu průměru (Průměr MNČ ± S.E.).

#### **Užitečné rady, tipy a informace 1**

- Pro produkci vysoce užitkových lysých obsádek lze zejména doporučit hybridní kombinaci PoL x AL<sub>v</sub> a M2 x AL<sub>p</sub>
  - ↑ kumulativní přežívání ryb i o více než 100 %
  - ↑ průměrná tržní hmotnost ryb až o 20 %
- Kde či jak získat produkční F1 hybridy s AL?
  - (duben–květen) jako váčkový plůdek na Genetickém rybářském centru Fakulty rybářství a ochrany vod, či na Rybníkářství Pohořelice a.s.
  - založením si svojí vlastní linie amurského lysce pro budoucí tvorbu vysoce užitkových lysých hybridů (potřeba vlastních generačních samic lysého fenotypu ošupení a spermatu Amurského sazana)

#### 2.2.2.3 Souhrnné výsledky za všechny testy pro jateční a biometrické ukazatele

Výsledky statistického porovnání testovaných skupin s ohledem na jejich jateční výtěžnost (podíl opracovaného trupu – POT<sup>1</sup>, podíl filetů s kůží<sup>2</sup>– PFSK a gonadosomatický index – GSI<sup>3</sup>) jsou zobrazeny v Tab. 5. Při hodnocení jateční výtěžnosti a způsobu standardizace dat pro statistické vyhodnocení metodou ANCOVA nelze „vyrovnat“ rozdíly ukazatelů způsobené technologickým provedením vlastní výtěžnosti v jednotlivých letech (lidský faktor v rámci skupiny pracovníků provádějících zpracování testovaných skupin v daném testu – rozdíly ve způsobu filetaže, oddělení hlavy atd.). Je to patrné při pohledu na hodnoty v tabulkách 2 a 5,

<sup>1</sup> Hmotnost opracovaného trupu (g) \* 100 / Hmotnost ryby (g)

<sup>2</sup> Hmotnost filetů s kůží (g) \* 100 / Hmotnost ryby (g)

<sup>3</sup> Hmotnost gonád (g) \* 100 / Hmotnost ryby (g)

kteřé se prakticky neliší. Je tedy důležité sledovat, zda v rámci daného testu hybridů s dobrou užítkovostí, pokud se týká hmotnosti a přežití, nevykazují naopak výrazně nižší hodnoty ukazatelů výtěžnosti než ostatní skupiny. Tato situace však v případě hybridů s AL nikdy nenastala. Naopak někteří hybridů s AL se umísťovali v popředí hodnot podílů opracovaného trupu a filetů s kůží. Je pravděpodobné, že význam těchto jatečních ukazatelů vzroste v okamžiku, kdy se podstatná část vyprodukovaných ryb bude prodávat v podobě zpracovaných ryb či výrobků z jejich masa. Zatím podíl zpracovaných ryb tvoří pouze kolem 12 % z celkové produkce českých rybářských podniků (Rybářské sdružení, 2021). Do budoucna se dá ale očekávat nárůst poptávky po zpracované rybí surovině. Každopádně křížení není pro zlepšování jatečních ukazatelů kapra příliš vhodné. Cílené genetické zvyšování jedlých podílů těla je možné selekčním šlechtěním, jak je podrobněji popsáno v kapitole 2.3.

Často hodnoceným parametrem výtěžnosti jedlých částí těla bývá i gonadosomatický index (GSI), což je podíl hmotnosti gonád z celkové hmotnosti těla. Gonády (mlíčí a jikry) totiž bývají zejména před Vánoci žádanou obchodní komoditou s vysokou přidanou hodnotou (cca 250 – 350 Kč/kg). Nicméně výše hodnoty GSI je nepřímě úměrná jateční výtěžnosti opracovaného trupu (graf 1) či filetů (graf 2). Příkladem může být plemeno HSM a hybrid HSM x M72 na jedné straně (nižší hodnoty POT a PFSK a vyšší hodnoty GSI) a hybridů PoL x M72 a PoL x AL<sub>V</sub> na straně druhé (vyšší hodnoty POT a PFSK a nižší hodnoty GSI). Logické vysvětlení spočívá ve faktu, že ryby s vyšším GSI investují více energie do vývoje gonád, a tím jim méně zbývá na somatický růst a tvorbu tukových zásob ukládaných mimo jiné do svaloviny, což se projeví nižším podílem trupu a filetů. Jelikož je vývoj gonád energeticky náročný, jsou ryby s ranějším vývojem gonád zpočátku menší než ryby s pozdějším vývojem. Proto není vhodné cíleně zvyšovat GSI u ryb před dosažením jejich tržní velikosti. U kapra obecného v klimatických podmínkách střední Evropy začínají samci a samice pohlavně dospívat ve třetím, resp. čtvrtém roce, tedy ve věku dosahování tržní velikosti. Z tohoto důvodu je v případě vyšší potřeby gonád kapra vhodné využívat k těmto účelům čtyřletý produkční cyklus.

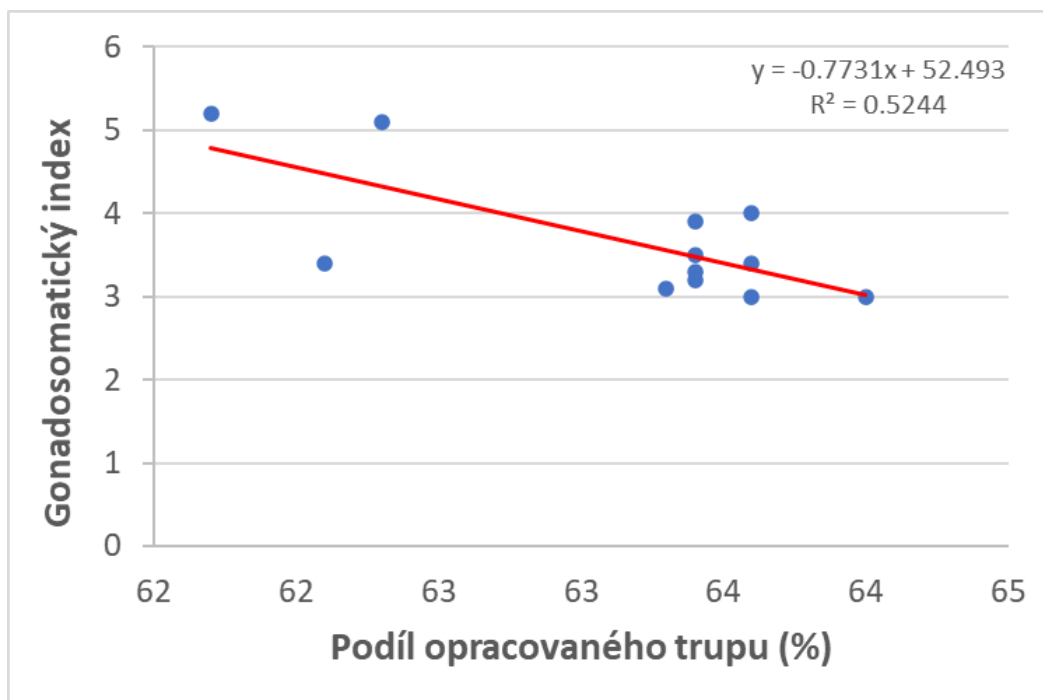
**Tab. 5.** Souhrn výsledků jatečních ukazatelů čistých plemen, produkčních hybridů a hybridů s AL (zvýrazněny tučně).

Testované skupiny	POT (%)	Testované skupiny	PFSK (%)	Testované skupiny	GSI (%)
HSM	61,7±0,2 <sup>a</sup>	HSM	40,0±0,2 <sup>a</sup>	PoL x M72	3,0±0,2 <sup>a</sup>
PoL	62,1±0,1 <sup>ab</sup>	HSM x M72	41,0±0,2 <sup>a</sup>	<b>PoL x AL<sub>V</sub></b>	3,0±0,2 <sup>ab</sup>
HSM x M72	62,3±0,2 <sup>b</sup>	HSM x TeL	41,6±0,2 <sup>ab</sup>	<b>M2 x AL<sub>V</sub></b>	3,1±0,2 <sup>b</sup>
<b>M2 x AL<sub>V</sub></b>	63,3±0,2 <sup>c</sup>	<b>HSM x AL<sub>V</sub></b>	41,7±0,1 <sup>b</sup>	M2	3,2±0,2 <sup>c</sup>
HSM x TeL	63,4±0,2 <sup>c</sup>	M2	43,6±0,2 <sup>c</sup>	<b>PoL x AL<sub>P</sub></b>	3,3±0,2 <sup>c</sup>
<b>PoL x AL<sub>P</sub></b>	63,4±0,2 <sup>c</sup>	<b>M2 x AL<sub>V</sub></b>	43,70,2 <sup>c</sup>	M2xM72	3,4±0,2 <sup>c</sup>
M2	63,4±0,2 <sup>c</sup>	M2xM72	44,0±0,2 <sup>c</sup>	PoL	3,4±0,2 <sup>c</sup>
<b>M2 x AL<sub>P</sub></b>	63,4±0,2 <sup>c</sup>	<b>M2 x AL<sub>P</sub></b>	44,0±0,2 <sup>c</sup>	<b>M2 x AL<sub>P</sub></b>	3,5±0,2 <sup>c</sup>
<b>HSM x AL<sub>V</sub></b>	63,6±0,2 <sup>cd</sup>	PoL	44,2±0,2 <sup>cd</sup>	HSM x TeL	3,9±0,2 <sup>cd</sup>
<b>PoL x AL<sub>V</sub></b>	63,6±0,2 <sup>cd</sup>	<b>PoL x AL<sub>P</sub></b>	45,3±0,2 <sup>cd</sup>	<b>HSM x AL<sub>V</sub></b>	4,0±0,2 <sup>cd</sup>
M2xM72	63,6±0,2 <sup>cd</sup>	<b>PoL x AL<sub>V</sub></b>	45,4±0,2 <sup>cd</sup>	HSM x M72	5,1±0,2 <sup>cd</sup>
PoL x M72	64,0±0,2 <sup>d</sup>	PoL x M72	45,9±0,2 <sup>d</sup>	HSM	5,2±0,2 <sup>d</sup>

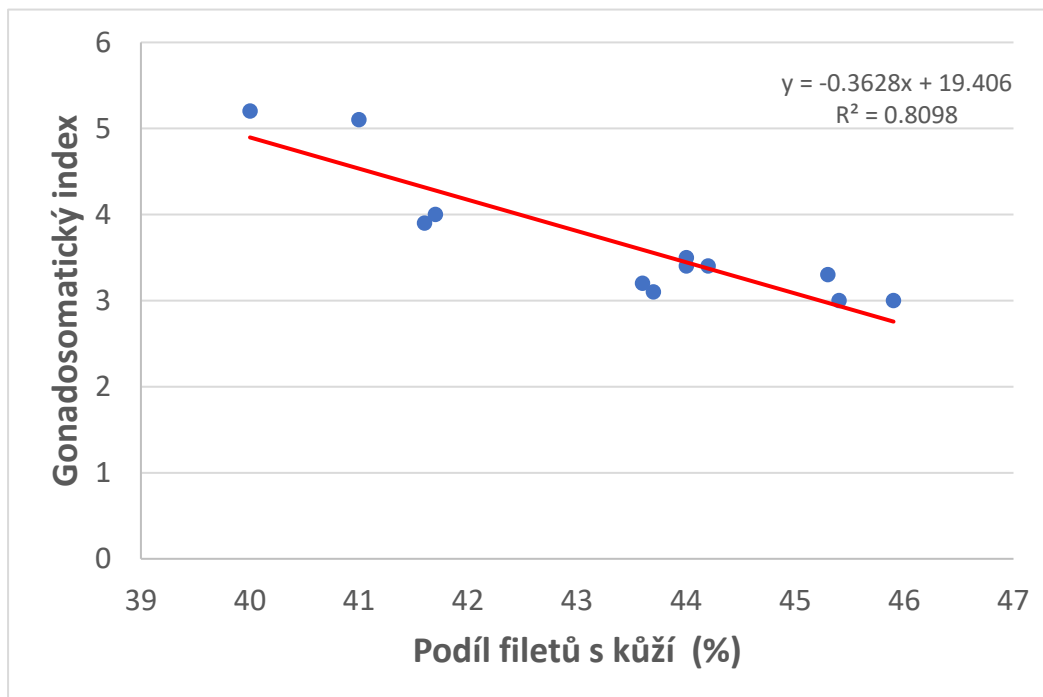
POT – podíl opracovaného trupu; PFSK – podíl filetů; GSI – gonadosomatický index.

a, b, c, d\_ **statistická analýza kovariance (ANCOVA)** – rozdíly mezi skupinami se stejným abecedním znakem nejsou statisticky průkazné na hladině  $p < 0,05$ . Uváděné hodnoty představují průměry vypočtené metodou nejmenších čtverců a střední chybu průměru (Průměr MNČ ± S.E.).

**Graf 1.** Negativní fenotypová korelace mezi gonadosomatickým indexem a podílem opracovaného trupu.



**Graf 2.** Negativní fenotypová korelace mezi gonadosomatickým indexem a podílem filetů s kůží.



Hodnoty biometrických ukazatelů (index vysokohřbetosti – IV, index širokohřbetosti – IŠ a Fultonův kondiční koeficient – FK) včetně statistického vyhodnocení jsou zobrazeny v tab. 6.

Index vysokohřbetosti (IV)<sup>4</sup> je jeden z nejpoužívanějších exteriérových ukazatelů a udává, kolikrát je délka těla větší než jeho maximální výška. Podle klasifikace Hofer – Waltera se rozlišují kulturní formy kapra s IV 2 – 3 a primitivní nebo zdegenerované formy s IV větším než 3. V českém rybničním hospodářství se preferují hodnoty IV pod 2,7 (Krupauer a Kubů, 1985). Jak je z výsledků v tabulkách patrné, nejvíce vysokohřbeté plemeno je maďarský lysec M2, pro kterého je právě tato vlastnost typická. Naopak AL hybridy mají tento index vyšší, čímž spadají do skupiny se středním rámcem těla. Protáhlejší tvar těla je dán geny amurského sazana.

Z pohledu spotřebitele je tento tvar méně žádoucí, na druhou stranu jsou ale geny AS důležité pro zvýšení nespecifické imunity amurského lysce a jeho hybridů. Do budoucna však z pohledu zpracovatelů ryb mohou být ryby s protáhlejší tvarem těla výhodnější, neboť, jak dokazují výsledky měření u AL a jeho hybridů, vykazují tyto ryby vyšší podíly opracovaného trupu a filetů (Prchal a kol., 2018b, 2021). V současné době je ale stále pro tvorbu hybridů s AL účelné využívat plemena s vyšším tělesným rámcem (např. M2, HSM PoL či jiné lokální linie a populace s vyšším rámcem těla).

Index širokohřbetosti (IŠ)<sup>5</sup> vyjadřuje podíl šířky těla k jeho délce v %. Hodnoty IŠ jsou podle Steffense (1975) u divokého kapra 17,5 – 18,8 %, u rybničních kaprů 19,5 – 23,4 %. V českém rybníkářství se preferují hodnoty IŠ neklesající pod 20 % (Krupauer a Kubů, 1985). AL hybridy dosáhli vyrovnaně mezní hodnoty IŠ, který je v přímé korelaci s IV a odráží tak rovněž protaženější tvar těla (vyšší hodnota IŠ) či naopak vyšší rámec těla (nižší hodnota IŠ).

Fultonův koeficient (FK)<sup>6</sup> se používá k posouzení kondičního stavu a vyživenosti ryb. Rovněž se však prokázalo, že FK je silně závislý na tvaru těla kapra obecného. Nižší hodnota FK značí nižší rámec těla (Prchal a kol., 2018b). Tento fakt dokazují i hodnoty FK u testovaných skupin ryb v tab. 6, kde je patrné, že hybridy s AL dosahovali nižší hodnoty FK, ovšem hybridy s M2 měli tyto hodnoty vyšší ukazující na vyšší rámec těla. FK tak může sloužit nejen ke kontrole kondičního stavu ryb v rámci dané obsádky, ale může se využívat i pro kontrolu exteriérových ukazatelů kapra.

---

<sup>4</sup> Index vysokohřbetosti (IV) = délka těla / výška těla

<sup>5</sup> IŠ = Šířka těla (mm) \* 100 / Výška těla (mm)

<sup>6</sup> FK = (10<sup>5</sup> \* Váha těla (g) / Délka těla<sup>3</sup> (mm))

**Tab. 6.** Souhrn výsledků biometrických ukazatelů čistých plemen, produkčních hybridů a hybridů s AL (zvýrazněny tučně).

Testované skupiny	IV	Testované skupiny	IŠ (%)	Testované skupiny	FK
M2	2,39±0,01 <sup>a</sup>	<b>PoL x AL<sub>P</sub></b>	19,8±0,1 <sup>a</sup>	<b>PoL x AL<sub>P</sub></b>	3,18±0,02 <sup>a</sup>
HSM x TeL	2,42±0,02 <sup>ab</sup>	<b>PoL x AL<sub>V</sub></b>	19,9±0,1 <sup>ab</sup>	<b>PoL x AL<sub>V</sub></b>	3,20±0,02 <sup>a</sup>
M2xM72	2,43±0,01 <sup>b</sup>	<b>M2 x AL<sub>P</sub></b>	20,1±0,1 <sup>bc</sup>	PoL x M72	3,40±0,03 <sup>c</sup>
HSM x M72	2,49±0,01 <sup>c</sup>	<b>HSM x AL<sub>V</sub></b>	20,1±0,1 <sup>c</sup>	PoL	3,44±0,03 <sup>cd</sup>
<b>M2 x AL<sub>V</sub></b>	2,50±0,01 <sup>cd</sup>	<b>M2 x AL<sub>V</sub></b>	20,2±0,1 <sup>c</sup>	<b>HSM x AL<sub>V</sub></b>	3,46±0,03 <sup>cd</sup>
HSM	2,50±0,01 <sup>cd</sup>	PoL x M72	20,3±0,1 <sup>cd</sup>	<b>M2 x AL<sub>P</sub></b>	3,51±0,03 <sup>de</sup>
PoL	2,51±0,01 <sup>cd</sup>	M2xM72	20,4±0,1 <sup>cd</sup>	<b>M2 x AL<sub>V</sub></b>	3,55±0,03 <sup>e</sup>
PoL x M72	2,52±0,01 <sup>cd</sup>	PoL	20,4±0,1 <sup>cd</sup>	HSM	3,55±0,03 <sup>e</sup>
<b>M2 x AL<sub>P</sub></b>	2,54±0,01 <sup>d</sup>	HSM	20,6±0,1 <sup>de</sup>	HSM x M72	3,56 ±0,03 <sup>e</sup>
<b>HSM x AL<sub>V</sub></b>	2,60±0,01 <sup>e</sup>	HSM x M72	20,7±0,1 <sup>e</sup>	M2xM72	3,66±0,03 <sup>f</sup>
<b>PoL x AL<sub>V</sub></b>	2,65±0,01 <sup>f</sup>	M2	20,8±0,1 <sup>ef</sup>	HSM x TeL	3,74±0,03 <sup>fg</sup>
<b>PoL x AL<sub>P</sub></b>	2,66±0,01 <sup>f</sup>	HSM x TeL	21,1±0,1 <sup>f</sup>	M2	3,80±0,03 <sup>g</sup>

IV – index vysokohřbetosti; IŠ – index širokohřbetosti; FK – Fultonův kondiční koeficient.

<sup>a, b, c, d, e, f, g</sup> - **statistická analýza kovariance (ANCOVA)** – rozdíly mezi skupinami se stejným abecedním znakem nejsou statisticky průkazné na hladině  $p < 0,05$ . Uváděné hodnoty představují průměry vypočtené metodou nejmenších čtverců a střední chybu průměru (Průměr MNČ ± S.E.).

### 2.2.3 Zvýšení odolnosti lysé obsádky kapra vůči koi herpesviróze (KHV)

Tak jako u jiných druhů ryb, vyskytuje se i v chovech kapra obecného velké spektrum onemocnění bakteriálního, parazitárního či virového původu s různými dopady na jejich obsádky. V současné době je za jedno z nejzávažnějších onemocnění pokládána koi herpesviróza (KHV). Původcem tohoto virového onemocnění je kapří herpesvirus 3 (*Cyprinid herpesvirus 3*; CyHV-3). Jedná se o vysoce nakažlivé onemocnění způsobující ztráty na obsádkách ryb. Onemocnění se nejčastěji objevuje při teplotách vody mezi 16 – 25 °C. Při teplotách vody nad 28 °C už k propuknutí onemocnění zpravidla nedochází. V přirozených podmínkách virus napadá pouze kapra a jeho barevné okrasné variety koi. Vnímavé jsou všechny věkové kategorie kapra a koi kromě plůdku do cca 1 cm délky. Klinické projevy a diagnostika KHV je blíže popsána v metodice Piačková a kol. (2015) – Prevence vzniku koi herpesvirózy v chovech kapra a koi kapra.

Z hlediska legislativního bylo KHV od srpna roku 2008 na základě Směrnice rady 2006/88/ES ze dne 24. října 2006 o veterinárních požadavcích na živočichy pocházející z akvakultury a produkty akvakultury a o prevenci a tlumení některých nálezů vodních živočichů zařazeno na seznam nálezů ryb uvedený v příloze 2 Zákona č. 182/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 166/1999, o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon). V případě pozitivního a potvrzeného nálezu původce onemocnění ve vzorcích ryb je vymezeno Státní veterinární správou ohnisko nákazy, které je tvořeno vnitřním ochranným pásmem a vnějším pásmem dozoru kolem ohniska. Nepříjemným závěrem celého procesu je nařízená likvidace celé obsádky kapra v ohnisku nákazy. Ministerstvo zemědělství sice vyplácí chovatelům náhradu za utracené ryby a za náklady spojené se závěrečnou dezinfekcí rybníku, náradí, dopravních prostředků atd., ale v každém případě jsou eradikační opatření

nepříjemná, zvláště proto, že KHV většinou postihuje obsádky kapra v tržní velikosti. Plošný monitoring výskytu původce onemocnění je v ČR pravidelně prováděn, nicméně pozornost státních orgánů se soustředí zejména tam, kde se vyskytnou vyšší úhyny obsádek kapra s příznaky onemocnění KHV či tam, kde byl výskyt původce onemocnění již dříve zaznamenán.

Jednou z možností, jak předcházet této nebezpečné nákaze ryb, je i cílené šlechtění zaměřené na zvyšování odolnosti obsádek. Vnímavost různých plemen a hybridů kapra ke KHV byla v minulosti testována v rámci projektů Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV). Na těchto projektech participovala Fakulta rybářství a ochrany vod ve Vodňanech a Výzkumný ústav veterinárního lékařství (VÚVeL) v Brně, kde probíhaly experimentální infekce KHV v kontrolovaných podmínkách. Infekce testovaných skupin ryb byla navozena buď injekční aplikací známé koncentrace viru, uměle pomnoženého na buněčné linii, nebo kohabitací, tj. umístěním několika takto infikovaných vnímavých ryb (většinou koi kaprů) do nádrže společně s testovanými skupinami (Obr. 4). Druhý popisovaný způsob se více blíží přirozeným podmínkám, kde dochází k přenosu infekce z jedné ryby na druhou. První zase umožňuje lépe kvantifikovat virovou nálož, které je každý jedinec vystaven. Teplota 23 °C, příznivá pro množení viru, spolu se zvýšenou koncentrací ryb v nádržích napomáhá rozvoji onemocnění, v jehož důsledku určitá část ryb uhynie. Pro kontrolu úspěšnosti infekce je do každého testu zařazována skupina koi kaprů, kteří vůči KHV vykazují nejvyšší vnímavost. Test je možno pokládat za validní, pokud v jeho průběhu z této pozitivní kontroly uhynie alespoň 90 % ryb. Po celou dobu experimentu je v pravidelných intervalech (zpravidla 2x denně) zaznamenávána mortalita ryb a uhynulé ryby jsou z nádrží odstraňovány. Experiment je ukončen ve chvíli, kdy se úhyn ryb ve všech testovaných skupinách zastaví, což je zpravidla 30 – 40 dní od jeho zahájení. Následně se vyhodnotí kumulativní mortalita jednotlivých skupin. Každá skupina je optimálně vystavena KHV opakovaně. V tom případě se počítají vážené průměry kumulativní mortality ze všech pokusů, do nichž byly jednotlivé skupiny zařazeny. Do testování vnímavosti ke KHV byl zařazen také AL a jeho hybridi. Ve srovnání s dalšími vybranými plemeny, liniemi či populacemi byl u AL zaznamenán předpokládaný pozitivní vliv introgrese genů amurského sazana do genomu amurského lysce na odolnost vůči KHV, a to u obou čistých linií AL i u hybridů M2 x AL<sub>v</sub> a M2 x AL<sub>p</sub>.

Hodnoty vážené kumulativní mortality na KHV zjištěné u jednotlivých skupin kapra jsou uvedeny v tab. 7. Průběh mortality v jednom ze sedmi pokusů je znázorněn v grafu č. 3. Nejnížší kumulativní mortalita byla zaznamenána u amurského sazana (1,7 %). Potvrzena byla tedy jeho vysoká odolnost vůči KHV. Odolné bylo také plemeno ROP (5 %) a jeho kříženec (10 %). Plemeno ROP vzniklo křížením s AS. Mezi lysými skupinami byla nejnížší mortalita zaznamenána právě u AL či jeho kříženců (16,7 – 26,7 %). Nejnížší mortalita u lysců bez příbuznosti k AS byla 43,3 %. Trochu překvapivě vyšší než předpokládaná mortalita byla pozorována u plemene M72, na jehož založení se podílel ROP. Nicméně i tak byl jednoznačně statisticky prokázán pozitivní vztah mezi vyšší odolností plemen a jejich kříženců vůči KHV a jejich příbuzností k amurskému sazanovi. Mortalita plemen a hybridů odvozených od *Cyprinus rubrofasciatus* ve všech testech dohromady (174 uhynulých ryb z 509 nasazených, tj. 34 %) byla signifikantně nižší ( $p < 0,001$ ) než mortalita plemen a hybridů odvozených od *Cyprinus carpio* (443 uhynulých ryb ze 623 nasazených, tj. 71 %). Mezi plemeny vykazujícími kumulativní mortalitu nižší než 50 % je pouze jediné, které není geneticky odvozeno od amurského sazana. Každopádně využití plemene AL k vytváření lysých obsádek kapra s vyšší odolností vůči KHV se jeví velice slibně.



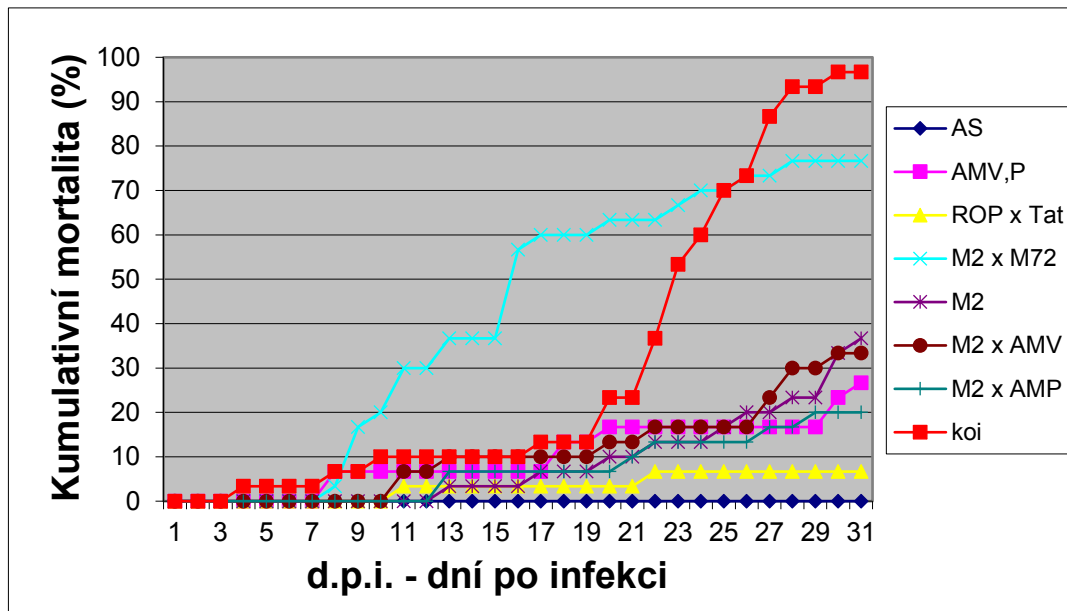
**Obr. 4.** Experimentální infekce amurského lysce koi herpesvirem (KHV). Foto: Martin Prchal

**Tab. 7.** Vážené průměry kumulativní mortality plůdku kapra obecného během třiceti dnů po infekci. Tučně jsou vyznačeny skupiny s lysým fenotypem ošupení.

Skupina	Kumulativní mortalita průměr (min – max) (%)	Příbuznost k AS (mateřská/otcovská pozice)
AS	1,7 (0 – 3,3)	+/+
ROP	5,0	+/+
ROP x TAT	10,0 (6,7 – 15,0)	+/-
<b>M2 x AL<sub>P</sub></b>	<b>16,7 (13,3 – 20,0)</b>	-/+
<b>AL<sub>V</sub>; AL<sub>P</sub></b>	<b>26,7 (26,7 – 26,7)</b>	+/+
<b>M2 x AL<sub>V</sub></b>	<b>26,7 (20,0 – 33,3)</b>	-/+
<b>M2</b>	<b>43,3 (36,7 – 50,0)</b>	-/-
C73	57,1 (35,4 – 71,8)	-/-
<b>M2 x M72</b>	<b>64,0 (45,0 – 76,7)</b>	-/+
<b>PoL</b>	<b>71,8 (32,1 – 94)</b>	-/-
<b>M72</b>	<b>75,6 (38,6 – 100)</b>	+/+
TŠ	80,0	-/-
PŠ	82,1 (50 – 100)	-/-
ML	85,0	-/-
<b>C435</b>	<b>89,5 (82,2 – 96,0)</b>	-/-

**AS** – amurský sazan; **ROP** – ropšínský kapr šupinatý; **TAT** – tatajský kapr šupinatý; **M2** – maďarský lysec; **AL<sub>v</sub>** – amurský lysec (vodňanská linie); **AL<sub>p</sub>** – amurský lysec (pohořelická linie); **C73** – jihočeský kapr šupinatý; **PoL** – pohořelický kapr (lysec); **M72** – severský lysec; **TŠ** – třeboňský šupináč; **PŠ** – přerovský šupináč; **ML** – mariánskolázeňský kapr šupinatý; **C435** – syntetická lysá linie.

**Graf 3.** Průběh mortality plemen a hybridů vystavených působení viru CyHV-3 v kohabitačním experimentu



**AMV; AMP** – amurský lysec (vodňanská a pohořelická linie; koi – barevná forma kapra obecného)

## 2.3 Možnosti využití amurského lysece v selekčním programu

### 2.3.1 Úvod k selekci a selekčním programům

Selekce je jednou z hlavních evolučních sil ve všech biologických systémech a zároveň i jednou z nejúčinnějších šlechtitelských metod při zlepšování užitkových vlastností rostlin a zvířat, a to včetně ryb (Gjedrem, 2005). Selekcí spočívá ve výběru k další reprodukci jen těch jedinců, kteří na základě zjištěných fenotypových hodnot (změření, zvážení, výpočet) spadají do požadovaného intervalu. Selekcí se vyplatí provádět jen u kvantitativních znaků se středním nebo vysokým koeficientem (nad 0,2) heritability (dědivosti). Oproti hybridizaci je genetický zisk přenosný na budoucí generace a nadále je možné jej dalšími selekčními výzvami zvětšovat (kumulovat), a to až do doby dosažení tzv. selekčního stropu. Je potřeba ale pamatovat na to, že mezi jednotlivými užitkovými znaky často existují genetické závislosti (korelace). Vylepšením jednoho znaku je tedy možné ovlivnit znaky jiné, a to nejen v pozitivním, ale i negativním ohledu. Bližší informace k selekci a k metodickým postupům při selekci v podmínkách českého rybářství jsou k dispozici v metodice Kocoura a kol. (2010).

Selekční metody můžeme dělit na jednoduché, tedy ty, kde výběr probíhá pouze na základě individuální hodnoty znaku (individuální či tzv. hromadná selekce – z anglického názvu *mass selection*), až po komplexní, kdy je nutné znát nejen hodnoty znaku, ale i příbuzenské vztahy u dané populace: 1) selekce celých rodin – rodinná selekce; 2) selekce dle odhadnuté plemenné hodnoty – kombinace znaku a příslušnosti k rodině či 3) kombinace individuální a rodinné selekce apod. (Gjedrem, 2005; Gjedrem a Baranski 2009). Výhodou individuální selekce je její nenáročnost na provedení, avšak neznámé příbuzenské vztahy mohou vést

k nežádoucímu zvýšení inbrídingu v budoucích generacích. Jednoduchým příkladem hromadné selekce je výběr 10 % ryb s nejvyšší hodnotou daného znaku, tedy např. z populace o velikosti 1000 ks vybereme 100 ks ryb s nejvyšší hodnotou např. hmotnosti. Prahová hodnota, tzv. selekční práh (*Sp*), je odvozen od individuálního převážení min. 100 ks náhodně vybraných ryb z dané obsádky a seřazením zjištěných hodnot hmotností od nejvyšší po nejnižší. Při vážení 100 ks ryb a 10 % selekčním tlaku bude hodnota *Sp* ta, která odpovídá 10. rybě v pořadí, při vážení 150 ks ryb bude *Sp* ta, která odpovídá 15. rybě v pořadí atd. Vybrané jedince lze využít jako generační ryby k založení nové, „geneticky vylepšené“ populace. Stejný postup se opakuje po další generace. Při zakládání každé generace je nutné pamatovat na zachování dostatečně velké efektivní velikosti populace (Kocour a kol., 2010), jež je mimo jiné závislá i na poměru použitých samic a samců. Z dlouhodobějšího hlediska se při realizaci selekčního programu nelze vyhnout kromě dnes již standardní individuální identifikaci ryb např. pomocí čipů (P.I.T tags – *Passive Integrated Transponders*) také určení příbuzenských vztahů u všech vybraných generačních ryb. K identifikaci postačí vzorky cca 0,5 cm<sup>2</sup> ploutevní tkáně odebrané od všech vybraných generačních ryb z dané obsádky a jejich pravděpodobných rodičů. Cena genetické analýzy jednoho vzorku je cca 300 Kč. Naše fakulta dlouhodobě spolupracuje s francouzskou laboratoří genetických analýz (LABOGENA) zabývající se genotypováním např. skotu, prasat, drůbeže ale i ryb. Zvolením vhodných mikrosatelitních markerů se u AL dosahuje úspěšnosti přiřazení ryb k rodičovskému páru na úrovni 93 %. V případě zájmu jsou pracovníci Laboratoře molekulární, buněčné a kvantitativní genetiky, Fakulty rybářství a ochrany vod ochotni pomoci se zprostředkováním této služby (odebrání vzorků DNA a jejich odeslání do Francie k analýzám). Jsme schopni také zajistit odhady genetické variance čili heritability znaků zájmu, určit genetické korelace s dalšími znaky, kalkulovat očekávané genetické zisky a nastavit přesně definovaný selekční program nejlepší pro danou obsádku (populaci) ryb, včetně metodického vedení při realizaci celého experimentu.

V posledních letech nabývají i u ryb na významu genomické studie, které umožňují provádět tzv. genomickou selekci na základě znalosti genomické variance či polymorfismu přesně definovaných míst v genomu, a to díky analýze genotypu specifických nukleotidů napříč genomem (tzv. SNP čipů – čti „snip čipy“ z anglického názvu *Single Nucleotide Polymorphism*), které umí spolehlivě předpovědět užitkovost jedince pro daný znak či vysvětlit genetickou vazbu na daný užitkový znak (Yáñez a kol., 2015):

- na základě statistického modelu odhadnout genomickou plemennou hodnotu spojenou s užitkovostí znaku za pomoci genetických markerů GBLUP (*genomic-based best linear unbiased prediction*), která je zpravidla přesnější než klasická plemenná hodnota zjišťovaná pouze na základě rodokmenu – PBLUP (*pedigree-based best linear unbiased prediction*)
- analýzou lokusu kvantitativního znaku (*quantitative trait loci*; QTL) detekovat místo v genomu (chromozomu), které vysvětluje genetickou varianci daného znaku
- kandidátním genem, který se ukrývá v blízkosti našeho QTL vysvětlit jeho funkci pro daný znak či definovat jeho možnost pro další selekci.

Stále se však jedná o finančně velmi nákladné metody, za jejichž praktickým využitím stojí mnoho let výzkumu, a u kapra obecného v našich podmínkách zatím nenašly a patrně ještě nějakou dobu nenajdou uplatnění.

Selekční programy se u hlavních evropských akvakulturních druhů ryb (losos obecný *Salmo salar*, pstruh duhový *Oncorhynchus mykiss*, mořčák evropský *Dicentrarchus labrax* a pražma královská *Sparus aurata*) zaměřují zejména na rychlejší růst a dále i na zvýšení odolnosti vůči nemocem, zlepšení požadovaného tvaru těla, kvality produktu či podílu jedlých částí těla. Systematický selekční program kapra v Evropě zatím není zaveden. Na základě výsledků

výzkumu na Fakultě rybářství a ochrany vod zabývajícího se problematikou selekce u AL<sub>V</sub> si klademe za cíl takový selekční program zavést. Amurský lysec se jeví jako vhodné plemeno, a to zejména díky vysoké genetické varianci u těch kvantitativních znaků, které jsou pro chov kapra nejdůležitější.

### 2.3.2. Genetické parametry hlavních užitkových znaků AL

Hodnoty heritability jednotlivých užitkových znaků AL<sub>V</sub> jsou podrobně popsány v tab. 8. Genetická variance všech znaků je statisticky významná. V případě přežití se jedná o nízké hodnoty, u hmotnosti, obsahu tuku, výtěžnostních znaků, resp. jejich prediktorů, ošupení a odolnosti vůči KHV jde o středně vysoké hodnoty a u znaků souvisejících s tvarem těla (Fultonův kondiční faktor, relativní délka hlavy a výška těla) jde o vysoké hodnoty dědivosti. Z výsledků je patrné, že téměř všechny znaky by mohly být cíleně změněny selekcí v požadovaném směru, kromě přežití. Pro zařazení daného znaku do selekčního programu je potřeba také znát zmiňované genetické korelace mezi jednotlivými produkčními znaky. Zjištěné genetické korelace mezi nejdůležitějšími kvantitativními znaky jsou zobrazeny v tab. 9 a blíže vysvětleny v následujícím textu. Prezentované výsledky několikaletého výzkumu jsou nejvíce relevantní pro AL<sub>V</sub>, nicméně možnost přenesení prezentovaných informací na selekční program jakékoliv nově vytvořené lysé linie s geny amurského sazana, a v některých ohledech i na jakékoliv další linie kapra s dostatečnou genetickou variancí pro daný znak je vysoce pravděpodobná.

**Tab. 8.** Souhrn dědivostí užitkových znaků amurského lysce (vodňanská linie).

Znak	Věk	$h^2 (\pm S.E.)$	Odkaz na literaturu
Hmotnost	Plůdek K <sub>1</sub> (podzim)	0,26 ± 0,05	Palaiokostas a kol., 2018a
	Násada K <sub>2</sub> (podzim)	0,49 ± 0,08	Prchal a kol., 2018a
	Násada K <sub>2</sub> (jaro)	0,51 ± 0,08	Prchal a kol., 2018a
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,63 ± 0,12	Prchal a kol., 2018a
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,40 ± 0,09	Prchal a kol., 2021
% Obsah tuku	Násada K <sub>2</sub> (podzim)	0,62 ± 0,14	Prchal a kol., 2018a
	Násada K <sub>2</sub> (jaro)	0,64 ± 0,14	Prchal a kol., 2018a
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,67 ± 0,13	Prchal a kol., 2018a
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,50 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
FK	Násada K <sub>2</sub> (podzim)	0,73 ± 0,10	Prchal a kol., 2018
	Násada K <sub>2</sub> (jaro)	0,93 ± 0,10	Prchal a kol., 2018a
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	1,00 ± 0,09	Prchal a kol., 2018a
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,51 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
RDH	Tržní velikost K <sub>3</sub>	1,00 ± 0,09	Prchal a kol., 2018b
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,47 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
IV	Tržní velikost K <sub>3</sub>	1,00 ± 0,09	Prchal a kol., 2018b
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,60 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
% Opracovaný trup	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,46 ± 0,08	Prchal a kol., 2018b

	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,53 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
% Filet	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,50 ± 0,08	Prchal a kol., 2018b
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,50 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
E8/P23*	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,48 ± 0,07	Prchal a kol., 2018a
E8/M23_3D*	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,44 ± 0,08	Prchal a kol., 2020
E8/E23_2**	Násada K <sub>2</sub> (jaro)	0,40 ± 0,08	Prchal a kol., 2021
E8/E23_3**	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,41 ± 0,09	Prchal a kol., 2021
E8/M23_3***	Násada K <sub>2</sub> (jaro)	0,40 ± 0,08	Prchal a kol., 2021
E8/M23_3***	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,41 ± 0,09	Prchal a kol., 2021
Přežití	2. zimování	0,13 ± 0,06	Prchal a kol., 2018a
	K <sub>2</sub> – K <sub>3</sub>	0,15 ± 0,05	Prchal a kol., 2018a
	K <sub>1</sub> – K <sub>2</sub>	0,03 ± 0,05	Prchal, os. sdělení
KHV odolnost	Plůdek K <sub>1</sub> (podzim)	0,61 ± 0,06	Palaikostas a kol., 2018b
Lysé ošupení AL	Násada K <sub>2</sub> (podzim)	0,89 ± 0,15	Prchal, os. sdělení

**FK** – Fultonův kondiční koeficient; **RDH** – relativní délka hlavy; **RVT** – relativní výška těla

\* poměr mezi tloušťkou břišní stěny (měřeno ultrazvukem) a vzdáleností mezi postranní čarou a bodem kolmým k břišní partii (P23 – měřeno z fotografie, M23\_3D – měřeno 3D ramenem).

\*\* stejný poměr měřený pouze ultrazvukem (2: po druhém zimování, 3: v tržní velikosti)

\*\*\* stejný poměr měřený kombinací ultrazvuku a měrné desky (2: po druhém zimování, 3: v tržní velikosti)

**Tab. 9.** Genetické korelace užitkových znaků amurského lysce (vodňanská linie).

Znak	Věk	r <sub>g</sub> (± S.E.)	Odkaz na literaturu
Hmotnost – Hmotnost	K <sub>2</sub> – K <sub>3</sub>	0,74 ± 0,07	Prchal a kol., 2018a
% Obsah tuku – Přežití	K <sub>2</sub> podzim – K <sub>2</sub> jaro	-0,59 ± 0,26	Prchal a kol., 2018a
	K <sub>2</sub> jaro – K <sub>3</sub>	-0,53 ± 0,19	Prchal a kol., 2018a
% Obsah tuku – % Obsah tuku	K <sub>2</sub> – K <sub>3</sub>	0,70 ± 0,08	Prchal a kol., 2018a
FK – Přežití	K <sub>2</sub> – K <sub>3</sub>	0,45 ± 0,21	Prchal a kol., 2018a
RDH – % Filet	Tržní velikost K <sub>3</sub>	-0,53 ± 0,10	Prchal a kol., 2018a
	Tržní velikost K <sub>3</sub>	-0,37 ± 0,16	Prchal a kol., 2021a
IV – % Filet	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,26 ± 0,13	Prchal a kol., 2018b
% Filet - % Opracovaný trup	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,96 ± 0,02	Prchal a kol., 2018b
% Filet - % Opracovaný trup	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,96 ± 0,02	Prchal a kol., 2021
% Filet – P23	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,76 ± 0,16	Prchal a kol., 2018b
% Filet – M23_3D	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,73 ± 0,08	Prchal a kol., 2020
% Filet – E8/E23_2	K <sub>2</sub> jaro – K <sub>3</sub>	0,72 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
% Filet – E8/E23_3	K <sub>3</sub>	0,78 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
% Filet – E8/M23_2	K <sub>2</sub> (jaro) – K <sub>3</sub>	0,71 ± 0,10	Prchal a kol., 2021
% Filet – E8/M23_3	Tržní velikost K <sub>3</sub>	0,78 ± 0,08	Prchal a kol., 2021
FK – KHV odolnost	K <sub>2</sub> jaro	-0,32 ± 0,14	Zhao a kol., 2020

RDH – KHV odolnost	Tržní velikost $K_3$	$-0,35 \pm 0,14$	Zhao a kol., 2020
RVT – KHV odolnost	Tržní velikost $K_3$	$-0,29 \pm 0,14$	Zhao a kol., 2020
% Filet – KHV odolnost	Tržní velikost $K_3$	$0,44 \pm 0,13$	Zhao a kol., 2020
Lysé ošupení – FK	$K_2$ podzim	$0,36 \pm 0,17$	Prchal, os. sdělení
Lysé ošupení – RVT	$K_2$ podzim	$0,40 \pm 0,12$	Prchal, os. sdělení
Lysé ošupení – RDH	$K_2$ podzim	$0,53 \pm 0,11$	Prchal, os. sdělení
Lysé ošupení – Hmotnost	$K_2$ podzim	$0,34 \pm 0,13$	Prchal, os. sdělení
Lysé ošupení – Obsah tuku	$K_2$ podzim	$-0,35 \pm 0,13$	Prchal, os. sdělení

### 2.3.3 Selekcce na růst

Hlavním užitkovým znakem nejen u ryb, ale u většiny hospodářských zvířat, je dosažená hmotnost. Selekcí se tedy snažíme zrychlit růst a zkrátit produkční cyklus, což může zefektivnit produkci. Hodnota dědivosti hmotnosti u  $AL_V$  byla opakovaně prokázána jako střední až vysoká, a proto by selekční program na tento znak měl dobře fungovat. Zároveň byla prokázána vysoká pozitivní genetická korelace mezi hmotnostmi  $K_2$  a  $K_3$ . Selekcce na hmotnost lze tedy provádět již u dvouletých ryb s projevem zlepšení znaku i u tržních ryb (genetický zisk na úrovni 10 %). Taková selekcce by značně zjednodušila manipulaci, ušetřila místo na krátkodobé uchování ryb a uspíšila i samotné vážení ryb z důvodu nižší kusové hmotnosti, viz Obr. 5 ( $K_2 = 200 \text{ g} - 700 \text{ g}$  vs.  $K_3 = 1\,500 \text{ g} - 2\,000 \text{ g}$ ). Hmotnost se tak zdá být vhodným a praktickým znakem udržitelného selekčního programu kapra obecného nejen v případě amurského lysce, ale i dalších plemen a linií, jak ukázaly nedávné výsledky několika vědeckých studií (např. Kocour a kol., 2007; Nielsen a kol., 2011; Ninh a kol., 2011 a mnoho dalších).

**Obr. 5.** Selekcce na hmotnost dvouletých násad amurského lysce. Foto: Martin Prchal



### **Užitečné rady, tipy a informace 2**

- Při selekci na růst doporučujeme nastavit selekční tlak na úrovni 10 %. Jde o vhodný kompromis mezi mírou očekávaného genetického zisku a náročností při procesu vlastní selekce. Platí, že s ohledem k efektivní velikosti populace a riziku inbreedingu je potřeba selekci provádět tak, aby se získalo k reprodukci alespoň 100 ks generačních ryb.
- V případě selekce na růst po druhém zimování není dle našich zkušeností nutno ryby před vážením zklidnit v lázni s anestetikem (např. MS220 v koncentraci 30 mg na litr vody, 2-phenoxyethanol v koncentraci 0,30 ml na litr vody), jelikož manipulace s touto váhovou kategorií je celkem jednoduchá a v případě práce na dvě skupiny i rychlá. Ovšem při selekci tříletých ryb doporučujeme již uspání ryb v lázni s anestetikem pro plynulý a rychlý průběh vážení a měření ryb.
- Pokud se budou selektovat ryby ve věkové kategorii  $K_2$ , doporučuje se vybrat alespoň 200 ks ryb. Obsádka, z které se tyto ryby získají, musí čítat při selekčním tlaku 10 % min. 2000 ks. Pokud se bude selektovat ve věkové kategorii  $K_3$ , postačí vybrat 150 ks budoucích generačních ryb, při selekčním tlaku na úrovni 10 % pak obsádka ryb musí čítat min. 1500 ks.
- Při selekci se doporučuje ryby nejen vážit, ale i měřit, a to min. standartní délku (vzdálenost od hrotu rypce až po konec ocasního násadce) pro možnost výpočtu Fultonova kondičního koeficientu (FK). FK má vztah k tvaru těla i k dalším užitkovým znakům (viz kapitola 2.3.7.)
- Pro měření ryb se doporučuje nechat vyrobít či svépomocí zhotovit jednoduchou měřicí desku s příkládacím trojúhelníkem, která umožní snadné měření nejen délky, ale také výšky a šířky ryb (viz obr. 6.)



**Obr. 6.** Ukázka měrné desky, měrného trojúhelníku a naznačení měření standardní délky. Foto: Martin Prchal

#### 2.3.4. Selektce na obsah tuku ve svalovině

Dalším znakem, který dosahuje vysoké hodnoty dědivosti a mohl by být případně využit v selekčním programu, je obsah tuku ve svalovině. Ten se dá měřit i na živých rybách s využitím speciálního tukoměru (*Fatmeter*) pro ryby (např. FFM 692 a FFM 992 od firmy Distell.com kalibrace *CARP* – 1; obr. 7). V tomto případě je ale nutno počítat s investicí při koupi tukoměru cca 150 tis. Kč. Průměrný obsah tuku ve svalovině kapra v obsádkách tržních ryb v podmínkách ČR kolísá mezi 5 – 15 % (Bauer a Schlott, 2009). Postup při selekci vypadá stejně jako v případě přímé selekce na hmotnost (včetně selekce ryb již ve druhém roce) s využitím metody hromadné selekce. Nicméně otázka selekce na vyšší či nižší hodnotu tohoto znaku se vzhledem k nejnovějším poznatkům z našeho výzkumu jeví jako komplikovanější. Obecně se má za to, že vyšší obsah tuku před komorováním je výhodou pro lepší přežití, jelikož tuk představuje zásobní energetickou rezervu využívanou v zimním období. Naše výsledky však ukázaly, že to tak jednoznačné není. Opakovaně byla totiž pozorována negativní genetická korelace mezi obsahem tuku a přežitím, a to jak během druhého zimování, tak během třetí vegetační sezóny. Selektce na vyšší obsah tuku by tak mohla vést překvapivě k nižšímu přežití ryba rovněž ji nelze doporučit zejména v případě, kdy je využívána klasická strategie příkrmování ryb obilovinami. Tehdy totiž narůstá relativní zastoupení nasycených (SFA) a mononenasycených (MUFA – *mono unsaturated fatty acids*) mastných kyselin a rovněž poměr mezi omega-3 a omega-6 polynenasycenými mastnými kyselinami (PUFA – *polyunsaturated fatty acids*) se zhoršuje. Kvalita masa ryb by se tak při selekci na vyšší obsah tuku měnila k horšímu. Řešením této situace by bylo dodávání prekurzorů omega-3 mastných kyselin v krmné směsi (řepkové a

Iněné výlisky) stejně jako při produkci Omega-3 kapra<sup>®</sup> (Omega-3 kapr, 2021), případně zvýšení podílu přirozené potravy na přírůstku ryb. V těchto případech by u ryb šlechtěných na vyšší obsah tuku byla hodnota zdraví prospěšných omega-3 kyselin pravděpodobně vyšší než u ryb nešlechtěných. Selekcí na nižší obsah tuku by se kvalita masa mohla zlepšit, ale pravděpodobně by se snížil podíl svaloviny, neboť byla prokázána významná pozitivní genetická korelace mezi obsahem tuku ve svalovině a podílem opracovaného trupu či filetů. Od určité hranice by se nízké procento tuku ve svalovině mohlo projevit i ve schopnosti ryb přežívat nepříznivá období, i když do určité míry může mít selekce na nižší obsah tuku na přežití spíše pozitivní vliv, jak již bylo uvedeno výše. Všechny tyto aspekty ale vyžadují praktické ověření, které není jednoduché. Je potřeba si také uvědomit, že genetická predispozice pro ukládání tuku ve svalovině může ovlivňovat celou řadou dalších biologických a fyziologických funkcí v těle ryb, proto je potřeba selekční šlechtění u tohoto znaku provádět nanejvýš citlivě.

### **Užitečné rady, tipy a informace 3**

- Fatmeter společnosti Distell je nutno používat přesně dle manuálu výrobce, tedy před použitím zkontrolovat nižší a vyšší hodnotu pomocí „checkpadu“, případně zkalibrovat dle návodu nebo poslat ke kalibraci zpět do firmy. Rovněž doporučujeme využít software (přiložený CD-ROM) k jednoduchému a přímému posílání dat do počítače pro rychlejší, ale i přesnější sběr dat, a to nejlépe pokaždé tou samou osobou z důvodu eliminace chybovosti.
- Na obsah tuku neselektovat, pokud se tomu nehodlá přizpůsobit způsob příkrmování.
- Při snaze produkovat Omega-3 kapra<sup>®</sup> lze selekční program na vyšší obsah tuku doporučit. Je ale potřeba monitorovat, zda nedochází k výraznému snížení přežití ryb.
- Na nižší obsah tuku neselektovat, pokud se nízký obsah tuku ve svalovině nestane významným obchodním zájmem.
- Obsah tuku i jeho složení ve svalovině kapra lze v určitém rozmezí snadněji upravit změnou výživy (poměr mezi podílem přirozené potravy a příkrmování na přírůstku ryb, změna předkládaných krmiv). Genetické vylepšování je nutné chápat až jako další možnost tam, kde technologická opatření k dosažení zvoleného cíle nestačí.



**Obr. 7.** Měření obsahu tuku ve svalovině amurského lysce s využitím tukoměru Fish Fatmeter FM 692. Foto: Martin Prchal

### 2.3.5. Selektce na zvýšení výtěžnosti opracovaného trupu a filetu s kůží

Zlepšování výtěžnostních ukazatelů typu opracovaný trup nebo filetu s kůží je v návaznosti na zvýšenou poptávku po zpracovaném rybím produktu stále častěji cílem šlechtitelských programů u ryb. Zlepšením výtěžnosti máme na mysli reálné zvýšení podílu těchto částí vzhledem k hmotnosti živých ryb a prakticky se jedná o zvýšení zmasilosti. Výrazného navýšení podílu svaloviny se šlechtěním dosáhlo i u jiných hospodářských zvířat (skot, prasata, kuřata atd.), lze tedy předpokládat, že u ryb je to možné rovněž. V předchozím textu bylo zmíněno, že podíl prodeje zpracovaných produktů ryb v ČR je zatím poměrně nízký, nicméně i zde lze očekávat neustálé zvyšování zájmu. Technicky je selekční šlechtění na zvýšení podílu opracovaného trupu a filetu složitější. Nelze totiž dělat tzv. přímou selekci, neboť ta by vyžadovala usmrcení ryb a jejich zpracování pro zjištění reálné hodnoty výtěžnosti. Takové ryby ale již logicky nemůžeme využít k další selekci. V takovýchto případech se volí tzv. nepřímá selekce. Tu lze realizovat například selekcí dle užitkovosti příbuzných jedinců či lépe využitím jiného znaku (ukazatele), který můžeme měřit na živých rybách a který je s podíly trupu či filetu v silné genetické závislosti (korelaci) a sám je dostatečně dědivý. Výhodou druhé zmíněné metody je, že vlastní zpracování ryb provádíme pouze na začátku při hledání příslušného znaku a poté pouze dle uvážení za účelem ověření stálé funkčnosti používaného znaku.

Při hledání vhodného, snadno a rychle měřitelného znaku, se u kapra vycházelo z předchozích zkušeností u jiných druhů ryb a při jatečním zpracování ryb se kromě podílů filetu měřily tyto parametry:

- tloušťka břišní stěny (kůže + svalovina) pomocí ultrazvuku – Obr. 8 (označení znaku jako „E8“) měřená v polovině mezi postranní čarou a břichem na kolmici vedené od nejvyššího bodu tělesné výšky
- hloubka břišní dutiny pomocí ultrazvuku – Obr. 9 (označení znaku jako „E23“) měřená jako vzdálenost mezi břichem a postranní čarou na kolmici od nejvyššího bodu tělesné výšky směrem k hřbetní ploutvi. Hloubka břišní dutiny (stejně jako u „E23“) z fotografie ryby pomocí počítače či 3D ramene měřeno přímo na rybách (označení znaku „P23“ respektive M23\_3D)
- hloubka břišní dutiny měřená jako vzdálenost mezi břichem a postranní čarou na kolmici od bázi břišních ploutví směrem k hřbetní ploutvi pomocí standardní měrné desky na ryby (označení znaku „M23“)
- obsah tuku ve svalovině pomocí tukoměru
- různé délkové, obsahové a poměrové 2D ukazatele zjištěné z fotografií ryb
- různé délkové, obsahové, objemové a poměrové 3D ukazatele zjištěné použitím 3D ramene.

Všechna výše uvedená měření lze provádět i na živých rybách. 2D (Obr. 10) a 3D (Obr. 11) digitalizací byly taktéž hledány tzv. prediktory, které by za použití vícenásobné lineární regrese různých měření umožnily co nejvěrněji odhadnout skutečný podíl opracovaného trupu či filetů daného jedince. Zároveň se hodnotila dědivost i několika dalších jednodušších ukazatelů a jejich genetická závislost s výtěžností opracovaného trupu a filetů.

Podařilo se vytipovat několik prediktorů (viz zjišťované parametry výše), které jsou jak významně dědivé, tak i silně geneticky korelované k opracovanému trupu a filetům. Jejich stanovení však zpravidla nelze provést okamžitě v době měření, neboť data musejí být následně zpracována dalšími programy, anebo je pořízení a obsluha technických zařízení nutných ke stanovení prediktorů vysoce náročná a pro praxi nevyužitelná. Z tohoto důvodu se nebudou další možnosti využití těchto prediktorů hlouběji rozvádět.

Zároveň bylo zjištěno, že k nepřímé selekci na zvyšování podílu opracovaného trupu a filet lze celkem spolehlivě využít také dostupnější parametry, jako např. index vysokohřbetosti (kolikrát je délka těla větší než jeho maximální výška) a relativní délka hlavy (poměr mezi délkou hlavy a délkou těla). Selekcí na nižší hodnoty těchto parametrů by se měla zvyšovat zmasilost ryb v dalších generacích. Při takovéto selekci je ale v případě AL potřeba pamatovat na to, že může zároveň docházet k markantnějšímu protažení tvaru těla (obdélníkový tvar s širším poměrem mezi vodorovnou a svislou stranou) a ke zmenšování hlavy. Pokud by taková ryba byla využívána pouze pro zpracovatelské účely, tedy nikoli k prodeji v živém stavu, byl by takový tvar těla žádaný, neboť bylo prokázáno, že pro filetování jsou takto stavěné ryby výhodnější. Při prodeji živých ryb jsou však koncovými spotřebiteli preferovány ryby středního až vyššího tvaru těla. Přílišné zmenšování hlavy oproti tělu představuje také možné riziko nedostatečné respirační a osmoregulační kapacity žaber, proto je nezbytné tento znak při selekci v dalších generacích registrovat a jeho dramatickou změnu hlídat.

Dalším spolehlivým nepřímým znakem pro zvyšování podílu opracovaného trupu a filet je poměr mezi hodnotami znaků E8/E23, případně E8/M23, E8/P23 nebo E8/M23\_3D. Tloušťka břišní stěny se na živých rybách měří pomocí ultrazvuku, zhruba uprostřed kolmice vedené mezi bázi břišních ploutví a postranní čarou (Obr. 8). Hloubku břišní dutiny je na živých rybách možné měřit i) pomocí ultrazvuku, ii) měrnou deskou či iii) pomocí počítačové analýzy obrazu z pořízené fotografie (Obr. 10). U všech poměrů (E8/E23, E8/M23, E8/P23 či E8/M23\_3D) je potřeba selektovat na vyšší hodnotu poměru (vybíráme tedy např. 10 % ryb s nejvyšší hodnotou příslušného poměru). Jako zjednodušené a praktické lze sledovat zjištění, že u AL je možné selekci na vyšší podíly opracovaného trupu a filet dělat u ryb po druhém vegetačním období, a ne až v tržní velikosti. Očekávaný genetický zisk bude lehce nižší (Tab. 10), ale pro

zvolení této metody na druhou stranu hovoří snadnější manipulace s rybou a výrazně nižší potřeba objemu manipulačních nádrží, podobně jako je tomu při selekci na rychlost růstu. Z hlediska očekávaného genetického zisku (Tab. 10) a náročnosti měření se jeví nejvýhodněji selektování dle poměru E8/E23. Na uvážení je i měření E8/M23 (viz Užitečné rady, tipy a informace 3). K měření těchto nepřímých selekčních znaků je zapotřebí ultrazvuk. Jeho pořízení či zapůjčení představuje nemalé náklady, jejichž výše se odvíjí od zvoleného typu přístroje. Kromě technického vybavení je pro selekci na zvýšení podílu opracovaného trupu či filetu vždy nezbytné mít k dispozici také dobře zaškolený personál s určitou zkušeností a zručností, zejména v případě měření parametru E23.

#### **Užitečné rady, tipy a informace 4**

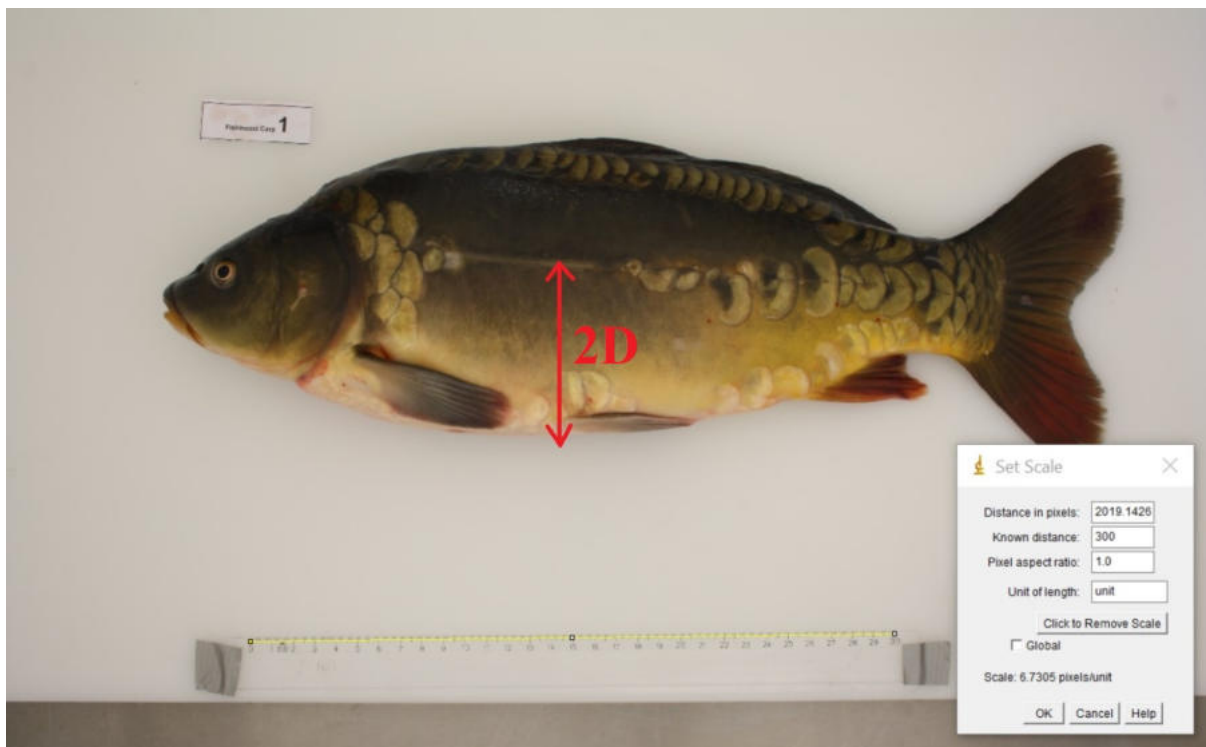
- S ohledem na potřebnou přesnost měření při volbě jakéhokoliv znaku pro nepřímou selekci ryb za účelem zvýšení podílů opracovaného trupu / filetu je nezbytné ryby před měřením zklidnit v lázni s anestetikem dle Vašich zkušeností.
- Při pořizování fotografií ryb (viz dva systémy fotografování v praxi – Obr. 12 a 13) a měření parametru P23 doporučujeme použít podkladovou desku barevně dobře kontrastující s tělem ryby (např. bílá či modrá barva, nejlépe s matnou povrchovou úpravou) a ke každé fotografované rybě přiložit měřítko (postačí klasické pravítko či určitá délková úsečka). Pro měření rozměru P23 lze využít např. ImageJ software s pluginem Point Picker. Změření parametru P23 je poměrně zdlouhavé (1000 ryb = cca 16 hodin čisté práce) a s rybou bude při selekci nutná další manipulace. K tomu bude nutné i individuální označení ryb či nalezení jiného vhodného způsobu zpětné identifikace ryb.
- Pro všechna měření (2D, 3D, M23, tukoměr či ultrazvuk) je nutné, aby byly vždy prováděny jednou osobou z důvodu snížení statistické chybovosti, jelikož je zde velký individuální efekt člověka, který by mohl vést k méně přesným datům, případně k podhodnocení či nadhodnocení výsledků a ovlivnění selekčního programu.
- Pro měření parametru E8/E23 je nutné mít k dispozici ultrazvuk s lepšími technickými parametry. Pro parametr E23 je požadovaná hloubka měření až 8 cm a charakter tkání ryby navíc vyžaduje dobré kontrastní zobrazování přístroje. Cena takového nového přístroje se sondou (doporučujeme konvexní) se může pohybovat kolem 150 - 200 000 Kč. Při zakoupení použitého přístroje se můžeme dostat na cenu kolem 80 000 Kč. Při dobrém zvládnutí techniky měření se u dvouletých ryb měření tohoto parametru jeví jako nejvýhodnější.
- Při měření parametru E8/M23 (případně poměru E8 s P23 či M23\_3D) se ultrazvukem měří pouze tloušťka břišní stěny (max. 2 cm). Pro takové měření postačí nejlevnější typy ultrazvuků s možností měření vzdáleností. Cena nových přístrojů se v tomto případě pohybuje kolem 80 000 Kč.



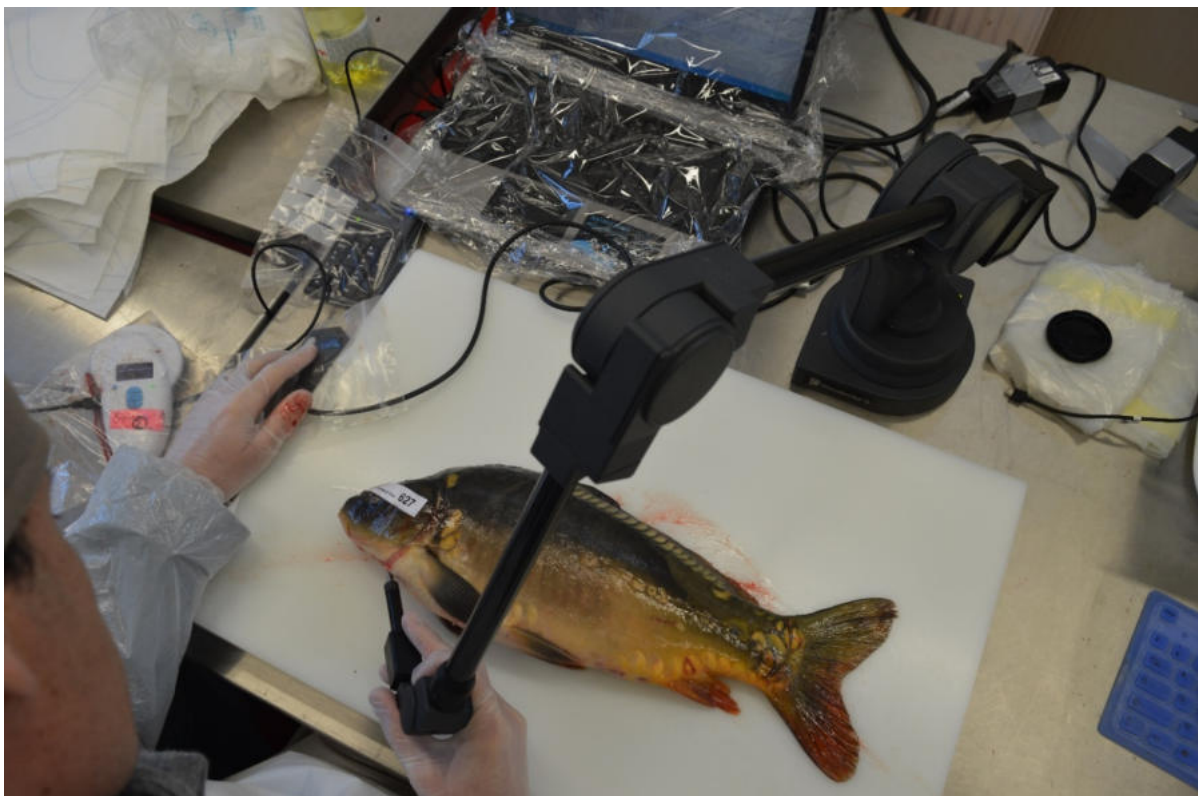
**Obr. 8.** Měření tloušťky břišní svaloviny veterinárním ultrazvukem s konvexní sondou.  
Foto: Martin Prchal



**Obr. 9.** Měření hloubky břišní dutiny veterinárním ultrazvukem s konvexní sondou.  
Foto: Martin Prchal



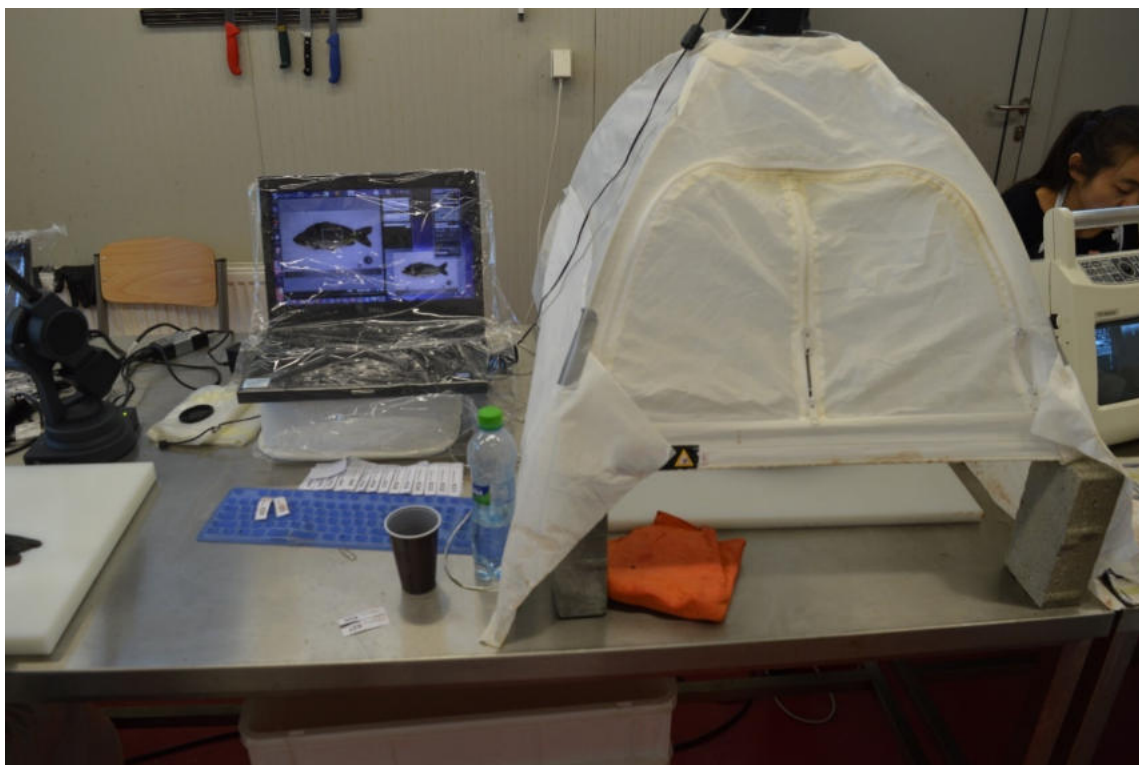
**Obr. 10.** 2D digitalizace hloubky břišní dutiny (označení znaku P23). Foto: Martin Prchal



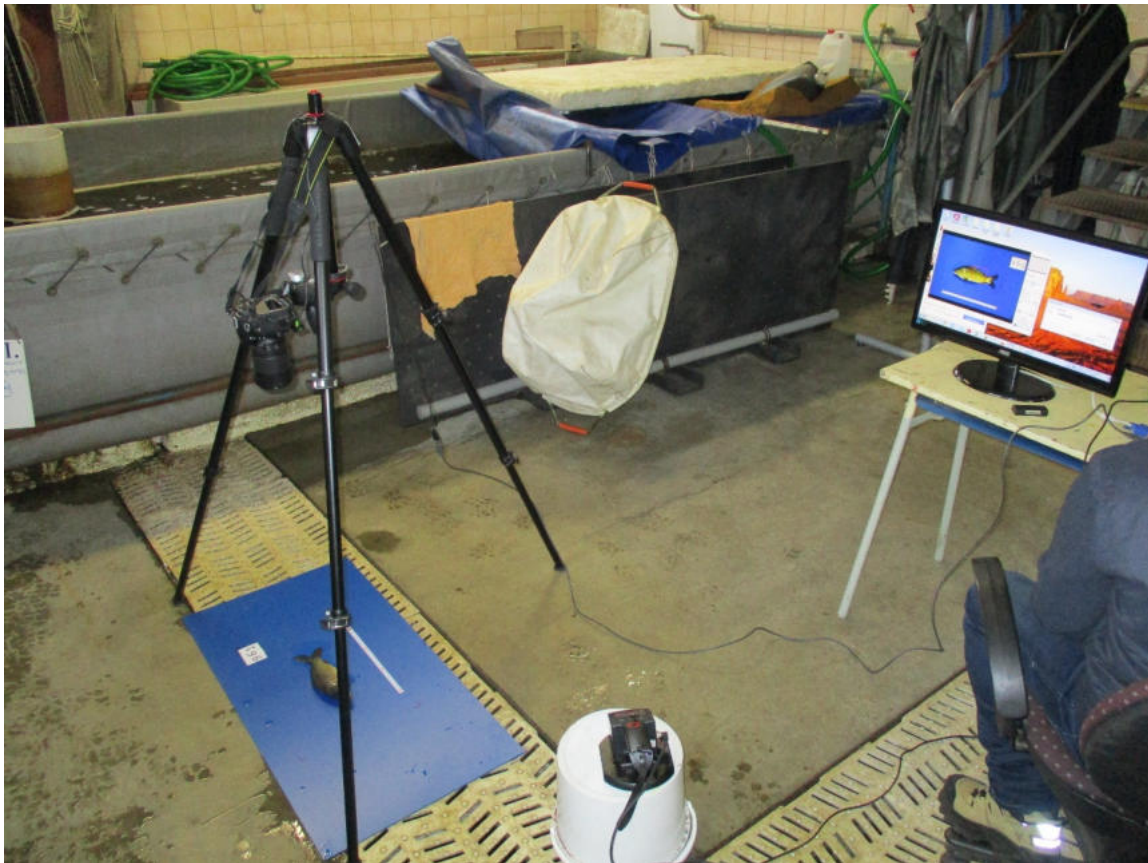
**Obr. 11.** 3D digitalizace morfometrických bodů na těle kapra. Foto: Martin Prchal

**Tab. 10.** Genetické zisky jatečných ukazatelů (v procentech tělesné hmotnosti) za generaci s 10 % selekčním tlakem s využitím nepřímé selekce (N) u dvouletých (2) a tříletých (3) ryb.

Znak, dle kterého selektujeme	Znak, který selekcí měníme	Typ selekce	Intenzita selekce	Absolutní genetický zisk (%)
E8/E23_2	% Opr. Trup	N	10 %	1.09
E8/E23_2	% Filet	N	10 %	1.18
E8/M23_2	% Opr. Trup	N	10 %	0.93
E8/M23_2	% Filet	N	10 %	0.95
E8/E23_3	% Opr. Trup	N	10 %	1.35
E8/E23_3	% Filet	N	10 %	1.29
E8/M23_3	% Opr. Trup	N	10 %	1.54
E8/M23_3	% Filet	N	10 %	1.34



**Obr. 12.** Fotografování ryb pro následnou digitalizaci morfologických bodů (typ A). Foto: Martin Prchal.



**Obr. 13.** *Fotografování ryb pro následnou digitalizaci morfologických bodů (typ B). Foto: Martin Prchal.*

### **2.3.6 Selektce na vzhled ošupení**

Dalším zajímavým znakem pro selekci, a to zejména v případě amurského lysce (či jiné podobně odvozené linie), je ošupení. Jak již bylo zmíněno, neustálený počet a rozložení šupin (obr. 14 a-d) a protaženější tvar těla jsou u AL pro zákazníky nežádoucí. Pokud by se tedy chtěl u AL realizovat nějaký selekční program (např. na zvýšení rychlosti růstu) a jeho produkci prodávat převážně v živém stavu, bude nezbytné po nějakou dobu aplikovat selekci i na vnější vzhled (tzv. stabilizační selekci). Naše zkušenosti naznačují, že bez selekce na vzhled, ve smyslu rozmístění a počtu šupin, bude v populacích AL zastoupení požadovaného vzhledu (obr. 14 d) cca 40 %. Nicméně se zdá, že množství šupin na těle AL je vysoce dědivý znak ( $h^2 = 0,50$ ) a výběrem ryb požadovaného vzhledu k další reprodukci by se mohlo poměrně rychle zvednout zastoupení ryb se standardním vzhledem lysce. Již za 3 generace selekce na požadovaný lysý fenotyp by mohlo být zastoupení ryb v populaci s lysým vzhledem nad úroveň 80 %. Výhodou je, že tato stabilizační selekce by neměla mít zásadní negativní vliv na rychlost růstu či obsah tuku ve svalovině a nezhoršoval by se ani tělesný rámec ryb s ohledem k požadavkům zákazníků.

### **Užitečné rady, tipy a informace 5**

- Pokud se u AL aplikuje selekční program na zvýšení rychlosti růstu, doporučuje se provádět výběr vhodných jedinců s ohledem na vzhled ošupení ve věkové kategorii K<sub>1</sub>. Ušetří se tím čas i odchovné prostory při odchovu obsádky, ze které se ryby s vyšším růstem budou vybírat. Pokud by v obsádce bylo 50 % ryb s nežádoucím fenotypem ošupení a vybíralo se z ní 10 % ryb s největší dosaženou hmotností s konečnou potřebou 200 ks ryb pro budoucí reprodukci, byla by potřeba mít k dispozici ne 2000 ks ryb ale 4000 ks ryb.
- Rybu s nevhodným fenotypem ošupení lze:
  - ✓ ve věkové kategorii K<sub>1</sub> použít jako krmnou pro dravé ryby,
  - ✓ ihned prodat, třeba i za nižší cenu, aby nás nestála další náklady,
  - ✓ odchovat do tržní velikosti a zpracovat ve vlastní zpracovně,
  - ✓ najít odběratele, kterému nevzhledný fenotyp ošupení nevádí a nebude tlačit cenu ryb výrazně pod cenu obvyklou. Možností jsou např. i) organizace rybářských svazů ii) soukromé rybářské revíry (sportovním rybářům naopak na netradičním fenotypu ošupení lisců záleží a mnohdy je pro ně nesouměrné ošupení spíše lákavé) či iii) jiní zpracovatelé ryb (prodejcům zpracovaných ryb či výrobků z ryb na fenotypu ošupení nemusí vůbec záležet).



**Obr. 14.** Příklad variability ošupení amurského lysce: A) řádkový fenotyp; B) polořádkový fenotyp; C) výrazně ošupený lysý fenotyp; D) standardní lysý fenotyp. Foto: Martin Prchal

### 2.3.7. Selekcce na požadovaný tělesný rámec

Znak, který může být rovněž v popředí šlechtitelského zájmu, je tělesný rámec – neboli tvar těla ryby. V případě AL bylo prokázáno, že tělesný rámec může být selekcí v následujících generacích rychle změněn zejména díky vysoké dědivosti indexu vysokohřbetosti (IV). Nepřímo je možné zvolit rovněž Fultonův kondiční koeficient (FK), neboť mezi těmito dvěma znaky je velice silná genetická korelace. Selekcí na nižší IV či vyšší FK by se relativně rychle mohl změnit požadovaný tělesný rámec ke čtvercovému tvaru těla, který zákazníci preferují. Vliv na ostatní důležité znaky by neměl být zásadní, i když hrozí mírné zhoršování odolnosti ryb vůči KHV a podílů jedlých částí těla (POT a PFSK), jak naznačují korelace v tab. 9. Selekcí opačnou, tedy na vyšší IV a nižší FK, by se rychle změnil tělesný rámec na typický říční či proudnicový tvar a mohla by se tím i pozitivně ovlivnit výtěžnost jedlých podílů těla (kapitola 2.3.5.) a odolnost ryb vůči KHV (viz kapitola 2.3.8).

Selekcce na vyšší tělesný rámec se vyplatí jen tam, kde hodláme prodávat rybu v živém stavu a ve větší velikosti (třída výběr nad 2,5 kg). Pokud chceme rybu pouze zpracovávat a prodávat v podobě např. vakuovaného (mraženého nebo chlazeného) opracovaného trupu a filetů, je vhodné jít spíše směrem k protáhlému tvaru těla. Je nutné rovněž zmínit, že stejně jako u obsahu tuku lze hodnoty FK a IV v rámci určitého rozpětí u ryb v tržní velikosti snadněji posunout směrem ke střednímu rámci zajištěním dostatku potravy (nepřesazováním rybníků a dostatečným přísunem doplňkových krmiv v případě deficitu přirozené potravy). Naopak protáhlejší tvar těla tržních ryb, než je obvyklé, může indikovat nedostatek potravy v průběhu vegetačního období.

### 2.3.8. Selekcce na zvýšení odolnosti vůči KHV

Odolnost vůči nemocem je dalším ze znaků, který se postupně začleňuje do šlechtitelských programů ryb a dalších vodních organismů. Nicméně i u selekcce na vyšší odolnost vůči nemocem je značně komplikované provádět přímou selekcce. Přímou selekcce nelze provádět bez expozice ryb příslušnému patogenu / parazitu. Opomeneme-li technickou a legislativní náročnost provádění řízených expozic (infekcí), potýkají se takovéto metody v dnešní době zejména s etickou stránkou věci. Pro vlastní selekční program je tedy jedinou možnou metodou nepřímá selekcce. Nabízejí se opět metody založené na základě genetických korelací mezi odolností vůči onemocnění a jinými znaky, anebo využití genetických či genomických informací (hledání genetických markerů spjatých s vyšší odolností). Pro hledání nepřímých selekčních znaků je ovšem experimentální řízená infekce nezbytná. Její postup u KHV byl popsán v kapitole 2.2.3. V tomto případě ale nevystavujeme KHV několik různých skupin kapra, ale pouze plemeno AL. Ryby tak můžeme umístit rovnou do nádrže a jejich umístování do oddělených klecí není nutné (viz obr. 4).

Další možností výběru je tzv. rodinná selekcce, kde se nepřímá selekcce provádí na základě znalosti odolnosti jednotlivých rodin, případně polorodin, vůči KHV, které jsou zjišťovány experimentálními infekcemi. Do dalšího chovu se pak zařazují či opakovaně zakládají sourozenci právě z těch rodin, které v testu odolnosti vůči KHV vykazovaly velmi dobré hodnoty přežití. Zde je ale nutná znalost příbuzenských vztahů dvou obsádek ryb (vystavovaných infekci a kandidátů k selekcce) a zároveň individuální identifikace ryb, čímž rapidně vzrůstají vstupní náklady na založení selekčního programu s rodinnou selekcce. S ohledem na technickou a legislativní náročnost realizace takových testů nelze tento způsob selekcce dělat bez spolupráce s výzkumnou organizací s oprávněním pro používání pokusných zvířat.

Nejmodernější metoda zvyšování odolnosti ryb vůči nemocem je hledání silného vztahu mezi odolností ryb a jejich specifickými genetickými markery (QTL) či genotypu založeném na setu specifických nukleotidů napříč celým genomem. Takových „SNP“ markerů může být od několika set až po několik desítek tisíc. Čím jich je méně, tím snadněji se příslušní jedinci na odolnost vůči nemoci selektují. U AL vodňanské linie bylo s využitím genomické analýzy zjištěno, že užitím setu 12 tis. SNP se může zlepšit odhad plemenné hodnoty na odolnost vůči KHV až o 18 %. Rovněž byl nalezen QTL, který vysvětloval až 7 % genetické variance odolnosti ryb vůči KHV a mohl by být společně s dalšími markery využit při selekci (tzv. MAS od anglického *marker assisted selection*). Na základě informací z vytipovaného setu 12 tis. SNPs byl počet použitých lokusů zúžen na 208. Tento set by byl za určitých podmínek cenově přijatelný i pro praktické využití v podmínkách českého rybářství. Bohužel žádná souvislost mezi genotypem u takto redukovaného setu a odolností AL vůči KHV nebyla zatím nalezena, a tak nezbyvá než ve výzkumu této problematiky nadále pokračovat. V současné době tedy není znám žádný set SNP, který by u AL spolehlivě identifikoval míru odolnosti jedinců vůči KHV.

Z výsledků genetických korelací vyplývá, že selektováním na znaky spojené s tvarem těla (nižší kondiční faktor, nižší relativní výška těla a délka hlavy) by mělo u AL postupně docházet ke zvyšování odolnosti vůči KHV. Logickým vysvětlením je spojitost protaženého tvaru těla s geny amurského sazana v genomu amurské lysce, který je obecně odolnější vůči nemocem, a to včetně KHV. Tímto typem selekce by se však v příštích generacích docílilo populace s výrazně protaženějším tělem a menší hlavou (výhody i nevýhody takového tělesného rámce jsou popsány v předchozí kapitole). Užitečné je zjištění, že při selekci AL na vyšší odolnost vůči KHV by se v dalších generacích nezhoršoval genetický potenciál pro rychlost růstu. Selekcí za účelem lepšího růstu a zvýšení odolnosti ryb vůči KHV tak případně můžeme provádět současně. Selekcí na vyšší odolnost ryb vůči KHV by se mohla postupně také mírně projevit i na vyšší výtěžnosti opracovaného trupu a filetu, neboť mezi odolností ryb vůči KHV a výtěžností jedlých částí těla existuje pozitivní genetická korelace (tab. 9).

### 2.3.9. Selekcí na vyšší kumulativní hodnotu přežití

V kapitole 2.3.2. bylo zmíněno, že hodnoty dědivosti u přežití AL ve vyšších věkových kategoriích ( $K_1$ - $K_2$ ,  $K_2$  v průběhu zimního období a  $K_2 - K_3$ ) jsou nízké (nižší než 0,2), někdy dokonce nulové (Tab. 8). Snaha o vylepšení tohoto znaku selekcí tak nemá opodstatnění. Nejkritičtější a nejvariabilnější je hodnota přežití u kapra v prvním roce života ( $K_0 - K_1$  a zimní období u  $K_1$ ). Kalkulace heritability přežití v první vegetační sezóně je ale zatím technicky velmi náročná, a proto nebyla nikdy zjišťována. Odhad heritability v průběhu prvního zimního období je technicky proveditelný, bohužel snahy o odhad tohoto parametru zmařily komplikace v průběhu příslušného experimentu (Kocour, nepublikovaná data). Lze ale předpokládat, že i v těchto případech bude heritabilita přežití nízká, neboť konkrétní hodnoty přežití jsou závislé na mnoha různých faktorech (kondiční a zdravotní stav, obsah energetických rezerv, stres, predace, průběh zimy aj.). Typickým příkladem může být výsledek přežití AL v průběhu prvního zimního období při experimentu zaměřeném na odhad heritability tohoto znaku, které bylo na úrovni 1,5 %, a hodnot přežívání AL v průběhu první zimy na vacích v prostorách Genetického rybářského centra Fakulty rybářství a ochrany vod, které dosahují běžně přes 90 %. Dalším problémem při selekci na vyšší přežití je fakt, že nejde dělat tzv. hromadnou selekcí, neboť všechny přeživší ryby by splnily kritérium pro výběr. Selekcí na přežití lze provádět pouze s využitím rodinné selekce, tedy výběrem ryb z těch rodin, jejichž hodnota přežití je výrazně vyšší oproti průměru celé populace. K tomu je ale nutné znát příbuzenské vztahy mezi všemi rybami v obsádce a počet nasazovaných ryb z jednotlivých rodin kvůli možnosti kalkulace průměrného přežití v rámci každé rodiny. Na

úrovni odchovu AL v prvním roce života to představuje poměrně velký počet ryb, u kterých by se musely provést genetické analýzy pro stanovení příbuzenských vazeb. Případně je nutné chovat jedince z jednotlivých rodin do doby možného individuálního označení odděleně. To je technicky velmi komplikované a navíc se tím zatěžuje celý proces selekce těžko korelovatelnými vlivy prostředí. Očekávaný genetický zisk při případné realizaci selekce na přežití není zajímavý s ohledem k pracnosti a nákladnosti takového selekčního programu.

Jediné, na co je potřeba s ohledem k přežití při selekčním programu na jiný znak dávat pozor, jsou genetické korelace mezi přežitím a znakem, na který chceme selektovat. S ohledem ke znakům popsaným v předchozích kapitolách a ke genetickým korelacím zmíněným v tab. 9 stojí za mírnou pozornost pouze selekce na vyšší obsah tuku či na střední tělesný rámec. Zde by teoreticky mohlo současně dojít ke zhoršení hodnot přežití. Na druhou stranu pro selekci na vyšší obsah tuku ve svalovině u kapra není důvod. Pokud by nastal, obsah tuku ve svalovině by se selekcí nezvyšoval na hodnoty, které by zásadně ovlivnily přežití. Rovněž i genetické korelace mezi IV (FK) a přežitím jsou nízké, stejně jako dědivost přežití. Posun průměrných hodnot přežití by tak při selekci na tyto znaky byl pravděpodobně zanedbatelný.

### **3. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ**

Amurský lysce je na základě všech dosavadních výsledků velmi perspektivní plemeno pro využití v rybničním chovu kapra. Tato metodika poskytuje nejnovější a ucelený přehled o možnostech využití tohoto plemene pro zefektivnění produkce kapra v rybniční akvakultuře ČR a střední Evropy a jeho využití k tvorbě vysoce užitkových hybridů či jeho dalšího zušlechťování pro využití čistého plemene v užitkových obsádkách. Tato metodika rozvádí možnosti využití šlechtitelských metod popsaných v předchozích metodikách věnujících se i) problematice a metodickému postupu při aplikaci hybridizačních programů za účelem šlechtění nových a perspektivních plemen/linií (Kocour a kol., 2011) a ii) nastavení systematického a udržitelného selekčního šlechtění v podmínkách rybničního chovu ryb (Kocour a kol., 2010), a to na konkrétním plemeni kapra. Prezentovaná metodika vychází z dosud nepublikovaných výsledků tří plošných testů užitkovosti čistých plemen a hybridů s využitím amurského lysce v obou liniích a ze statistického porovnání testovaných skupin ryb v rámci užitkových vlastností, které jsou v hlavním zájmu chovatelů ryb, tedy růstu, přežití, jatečních a biometrických ukazatelů včetně vyjádření pozorovaného heterozního efektu. Metodika se rovněž opírá o poznatky několikaletého výzkumu zaměřeného na AL, který probíhal v rámci konsorcia projektu 7. rámcového programu EU s akronymem FISHBOOST s účastní zkušených partnerů z celé Evropy, kteří dosahují na poli selekčního šlechtění, genetiky a genomiky vynikajících výsledků. Většina z těchto poznatků byla publikována v odborných vědeckých časopisech. Další poznatky byly rovněž získány při řešení národních projektů NAZV pod Ministerstvem zemědělství ČR. I zde byly nebo v nejbližší době budou jednotlivé dílčí výsledky publikovány.

### **4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY**

Využitím plemene amurského lysce v hybridizačním nebo selekčním šlechtitelském programu lze efektivně zvýšit genetický potenciál užitkových obsádek. Další možností je i kombinace selekčního a hybridizačního programu, tedy vylepšení vybraných užitkových

vlastností AL selekcí a následné využití této populace v hybridizačním programu, vedoucí k dalšímu zvýšení užitkovosti díky heteroznímu efektu.

Metodika je s ohledem ke svému charakteru určena zejména pro šlechtitele a producenty ryb, jejichž chov je dominantně zaměřen na produkci tržního kapra obecného s převahou lysé formy s roční produkcí nad 200 tun. Při takovém objemu produkce lze očekávat dlouhodobou udržitelnost rentability šlechtění a vlastního chovu a dřívější návratnost vynaložených finančních prostředků na založení vlastní linie amurského lysce, udržování chovného hejna, na šlechtitelské postupy apod. Metodika je rovněž určena jako inspirace i pro ty chovatelské subjekty, které si neprodukují vlastní váčkový plůdek, ale které hledají možnosti pro zlepšení rentability svých chovů. Metodika je zaměřena v případě hybridizačního programu na zvyšování tržní velikosti, přežití a odolnosti vůči KHV a částečně i na zvyšování podílu jedlých částí těla u kapra obecného. V případě založení selekčního programu je metodicky popsáno, jakým způsobem úspěšně systematicky a udržitelně selektovat na rychlejší růst, obsah tuku ve svalovině, zvýšení podílů opracovaného trupu a jak stabilizovat fenotyp ošupení či upravit tělesný rámec, aby se ztratil vzhled AL pro zákazníky. Spíše pro zajímavost jsou zmíněny i některé další užitkové znaky, i když snahy o jejich zlepšení selekcí zatím k úspěchu nevedly.

## 5. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Hlavním cílem úspěšného šlechtitelského programu kapra obecného je udržitelná rentabilita jeho chovu odrážející zejména rychlý růst a vyšší přežití. Je obecně známo, že lysá plemena/linie/kříženci kapra rostou pomaleji a mají prokazatelně nižší přežití než jejich šupinatí soukmenovci.

Teoretické předpoklady využití amurského lysce v hybridizačním programu byly prakticky potvrzeny testy užitkovosti a podrobně popsány v prezentované metodice. Využitím lysých hybridů s AL či podobně vyšlechtěné vlastní lysé linie s geny amurského sazana lze za stejnou dobu odchovu dosáhnout významného zvýšení tržní hmotnosti i vyššího kumulativního přežití lysců. Průměrná hmotnost ryb by se mohla zvýšit až o 10 % (relativní hodnota) a kumulativní přežití až o 6 % (absolutní hodnota). To by v celorepublikovém měřítku představovalo zvýšení tržeb prodejem lysých obsádek kapra obecného až o 81 mil. Kč a zvýšení hrubého zisku až o 47 mil. Kč (viz Tab. 11). V případě rybářského podniku s roční průměrnou produkcí 200 t lysých kaprů by roční navýšení tržeb činilo téměř 1 mil. Kč a až o 438 tis. Kč by se zvýšil hrubý zisk (Tab. 12).

Plemeno amurského lysce rovněž vykazovalo dostatečně vysoké hodnoty dědivosti důležitých užitkových znaků, což znamená, že má vysoký potenciál pro jejich zlepšení selekcí. Ovšem pro založení dlouhodobě udržitelného a rentabilního selekčního programu amurského lysce (či jiného podobně odvozeného plemene/linie s dostatečnou genetickou variancí) by bylo vhodné nastavit 10% selekční tlak na zrychlený růst se zohledněním ošupení těla, a to v dlouhodobém měřítku min. čtyř generací (1 generace = 5 let, 4 generace = 20 let, 8 generací = 40 let). Dlouhý generační interval kapra obecného, chovaného v typickém prostředí, tedy v rybníční akvakultuře se střídáním odchovných sezón a zimování, je jednou z nevýhod selekčního programu v podmínkách střední Evropy. I přesto z kalkulací zcela jasně vyplývá, že aplikací navrhované selekce na růst by v ČR u lysých obsádek kapra (modelový příklad) mohly vzrůst roční tržby a hrubý zisk až o 225 mil. Kč, resp. 108 mil. Kč po čtyřech generacích selekčního programu. V případě aplikace selekčního programu po dobu nejméně 8 generací by se tržby mohly zvýšit až o 555 mil. Kč a hrubý zisk až o 158 mil. Kč (Tab. 13.). U středního podniku s produkcí 200 t lysého kapra (Tab. 14) by se roční tržby po čtyřech generacích selekčního programu (20 let) mohly navýšit o cca 4 mil. Kč a hrubý zisk o 2 mil. Kč. Při selekčním

programu u osmi generací (40 let) by pak tržby mohly vzrůst až o 30 mil. Kč a hrubý zisk o 11,4 mil. Kč. Selekční program by rovněž posunul průměrnou tříletou tržní hmotnost ryb o 700 g za čtyři generace a až o 1700 g za osm generací selekce na zvýšený růst.

Z kalkulací je zřejmé, že v případě selekčního programu můžeme očekávat mnohem výraznější zefektivnění chovu než u hybridizačního programu. Jediným problémem u selekčního programu je poměrně dlouhá doba potřebná pro dosažení lepších ekonomických ukazatelů, a tedy i delší ekonomická návratnost programu. Nicméně pokud nedojde k nějaké neočekávané interakci mezi podmínkami v rybníčních ekosystémech a zvýšeným genetickým potenciálem růstu ryb, zdá se být selekční program mnohem výhodnější. Možnostmi zkrácení generačního intervalu u kapra v našich podmínkách, stejně jako hodnocením interakcí mezi rybníčním, téměř přírodním ekosystémem a vyšším genetickým potenciálem růstu ryb se Fakulta rybníkářství a ochrany vod v současné době intenzivně zabývá. Na základě nových poznatků výzkumu bude možné zpřesnit odhady ekonomických dopadů šlechtitelských programů prezentovaných v této metodice.

**Tab. 11.** Kalkulace ekonomické efektivity hybridizačního programu lysých obsádek kapra obecného s využitím amurského lysce v rámci celé ČR

Roční produkce tržního kapra v ČR	18 000 t
Roční produkce lysce v ČR	10 800 t
Zvýšené kumulativní přežití	6 %
Zvýšená produkce o vyšší přežití	648 t
Celkem produkce	11 448 t
Zvýšená tržní hmotnost	10 %
Zvýšená produkce díky rychlejšímu růstu	1 148 t
Celkem vyšší produkce (přežití + růst)	1796 t
Celkem zvýšena roční produkce lysce v ČR	12 596 t
Průměrná výkupní cena za 1 kg živé hmotnosti	45 Kč
Navýšení tržeb (T)	<b>80 820 tis. Kč</b>
Podíl příkrmování na přírůstku ryb	50 %
Krmný koeficient krmiv používaných k příkrmování (FCR)	4
Navýšená potřeba krmiv	3 592 t
Průměrná cena za 1 t krmiv pro příkrmování	5 000 Kč
Zvýšené náklady na příkrmování	17 960 tis. Kč
Navýšení dalších souvisejících nákladů (cca 20 % z tržeb)	16 164 tis. Kč
Celkem navýšení nákladů na zvýšenou produkci (N)	34 124 tis. Kč
Navýšení ročního hrubého zisku	<b>46 696 tis. Kč</b>

**Tab. 12.** Kalkulace ekonomické efektivity hybridizačního programu lysých obsádek kapra obecného s využitím amurského lysce v rámci středního rybářského podniku

Roční produkce lysce (střední podnik)	200 t
Zvýšené kumulativní přežití	6 %
Zvýšená produkce o přežití	12 t
Celkem produkce	212 t
Zvýšená tržní hmotnost	10 %
Zvýšená produkce díky rychlejšímu růstu	21,2
Celkem vyšší produkce (přežití + růst)	33,2 t
Celkem zvýšená produkce lysce	233,2 t
Výkupní cena za 1 kg živé hmotnosti	45 Kč
Navýšení tržeb (T)	<b>963 tis. Kč</b>
Podíl příkrmování na přírůstku ryb	50 %
Krmný koeficient krmiv používaných k příkrmování (FCR)	4
Navýšená potřeba krmiv	66,4 t
Průměrná cena za 1 t krmiv pro příkrmování	5 000 Kč
Zvýšené náklady na příkrmování	332 tis. Kč
Navýšení dalších souvisejících nákladů (cca 20 % z tržeb)	193 tis. Kč
Celkem navýšení nákladů na zvýšenou produkci (N)	525 tis. Kč
Navýšení ročního hrubého zisku (T – N)	<b>438 tis. Kč</b>

**Tab. 13.** Kalkulace ekonomické efektivity selekčního programu lysých obsádek kapra obecného s využitím amurského lysce v rámci celé ČR

Roční produkce lysce v ČR	10 800 t	10 800 t
Genetický zisk za generaci (selektce v K <sub>2</sub> )	10 %	10 %
Počet generací	4 (20 let)	8 (40 let)
Zvýšená produkce v tržní velikosti	5 012 t	12 351 t
Celkem zvýšená produkce lysce	15 812 t	23 150 t
Výkupní cena za 1 kg živé hmotnosti	45 Kč	45 Kč
Roční navýšení tržeb (T)	<b>225 540 tis. Kč</b>	<b>555 795 tis. Kč</b>
Podíl příkrmování na přírůstku ryb	50 %	50 %
Krmný koeficient krmiv používaných k příkrmování (FCR)	4	4
Navýšená potřeba krmiv	10 024 t	46 300 t
Průměrná cena za 1 t krmiv pro příkrmování	5 000 Kč	5 000 Kč
Zvýšené náklady na příkrmování	50 120 tis. Kč	231 500 tis. Kč
Navýšení dalších souvisejících nákladů (cca 30 % z tržeb)	67 662 tis. Kč	166 739 tis. Kč
Celkem navýšení nákladů na zvýšenou produkci (N)	117 782 tis. Kč	398 239 tis. Kč
Navýšení ročního hrubého zisku (T – N)	<b>107 758 tis. Kč</b>	<b>157 556 tis. Kč</b>

**Tab. 14.** Kalkulace ekonomické efektivity selekčního programu lysých obsádek kapra obecného s využitím amurského lysce v rámci středního rybářského podniku

<b>Roční produkce lysce (střední podnik)</b>	200 t	200 t
<b>Genetický zisk za generaci (selekce v K<sub>2</sub>)</b>	10 %	10 %
<b>Počet generací</b>	4 (20 let)	8 (40 let)
<b>Zvýšená produkce v tržní velikosti</b>	93 t	472 t
<b>Celkem zvýšená produkce lysce</b>	293 t	672 t
<b>Výkupní cena za 1 kg živé hmotnosti</b>	45 Kč	45 Kč
<b>Roční navýšení tržeb (T)</b>	<b>4 185 tis. Kč</b>	<b>30 240 tis. Kč</b>
<b>Podíl příkrmování na přírůstku ryb</b>	50 %	50 %
<b>Krmný koeficient krmiv používaných k příkrmování (FCR)</b>	4	4
<b>Navýšená potřeba krmiv</b>	186 t	1 944 t
<b>Průměrná cena za 1 t krmiv pro příkrmování</b>	5 000 Kč	5 000 Kč
<b>Zvýšené náklady na příkrmování</b>	930 tis. Kč	9 720 tis. Kč
<b>Navýšení dalších souvisejících nákladů (cca 30 % z tržeb)</b>	1256 tis. Kč	9 072 tis. Kč
<b>Celkem navýšení nákladů na zvýšenou produkci (N)</b>	2 186 tis. Kč	18 792 tis. Kč
<b>Navýšení ročního hrubého zisku (T – N)</b>	<b>1 999 tis. Kč</b>	<b>11 448 tis. Kč</b>
<b>Průměrná tržní hmotnost K<sub>3</sub> před selekcí</b>	1,5 kg	1,5 kg
<b>Průměrná hmotnost po selekci</b>	2,2 kg	3,2 kg
<b>Navýšení tržní hmotnosti díky selekci</b>	700 g	1700 g

## 6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Balon, E.K., 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture* 129: 3–48.
- Balon, E.K., 2006. The oldest domesticated fishes, and the consequences of an epigenetic dichotomy in fish culture. *Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 11: 47–86.
- Bauer, C., Schlott, G., 2009. Fillet yield and fat content in common carp (*Cyprinus carpio*) produced in three Austrian carp farms with different culture methodologies. *Journal of Applied Ichthyology* 25: 591–594.
- Bogeruk, A.K., 2008. Catalogue of Carp Breeds (*Cyprinus carpio* L.) of the Countries of the Central and Eastern Europe, Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, 160pp.
- Dyldin, Y.V., Orlov, A.M., 2016. Ichthyofauna of fresh and brackish waters of Sakhalin Island: An annotated list with taxonomic comments: 2. *Cyprinidae–Salmonidae* families. *Journal of Ichthyology* 56: 656–693.
- FAO, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. Navštíveno 22. února 2021.
- Flajšhans, M., Gela, D., Kocour, M., Rodina, M., V., K., Linhart, O., Ošanec, J., Němec, R., Chytka, R., 2015. Amur mirror carp, a recently certified breed of common carp in the Czech Republic. In: Book of abstracts: 3<sup>rd</sup> International Conference on Common Carp, Vodňany, September 3–4, 2015, pp. 21–23.
- Flajšhans, M., Hulata, G., 2007. Common carp - *Cyprinus carpio*. In: Genimpact - Evaluation of genetic impact of aquaculture activities on native populations. (eds Svaasand, T., Crossetti, D., García-Vásquez, E., Verspoor, E.). pp. 32–39.
- Flajšhans, M., Kocour, M., Ráb, P., Hulák, M., Petr, J., Bohlen Šlechtová, V., Šlechta, V., Havelka, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2013. Genetika a šlechtění ryb (Fish Genetics and Breeding). Druhé rozšířené a upravené vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 305 s.
- Froese, R., Pauly, D., 2018. FishBase. *Cyprinus rubrofasciatus* Lacepède, 1803. <http://www.fishbase.org/summary/59920>. Navštíveno 22. února 2021.
- Gela, D., Flajšhans, M., Kocour, M., Rodina, M., Kašpar, V., Linhart, O., Ošanec, J., Němec, R., Chytka, V., 2014: Podklady pro uznávací řízení plemene Amurský lysec, Fakulta rybářství a ochrany vod JU a Rybníkářství Pohořelice a.s., 32 s.
- Gjedrem, T., 2005. Selection and breeding programs in aquaculture. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 364 pp.
- Gjedrem, T., Baranski, M., 2009. Selective Breeding in Aquaculture: an Introduction. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 221.
- Gorda, S., Bakos, J., Liska, J., Kakuk, C., 1995. Live gene bank of common carp strains at the Fish Culture Research Institute, Szarvas. *Aquaculture* 129: 199–202.
- Huckstorf, V., 2012. *Cyprinus rubrofasciatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012, e.T166052A1108337.
- Hulata, G., 1995. A review of genetic improvement of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) and other cyprinids by crossbreeding, hybridization and selection. *Aquaculture* 129: 143–155.
- Chistiakov, D.A., Voronova, N.V., 2009. Genetic evolution and diversity of common carp *Cyprinus carpio* L. *Central European Journal of Biology* 4: 304–312.

- Janssen, K., Prchal, M., Kocour, M., Berentsen, P.B.M., Komen, H., 2015. Common Carp — Current Status of Selective Breeding in Europe. [http://www.fishboost.eu/uploads/2/5/8/8/25888062/common\\_carp - current status of selective breeding in europe.pdf](http://www.fishboost.eu/uploads/2/5/8/8/25888062/common_carp_-_current_status_of_selective_breeding_in_europe.pdf)  
Navštíveno 22. února 2021.
- Kirpichnikov, V.S., 1999. Genetics and Breeding of Common Carp. INRA Ed., Paris, France.
- Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Gela, D., Linhart, O., Vandeputte, M., 2007. Heritability estimates for processing and quality traits in common carp (*Cyprinus carpio* L.) using a molecular pedigree. *Aquaculture* 270: 43–50.
- Kocour, M., Flajšhans, M., Gela, D., Rodina, M., Hulák, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2010. Metodické postupy při aplikaci selekčního programu zaměřeného na zvyšování užitkovosti ryb v podmínkách českého rybářství. *Edice Metodik VÚRH Vodňany, FROV JU Vodňany*, č. 103, 86 s.
- Kocour, M., Flajšhans, M., Kašpar, V., Gela, D., Hulák, M., Rodina, M., Linhart, O., 2011. Metodické postupy při aplikaci hybridizačních programů u ryb v podmínkách českého rybářství, *Edice Metodik VÚRH Vodňany, FROV JU Vodňany*, č. 119, 53 s.
- Kohlmann, K., Kersten, P., 1999. Genetic variability of German and foreign common carp (*Cyprinus carpio* L.) populations. *Aquaculture* 173: 435–445.
- Kohlmann, K., Gross, R., Murakaeva, A., Kersten, P., 2003. Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers. *Aquatic Living Resources* 16: 421–431.
- Kohlmann, K., Kersten, P., Flajšhans, M., 2005. Microsatellite-based genetic variability and differentiation of domesticated, wild and feral common carp (*Cyprinus carpio* L.) populations. *Aquaculture* 247: 253–266.
- Kottelat, M., 2001. *Fishes of Laos*. WHT Publications Ltd., Colombo 5, Sri Lanka. pp. 198.
- Kottelat, M., 2013. The fishes of the inland waters of southeast Asia: a catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. *Raffles Bulletin of Zoology* 27: 1–663.
- Krupauer, V., Kubů, F., 1985. *Kapr obecný*. Nakladatelství naše vojsko, Praha. 201 pp.
- Nielsen, H.M., Ødegård, J., Olesen, I., Gjerde, B., Ardo, L., Jeney, G., Jeney, Z., 2010. Genetic analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) strains. I: Genetic parameters and heterosis for growth traits and survival. *Aquaculture* 304: 14–21.
- Ninh, N.H., Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H., Woolliams, J.A., Taggart, J.B., McAndrew, B.J., Penman, D.J., 2011. A comparison of communal and separate rearing of families in selective breeding of common carp (*Cyprinus carpio*): estimation of genetic parameters. *Aquaculture* 322-323: 39–46.
- Omega-3 kapr, 2021. <http://www.omega3kapr.cz/>). Navštíveno 22. února 2021.
- Palaiokostas, C., Kocour, M., Prchal, M., Houston, R. D., 2018a. Accuracy of genomic evaluations of juvenile growth rate in common carp (*Cyprinus carpio*) using genotyping by sequencing. *Frontiers in Genetics* 9: 82.
- Palaiokostas, Ch., Robledo, D., Veselý, T., Prchal, M., Pokorová, D., Piačková, V., Pojezdal, L., Kocour, M., Houston, R.D., 2018b. Mapping and sequencing of a significant quantitative trait locus affecting resistance to Koi herpesvirus in common carp. *G3: Genes, Genome, Genetics* 8: 3507–3513.
- Palaiokostas, C., Veselý, T., Kocour, M., Prchal, M., Pokorová, D., Piačková, V., Pojezdal, L., Houston, R.D., 2019. Optimizing genomic prediction of host resistance to Koi herpesvirus disease in carp. *Frontiers in Genetics* 10: 543.

- Piačková, V., Flajšhans, M., Pokorová, D., Reschová, S., Gela, D., Čížek, A., Veselý, T., 2013. Sensitivity of common carp, *Cyprinus carpio* L., strains and crossbreeds reared in the Czech Republic to infection by cyprinid herpesvirus 3 (CyHV-3; KHV). *Journal Fish Diseases* 36: 75–80.
- Piačková, V., Pokorová, D., Veselý, T., Čížek, A., Zusková, E., Pospíchal, A., Reschová, S., 2015. Prevence vzniku koi herpesvirózy v chovech kapra a koi kapra. *Edice Metodik VÚRH Vodňany, FROV JU Vodňany, č. 161, 33 s.*
- Prchal, M., Kause, A., Vandeputte, M., Gela, D., Allamelou, J.M., Girish, K., Bestin, A., Bugeon, J., Zhao, J., Kocour, M., 2018a. The genetics of overwintering performance in two-year old common carp and its relation to performance until market size. *PLoS ONE* 13(1): e0191624.
- Prchal, M., Bugeon, J., Vandeputte, M., Kause, A., Vergnet, A., Zhao, J., Gela, D., Genestout, L., Bestin, A., Haffray, P., Kocour, M., 2018b. Potential for genetic improvement of the main slaughter yields in common carp with *in vivo* morphological predictors. *Frontiers in Genetics* 9: 283.
- Prchal, M., Kocour, M., Vandeputte, M., Kause, A., Vergnet, A., Zhao, J., Gela, D., Kašpar, V., Genestout, L., Bestin, A., Bugeon, J., 2020. Morphological predictors of slaughter yields using 3D digitizer and their use in a common carp breeding program. *Aquaculture* 520: 734993.
- Prchal, M., Zhao, J., Gela, D., Kašpar, K., Lepič, P., Kašpar, V., Kocour, M., 2021. Simplified method for genetic slaughter yields improvement in common carp under European pond conditions. *Nepublikovaná data.*
- Rybářské sdružení, 2021. [www.cz-ryby.cz](http://www.cz-ryby.cz) Navštíveno 22. února 2021.
- Steffens, W., 1975. *Der Karpfen. Die neue Brehm – Bucherei, Wittenberg – Lutherstadt.* pp. 215.
- Thai, B., Burrridge, C., Pham, T., Austin, C., 2005. Using mitochondrial nucleotide sequences to investigate diversity and genealogical relationships within common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Animal Genetics* 36: 23–28.
- Vandeputte, M., 2003. Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review. *Aquatic Living Resources* 16: 399–407.
- Xu, P., Zhang, X., Wang, X., Li, J., Liu, G., Kuang, Y., Xu, J., Zheng, X., Ren, L., Wang, G., 2014. Genome sequence and genetic diversity of the common carp, *Cyprinus carpio*. *Nature Genetics* 46: 1212–1219.
- Yáñez, J.M., Newman, S., Houston, R.D., 2015. Genomics in aquaculture to better understand species biology and accelerate genetic progress. *Frontiers in Genetics* 6: 128.
- Zhao, J., Prchal, M., Palaiokostas, C., Houston, R.D., Kause, A., Vandeputte, M., Vergnet, A., Bugeon, J., Bestin, A., Veselý, T., Pokorová, D., Piačková, V., Pojezdal, L., Genestout, L., Gela, D., Kroupová, K. Hana, Kocour, M., 2020. Genetic relationship between koi herpesvirus disease resistance and production traits inferred from sibling performance in Amur mirror carp. *Aquaculture* 520: 734986.
- Zhou, J., Wu, Q., Wang, Z., Ye, Y., 2004. Molecular phylogeny of three subspecies of common carp *Cyprinus carpio*, based on sequence analysis of cytochrome b and control region of mtDNA. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 42: 266–269.

## 7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Kocour, M., Flajšhans, M., Gela, D., Rodina, M., Hulák, M., Kašpar, V., Linhart, O., 2010. Metodické postupy při aplikaci selekčního programu zaměřeného na zvyšování užitkovosti ryb v podmínkách českého rybníkářství. Edice Metodik VÚRH Vodňany, FROV JU Vodňany, č. 103, 86 s.
- Kocour, M., Flajšhans, M., Kašpar, V., Gela, D., Hulák, M., Rodina, M., Linhart, O., 2011. Metodické postupy při aplikaci hybridizačních programů u ryb v podmínkách českého rybníkářství, Edice Metodik VÚRH Vodňany, FROV JU Vodňany, č. 119, 53 s.
- Palaiokostas, C., Kocour, M., Prchal, M., Houston, R. D., 2018a. Accuracy of genomic evaluations of juvenile growth rate in common carp (*Cyprinus carpio*) using genotyping by sequencing. *Frontiers in Genetics* 9: 82.
- Palaiokostas, Ch., Robledo, D., Veselý, T., Prchal, M., Pokorová, D., Piačková, V., Pojezdal, L., Kocour, M., Houston, R.D., 2018b. Mapping and sequencing of a significant quantitative trait locus affecting resistance to Koi herpesvirus in common carp. *G3: Genes, Genome, Genetics* 8: 3507–3513.
- Palaiokostas, C., Veselý, T., Kocour, M., Prchal, M., Pokorová, D., Piačková, V., Pojezdal, L., Houston, R.D., 2019. Optimizing genomic prediction of host resistance to Koi herpesvirus disease in carp. *Frontiers in Genetics* 10: 543
- Prchal, M., Kause, A., Vandeputte, M., Gela, D., Allamelou, J.M., Girish, K., Bestin, A., Bugeon, J., Zhao, J., Kocour, M., 2018a. The genetics of overwintering performance in two-year old common carp and its relation to performance until market size. *PLoS ONE* 13: e0191624.
- Prchal, M., Bugeon, J., Vandeputte, M., Kause, A., Vergnet, A., Zhao, J., Gela, D., Genestout, L., Bestin, A., Haffray, P., Kocour, M., 2018b. Potential for genetic improvement of the main slaughter yields in common carp with *in vivo* morphological predictors. *Frontiers in Genetics* 9: 283.
- Prchal, M., Kocour, M., Vandeputte, M., Kause, A., Vergnet, A., Zhao, J., Gela, D., Kašpar, V., Genestout, L., Bestin, A., Bugeon, J., 2020. Morphological predictors of slaughter yields using 3D digitizer and their use in a common carp breeding program. *Aquaculture* 520: 734993.
- Prchal, M., Zhao, J., Gela, D., Kašpar, K., Lepič. P., Kašpar, V., Kocour, M., 2021. Simplified method for genetic slaughter yields improvement in common carp under European pond conditions. *Nepublikovaná data*.
- Zhao, J., Prchal, M., Palaiokostas, C., Houston, R.D., Kause, A., Vandeputte, M., Vergnet, A., Bugeon, J., Bestin, A., Veselý, T., Pokorová, D., Piačková, V., Pojezdal, L., Genestout, L., Gela, D., Kroupová, K. Hana, Kocour, M., 2020: Genetic relationship between koi herpesvirus disease resistance and production traits inferred from sibling performance in Amur mirror carp. *Aquaculture* 520: 734986.

## 8. REJSTŘÍK ODBORNÝCH POJMŮ A JEJICH DEFINICE

- ANCOVA** – analýza kovariance (ANCOVA, angl. *Analysis of Covariance*) je spojení metody analýzy rozptylu a regresní analýzy. Spojení spočívá v přidání jedné či více spojitých vysvětlujících proměnných do modelu analýzy rozptylu, které zde nazýváme kovariáty (např. hmotnost kontrolní skupiny, hmotnost ryby pro výtěžnostní ukazatele a délky těla pro biometrické ukazatele aj.).
- Alela** – forma genu. Gen pro určitý znak může mít v populaci více forem (alel), které pak zodpovídají za různé projevy znaku (fenotypy). Například se má za to, že ošupení u kapra je výsledkem působení dvou genů. Každý z nich má dvě alely označované jako *S*, *s* a *N*, *n*.
- Čistokrevná plemenitba** – reprodukce, při které spolu páříme pouze jedince stejného plemene (linie, populace).
- DNA** – Deoxyribonukleová kyselina, nositelka genetické informace všech organismů, která ve své struktuře kóduje a buňkám zadává jejich program, a tím předurčuje vývoj a vlastnosti celého organismu
- Dominantní alela** – alela, která úplně potlačí projev recesivní alely. Fenotypově (navenek) se tedy projeví pouze dominantní alela a znak, který kóduje. Například u heterozygotního genotypu *Ssnn* budou mít všichni jedinci normální plné ošupení, stejné jako u genotypu *SSnn*, neboť alela *S* (alela pro šupinatý fenotyp) je dominantní nad *s* (alela pro lysý fenotyp).
- Efektivní velikost populace ( $N_e$ )** – počet jedinců zapojených do reprodukce, jejichž genofond se předá do další generace.
- F<sub>1</sub> populace** – první generace potomků (první filiální generace –  $F_1$ ), kterou získáme zkřížením jedinců rodičovské, tedy parentální, generace.
- F<sub>2</sub> populace** – druhá generace potomků (druhá filiální generace –  $F_2$ ), kterou získáme vzájemným zkřížením jedinců generace  $F_1$ .
- Fenotyp** – soubor všech pozorovatelných vlastností a znaků živého organismu, případně konkrétního znaku, na který se zaměříme. Představuje výsledek spolupůsobení genů v rámci daného genotypu a prostředí tedy to, jak organismus v daném znaku (znacích) nakonec skutečně vypadá.
- Fenotypová variabilita** – je proměnlivost fenotypu v populaci a je výsledkem působení genetické variability a variability prostředí. Rozdíly mezi fenotypovými hodnotami jsou výsledkem působení rozličných genotypů a prostředí (případně tzv. rodičovské variance) a dalšími vztahy mezi nimi. Čím více alel a genotypů v populaci existuje, případně čím více geny je daný znak kódován, a čím variabilnější jsou podmínky prostředí, tím vyšší bude fenotypová variabilita.
- Fitness** – soubor fyziologických předpokladů jedince rozmnožit se, tedy předat svoji genetickou informaci do dalších pokolení. Lze jej chápat i jako reprodukční úspěšnost (míru schopnosti se rozmnožit). Jedinci s vyšším fitness mají v přirozených populacích nejvíce potomstva. Fitness obecně souvisí s tělesným, duševním a zdravotním stavem (kondicí), schopností obstát v konkurenci dané populace, daného biotopu či ekosystému.
- GBLUP** – metoda, která využívá genomické vztahy genetických markerů (např. SNPů) k odhadu genetické plemenné hodnoty jedince, případně ji lze kombinovat i s příbuzenskými vztahy.
- Gen** – základní jednotka dědičnosti. Geny jsou tvořeny DNA a jsou instrukcí uvnitř buňky, jak vytvořit bílkoviny (proteiny), případně ribozomální a transferovou RNA (ribonukleovou kyselinu). Gen v rámci této metodiky chápeme jako část DNA, která reprezentuje

- nějakou alelu. U diploidních organismů, mezi něž patří i ryby, je znak (fenotyp) kódován minimálně dvěma alelami, tedy párem alel (jedna je od otce, druhá od matky).
- Genotyp** – soubor jednoho či více párů alel, které se podílejí na projevu některého znaku (fenotypu), souboru znaků či celého organismu.
- Generační interval** – průměrný věk rodičů při narození jejich potomků
- Generační ryba (plemenná ryba)** – jedinec, který se využívá k reprodukci. Chován je za účelem odběru gamet (pohlavních buněk) a k následné produkci váčkového plůdku (pro produkční nebo šlechtitelské účely).
- Genetický marker** – známé místo na DNA – konkrétní nukleotid(y) či úsek(y) DNA, kde je v rámci druhu či populace pozorována různorodost (polymorfismus) dusíkatých bází či alel. Genetické markery se využívají k různým typům studií a identifikace.
- Genom** – veškerá DNA konkrétního organismu. Zahrnuje kódující i nekódující sekvence DNA. Až na výjimky je v každé buňce těla stejný a kompletní genom.
- Genetická korelace** – podíl dědivosti, který je sdílen dvěma či více znaky. Pro každý pár znaků či jejich soubor je vymezen rozmezím od  $-1$  (negativní korelace, kdy při zvyšování hodnoty jednoho znaku se druhý snižuje a naopak) do  $+1$  (pozitivní korelace, kde při zvyšování hodnoty jednoho znaku se zvyšuje hodnota druhého znaku).
- Genetická variance** – hodnota, jež reprezentuje rozptyl fenotypu kvantitativního znaku způsobený genetickými rozdíly (genotypy), které jsou odvozeny z informací o příbuzenských vztazích mezi jedinci v dané populaci. Hodnota se vypočítává pomocí statistických programů. V případě, že rozptyl fenotypu vztahujeme ke znalostem o rozptylu genotypu napříč genomem jedinců, hovoříme o tzv. genomické varianci.
- Genetický zisk** – rozdíl mezi průměrnou hodnotou znaku u potomstva a jeho rodičů tam, kde realizujeme selekční šlechtění. Výhodou selekčního zisku je, že pokračující selekcí v následujících generacích jej můžeme zvyšovat až do dosažení selekčního stropu.
- Heritabilita (dědivost)** – udává, jak velká část variability znaku v populaci je zapříčiněna genetickými faktory a zpravidla se počítá jako podíl mezi aditivní genetickou variancí ( $V_a$ ) a celkovou variancí hodnot fenotypu ( $V_p$ ) v populaci. Heritabilita se pohybuje v intervalu od 0 (rozptyl hodnot znaku v populaci nemá vztah ke genetickému pozadí) do 1 (rozptyl hodnot znaku v populaci je ovlivňován pouze rozptylem genetickým).
- Heterózní efekt** – označovaný také jako hybridní zdatnost je jev, který se projevuje u organismu kříženců (potomků po páření různých druhů či geneticky vzdálenějších plemen, linií apod.) jako celku a jeho výsledkem je zlepšení celé řady fyziologických funkcí. Jeho nevýhodou je, že se objevuje zpravidla jen u první filialní generace (F1) a v dalších výrazně klesá, navíc projev heterózního efektu nelze kumulovat a tím jej zvyšovat.
- Heterozygot** – jedinec, jehož genotyp je v daném lokusu tvořen odlišnými alelami umístěnými na homologních chromozomech.
- Homozygot** – jedinec, jehož genotyp má ve sledovaném lokusu na homologních chromozomech identickou alelu.
- Hybrid (kříženec)** – jedinec získaný křížením geneticky vzdálenějších rodičů (jiné plemeno, linie, druh apod.).
- Hybridizace (křížení)** – termín označující rozmnožování jedinců dvou různých plemen či druhů; potomek smíšeného páru je poté označován jako kříženec (hybrid).
- Chromozom** – specifická barvitelná buněčná struktura eukaryot přítomná v jádře. Skládá se z DNA a histonů. Chromozomy jsou nejlépe pozorovatelné v buněčné fázi dělení. Účelem jeho existence je umožnění organizace jaderného genomu, prostorového určení lokusů a rovnoměrného rozdělení genetické informace při dělení buněk. Seřazením všech chromozomů v jádře podle velikosti a barvitelnosti získáme karyotyp.

- Inbreeding (inbríding)** – stav zhoršeného “fitness” u potomstva rodičů, mezi nimiž jsou blízké příbuzenské vztahy. Dochází k němu v důsledku zvyšování homozygotnosti, kdy hrozí větší riziko projevení letálních či semiletálních recesivních alel.
- Linie** – skupina ryb, která byla vyšlechtěna či vytvořena působením člověka, je nějakým způsobem definovaná a charakterizovaná, ale nemusí být v oficiálním registru či nemusí být uznána k tomu určeným orgánem nebo je jako linie uznána k tomu určeným orgánem.
- Lokus** – je pozice, kterou na chromozomu zaujímá jeden nebo více genů.
- MAS** – tzv. selekce s využitím genetických markerů. Jde o nepřímý selekční proces, při kterém je sledovaná vlastnost vybrána na základě markeru (variace DNA / RNA) spojeného se sledovanou vlastností.
- Mikrosatelit** – označení pro sekvence repetitivní DNA, složené z opakujících se jednotek o velikosti obvykle do šesti nukleotidů. Slouží ke studiu genetické variability v populacích či k určování rodičovství.
- Nukleotid** – základní stavební jednotka DNA skládající se z dusíkaté báze, zbytku kyseliny fosforečné a deoxyribózy. Výraz nukleotid je často užíván i pouze ve spojení s dusíkatými bázemi, které kódují proteiny či některé typy RNA, a jejichž polymorfismus způsobuje genetické rozdíly.
- PBLUP** – metoda, která k odhadu tzv. plemenné hodnoty využívá pouze příbuzenské vztahy (rodokmen).
- Pleiotropie (pleiotropní účinek)** – jev, při kterém v důsledku propojeného genetického systému jediný gen ovlivňuje mnoho různých biologických systémů, a to pozitivně i negativně (viz. Tab. 1)
- Plemenná hodnota** – základní parametr šlechtění. Jedná se o odhad genetického založení jedince (jeho jedinečný genotyp) vyjádřené odchylkou v užitkové vlastnosti od průměru vrstevníků. Dá se odhadnout pomocí rodokmenu (PBLUP), genotypu (GBLUP) nebo kombinací obou přístupů.
- Plemeno** – skupina ryb, která byla vyšlechtěna či vytvořena působením člověka a je jasně definovaná, charakterizovaná a je evidovaná v nějakém oficiálním registru a uznána k tomu určeným orgánem definovaným právním předpisem daného státu.
- Populace** – výraz užíván v několika významech. 1. skupina ryb stejného druhu, žijící v jednom čase na jednom místě, kde mezi jedinci dochází k vzájemné interakci (rozmnožování, konkurence, spolupráce apod.); 2. skupina ryb, která pochází z volných vod a člověkem nebyla záměrně měněna (šlechtěna), i když díky jejímu chovu v člověkem definovaných podmínkách mohlo k její změně bezděčně dojít (příklad amurský sazan – AS).
- QTL** – lokus či lokusy, které mají souvislost s hodnotou kvantitativního znaku v populaci. QTL jsou mapovány pomocí různých genetických markerů, v současné době zejména pomocí SNP.
- Reprodukční křížení (novošlechtění)** – vícenásobné křížení, kdy se postupně během několika generací kříží několik plemen/linií/skupin za vzniku tří, čtyř i více liniových kříženců.
- SNP** – je konkrétní nukleotid v genomu, kde se vyskytuje polymorfismus v dusíkaté bázi, a to v dostatečné míře v rámci porovnávaného vzorku (> 1 %). V současné době se SNP díky cenově dostupné technice a technologii pro jejich vyhledávání využívají v celé řadě aplikací.
- Selekce** – nejúčinnější metoda šlechtění, při které dochází ke změnám četností genů i genotypů v populaci. Četnosti genů či genotypů s pozitivním vlivem na vlastnost, která je ovlivněna selekcí, se zvyšují, a naopak četnosti genů a genotypů s nepříznivým účinkem na znak ovlivněný selekcí se snižují. Neustálou selekcí tak může docházet k postupné kumulaci genetického zisku.

**Šlechtění** – metoda ovlivňování vlastností organismů (živočichů, rostlin i dalších skupin organismů) člověkem v požadovaném směru. Ke šlechtění se využívají různé přístupy. Mezi základní metody šlechtění patří selekce a křížení.

## **Dedikace**

Metodika je výsledkem řešení výzkumných projektů za finanční podpory Ministerstva zemědělství České republiky prostřednictvím i) Národní agentury pro zemědělský výzkum – projekt QK1710310 s názvem „Využití nových biotechnologických postupů v podmínkách české akvakultury s cílem dosáhnout efektivní, kvalitní a ekologicky šetrné produkce ryb“ (40 %) a ii) národních dotací z programu 2.A.e.1.a (2.A.e.1.a.I) (30 %) a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky – projekt Biodiverzita s názvem „Reprodukční a genetické postupy pro uchování biodiverzity ryb a akvakulturu“; CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_025/0007370) (30 %).

### **Externí odborný oponent**

Ing. Miroslav Blecha, Ph.D.

Dvůr Lnáře, spol. s r.o., Lnáře 18, 387 42 Lnáře

### **Interní odborný oponent**

Ing. Vojtěch Kašpar, Ph.D.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

### **Oponent za státní správu**

Ing. Aleš Řezníček

Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybnářství, Oddělení rybnářství a včelařství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

### **Osvědčení o uplatněné certifikované metodice č. MZE-54953/2021-16232 ze dne 8. 10. 2021**

vydalo Ministerstvo zemědělství ČR, Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybnářství, Oddělení rybnářství a včelařství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1

### **Adresa autorského kolektivu**

Ing. Martin Prchal, Ph.D. – 40 %

Ing. David Gela, Ph.D. – 10 %

prof. Ing. Martin Flajšhans, Dr.rer.agr. – 10 %

MVDr. Veronika Piačková, Ph.D. – 5 %

doc. Ing. Hana Kocour Kroupová, Ph.D. – 5%

doc. Ing. Martin Kocour, Ph.D. – 30 %

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybnářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

V edici Metodik (technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Vodňany, [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz); přidělený editor: doc. Ing. Antonín Kouba, Ph.D.; redakce: Zuzana Dvořáková; náklad: 200 ks, 1. vydání; metodika uplatněna v roce 2021; ISBN 978-80-7514-137-8; grafický design a technická realizace.

v y d á v á

## OSVĚDČENÍ

č. j. MZE-54953/2021-16232

N<sub>met</sub> - Certifikovaná metodika

o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017, číslo 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837.

Název metodiky: **Využití amurského lysce pro zefektivnění produkce kapra v rybníční akvakultuře ČR**

Autor / autoři: **Ing. Martin Prchal, Ph.D.; Ing. David Gela, Ph.D.; prof. Ing. Martin Flajšhans, Dr.rer.agr.; MVDr. Veronika Piačková, Ph.D.; doc. Ing. Hana Kocour Kroupová, Ph.D.; doc. Ing. Martin Kocour, Ph.D.**

Název organizace: **Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický**

Místo vydání: Vodňany  
Rok vydání: 2021

Metodika byla vypracována v rámci výzkumného projektu/podpory na rozvoj výzkumné organizace Národní agentury pro zemědělský výzkum – projekt QK1710310 s názvem „Využití nových biotechnologických postupů v podmínkách české akvakultury s cílem dosáhnout efektivní, kvalitní a ekologicky šetné produkce ryb“ (40 %) a národních dotací z programu 2.A.e.1.a (2.A.e.1.a.I) (30 %) a Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky – projekt Biodiverzita s názvem „Reprodukční a genetické postupy pro uchování biodiverzity ryb a akvakulturu“; CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_025/0007370) (30 %).

Využívá projekt „Pravidla pro odvětví zemědělství, lesnictví, rybolov“? ANO

V případě, že projekt využívá „Pravidla pro odvětví zemědělství, lesnictví a rybolovu“, je výsledek typu N<sub>met</sub> zdarma k dispozici všem zájemcům na webové stránce: [www.frov.jcu.cz](http://www.frov.jcu.cz)

V Praze dne 8.10.2021

Jméno zástupce odborného útvaru státní správy:  
Funkce zástupce odborného útvaru státní správy:

  
Ing. Martin Žizka, Ph.D.  
ředitel odboru



Potvrzení ředitele Odboru vědy, výzkumu a vzdělávání MZe:

V Praze dne 12.10.2021

  
Mgr. Jan Radoš