

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

Bakalářská práce
Welfare ryb v rybníční akvakultuře

Autor: Pavel Moravec, DiS.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika, rybářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 4

České Budějovice, 2011

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce.

Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....
Pavel Moravec, DiS.

V Českých Budějovicích dne 3. května 2011

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Pavlu Vejsadovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracování bakalářské práce a všem, kteří mi během práce podali pomocnou ruku.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta rybnářství a ochrany vod
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel MORAVEC**
Osobní číslo: **V09B038P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Welfare ryb v rybníční akvakultuře.**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Welfare ryb v akvakultuře je v poslední době věnována značná pozornost odborníků, neboť tato problematika je velmi úzce spojena s kvalitou produkovaných ryb a ekonomickými aspekty rybářských podniků. Pro české rybnářství je tak welfare ryb a její tržní kvalita otázkou dobré konkurenceschopnosti tohoto odvětví. Je potřebné vypracovat přehled literatury s ohledem na fyziologii sladkovodních ryb a další nutriční hodnoty rybího masa s ohledem na welfare ryb.

Cílem práce je zpracovat kvalitní literární rešerši o welfare sladkovodních ryb zahrnující kapitoly týkající se základního rozdělení welfare ryb, fyziologie ryb, stresu ryb, podmínky prostředí, chov ryb v různých systémech. Zhodnotit současné metody vhodných chovatelských a technologických zásahů v rybářských podnicích. Práce by měla přispět k bližšímu poznání postupů hodnocení welfare sladkovodních ryb.

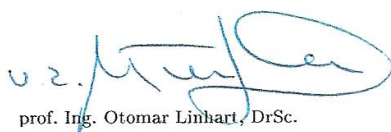
Rozsah grafických prací: 5 - 10 tabulek a grafů
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 35 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Branson J. Edward, Fish welfare, Blackwel publishing Ltd. 2008, 292 pp.
Piplat T.V.R.: Aquaculture principles and Practices, Blackwell Publishing, 2005, 620 s.
Situační a výhledové zprávy 1998 - 2005. MZE Praha, 12 s.
Luten, J. B. et al.: Seafood research from fish to dish, Wageningen academic Publisher, 2006, 567 s.
Malcolm C. Bourne.: Food Texture and Viscosity Concept and Measurement, Academic press, 2002, 423 s.
Clucas, I. J., Ward, A. R.: Post - harvest Fisheries Development: A Guide to Handling, Preservation, Processing and quality. Chatman maritime, Kent, 1996, 443 s.
Vácha , F. Processing and food quality of freshwater fish. Social and Economy. Inland Fisheries and Fresh Water Aquaculture. CD Presentation, Budapest, 2004, Profet, FEAP Q5AM-2002-0256.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.
Ústav akvakultury

Datum zadání bakalářské práce: 20. ledna 2009
Termín odevzdání bakalářské práce: 6. května 2011


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
Zátiší 728/II
389 25 Vodňany (2)


Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 1. prosince 2010

Obsah:

1. Úvod.....	7
2. Literární přehled.....	8
2.1 Welfare.....	8
2.1.1 Co znamená pojem welfare?.....	8
2.1.2 Vývoj welfare v historii.....	8
2.1.3 Welfare ryb.....	9
2.2. Mohou ryby trpět?.....	12
2.3. Stres.....	14
2. 4 Měření welfare.....	18
2.4.1 Základní informace.....	18
2.4.2 Možné indikátory zhoršené životní pohody ryb.....	20
2.5. Potencionální místa ohrožení welfare.....	31
2.5.1 Zacházení s rybami – manipulace.....	31
2.5.2 Přeprava ryb.....	33
2.5.3 Kvalita vody.....	36
2.5.4 Hustota obsádky.....	46
2.5.5 Usmrcování ryb.....	46
2.6. Welfare ryb v různých systémech.....	48
2.6.1 Ryby ve volných vodách.....	48
2.6.2 Sportovní rybářství.....	49
2.6.4 Akvakultura.....	52
2.6.5 Ryby v akváriích.....	52
2.6.6 Vědecký výzkum.....	52
3. Diskuse.....	54
4. Závěr.....	58
5. Seznam použité literatury.....	61
Abstrakt.....	65

1. Úvod

Welfare ryb je v literatuře poměrně mladým pojmem, ale v posledních letech zažívá doslova bouřlivý rozvoj. Toto téma se stává předmětem mnoha nových vědeckých výzkumů, tématem řady konferencí a různých článků na internetu i v tisku. Dokonce vznikají o tomto tématu celé knihy. Jednou z prvních je kniha s názvem „Fish welfare“ od Edwarda J. Bransona, která byla vydána v roce 2008.

Tato přehledová práce si klade za cíl shrnout základní informace o welfare ryb a vytvořit tak ucelený obrázek tohoto tématu. Vychází z nejnovějších studií, ale zároveň se opírá o již dlouhou dobu známá fakta, která se tohoto tématu dotýkají.

V úvodu je zařazena část zabývající se tématem welfare obecně. V něm je vysvětlen význam tohoto pojmu a jeho historický vývoj. Další části práce již jsou zaměřené přímo na welfare ryb.

Další kapitola se zabývá stresem, který je základní reakcí živočichů na zhoršené životní podmínky.

V kapitole věnované měření welfare jsou uvedeny základní možné indikátory, které mohou naznačovat problémy s welfare ryb. Značný význam této problematiky je především v jejím praktickém užití kdy je nutné snadno zhodnotit welfare ryb.

Velká část práce je věnována potencionálním místům ohrožení welfare. Uvědomnění si těchto míst je důležité především z důvodu zabránění jejich možných negativních dopadů nebo alespoň k částečnému zmenšení jejich následků. V této práci je uvedeno pouze několik základních míst ohrožení welfare, protože těchto míst existuje velké množství. Jejich detailní popis není možné zahrnout do textu vzhledem k rozsahu práce.

Poslední část práce je věnována welfare ryb v různých systémech. Je zde nahlíženo na welfare ryb z různých oblastí jako jsou ryby ve volných vodách, sportovní rybolov, akvakultura, chov ryb v akváriích a vědecký výzkum.

2. Literární přehled

2.1 Welfare

2.1.1 Co znamená pojem welfare?

Pojem welfare je do češtiny překládán jako životní pohoda zvířete v případě jednotlivce nebo jako kvalita života zvířat v obecnějším případě. V literatuře najdeme řadu definic tohoto pojmu. Některé definice dávají důraz na biologický stav zvířat. Jiné zdůrazňují subjektivní pocity zvířat. Termín welfare můžeme nejjednodušeji vysvětlit tak, že to je stav jak se zvíře cítí. Dousek a Malena (2008) uvádí že welfare může být chápáno jako vyvážený stav, kdy je zvíře schopno bezproblémově se vyrovnat svými vlastními silami s působením prostředí. Webster (1999) považuje za nejzdařilejší jednoslovnou definici tu, že pohoda zvířete je určena jeho schopností vyhnout se strádání a zachovat si zdatnost.

2.1.2 Vývoj welfare v historii

Zájem o pohodu (welfare) zvířat se začal projevovat od šedesátých let. Předmětem tohoto zájmu se stala především hospodářská zvířata chovaná na farmách např. Skot, prasata a drůbež. Na začátku šedesátých let vyšla kniha Ruth Harrisonové „Animal Machines“ (Šoch, 2005). Tato kniha způsobila rozruch mezi laickou i odbornou veřejností a naplno tak rozpoutala zájem o životní pohodu zvířat. Webster (1999) tuto knihu považuje za průlom na poli ochrany hospodářských zvířat. V této době dochází k velkému rozvoji welfare zejména ve Velké Británii. Britskou radou pro ochranu hospodářských zvířat bylo v roce 1965 navrženo aby hospodářská zvířata měla mít přinejmenším svobodu „vstát, lehnout si, otočit se, očistit si tělo a natáhnout končetiny“. Tyto minimální požadavky vešly ve známost jako „pět svobod“ a staly se předmětem mnoha diskusí o ochraně zvířat v Evropě (Webster, 1999). Webster (1999) dále uvádí, že tento koncept pěti svobod byl postupně britskou radou pro welfare hospodářských zvířat (FAWC) upravován až do podoby, kterou schválila Britská rada pro ochranu zvířat. Mezi pět svobod, které tato definice pohody zvířat obsahovala, patří svobody uvedené v tab. 1. V této tabulce je popsán i způsob, kterým lze jednotlivých svobod dosáhnout.

Tab.1 „Pět svobod“ a způsob jejich dosažení (Webster, 1999)

Svoboda	Způsob dosažení svobody
od žízně, hladu a podvýživy	bezproblémový přístup k čerstvé vodě a krmivu dostačujícímu k zachování plného zdraví a síly
od nepohodlí	poskytnutím vhodného prostředí včetně přístřeší a pohodlného místa k odpočinku
od bolesti, zranění a nemoci	pomocí prevence nebo rychlé diagnózy a léčení
uskutečnit normální chování	poskytnutím dostatečného prostoru, vhodného vybavení a společnosti zvířat téhož druhu
od strachu a bolesti	zabezpečení podmínek jež vylučují mentální strádání

Těchto pět svobod může skvěle sloužit při srovnání jednotlivých systémů chovů (Webster, 1999; Šonková 2006). Podle Šonkové (2006) FAWC zdůraznila, že absolutní a trvalé dosažení všech pěti svobod je nerealistické, nicméně představují inspirativní ideál a zároveň velmi praktickou pomůcku při vyhodnocování welfare zvířat v zemědělských provozech a nejenom tam. Šonková (2006) se dále domnívá, že pro životní pohodu zvířete není ve skutečnosti nutné aby bylo úplně a trvale osvobozeno od hladu, zimy, bolesti, strachu atd. Je však třeba, aby se zvíře mohlo s těmito problémy vypořádat vlastní aktivitou a vyhnulo se tak utrpení.

2.1.3 Welfare ryb

Chov ryb v posledních letech nabývá na intenzitě. S tím je také spojen zájem o tyto živočichy. Dobré životní podmínky jsou v intenzivních chovech spojeny s efektivitou výroby, kvantitou a kvalitou produktu. To jsou důvody proč by se měli produkční rybáři zabývat kvalitou welfare ryb. Na druhé straně se ale na trhu zvyšuje tlak ze strany spotřebitelů, kteří se stále častěji zajímají o to v jakých podmínkách byla potravina kterou kupují - v daném případě ryba - vyprodukována a zda během produkce nestrádala a netrpěla. I z těchto důvodů se v posledních letech stalo welfare ryb horkým tématem a je předmětem mnoha vědeckých výzkumů, diskusí, konferencí a tématem různých článků na internetu i v tisku.

Pro welfare ryb je zásadní otázkou zda ryby vůbec dokáží vnímat bolest a utrpení. Protože v případě, že ryby vnímat bolest a utrpení nedokáží je pojem welfare u těchto živočichů bezvýznamný. Tato otázka je často diskutována a existují na ní různé názory. Nicméně v poslední době převládá názor, že ryby mají určitou schopnost vnímání bolesti a mají podobnou stresovou reakci jako ostatní obratlovci. Z důvodu závažnosti tohoto tématu pro samotnou podstatu welfare ryb je mu věnována kapitola „2.2. Mohou ryby trpět?“.

Další důležitou otázkou je jak lze k welfare ryb přistupovat a zda lze použít stejné postupy jako u jiných hospodářských zvířat. Ryby patří mezi obratlovce - stejně tak jako savci a ptáci - u kterých byli v minulosti vypracovány rozsáhlé práce na téma welfare. Branson (2008) se domnívá, že u ryb jsou fyziologické a behaviorální systémy, které zprostředkovávají bolest a stres, do značné míry srovnatelné s těmi u ptáků a savců. Nicméně ryby měli nezávislou evoluční historii od ptáků a savců více než 350 milionů let. Proto zde existují některé rozdíly velmi důležité pro pochopení welfare ryb.

Zásadním rozdílem je, že ryby žijí ve vodě. S tímto prostředím jsou v těsném kontaktu prostřednictvím velké plochy žaber a kůže. Z tohoto důvodu Branson (2008) vyvozuje závěr, že kvalita vody je nejdůležitějším aspektem pro welfare ryb. Proto je svoboda od nepohodlí (z konceptu pěti svobod), která reprezentuje životní prostředí, pro ryby obzvláště důležitá.

Dalším rozdílem ryb oproti savcům a ptákům je, že ryby jsou exotermní živočichové a proto nemusí udržovat stálou tělesnou teplotu. Z toho lze usuzovat, že období potravního nedostatku - které by bylo pro ptáky a savce smrtelné - nemusí u ryb zejména při nízkých teplotách vůbec znamenat ohrožení dobrých životních podmínek (Ashley, 2007). Z tohoto důvodu lze podle Bransona (2008) svobodu od hladu, žízně a podvýživy považovat u ryb za méně důležitou než u savců a ptáků.

Pro objektivní posouzení zda došlo k poškození welfare ryb je zapotřebí vyvinout vhodné techniky a indikátory, které se dají snadno a jednoznačně použít v praktických podmínkách. To je důležité rovněž pro zjištění jakým způsobem je welfare poškozeno. Na základě toho můžeme udělat správné kroky k nápravě. Jednotlivými metodami zjišťování welfare ryb se blíže zabývá kapitola „2.4. Měření welfare“.

Vědecký výzkum pomohl v oblasti welfare identifikovat postupy, které skutečně ohrožují welfare ryb. Mezi tyto postupy v rámci akvakulturních chovů lze řadit např. manipulaci s rybami, jejich dopravu, porážku, nevhodnou hustotu obsádky a také zhoršenou kvalitu vody. Tyto kritické body mají svá úskalí. Pro zachování dobrého welfare chovaných ryb je třeba jim lépe porozumět a předcházet různým nebezpečím. Této problematice je věnována kapitola „2.5. Potencionální místa ohrožení welfare“.

Pro dobré životní podmínky ryb je nutné si také uvědomit jaké druhy lidské činnosti mohou mít na welfare ryb vliv. Dopady lidské činnosti na welfare ryb mohou být od obecných a zcela neúmyslných až po velmi specifické a zcela úmyslné. Branson (2008) uvádí jako příklad neúmyslného působení na welfare ryb rozsáhlé antropogenní degradace životního prostředí vážně ohrožující životní podmínky ryb. Jako příklad lze uvést např. nešetrně provedené úpravy vodních toků. Hanel a Lusk (2005) uvádí, že po nevhodných úpravách toků došlo zpravidla k poklesu početnosti ryb (zejména větších jedinců), v krajním případě k jejich úplnému vymizení. Tuto změnu početnosti lze jasně přisuzovat zhoršeným životním podmínkám ryb a tedy negativnímu působení na jejich welfare. Příkladem úmyslného poškození welfare ryb může být vědecký výzkum kde se stanovují podmínky které ve všech smyslech narušují welfare ryb. Více je tomuto tématu věnována kapitola „2.6. Welfare ryb v různých systémech“, kde jsou podrobněji rozebrány jednotlivé oblasti působení člověka na welfare ryb.

2.2. Mohou ryby trpět?

Základním předpokladem pro posuzování životní pohody zvířat je předpoklad že tato zvířata dokáží vnímat bolest a utrpení. Až do nedávné doby byly ryby obecně považovány za zvířata kterým jejich neuroanatomické a fyziologické vlastnosti nedovolují vnímání. Proto nejsou schopny vnímat bolest a mají malou nebo žádnou paměť. Z tohoto důvodu nebyl ani žádný zájem o sledování jejich životní pohody. Nicméně nejnovější studie ukazují, že ryby mají určitou schopnost vnímání bolesti a mají podobnou stresovou reakci jako ostatní obratlovci.

Bolest představuje signál nebezpečí, jakési varování pro jedince, kdy po bolestivém pocitu může následovat poškození tkáně. Receptory které přenášejí informace o bolesti u obratlovců jsou nazývány nociceptory. Jsou to periferní senzorká zakončení specializovaná na signalizaci škodlivých podnětů, která jsou umístěna v kůži, na sliznici nebo ve vnitřních orgánech. Bolest se objevuje při aktivaci receptorů případným škodlivým podnětem.

Nociceptivní vlákna mohou být polymodální nebo unimodální (Chandroo, Duncan a Moccia, 2004). Mezi unimodální vlákna řadíme vlákna $A\alpha$ a vlákna $A\delta$. Vlákna $A\alpha$ jsou silně myelinizovaná. Zprostředkují vedení taktilních podnětů. Vlákna $A\delta$ jsou slabě myelinizovaná. Zprostředkují vedení termálních a mechanických podnětů. Vzruch vedou rychlostí 5 až 30 m/sec. Tato vlákna zprostředkují vedení dobře lokalizovatelné, ostré bolesti.

Polymodální nociceptory jsou aktivovány řadou stimulů mechanických, chemických, tepelných a chladových. Tyto receptory jsou bez myelinové pochvy a vzruch vedou pomalu rychlostí 0,5 – 2 m/sec. Zprostředkují vedení hluboké, špatně diskriminované difuzní bolesti.

Chandroo, Duncan a Moccia (2004) uvádějí, že anatomické a fyziologické studie potvrdily existenci $A\delta$ a C nociceptivních vláken i u ryb. Cooke a Sneddon (2007) uvádí, že tyto nociceptory se nacházejí na hlavě, v oblasti úst a na žaberním víčku. To potvrzuje i Branson (2008). Jejich stimulace vyvolává u ryb podobné reakce jako u suchozemských obratlovců kteří reagují na bolestivé podněty. Branson (2008) dále upozorňuje, že i přes tento důkaz je obtížné určit zda ryby mají kapacitu pro bolest a utrpení.

Cooke a Sneddon (2007) uvádějí, že byly provedeny experimenty sledující aktivitu mozku ryb při bolestivých stimulacích. Tyto pokusy ukázaly aktivitu mozku během těchto bolestivých podnětů jak na molekulární tak i na fyziologické úrovni.

V jiném experimentu popisovaném těmito autory byly zkoumány reakce pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) na bolestivé podněty vyvolané podáním injekce akutně působící látky do oblasti úst. Při pokusu bylo chování těchto ryb porovnáváno s kontrolní skupinou ryb, která nebyla vystavena bolestivým podnětům. Ryby vystavené bolestivým podnětům vykazovaly abnormální chování jako tření úst o štěrk na dně nebo o stěny nádrže. Také vykazovaly zrychlené dýchací pohyby skřelových víček (52 až 98 pohybů za minutu) oproti kontrolní skupině (68 pohybů za minutu). Podle autorů by mohly být tyto způsoby chování přijaty jako příznaky prožité bolesti a utrpení.

2.3. Stres

Stres někdy bývá označován jako syndrom obecné adaptace. Pojem stres poprvé použil v roce 1936 objevitel stresové reakce Hans Selye, rodák z Komárna. Ten jako první správně pochopil překvapivý nález že u hladovějících krys se všechny orgány zmenšují kromě nadledvinek, kde naopak dochází k jejich zvětšování (Šoch, 2005).

Hanel a Lusk (2005) definují stres jako souhrn všech fyziologických reakcí, které nastanou když se živočich snaží udržovat homeostázu. Podle nich je změna vnějšího prostředí stresor a stres je pak vlastní odpověď organismu.

Šoch (2005) se domnívá, že stres je dynamický stav v němž živočišný organismus mobilizuje své obranné nebo nápravné hormonální a nervové mechanismy jejichž prostřednictvím odpovídá na působení různých stresorů.

Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) uvádí, že nepříznivým faktorem vyvolávajícím stres může být především změna v kvalitě chovného prostředí, ale také technologické zásahy jako deficiency ve výživě ryb, častá manipulace s nimi, vysoká koncentrace ryb v chovných systémech, nevhodné proudění vody nebo aplikace preventivních léčebných zákroků.

Huntingford et al. (2006) uvádí, že stresová reakce představuje pro zvířata přirozenou reakci na náročné podmínky. Proto je stres často používán jako indikátor narušení welfare. Tento autor ale vzápětí dodává důležitost uvědomění si že fyziologický stres není synonymem utrpení. To potvrzuje i FSBI (2002), kde uvádí jako příklad neexistenci žádného zvláštního důvodu navrhnout dočasnou fyziologickou aktivaci nastávající v očekávání krmení jako činnost poškozující welfare. Proto je důležité projevy stresu uvažovat při hodnocení životní pohody ryb v širších souvislostech.

Stres členíme na eustres a distres. Eustres je pozitivní zátěž, která v přiměřené míře stimuluje jedince k vyšším anebo lepším výkonům. Distres je nadměrná zátěž, která může jedince poškodit a vyvolat onemocnění či dokonce smrt.

Podle intenzity a délky působení stresoru můžeme stres rozdělit na chronický a akutní. Stres chronický je způsoben stresorem, který působí s nižší intenzitou po delší dobu nebo může působit periodicky. Tímto stresorem může být u ryb zákal vody, subletální koncentrace nejrůznějších kontaminantů nebo kyslíkové deficiency (Dubský,

Kouřil a Šrámek 2003). Chronický stres se projevuje zpomalením růstu, poruchami reprodukce, zvýšenou vnímavostí k onemocněním a sníženou celkovou tolerancí organismu.

Akutní stres je způsoben stresorem o vyšší intenzitě. Tímto stresorem může být např. nedostatek rozpuštěného kyslíku, náhlé zhoršení kvality vody apod. Akutní stres vede k reverzibilnímu vyčerpání kyseliny askarbové, kortikosteroidů, cholesterolu a dalších lipidů v interrenální tkáni ledvin.

Průběh stresové reakce

Stres má typický trojfázový průběh. Odpovědí na fyzický stresor nebo psychický stresor je nejdříve poplach (alarmová fáze), který přechází v adaptační stádium (stádium odolnosti). Pokud síla nebo trvání stresoru přesáhne adaptivní kapacitu zvířete odpověď přejde do třetí fáze, fáze vyčerpání.

1. poplachové stádium (alarmové)

Webster (1999) uvádí, že poplachovou reakcí rozumíme rychlou změnu fyziologického stavu jako odpověď na působení akutního stresoru. Význam alarmové reakce spočívá v mobilizaci energetických zdrojů, které mají zabezpečit obnovení normálního stavu. Regulační systémy uvolní velké množství pohotové energie, zajistí správné rozdělení krevního systému a umožní správnou distribuci iontů na buněčných membránách. Šoch (2005) uvádí, že poplachové stádium můžeme ještě rozdělit na dva stupně – šok (nervový) a protišok (humorální).

Šok je podle Šocha (2005) provázen srdeční slabostí, nervovou depresí, vazokonstrikcí cév sliznice a kůže. Krev se převádí do vnitřních orgánů, dojde k poklesu krevního tlaku a ke zpomalení srdeční činnosti. V krvi se šok projeví hypoglykemií, snížením počtu leukocytů, úbytkem sodných a vzestupem draselných iontů.

Protišok je první odpovědí na zátěž. Při ní dochází ke zvýšenému vyloučení katecholaminů (adrenalin a noradrenalin) z dřene nadledvinek do krve. To vyvolává zvýšení krevního tlaku, zlepšení srdeční činnosti a v metabolismu glykogenolýzu, hyperglykémii a převod mastných kyselin do krve (Šoch, 2005). Kovalčiková Kovalčik (1974) uvádí, že adrenalin a noradrenalin se netvoří jen ve dřeni nadledvinek, ale také

na zakončení nervů. Když se adrenalin vyplaví z dřeně nadledvinek do krve tato ho dopraví v rovnoměrné koncentraci do všech částí organismu. To umožňuje velmi široké působení, ale bez možnosti výběrového účinku na určité místo. Naopak hormony, které se vyloučí na zakončení nervů, mohou velmi účinně působit na ohraničeném místě v okolí svého vzniku kde se nachází ve vysoké koncentraci a nezatěžují ostatní části těla. Adrenalin mobilizuje jako první energetickou dotaci glukózy.

Při protišoku také dochází po podráždění hypotalamu účinkem CRH (kortikoliberinu) ke zvýšené tvorbě a sekreci ACTH (adrenokortikotropního hormonu) v adenohipofýze, který mobilizuje tvorbu korových hormonů v nadledvině (Šoch, 2005). Z nadledvinek se vyplaví glukokortikoidy a způsobí glukoneogenezi. Webstr (1999) uvádí, že sekrece adrenokortikálních hormonů - nejčastěji kortizolu - je vždy součástí poplachové reakce. Proto jsou koncentrace kortizolu v krvi obvykle používány jako takzvané objektivní měřítko stresu.

Adrenalin společně s kortizolem se podílejí na udržení organismu při životě. Při stresové reakci působí proti sobě. Adrenalin se snaží "vyhecovat" tělo k co největším výkonům. Kortizol ho naopak brání před poškozením od účinků adrenalinu. Kovalčiková a Kovalčík (1974) se domnívají že v nadprodukcii je také somatotropní hormon (STH), který má význam pro syntézu bílkovin v organismu.

2. stádium odolnosti (rezistence)

Žádný organismus se nemůže natrvalo udržovat v poplachové stádiu. Adaptační hormony regulací aktivity tkání rozhodují o tom zda tělo stresujícím činitelům podlehne nebo zda díky získané adaptaci úspěšně odolá. Když je stresor tak silný že stálá expozice je neslučitelná se životem organismus odumře v prvních hodinách nebo dnech alarmové reakce. Když tuto alarmovou reakci přežije nastane stav rezistence (Kovalčiková a Kovalčík, 1974).

Kovalčiková a Kovalčík (1974) uvádí, že projevy této fáze stresu jsou celkem odlišné. Často jsou přesným opakem projevů charakterizujících poplachovou reakci. Například v době poplachové reakce se krev zahušťuje, klesá hladina chlóru a převládá odbourávání látek ve tkáních. Ve stádiu rezistence naproti tomu nastává zředění krve a zvýšení hladiny chlóru, převládají anabolické pochody provázené návratem k normální tělesné váze.

Webster (1999) podotýká, že zvíře se ve stádiu adaptace přizpůsobí stresoru avšak za určitou fyziologickou nebo metabolickou cenu. Tento autor uvádí příklad na zvířeti trvale vystavenému chladu, které musí udržovat zvýšený metabolismus aby si zachovalo stálou tělesnou teplotu což je zčásti řízeno zvýšenou sekrecí nadledvinkových hormonů. Aby mohla být pokryta poptávka po energii potřebná pro produkci tepla musí být na ni přesměrovány živiny určené jinak na syntetické pochody jako je růst a rozmnožování. Tuto domněnku potvrzuje i Hanel a Lusk (2005), kteří uvádí že adaptace organismu na stres je na úkor imunitních reakcí a zvýšení náchylnosti k chorobám a hojení ran.

Šoch (2005) uvádí, že přestane-li působit stresor nebo působí-li s mírnou intenzitou organismus se s působením zátěže vyrovná a stává se proti ní odolným. Jejím postupným opakováním, jestliže vyvolává odpovídající adaptační reakci, dojde ke zvýšení odolnosti. To je v podstatě princip tréninku. Stejný názor mají i Kovalčíková a Kovalčík (1974), kteří uvádí tento poznatek jako pozitivní hodnotu stresu. Podle nich pokud stres není příliš intenzivní vede k adaptaci a vlastně nutí ke zlepšování výkonu.

3. stádium vyčerpání

Stádium vyčerpání nastává pokud stále přetrvává intenzivní vliv stresoru. Tento neřešitelný stres spotřebuje tolik energie, že se přechodně ustálený stav znovu poruší a celý systém se zhroutí. Zvíře upadne do třetího stádia, do stavu vyčerpání jehož příznaky se v mnohém podobají prvnímu alarmovému stádiu. Šoch (2005) uvádí, že intenzivní stresor vyvolá vyplavení převážné části kortikoidů z nadledvinek přičemž dojde k vyčerpání rezerv potřebných pro jejich novou syntézu. Dochází k místnímu poškození tkáně při místním stresovém působení nebo nastává stádium celkového vyčerpání organismu a smrt při celkovém vyčerpání adaptační energie v organismu. Kovalčíková a Kovalčík (1974) poukazují na to, že izolované vyčerpání některých orgánů nebo částí těla, případně místní poškození tkáně znamená konečné stádium jen v rámci lokálního adaptačního syndromu. Když se v důsledku lokálního stresu vyčerpají nejpřístupnější místní rezervy nastane místní vyčerpání a činnost zatížené části se automaticky zastaví. Toto je podle Kovalčíkové a Kovalčíka (1974) důležitý ochranný mechanismus, který umožňuje doplnit zásoby energie v době vynuceného odpočinku.

2. 4 Měření welfare

2.4.1 Základní informace

Měření welfare má velký dopad na praktické užití v oblasti akvakultury s návazností na obchodní síť. V dnešní době se stále více koncových zákazníků zajímá o to v jakých podmínkách bylo zvíře - ze kterého potravina pochází - odchováno a zda při chovu, dopravě a zpracování netrpělo bolestí, hladem, nevhodnými podmínkami chovu či jinými nepříznivými faktory. Z tohoto důvodu je zde tlak na vytvoření objektivních metod, které by spolehlivě a jednoznačně dokázaly porovnat kvalitu welfare.

Branson (2008) uvádí, že většina výzkumů kvality welfare ryb byla zaměřena na zjištění zda jsou ryby zdravé a dobře rostou. Například Ashley (2007) se domnívá, že všeobecně nejvíce ve spojitosti s welfare je vnímáno tělesné zdraví. Podle něj je nepochybně nezbytným předpokladem pro dobré životní podmínky zvířat. Dále uvádí důležitost uvědomění si, že špatný zdravotní stav může být příčinou i důsledkem špatných životních podmínek zvířat.

Podle FSBI (2002) je pro životní pohodu ryb rozhodující zdravotní stav, fyziologie a chování ryb. Proto by podle tohoto zdroje měli být v ideálním případě brány v úvahu při hodnocení welfare všechny tyto tři parametry. Huntingford et al. (2006) upozorňuje na důležitost behaviorálních studií, které vycházejí z předpokladu že změna chování je brzy a snadno pozorovatelnou reakcí na nepříznivé podmínky.

Téměř všichni autoři se shodují na tom, že pomocí jednoho ukazatele nelze spolehlivě posoudit kvalitu welfare. Pokud chceme získat komplexní představu o welfare je nejlepší kombinace více přístupů. Mnoho vědců tedy používá více než jedno kritérium. Např. růst a tělesnou kondici, plazmatické hladiny kortizolu a příjem potravy a pod. Huntingford et al. (2006) navrhuje pro zjišťování kvality welfare čtyři základní parametry zastupující různé funkční systémy, a to stav těla a ploutví, plazmatická koncentrace glukózy a kortizolu.

Branson (2008) uvádí přístup hodnocení welfare ryb pomocí odpovědí na dvě základní otázky : zda jsou zvířata zdravá a zda mají co chtějí. K vyhodnocení těchto otázek doporučuje následující parametry:

1. Jsou zvířata zdravá?

- Kvalita vody – rozpuštěný kyslík ve vodě, amoniak, nerozpuštěné látky, teplota vody, pH, tvrdost vody
- ploutevní eroze
- chování ryb
- onemocnění
- hustota obsádky
- krmení – aktivita při krmení, chuť k jídlu, hodnoty FCR a SGR
- stav žaber a očí

2. Mají co chtějí?

- Kvalita vody
- Krmení

Stále více autorů doporučuje pro hodnocení welfare ryb koncept „Pěti svobod“. Např. *Agro Web Czech Republic CEE (1998 – 2009)* uvádí, že Farm Animal Welfare Council se rozhodl pro použití konceptu „Pěti svobod“ i pro welfare ryb. Tento přístup k zjišťování welfare ryb uvádí také Ashley (2007), Szeremeta (2010) a internetový server Fish Welfare (2005 - 2010). V rámci tohoto přístupu je pozornost zaměřena na to do jaké míry jsou splněny potřeby v oblastech „svobody“ od hladu a žízně, nepohodlí, bolesti, poranění, onemocnění, strachu a stresu a také zda mají zvířata možnost projevit přirozené chování. Pro jednotlivé z pěti svobod lze použít následující parametry a indikátory:

1. Svoboda od hladu, žízně a podvýživy

- Příjem krmiva
- Tempo růstu

2. Svoboda od bolesti, zranění a nemoci

- Fyzické poškození – ploutevní eroze
- Imunitní odpovědi – činnost lysozymu, fagocytární aktivity

3. Svoboda od nepohodlí

- Kvalita vody - rozpuštěný kyslík ve vodě, amoniak, nerozpuštěné látky, teplota vody, pH, tvrdost vody
- Stav ryb – stav žaber, výskyt parazitů

4. Svoboda projevovat normální chování
 - Abnormální chování
5. Svoboda od strachu a utrpení
 - Primární a sekundární reakce na stres – kortizol, glukóza, laktát

Tyto indikátory jednotlivých pěti svobod uvádí Szeremeta (2010) a také internetový server Fish Welfare (2005 - 2010).

Pro objektivní prokázání kvality welfare v akvakulturních chovech je velmi důležité vést o provedených měřeních přehledné záznamy. Tyto záznamy poskytují informace o kvalitě welfare v průběhu celého výrobního procesu a dávají tak ucelenou představu o kvalitě poskytované péče.

2.4.2 Možné indikátory zhoršené životní pohody ryb

Podle Bransona (2008) by měl ideální indikátor pro měření welfare ryb splňovat řadu kritérií. Pokud jde o současný stav ryb měl by být informativní. Rovněž by to měl být v ideálním případě relevantním a spolehlivým ukazatelem specifickým pro stresovou reakci. Index by měl být pokud možno stabilní a jednoznačně prokazatelný. Jeho změna by měla být snadno detekována. Měření by mělo být nejlépe přístupné přes neinvazivní metody nevyžadující odběr vzorků tkáně. V ideálním případě by měl být měřitelný bez použití drahých a složitých postupů. Branson (2008) se domnívá že nejbližší splnění všech těchto požadavků je steroidní hormon kortizol.

Kortizol

Kortizol je hormon produkovaný kůrou nadledvinek. Název kortizol pochází z latinského „*cortex*“ – kůra. Přípona -ol značí alkoholovou skupinu. Tento hormon patří do skupiny glukokortikoidů. Jeho sekrece je stimulována adrenokortikotropním hormonem (ACTH). Aluru a Vijayan (2009) uvádí, že kortizol je nejdůležitější látka v metabolických úpravách nezbytných při vyrovnávání se stresem. Hodnoty kortizolu v krvi se mění v závislosti na velikosti stresové reakce. Proto je vhodným indikátorem stresu.

Úlohou kortikoidů, mezi které kortizol patří, je aktivace energeticky náročných cest vedoucích k obnově homeostázy. Působením kortizolu se zvyšuje produkce glukózy, která představuje pro organismus okamžitý zdroj energie. Kortizol stimuluje

jaterní glukoneogenezi a snižuje vychytávání glukózy periferními tkáněmi. Ta je poté z krve zpřístupněna buňkám prostřednictvím působení inzulínu (Martínez-Porchas et al., 2009).

V experimentech akutního stresu je odezva kortizolu poměrně rychlá, ale pravidelně slábne nebo mizí po několika hodinách od vystavení stresoru. Martínez-Porchas et al. (2009) se domnívá, že u většiny ryb dosahuje kortizol nejvyšší koncentrace 1 hodinu od vystavení stresoru a na základní hladinu se vrátí po 6 hodinách.

Hodnoty kortizolu lze dnes velmi přesně stanovit pomocí metody RIA (radioimunoanalýza) nebo ELISA (heterogenní enzymatická imunoanalýza). Branson (2008) uvádí, že výchozí hladiny kortizolu u nestresovaných ryb jsou obvykle nízké v poměru k úrovni dosažené při stresu, i když absolutní hodnoty se mohou měnit v závislosti na druhu ryby. To potvrzuje i Martínez-Porchas et al. (2009), který uvádí i konkrétní hodnoty plazmatického kortizolu před a po působení různých stresorů u různých druhů ryb (viz tab. 2). Ashley (2007) uvádí, že zvýšení hladiny plazmatického kortizolu po působení stejného stresoru se může u různých druhů ryb lišit až o dva řády.

Tab. 2 Hodnoty plazmatického kortizolu různých druhů ryb před a po působení stresoru (Martínez-Porchas et al., 2009)

Druh	Stresor	Kortizol (nmol/l)		Expozice
		Před stresem	Po stresu	
Siven alpský (<i>Salvelinus alpinus</i>)	manipulace	5	449	akutní
Losos diploidní (<i>Salmo salar</i>)	zbavení svobody	27	151	akutní
Losos triploidní (<i>Salmo salar</i>)	zbavení svobody	27	124	akutní
Siven americký diploidní (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	manipulace a uvěznění	19	242	akutní
Siven americký triploidní (<i>Salvelinus fontinalis</i>)	manipulace a uvěznění	2	146	akutní

Kapr obecný (<i>Cyprinus carpio</i>)	hustota	19	206	akutní
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Vystavení chemickým látkám	49	110	chronický
Pstruh duhový diploidní (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Manipulace a uvěznění	77	698	akutní
Pstruh duhový mlíčák (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Chytání	16	380	akutní
Pstruh duhový jikrnačka (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Chytání	57	764	akutní

Zvýšení hladiny kortizolu je spojováno především s expozicí ryb nějakému stresoru. Martínez-Porchas et al. (2009) upozorňuje na to, že intenzita stresové reakce není vždy způsobena jen konkrétním stresorem ale může být ovlivněna cizími faktory. Tyto nejsou považovány za přímé stresory, ale mohou mít vliv na sekreci kortizonu což často může mít vliv na zkreslení výsledků. Tyto faktory můžeme rozlišit na vnější a vnitřní. Mezi vnitřní faktory můžeme řadit Genetické informace, věk nebo dominantní chování. Martínez-Porchas et al. (2009) uvádí, že hodnoty naměřeného kortizolu jsou variabilní i u lososovitých ryb stejné populace nebo že podřízené ryby vykazují vyšší hodnoty než dominantní jedinci. Mezi vnější faktory můžeme řadit barvu prostředí, teplotu vody nebo výživu. Experimenty bylo prokázáno že Pražman obecný (*Pargus pargus*) aklimatizovaný v černé nádrži vykazoval nižší hodnoty kortizolu než v šedé a bílé nádrži (Martínez-Porchas et al., 2009). Z těchto důvodů je zapotřebí používat při experimentech ryby z jednoho zdroje a normalizovat jejich fyziologický a biochemický stav. To lze provést předchozí aklimatizací experimentálních ryb podmínkám (teplota, rozpuštěný kyslík, kvalita vody, fotoperioda, velikost, barva a tvar experimentální nádrže).

Hodnoty kortizolu v rybách lze stanovovat v několika různých systémech:

- v krvi
- ve žluči
- v celém homogenizovaném rybím těle
- ve vodě s výkaly

Stanovení kortizolu v krvi

Branson (2008) se domnívá, že z výzkumného hlediska je nejvýznamnější měření hladiny kortizolu v krvi. Krev je prostorem, který nejlépe odráží činnost interrenální tkáně a koncentraci nejvíce se blíží hodnotám kterým jsou vystaveny cílové tkáně. Krevní vzorky pro toto stanovení lze snadno získat pomocí injekční jehly a stříkačky. Aby nedošlo k poranění ryb provede se před zákrokem znehybní pomocí anestetik. Martínez-Porchas et al. (2009) uvádí, že jelikož anestetika snižují nebo blokují aktivitu HPI osy neměli by být při procesu vzorkování krevní hodnoty ovlivněny.

Omezením tohoto postupu je nezbytnost nepřesáhnutí doby 5 minut od počátečního vyrušení ryb (započítí lovení ryb v nádrži) do odebrání vzorku krve. Jinak hrozí zkreslení výsledků měření v důsledku zahájené stresové reakce u ryb (Branson, 2008). Výhodou tohoto postupu je získání přesných hodnot hladiny kortizolu u každé sledované ryby.

Stanovení kortizolu ve žluči

Je - li kortizol neaktivní je společně se všemi steroidními hormony vyloučen z těla jaterními biotransformačními procesy. To má za následek hromadění metabolitů kortizolu a jejich konjugátů ve žlučníku. U ryb vystavených chronickému stresu byla prokázána extrémně vysoká úroveň těchto metabolitů. Akumulace kortizolu a jeho metabolitů ve žluči vykazuje určitou časovou prodlevu v nástupu změn oproti hodnotám zjistitelných v krvi (Branson, 2008). Proto je měření kortizolu a jeho derivátů vhodné v těch případech, kdy není možné odebrat krevní vzorky v krátké době od počátečního vyrušení ryb.

Stanovení kortizolu v celém homogenizovaném těle

Tato metoda je vhodná v situacích, kdy jsou ryby příliš malé pro získání vzorků krve. Při tomto postupu se nejprve ryby humánně usmrtí a poté se homogenizují ve vhodném přístroji. Kortizol se následně stanovuje v supernatantu homogenátu. Tento přístup nedosahuje přesností přímého měření kortizolu v krvi jelikož výsledek zahrnuje kortizol přítomný ve všech tělesných prostorech včetně krve a žlučníku. Tato metoda ale může být užitečná pro monitorování stresové reakce malých ryb jako je např. Danio pruhované (Branson, 2008).

Detekce kortizolu ve vodě a výkalech

Měření kortizolu ve vodě je neinvazivní metoda, která vznikla poměrně nedávno. Scott a Ellis (2007) uvádí, že poprvé bylo posuzování stresové reakce ryb podle množství mikrogramů kortizolu ve vodě navrženo v roce 2001.

Tato metoda má řadu výhod mezi které patří:

- žádná nebo minimální manipulace s rybami. Nemusí se používat anestetikum. Z toho vyplývá, že měření není zkreslené stresovou reakcí na úkony spojené s vlastním měřením
- možnost opakování měření na stejných rybách
- možnost měření stresových reakcí u malých nebo vzácných ryb bez jejich usmrcení
- sledování hladiny hormonů v určitém časovém úseku čímž se sníží problém s jejím kolísáním, které se může objevit v krvi (Scott a Ellis, 2007)

Výzkumy ukázaly, že ryby vyměšují metabolizované steroidy do vody močí a žlučí (Branson, 2008; Scott a Ellis, 2007; Ellis et al. 2004). Scott a Ellis (2007) uvádí, že volný kortizol je v první řadě propouštěn do vody přes žábry v důsledku koncentračního gradientu mezi plazmou a vodou. S tímto názorem souhlasí i Branson (2008).

Stanovením kortikoidů ve vodě získáme směsný vzorek od všech ryb v nádrži. Nemáme tak k dispozici hodnoty jednotlivých ryb. To může být zdrojem potenciálního zkreslení naměřených hodnot v případě kdy by některý jedinec vykazoval vyšší hodnoty (Scott a Ellis, 2007). Martínez-Porchas et al. (2009) poukazuje na to, že sekrece kortizolu je v přímé úměře k biomase ryb. Proto je nutné mít podobné biomasy v každé experimentální jednotce. V úvahu je třeba brát také průtok vody v nádržích.

Glukóza

Glukóza je monosacharid, který má velkou roli v bioenergetice zvířat. Je v organismu transformována na chemickou energii (ATP), která může být vyjádřena jako mechanická energie. Glukóza tedy představuje pro organismus okamžitý zdroj energie. Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) uvádí, že koncentrace glukózy v krevní plazmě se pohybuje v rozmezí 1,5 až 3 mmol.l⁻¹. Tito autoři se dále domnívají, že

koncentrace glukózy v krevní plazmě závisí na obsahu kyslíku ve vodě a je významným ukazatelem stresových faktorů na ryby. Její koncentrace podle nich po prodělané zátěži prudce několikanásobně stoupá (až 3,5 krát). Jako významný ukazatel stresu vnímají glukózu i ostatní autoři. Např. Silbergeld (1974), Huntingford et al. (2006), Ashley (2007) a Martínez-Porchas et al. (2009).

Při stresu je vlivem stresových hormonů (adrenalin, noradrenalin, kortizol) mobilizována a zvýšena produkce glukózy v rybách přes glukoneogenezi a glykogenolýzu. Tato produkce glukózy je většinou způsobena působením kortizolu, který stimuluje jaterní glukoneogenezi a snižuje vychytávání glukózy periferními tkáněmi. Ta je potom z krve zpřístupněna buňkám prostřednictvím působení inzulínu (Martínez-Porchas et al., 2009).

Silbergeld (1974) uvádí, že pro měření hladiny glukózy v krvi je nutné odebrat vzorky krve do 5 minut od počátečního vyrušení ryb (započetí lovení ryb v nádrži). Tento čas je nutné dodržet z důvodu aby naměřené hodnoty nebyly ovlivněny stresovou reakcí vzniklou při samotném odběru vzorků.

Martínez-Porchas et al. (2009) se domnívá, že zvýšení glukózy v krevní plazmě není tak rychlé jako u kortizolu, protože právě kortizol spouští produkci glukózy. Podle něj se změna hladiny glukózy v krvi objevuje po několika minutách, hodinách nebo i dnech. Ke stejným závěrům došel také Silbergeld (1974), který při pokusech na *Etheostoma nigrum* pozoroval pět dnů po expozici insekticidu (dieldrin 2,33 ppb) 133% nárůst glukózy oproti kontrolní skupině, po patnácti dnech se hodnoty vrátily na původní úroveň. Z těchto důvodů se doporučuje měřit hodnoty glukózy v průběhu času. Martínez-Porchas et al. (2009) uvádí konkrétní hodnoty glukózy naměřené v krevní plazmě u několika druhů ryb za působení různých stresorů (viz tab. 3).

Tab. 3 Hodnoty glukózy různých druhů ryb před a po působení stresoru (Martínez-Porchas et al., 2009)

Druh	Stresor	Glukóza (nmol/l)		Expozice
		Před stresem	Po stresu	
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	polutant	4,2	9	akutní
Pstruh duhový (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	měď a expozice na vzduchu	5,1	7,2	chronická / akutní
Tilapie nilská (<i>Oreochromis niloticus</i>)	elektrošok	2,2	6,4	akutní
Tilapie nilská (<i>Oreochromis niloticus</i>)	sociální stresor	1,9	6,7	akutní
Sumeček skvrnitý (<i>Ictalurus punctatus</i>)	manipulace	1,7	2,8	akutní

Kvalita vody

Zajištění kvality vody je pro dobrou životní pohodu ryb nezbytné. Szeremeta (2010) uvádí, že změny parametrů vody mimo přijatelný rozsah mohou zpomalit růst, způsobují stres zvyšující výskyt onemocnění nebo dokonce úhyn. Proto lze označit kvalitu vody jako velmi dobrý indikátor kvality welfare. Podle Bransona (2008) lze za nejdůležitější faktor ovlivňující welfare ryb označit rozpuštěný kyslík. Dalším důležitým faktorem je amoniak, nerozpuštěné látky a teplota vody. O těchto parametrech vody je více uvedeno v kapitole „2.5.3 Kvalita vody“

Abnormální chování

Podle Huntingforda et al. (2006) může být použito jako znamení špatných životních podmínek také abnormální plavání, za které můžeme považovat např. nehybnost, přílišnou aktivitu, pokusy o útěk z prostředí, odírání těla o předměty a další. Také FSBI (2002) uvádí, že ryby mohou reagovat na nepříznivé podmínky různou rychlostí plavání a využíváním různých oblastí nádrže nebo klece s rybami. Branson (2008) považuje za abnormální chování také nedostatečnou reakci ryb na blížící se osobu, shlukování ryb kolem přítoku, nouzové dýchání na hladině nebo otírání o předměty. Otírání o dno a různé předměty nám může např. vypovídat o zamoření parazity.

Lucký (1986) uvádí, že jedním z prvních příznaků nenormálního chování je malá pohybová aktivita hejna ryb, zvláště v intenzivních chovech. Ryby nevytvářejí kompaktní hejno - rozdělují se. Někteří jedinci hejno opouští a zdržují se v tišších místech kde není proudění vody tak intenzivní. Za nenormální lze také považovat nechutenství ryb v podmínkách kdy jsou splněny všechny předpoklady pro intenzivní příjem potravy jako je dostatek krmiva, kyslíku, správná teplota a mnohé další parametry.

Při posuzování abnormálního chování je třeba vždy přihlídnout ke konkrétnímu druhu ryby. Je třeba brát v potaz že jednotlivé druhy se chovají ve svém životním prostředí velmi odlišně (Lucký, 1986). Z tohoto důvodu je třeba znát normální chování a reakce sledovaného druhu.

Branson (2008) uvádí že k většině projevů chování dochází pod vodní hladinou. Proto je někdy jejich sledování velmi obtížné. Závisí především na místě pozorování ryb. Lucký (1986) podotýká, že posuzování ve větších rybnících je obtížné díky pokryté hladině plovoucími porosty a rozlehlosti nádrže. Naproti tomu ve pstruhových rybnících nebo v různých odchovných zařízeních, jako jsou laminátové žlaby a přístroje pro líhnutí, lze pozorovat chování ryb obvykle velmi dobře v celém vodním sloupci i nádrži. Branson (2008) navrhuje pro sledování chování ryb ve ztížených podmínkách (zejména v klecových chovech) využívání podvodních kamer, které mohou toto pozorování zjednodušit.

Barevné změny

Intenzita zbarvení ryb se mění v závislosti na vnějších podmínkách a zdravotním stavu. Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) se domnívají, že intenzita zbarvení je ovlivněna vždy když dochází ke zhoršení funkce nervového systému. Ryby tmavnou při ztrátě zraku, onemocnění, při extrémně nízké nebo vysoké teplotě vody, v prostředí s nízkým pH. Světlé zbarvení je způsobeno podle těchto autorů nedostatkem kyslíku, poruchami krevního oběhu nebo nadbytkem světla.

Huntingford et al. (2006) uvádí, že změna barvy kůže nebo změna barvy očí v důsledku stresové reakce byla pozorována u řady druhů ryb včetně okrasných druhů. Proto může být použita jako možný indikátor zhoršených životních podmínek. Tento autor se domnívá, že barvu očí jako indikátor životní pohody ryb lze použít např.

u lososů. To potvrzuje také FSBI (2002) která dále uvádí změnu barvy očí jako index sociálního stresu a znamená podřízeného postavení u lososovitých ryb.

Změny frekvence pohybu skřelových víček

Vysoká spotřeba kyslíku se projevuje zrychleným oplachováním žaber. Zrychlený pohyb skřelových víček spolu s vizuální kontrolou stavu žaber je podle Huntingforda et al. (2006) znamením počínajících problémů s okrasnými rybami. Zvýšení dýchacích pohybů může být podle tohoto autora také použito při sledování ryb po vystavení znečišťujícím látkám. Stejného názoru je i FSBI (2002) která také uvádí, že zvyšující se frekvence pohybu skřelových víček souvisí s narůstajícím stresem.

Snížený příjem potravy

Existuje mnoho důvodů proč ryby nepřijímají potravu, ale skutečnost že krmení je potlačeno akutním nebo chronickým stresem znamená podle Huntingforda et al. (2006) že neočekávaná ztráta chuti k jídlu je příznakem zhoršeného welfare.

FCR (Food Conversion Ratio)

FCR neboli krmný koeficient udává kolik kilogramů potravy (krmiva) musí organismus přijmout na dosažení 1 kg přírůstku své tělesné hmotnosti. Podle Bransona (2008) je tento koeficient praktickým a významným nástrojem pro posouzení welfare ryb. Jeho výhodou je, že se o něj přirozeně zajímá většina produkčních rybářů v intenzivních chovech a je proto běžně vypočítáván. FCR poskytuje především historický pohled na kvalitu welfare. Vysoké hodnoty tohoto koeficientu oproti předpokládaným hodnotám naznačují problémy v průběhu odchovu ryb. Naopak velmi nízké hodnoty nám ukazují že ryby měli vše co potřebují. Výsledkem je dokonalé zužitkování předkládaného krmiva.

Tempo růstu

Tempo růstu u ryb je flexibilní a přirozeně variabilní, ale pokud existuje odhad očekávaného růstu potom dlouhodobě nízké tempo růstu může svědčit o chronickém stresu. Tento ukazatel lze použít tam kde jsou ryby pravidelně měřeny a váženy nebo pokud velikost může být posouzena zrakem. Např. pomocí okénka pod vodou nebo podvodními kamerami. (Huntingford et al., 2006).

Ztráta kondice

Podle FSBI (2002) na ztrátu kondice můžeme usuzovat podle změny tvaru ryby. Ryba může zhubnout v důsledku mobilizace rezerv při sekundární reakci na stres. Tento ukazatel lze použít tam kde jsou ryby pravidelně měřeny a váženy nebo pokud může být stav posouzen zrakem (např. pomocí okénka pod vodou nebo podvodními kamerami).

Zranění včetně ploutevnických deformací

Poranění může být přímým důsledkem nepříznivé události. V takovém případě vysoká frekvence těchto poškození je znamením špatných životních podmínek. Také imunitní odpověď organismu může být potlačena působením kortizolu vyplavovaného při stresové reakci (Dubský, Kouřil a Šrámek 2003; Kovalčíková a Kovalčík, 1974). Z toho důvodu vyplývá pomalejší zotavení se z poranění.

Huntingforda et al. (2006) uvádí, že šupiny které jsou vytlačeny krví na místě ležení jsou znamením špatného zacházení s okrasnými rybami. Dále se domnívá že stejně jako akutní poškození může poškodit dobré životní podmínky také uzdravené poškození. Např. poškozené ploutve u lososů mohou způsobit trvalé zkrácení ploutví, tím ohrozit jejich výkon a dobré životní podmínky těchto ryb.

Morfologické abnormality

Protože nepříznivé podmínky mohou interferovat s normálním vývojem může být použita vysoká frekvence výskytu morfologických abnormalit jako indikátor špatných podmínek chovu larválních stádií (Huntingford et al., 2006). Vzápětí ale dodává, že zda to představuje problém pro životní pohodu závisí na stupni vnímání dotčených larev.

Faktory odpovědné za výskyt malformací jsou genetické dispozice, špatná výživa a špatná kvalita vody (teplota, obsah rozpuštěného kyslíku apod.).

Snížené reprodukční schopnosti

Snížení reprodukční schopnosti může nastat v důsledku dlouhodobého stresu (Hanel a Lusk, 2005;). Huntingforda et al. (2006) uvádí, že snížená reprodukční schopnost je možnou známkou nedostatečné pohody v případě kdy je použito vhodné krmivo i světlý a teplotní režim.

Zdravotní stav

FSBI (2002) uvádí, že zvýšený výskyt onemocnění v jakékoliv populaci ryb by měl být vnímán jako varování že mohou existovat nějaké jiné zásadní problémy, které tento zvýšený výskyt nemocí způsobují. Branson (2008) uvádí, že dlouhodobý dobrý zdravotní stav je ukazatelem dobré životní pohody chovaných ryb. Szeremeta (2010) poukazuje také na sníženou schopnost ryb bojovat s nemocemi ve špatných životních podmínkách a zvýšeném stresu.

Indikátorem zdravotního stavu může být např. vzhled žaber nebo očí. Světlé zbarvení žaber uvádí Branson (2008) jako indikátor špatného zdravotního stavu. Lucký (1986) se domnívá, že škodlivé vlivy životního prostředí často poškozují rohovku, změni její tvar i průhlednost.

Mortalita

Mortalitu uvádí Branson (2008) jako užitečný ukazatel zdravotního stavu populace. Při sledování tohoto parametru je nutné přihlížet ke stáří chovaných ryb. Např. počty uhynulého plůdku budou přirozeně vyšší než tržních ryb v rybníce.

2.5. Potencionální místa ohrožení welfare

Ashley (2007) se domnívá, že stresory jsou v akvakultuře nevyhnutelné. Snížení stresu a jeho škodlivých účinků je základním cílem pro úspěšný růst a produkci stejně jako pro dosažení dobré životní pohody chovaných ryb. Z těchto důvodů je třeba si uvědomit kde všude je nebezpečí zvýšeného stresu na chované ryby a jakými postupy lze tento stres snižovat tak aby bylo welfare ryb narušeno co možná nejméně.

Branson (2008) uvádí myšlenku, že v oblasti welfare ryb by měli být navrženy systémy pro posouzení rizik podobné analýze rizik a kritických kontrolních bodů používané v potravinářství (HACCP), nebo analýze rizik a hodnocení rizik používané v továrnách a laboratořích (HARA).

2.5.1 Zacházení s rybami – manipulace

Manipulace se zvířaty je ve všech odvětvích produkce potravin živočišného původu často stresující událostí. Ne jinak je tomu u ryb. Procesy jako je odlov, třídění, manipulace a přeprava jsou ze své podstaty pro ryby stresující. Veškerá manipulace s rybami se musí provádět velmi šetrně se snahou zabránit jakémukoliv poškození nebo vyvolání stresových stavů (Čítek, Krupauer a Kubů, 1993). Poškození nebo přidušení zhoršuje zdravotní stav ryb a je obvykle jednou z příčin uhynutí.

Ashley (2007) se domnívá, že vyjmutí ryby z vody vyvolává maximální mimořádné fyziologické reakce a mělo by být prováděno pouze v naprosto nezbytných případech. Jako důkaz svého tvrzení uvádí příklad kdy byla měřena hladina kortizolu u Pražmana zlatého (*Sparus aurata*). Po vystavení ryby na vzduch po dobu tří minut došlo v průběhu následujících třiceti minut k padesátinásobnému zvýšení hladiny kortizolu v krevní plazmě.

V případě kdy je nutná manipulace s rybami je třeba dbát na to aby se zabránilo oděrkám a setření slizového povlaku. Sliz (*mucus*) zabezpečuje hladkost rybiho těla čímž ho chrání před poškozením a následnou infekcí. Významně také usnadňuje pohyb neboť snižuje tření těla ryby při plavání ve vodě (Baruš et al., 1995). Aby se zabránilo narušení slizového povlaku měli by pracovníci při manipulaci s rybami vždy používat namočené ruce nebo nosit měkké, mokré rukavice (Conte, 2004). Narušení slizového

povlaku rovněž snižuje správný výběr lovičího náradí a jeho namočení před použitím. Suché náradí způsobuje odstranění slizu a tím poškození pokožky ryb (Čítek, Krupauer a Kubů, 1993).

Conte (2004) uvádí, že manipulace s rybami obvykle vyžaduje vložení cizích elementů sloužících k odchytu ryb do vody. Pokud tato činnost není provedena správně může nadměrný stres ohrozit welfare ryb. Mechanické poranění vznikne hlavně při používání nevhodného náradí a neodbornou manipulací. Při použití sítí musí velikost ok odpovídat velikosti ryb aby nedošlo k jejich zavěšování. Znamená to že oka v síti musí být vždy menší. Pro nejmladší kategorie je vhodnější sakovina bez uzlíků (Čítek, Krupauer a Kubů, 1993).

Ke zraněním nejčastěji dochází při nahloučení ryb do mechanických nakladačů a jejich zvedání z vody (Ashley, 2007; Conte, 2004). Čítek, Krupauer a Kubů (1993) uvádí, že v mechanickém nakladači lze jednorázově přepravit 150 kg ryb. Nadměrné zatížení gravitační hmotností na ryby umístěné ve spodní části sítě může způsobit jejich zranění. Proto by měla být hmotnost nákladu upravena tak aby se zabránilo nadměrnému stresu a mechanickému zranění (Conte, 2004).

Z hlediska welfare ryb je podle Conteho (2004) nejlepší přepravovat ryby z nádrže společně s vodou. S tímto názorem souhlasí i Ashley (2007). Ryby jsou při tomto způsobu přepravovány z nádrže potrubím společně s vodou která poskytuje určitou ochranu ryb před oděrem. Rychlost proudu vody by měla být optimalizována tak aby došlo k minimalizaci možnosti oděru a minimalizaci doby kterou ryba stráví v potrubí. Po použití tohoto zařízení je třeba zkontrolovat zda nějaká ryba nezůstala uvnitř potrubí. Tento systém je často používán v praxi především na pstruhárnách.

Conte (2004) také upozorňuje na velký vliv teploty na reakci ryb při manipulaci. Doporučuje manipulaci s rybami provádět v chladnější části dne neboť voda má při vyšších teplotách menší schopnost držet kyslík. Stres způsobený manipulací ve spojení s vyšší teplotou a nízkým obsahem kyslíku ve vodě často vyústí ve vyšší úmrtnost. Teplota může způsobovat také zvýšenou stresovou zátěž při přelovení ryb do vody o jiné teplotě. Při náhlé vyšší změně teploty (především jejím snížením) může dojít u ryb k nepříznivé reakci označované jako teplotní šok (Dubský, Kouřil a Šrámek, 2003). Při tomto stavu ryby upadají do malátného stavu, popř. hynou. Teplotnímu šoku lze předejít postupným vyrovnáním teplot mezi vodou ve které ryby přepravujeme

a vodou do které ryby vypouštíme. Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) uvádí, že starší kaprovité ryby v dobrém výživném a zdravotním stavu snáší náhlé změny teploty v rozmezí 5 až 10 °C. Raná vývojová stádia plůdku zpravidla nesnáší výkyvy teploty překračující 2 °C.

2.5.2 Přeprava ryb

Přeprava ryb je přemísťování živých ryb v různých dopravních nádobách pomocí dopravních prostředků na určené místo. Čítek, Krupauer a Kubů (1993) uvádí, že přeprava ryb je nezbytná při zásobování domácího i zahraničního trhu živými rybami. Tato vícefázová operace je pro ryby značně stresující. Může ji ovlivnit na delší dobu po kterou se bude z této zátěže zotavovat. Proto by měla být navržena tak aby došlo k minimalizaci stresování ryb.

Mezi jednotlivé fáze přepravy můžeme řadit vylovení ryb z nádrže, nakládání, přepravu a vykládání. Ashley (2007) se domnívá, že nejvíce stresující fází přepravy ryb je vylovení ryb z nádrže a jejich nakládání. Toto tvrzení založil na měření hladiny plazmatického kortizolu u přepravovaných ryb které ukázalo, že hladina kortizolu nejvíce stoupla při nakládání ryb. Při samotné přepravě hladina kortizolu postupně klesala a při vykládání bylo pozorováno jen malé zvýšení plazmatického kortizolu.

Branson (2008) uvádí, že pokud přepravu ryb přezkoumáme z pohledu narušení konceptu pěti svobod zjistíme že může mít dopad na všech pět bodů. A to následujícím způsobem:

1. svoboda od hladu a žízně – ryby nejsou před přepravou krmeny a žízeň můžeme ztotožnit s narušením osmoregulace.
2. svoboda vyjádřit normální chování – relativně vysoká hustota obsádky při přepravě a malý prostor omezuje běžné plavání.
3. svoboda od strachu a utrpení – při manipulaci a fyzickém poškození (např. vzniku drobných oděrek) nevyhnutelně dochází ke zvýšení stresu.
4. svoboda od bolesti, zranění a nemoci – manipulace, fyzické poškození (např. drobné oděrky) a vysoká hustota obsádky může vést k poškození nebo k větší expozici a náchylnosti k patogenům.

5. svoboda od nepohodlí – změna v kvalitě vody a životního prostředí včetně vibrací a fyzického poškození může způsobovat nepříjemné pocity.

Dopad na welfare ryb se liší v závislosti na mnoha faktorech z nichž jsou mnohé propojeny.

Conte (2004) uvádí, že reakce na přepravu je u různých ryb značně rozdílná. Podle něj se zvýšení hladiny plazmatického kortizolu při působení stejných stresorů u různých druhů ryb může lišit až o dva řády. Proto se některé druhy ryb mohou přepravovat velmi snadno jen s několika preventivními kroky jako je udržování kvality vody a její teploty. Některé druhy naopak vyžadují kvalitnější péči. Rozdíl mezi jednotlivými druhy ryb popisují i Čítek, Krupauer a Kubů (1993), kteří uvádějí různou spotřebu kyslíku u jednotlivých ryb (viz tab. 4)

Tab. 4 požadavky ryb na O₂ při přepravě (kapr = 1,0) (Čítek, Krupauer a Kubů, 1993)

Druh	O ₂	Druh	O ₂
Pstruh	2,83	Okoun	1,46
Peleď	2,20	Cejn	1,41
Candát	1,76	Štika	1,10
Plotice	1,51	Úhoř	0,83
Jeseter	1,50	Lín	0,83

Důležitým předpokladem bezpečné přepravy je dobrý kondiční a zdravotní stav ryb. Je nevhodné přepravovat ryby zeslabené, poraněné nebo jinak nadměrně stresované zvláště při vyšších teplotách vody. Další stres způsobený přepravou má na ryby a jejich životní pohodu negativní dopad a může končit i smrtí. Dále se nedoporučuje přepravovat ryby s naplněným zažívacím traktem, protože tyto ryby mají vyšší spotřebu kyslíku, špatně snášejí kritické stavy a jimi vylučované exkrementy zhoršují kvalitu vody.

Branson (2008) uvádí, že přeprava ryb je prováděna ve statické vodě s její minimální výměnou. To platí především při silniční přepravě. Při přepravě bez možnosti výměny vody je nevyhnutelné zhoršení některých parametrů kvality vody. Ve vodě stoupá přítomnost organického materiálu a nerozpuštěných látek z výkalů, ale také

množství amoniaku a oxidu uhličitého. Toto znečištění je umocněno vysokou obsádkou ryb při přepravě. Okysličováním vody, jejím mícháním při přepravě a zastavení krmení ryb před přepravou pomůže omezit zhoršení kvality vody. Zejména při dlouhých cestách je pravděpodobné že bude kvalita vody ohrožena což může mít škodlivý vliv na zdraví a pohodu ryb (Branson, 2008).

Jedním z rozhodujících faktorů při přepravě ryb je obsah kyslíku ve vodě v přepravních nádobách. Spotřeba kyslíku je závislá na počtu ryb a průměrné i celkové hmotnosti ryb. Využití kyslíku je závislé na teplotě, pH, obsahu CO₂, stresových vlivech a intenzitě vyměšování. Se stoupající teplotou a celkovou hmotností ryb se spotřeba kyslíku zvyšuje. Čítek, Krupauer a Kubů (1993) uvádí, že každé zvýšení teploty o 0,5°C znamená snížit obsádku přepravovaných ryb v průměru o 5% a naopak při snížení teploty je možné o tuto hodnotu hmotnost přepravovaných ryb zvýšit. Tito autoři také uvádí, že s růstem průměrné kusové hmotnosti se požadavek na kyslík u přepravovaných ryb významně snižuje. U kapra je toto snížení vyjádřeno poměrem $K_1 = 1$, $K_2 = 0,5$ až $0,7$, $K_3 = 0,3$ až $0,4$ (Čítek, Krupauer a Kubů, 1993). O aktuální náročnosti ryby na kyslík rozhoduje velikost stresové reakce. Proto je zvýšený nárok na kyslík především na začátku přepravy kdy je podle Ashleyho (2007) ryba nejvíce stresována.

Dalším významným faktorem, který má vliv na pohodu přepravovaných ryb, je teplota. Nižší teplota snižuje životní pochody. Proto nejvhodnější teplota pro lososovité ryby je na jaře a na podzim 3 až 5 °C, v létě 6 až 8 °C. Pro ryby kaprovité a ostatní teplomilné druhy jsou v zimě vhodné teploty pro přepravu 1 až 2 °C a v létě 10 až 12 °C (Čítek, Krupauer a Kubů, 1993). Je však bezpodmínečně nutné aby ryba nebyla vystavena při nakládání nebo vykládání prudkému teplotnímu šoku (viz podkapitola 2.5.1 Zacházení s rybami – manipulace).

Významný vliv na kvalitu přepravy má i hustota obsádek v dopravních nádržích. Množství přepravovaných ryb je v přímé závislosti na jejich kusové hmotnosti, době trvání přepravy a teplotě vody. Podle Čítka, Krupauera a Kubů (1993) je možné konstatovat, že u velkých druhů kaprovitých ryb se při teplotě vody do 5 °C a kratší přepravě objem dopravovaných ryb a vody pohybuje u plůdku v poměru 1:3 až 4, u dospělých ryb 1:2 až 3. U váčkového plůdku je to až 1:200. U tržního pstruha

duhového je při dopravě do 2 hodin a při teplotě do 12° C tento poměr 1:3, u násadového pstruha 1:4 až 5.

Přepravní nádrže, nádoby nebo jiná zařízení ve kterém ryby přepravujeme musí mít hladké stěny a dostatečnou hloubku. Musí umožňovat jednoduché naložení a vyložení přepravovaných ryb. Hladkost použitého materiálu je důležitá z důvodu narušení pokožky ryb, vzniku oděrek a setření slizového povlaku.

Pro zachování co nejlepší životní pohody ryb při přepravě je důležité šetrné zacházení s rybami, zabezpečení co nejlepších podmínek a časté sledování chování ryb během přepravy. Ashley (2007) uvádí také možnost použití anestetik které při podání v nízkých dávkách před přepravou mohou snížit aktivitu ryb a zmenšit jejich stresovou reakci.

Celkově lze konstatovat, že přeprava ryb je pro rybu vždy stresující. Po tomto náročném období se určitý čas z této události zotavuje. Conte (2004) uvádí, že základní fyziologické reakce na manipulaci a dopravu odezní po 6 hodinách až jednom dni. Připouští ale také v některých případech zotavení v trvání od 10 dnů do 2 týdnů.

2.5.3 Kvalita vody

Kvalita vody je základní podmínkou pro dobré welfare ryb. Voda je základní životní prostor který poskytuje rybám základní podporu proti gravitaci a umožňuje jim dýchat rozpuštěný kyslík. Ellis a Riches (2006) se domnívají že kvalita vody je jedna z vážných hrozeb pro narušení dobrého welfare, protože ryby jsou v neustálém intimním kontaktu s vodou a tak má její jakost velký význam pro jejich zdraví a pohodu. Ryby jsou v kontaktu s vodou přes velkou plochu žaber a kůže. Proto citlivě reagují na nevhodnou kvalitu vody. Szeremeta (2010) uvádí, že změny parametrů vody mimo přijatelný rozsah snižují růst a způsobují stres, který zvyšuje výskyt onemocnění. Branson (2008) se také domnívá, že nevhodná kvalita vody ovlivňuje fyziologii a velikost růstu ryb. Podle něj může také způsobit patologické změny, poškození orgánů a ve vážných případech i úhyn. Subletální účinky špatné kvality vody jsou také podle Bransona (2008) běžně spojovány s vyšším počtem onemocnění.

Kyslík

Kyslík je jedním z nejdůležitějších plynů ve vodě a je považován za nejdůležitější parametr kvality vody (Branson, 2008; Ellis a Riches, 2006). Je potřebný jednak pro dýchání vodních živočichů, jednak pro aerobní rozklad organické hmoty. Svobodová et al. (2000) uvádí, že koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě ovlivňuje formy výskytu různých látek ve vodě i jejich toxicitu pro vodní organismy. Kyslík se do vody dostává difuzí při styku vody se vzduchem, fotosyntézou vodních rostlin, případně přítokem více okysličené vody (Hanel a Lusk, 2005). Obsah kyslíku ve vodě závisí na teplotě vody a na atmosférickém tlaku.

Ryby přijímají kyslík z vody pasivní difuzí přes žábry. Baruš et al. (1995) uvádí, že u vykuleného plůdku před započítáním funkce žaber pracují jako náhradní orgány dýchací cévní pleteně na žloutkovém vaku a ploutvích. Branson (2008) se domnívá, že pokud je koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě menší než požadavek ryb nemohou pak ryby tak efektivně přeměňovat energii do použitelné formy což vede ke snížení tempa růstu. Množství potřebného kyslíku závisí na druhu, stupni metabolismu a aktivitě ryby (zvláště v závislosti na teplotě vody), velikosti krmných dávek a také na zatížení prostředí produkty metabolismu ryb a nestráveným krmivem (Baruš et al., 1995). Tento autor dále uvádí, že spotřeba kyslíku roste s intenzitou příjmu potravy a při stresu. To potvrzuje i Branson (2008), který ještě dodává, že menší ryby vyžadují více kyslíku na jednotku hmotnosti než ryby větší.

Podle náročnosti na kyslík se ryby dělí do čtyř základních skupin (Dubský, Kouřil a Šrámek, 2003; Hanel a Lusk, 2005):

- Velmi náročné ryby - vyžadují obsah kyslíku ve vodě v rozmezí 8 až 12 mg.l⁻¹. Mezi tyto ryby řadíme lososovité, vrankovité, stěvle aj.
- Náročné ryby – vyhovuje jim úroveň kyslíku 7 až 10 mg.l⁻¹. Do této skupiny patří lipan, hrouzci, candát obecný aj.
- Středně náročné – vyžadují obsah kyslíku na úrovni 4 až 8 mg.l⁻¹. Řadíme zde ryby okounovité, okounkovité, některé kaprovité, štika aj.
- Nenáročné ryby – snáší obsah kyslíku i pod 4 mg.l⁻¹. Mezi ně patří cejni, lín obecný, karas obecný aj.

Při nedostatku kyslíku se u ryb projevují příznaky dušení. Ryby nepřijímají potravu, shromažďují se v místech se zvýšeným obsahem kyslíku (tj. u přítoku a u hladiny), jsou malátné, nereagují na podráždění, ztrácejí únikový reflex. Na rybách můžeme také pozorovat zrychlené dýchací pohyby skřelových víček. U kaprovitých ryb se uplatňuje pomocná forma dýchání, tzv. troubení, kdy ryby vystupují šikmo k hladině, nabírají zde do ústní dutiny bubliny vzduchu které po krátké době opět vypouštějí (Baruš et al., 1995). Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) uvádí, že vzdušný kyslík je v ústech vstřebáván do krve překrvenou ústní sliznicí. V případě poklesu rozpuštěného kyslíku ve vodě pod letální úroveň přechází příznaky dušení do bezvědomí s následným úhynem (Branson, 2008). Hanel a Lusk (2005) uvádí, že z patologickoanatomických změn vystupuje do popředí výrazně světlá barva kůže, žábry jsou překrvené až cyanotoxické, žaberní lístky spleené. U většiny dravých ryb je tlama křečovitě rozevřená a skřele výrazně odstávající.

Negativně může na ryby působit nejen nedostatek rozpuštěného kyslíku ale i jeho nadbytek. Lucký (1986) uvádí, že k přesycení vody kyslíkem dochází jen ojediněle při přepravě ryb kdy je jím v přepravních nádobách uměle sycena. Kritická hodnota nasycení vody kyslíkem z hlediska bezpečnosti pro ryby je 250 až 300 % (Svobodová et al., 2000). Při nadbytku kyslíku jsou ryby neklidné, vykazují zvýšenou pohybovou aktivitu, snaží se vyskakovat z vody a vylučují větší množství slizu (Dubský, Kouřil a Šrámek, 2003). Ke zvýšení obsahu kyslíku ve vodě v přírodních biotopech dochází pouze zřídka a krátkodobě. Tento problém se však může vyskytnout při přepravě ryb (zejména při přepravě ryb v polyetylenových pytlích naplněných kyslíkovou atmosférou). Svobodová et al. (2000) uvádí, že při překročení kritické hodnoty nasycení vody kyslíkem nastává poškození ryb - postižené ryby mají žábry nápadně světle červené a okraje žaberních lístků roztřepené. Po vysazení těchto ryb dochází k sekundárnímu zaplísnění a ojedinělému hynutí. Lucký (1986) doporučuje postupovat opatrně při použití čistého kyslíku k obohacování vody. Při přepravě na kratších vzdálenostech doporučuje nechat probublávat vodou s rybami jen vzduch.

Amoniakální dusík

Amoniakální dusík může být organického i anorganického původu. Amoniakální dusík organického původu je primárním produktem rozkladu živočišných a rostlinných dusíkatých látek. Dalším jeho zdrojem ve vodě jsou splaškové vody a odpady ze zemědělských výroby. Sekundárně mohou amonné ionty vznikat přímo ve vodách redukcí dusičnanů (denitrifikace). Amoniakální dusík anorganického původu je obsažen v odpadních vodách z tepelného zpracování uhlí (plynárny, koksárny, generátorové stanice). Může být obsažen v pitných vodách dezinfikovaných chloraminací. Do atmosférických vod se dostává také z průmyslových exhalací (Svobodová et al., 2000).

Branson (2008) uvádí, že většina amoniaku nacházející se ve vodách s intenzivním chovem ryb je produkována právě rybami. Amoniak je primárním odpadem metabolismu bílkovin obsažených v krmivu a z ryb je vylučován žaberním aparátem. Amoniak také může pocházet z rozkladu nespotebovaného krmiva (je to však považováno za relativně malý zdroj).

Ve vodě se amoniakální dusík vyskytuje ve dvou základních formách, a to disociovaný NH_4^+ a nedisociovaný NH_3 . Jejich toxicita je výrazně odlišná. Zatímco stěna živočišných buněk je poměrně nepropustná pro amonny ion (NH_4^+), proniká amoniak (NH_3) přes tkáňové bariéry velmi snadno. S tím také souvisí výrazně vyšší toxicita molekulárního amoniaku pro ryby. Hodnota střední letální koncentrace LC_{50} molekulárního amoniaku (NH_3) pro kaprovité ryby se pohybuje v rozmezí 1-1,5 mg.l^{-1} . Pro lososovité ryby v rozmezí 0,5-0,8 mg.l^{-1} . Pro disociovaný amoniak (NH_4^+) se střední letální koncentrace pohybují řádově ve stovkách mg.l^{-1} pro kaprovité a v desítkách mg.l^{-1} pro lososovité ryby (Svobodová et al., 2000).

Poměr v jakém jsou tyto dvě formy amoniakálního dusíku zastoupeny ve vodě závisí především na teplotě a pH vody (Hartman, Příkryl a Štědranský, 1998; Svobodová et al., 2000; Hanel a Lusk, 2005). Obecně lze říci, že podíl molekulární formy (NH_3) se zvětšuje s rostoucí hodnotou pH vody a její teplotou. Toxicitu amoniaku ovlivňuje také obsah kyslíku ve vodě. Podle Hartmana, Příkryla a Štědranského (1998) toxicita NH_3 roste se snižujícím obsahem kyslíku. To potvrzuje i Svobodová et al. (2000) která dodává, že při vyšší koncentraci rozpuštěného kyslíku snášejí ryby vyšší koncentrace amoniaku.

Hanel a Lusk (2005) uvádí jako nejvyšší přípustnou koncentraci amoniaku pro kaprovité ryby $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ a pro ryby lososovité $0,0125 \text{ mg.l}^{-1}$.

Amoniak pro ryby představuje ohrožení třemi různými způsoby:

- otrava ryb toxickou koncentrací amoniaku ve vodě
- toxická nekróza žaber
- autointoxikace amoniakem

Při otravě ryb vysokou koncentrací amoniaku zpočátku pozorujeme mírný neklid a zrychlený dech. Ryby se zvedají k hladině (u kaprovitých ryb lze pozorovat nouzové dýchání), postupně se neklid zvyšuje, pohyby se zrychlují, dech se stává nepravidelným. Následuje další fáze kdy ryby silně reagují na podněty z vnějšího prostředí, ztrácejí rovnováhu, vyskakují nad hladinu nebo je možné pozorovat jejich křeče. Ryby se položí na bok, mají křečovitě rozevřenou tlamu a skřele. Poté následuje krátké období zdánlivého zotavení. Ryba zaujme normální polohu a jeví mírný neklid. Tato fáze je však záhy vystřídána novou silnou reakcí, zblednutím povrchu těla s následujícím úhynem. Kůže ryb je světlé barvy, silně až velmi silně zahleněná. V některých případech lze pozorovat drobné krváceniny, zejména při bázi prsních ploutví a v přední oční komoře. Žábry jsou silně překrvené a silně zahleněné (Hanel a Lusk, 2005).

Toxická nekróza žaber může nastat v případě, kdy je z nějaké příčiny omezeno vylučování amoniaku z těla ryb přes žaberní ústrojí. V důsledku toho dojde k výraznému zvýšení hladiny amoniaku v krvi. Příčinou omezeného vylučování amoniaku může být vysoká hodnota pH vody, poškození žaber, náhlý pokles koncentrace kyslíku rozpuštěného ve vodě nebo náhlý pokles teploty vody. Čítek, Svobodová a Tesarčík (1997) uvádí že koncentrace N-amoniaku v krevní plazmě kaprů s toxickou nekrózou žaber se pohybuje v rozmezí 1200 až $3000 \text{ } \mu\text{mol.l}^{-1}$. U počínajících toxických nekroz jsou zjišťovány hodnoty N-amoniaku v rozmezí 600 až $1500 \text{ } \mu\text{mol.l}^{-1}$ plazmy. Fyziologická koncentrace N-amoniaku v krevní plazmě kaprů se ve vegetačním období pohybuje v rozmezí 200 až $500 \text{ } \mu\text{mol.l}^{-1}$.

Toxická nekróza žaber se projevuje shlukováním ryb v hlubších a stinných částech rybníka, v pokročilém stadiu onemocnění ztmavnutím povrchu těla, ztrátou nebo snížením únikové reakce a nouzovým dýcháním. Pro patologickoanatomický

obraz je typické silné překrvení, edematózní zduření a zvýšené zahlenění žaber s následnou nekrózou žaber a odlupováním epitelu ze žaberních lístků. Tím dochází k úplnému obnažení pilířů žaberních lístků buď lokálně nebo na celých žábrách (Čítek, Svobodová a Tesarčík, 1997).

Autointoxikace amoniakem je způsobená odpadním produktem vlastní látkové přeměny. Hrozí zejména při zvýšeném obsahu amonných iontů v okolním prostředí. Takové situace mohou nastat např. po nakrmení a náhlém poklesu teploty nebo obsahu kyslíku ve vodě. Ryby nejsou schopny vylučovat amoniak proti koncentračnímu spádu. Ten se hromadí v jejich organismu a je příčinou otravy (Dubský, Kouřil a Šrámek, 2003). Typickým příznakem je silné překrvení, tmavě červené zbarvení a edematózní zduření žaber. Podle Čítka, Svobodové a Tesarčíka (1997) se koncentrace amoniaku v krevní plazmě zvyšuje při autointoxikaci 5 až 10krát. Prevencí výskytu autointoxikace je nevystavovat ryby s plným zaživacím traktem (zejména krmiv s vysokým obsahem N-látek) stresovým faktorům jako je náhlý pokles teploty vody nebo pokles koncentrace kyslíku rozpuštěného ve vodě.

Dusitany, dusičnany

Dusitany zpravidla doprovázejí dusičnany a amoniakální dusík v povrchových vodách, avšak jen v malých koncentracích protože jsou málo stálé. Snadno oxidují nebo se chemicky i biochemicky redukují (Čítek, Svobodová a Tesarčík, 1997). Dusičnany jsou konečným stupněm rozkladu organických dusíkatých látek v aerobním prostředí.

Toxicita dusitanů pro ryby značně kolísá a závisí na mnoha vnitřních i vnějších faktorech. Těmito faktory je například druh a věk ryb, kvalita vody, obsah vápníku, chloridů a jejich sloučenin ve vodě (Hanel a Lusk, 2005). Významný vliv na toxicitu dusitanů mají chloridy. Nízká koncentrace chloridů ve vodě zvyšuje toxicitu dusitanů. Dusitanové ionty se dostávají do organismu ryb především přes žábry pomocí chloridových buněk (Čítek, Svobodová a Tesarčík, 1997). V krvi se váží na hemoglobin a vytváří tzv. methemoglobin čímž se snižuje transportní kapacita krve pro kyslík. Zvýšené množství methemoglobinu v krvi bývá doprovázeno hnědým zbarvením krve a žaber. Hanel a Lusk (2005) uvádí, že v krvi ryb lze běžně zjistit koncentrace methemoglobinu 10 až 30 %. Koncentrace 70 až 80 % již vyvolává změny v chování.

Hanel a Lusk (2005) se domnívají, že dlouhodobé působení subletálních koncentrací dusitanů na ryby nevyvolává žádné významné poškození. Podle těchto autorů koncentrace rovnající se 20 – 40 % hodnot, které působí na ryby letálně, jsou schopny již vyvolat mírné potlačení růstu. Pro odhad bezpečné koncentrace dusitanů za daných podmínek se doporučuje sledovat hmotnostní poměr koncentrací chloridů a dusitanů.

Dusičnany jsou látky pro ryby velmi slabě jedovaté. Toxické a letální účinky se projevují až v koncentracích nad 1000 m.g/l⁻¹. Jako nejvyšší přípustná koncentrace dusičnanů pro kapra se udává hodnota 80 m.g/l⁻¹, pro pstruha duhového 20 m.g/l⁻¹ (Čítek, Svobodová a Tesarčík, 1997; Hanel a Lusk, 2005).

Oxid uhličitý

Oxid uhličitý (CO₂) je pro život ve vodě stejně důležitý jako kyslík. Je nepostradatelný pro fotosyntézu vodních rostlin. Do vody se dostává rozkladem organických látek, dýcháním vodních živočichů a rostlin. V malé míře také difuzí z atmosféry a přitékající vodou. Ve vodě se vyskytuje ve dvou formách. Volné (CO₂) a vázané (H₂CO₃, HCO₃⁻).

Vliv oxidu uhličitého na ryby je přímý i nepřímý. Nepřímý účinek volného i vázaného CO₂ na ryby se projevuje v jeho ovlivňování pH vody. Tento problém nastává často v rybničním hospodaření, kde intenzivní fotosyntetická asimilace úplně odčerpá volný CO₂ čímž dojde ke snížení zásob hydrogenuhlíčitanového CO₂. To má za následek vzestup pH vody nad 8,3 (Hartman, Přikryl a Štědronský, 1998).

Přímý účinek vzniká při nadbytku nebo nedostatku volného CO₂. Ve vodách s nedostatkem kyslíku a s intenzivními mikrobiálními rozkladnými pochody mohou vysoké koncentrace volného CO₂ ohrozit obsádku ryb. Ryby v těchto případech nejsou schopny vyloučit dostatečné množství CO₂, dojde k poruše acidobazické rovnováhy a vzniku tzv. acidózy. Výměna CO₂ a O₂ v krvi je omezena, ryby zintenzivňují dýchání, zneklidní, ztrácejí rovnováhu a může nastat až úhyn. Za nejvyšší přípustnou koncentraci pro pstruha se pokládá hodnota 20 mg.l⁻¹ volného CO₂, pro kapra 25 mg.l⁻¹ (Hanel a Lusk, 2005).

Častým případem je nedostatek volného CO₂, který bývá způsoben silným odčerpáním volného CO₂ fotosyntetickou asimilací fytoplanktonu, umělým

změkčováním vody z elektráren nebo vytěšňováním CO₂ při intenzivním provzdušňování vody. Koncentrace volného oxidu uhličitého pod 1 mg.l⁻¹ vede opět k poruše acidobazické rovnováhy u ryb a k tzv. alkalóze (Hanel a Lusk, 2005).

Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky pocházejí z různých materiálů jako je jíł, sopečný popel, pyl, nespotřebované zbytky krmiva, výkaly a pod. Mohou být přirozeného nebo antropogenního původu. Do nádrží s rybami se obvykle dostávají s přítokovou vodou. Mohou také vznikat v rámci produkčního systému. Jedná se např. o nespotřebované krmivo, pevné výkaly nebo mikrofaunu z narušených biofiltrů v recirkulačních systémech.

Branson (2008) uvádí, že partikulární látky jsou definovány jako částice o průměru větším než 1 μm. Tyto pevné látky můžeme také rozdělit na usaditelné a neusaditelné. Usaditelné látky mají průměr větší než 100 μm. Nejvíce problematické z pohledu ohrožení ryb jsou neusaditelné látky.

Hanel a Lusk (2005) se domnívají, že dočasné zakalení vody nevede samo o sobě k ucpání žaber ryb, které by mělo za následek zadušení a smrt. Podle nich pokusy ukázaly, že koncentrace hlinitého kalu 20 g.l⁻¹ se na rybách vůbec neprojeví. Teprve koncentrace 100 g.l⁻¹ po uplynutí jednoho týdne ukázaly první negativní účinky. Branson (2008) uvádí studii, kdy byl pstruh duhový vystaven koncentraci nerozpuštěných látek 400 mg.l⁻¹. Při měření kortizolu v krvi byla pozorována jeho zvýšená hladina ukazující stresovou reakci. Nicméně nebyly hlášeny žádné škody na rybách i po zvýšení koncentrace nerozpuštěných látek do 3 000 mg.l⁻¹ po dobu až 8 dní. Jestliže jsou však ryby působením jiných faktorů (např. nemoc, nedostatek kyslíku, jed) tak oslabeny, že jejich schopnost odolávat i velkým množstvím kalu a bahna je omezená může být silné zakalení vody příčinou nebo spolupříčinou jejich uhynutí (Hanel a Lusk, 2005).

Hanel a Lusk (2005) se domnívají, že nebezpečí pro ryby hrozí také v případě výskytu částic, které jsou ostré nebo špičaté. Tyto částice mohou být obsaženy v odpadu vysokopecní strusky, brusíren skla, sléváren nebo z lomů a pískoven. Tyto cizí látky mohou způsobit odřeniny, silné podráždění nebo krvácející poranění žaber a kůže ryb, které mohou mít za následek větší škody.

Přesycení plynem

Přesycení nastane když parciální tlak jednoho nebo více plynů rozpuštěných ve vodě je větší než atmosférický tlak. K tomuto jevu může dojít v přírodních podmínkách pod velkými vodopády, náhlou změnou teploty nebo prostřednictvím antropogenních vlivů, např. pod velkými přehradami. V akvakulturních systémech může být přesycení způsobeno náhlým zvýšením teploty nebo poklesem tlaku (Branson, 2008).

Podle Bransona (2008) se přesycení vody stává pro ryby zdravotním problémem a projevuje se podobně jako dekompresní nemoc u potápěčů. V krvi se vytváří bublinky plynu známé jako plynová embolie. Podle Luckého (1986) má bublina v krvi nebo tělní tekutině značnou vzlínavost a objem takže ucpe krevní cévu nebo se lokalizuje ve vmezeřeném pletivu, pod kůží. Branson (2008) uvádí, že v závislosti na závažnosti stavu hrozí odumření tkáně a smrt v důsledku embolií v srdci nebo dalších životně důležitých orgánech.

Lucký (1986) se domnívá, že nejčastěji dochází k chorobnému stavu při přesycení vody dusíkem kdy jeho obsah dosáhne 108 a více %. Kritický obsah kyslíku je daleko vyšší a je ho dosaženo při hodnotách 250 až 300 %.

Teplota

Teplota vody je jedním z nejvýznamnějších fyzikálních činitelů ovlivňujících životní děje ve vodním prostředí. Má zásadní význam pro koloběh látek ve vodě a pro život ryb a vodních organismů, protože bezprostředně ovlivňuje důležité životní pochody jako jsou intenzita látkové výměny, příjem potravy a rozmnožování (Dubský, Kouřil a Šrámek, 2003; Hanel a Lusk, 2005). Teplota vody ovlivňuje, spolu s atmosférickým tlakem, obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě který je nezbytným faktorem pro život vodních organismů. Branson (2008) upozorňuje také na zvyšující se toxicitu mnoha rozpuštěných kontaminantů s narůstající teplotou a na rostoucí nakažlivost mnoha rybích patogenů se stoupající teplotou. Všechny tyto faktory mají schopnost ohrozit zdraví chovaných ryb.

Ryby patří mezi poikilotermní živočichy. Proto změna teploty vody zásadním způsobem ovlivňuje i změny fyziologických pochodů v jejich organismu. Jde o procesy trávení přijaté potravy, dýchání apod. Se zvyšující se teplotou vody se zvyšuje i rychlost metabolismu a s tím i spotřeba kyslíku.

Podle nároků na teplotu vody se ryby dělí na studenomilné a teplomilné. Mezi studenomilné řadíme ryby lososovité, síhovitě a mníka jednovousého. Tyto ryby vyžadují chladnější vodu s dostatkem kyslíku. Za optimální je považována teplota vody v rozmezí 10 až 17 °C (Dubský, Kouřil a Šrámek, 2003). Studenomilným rybám dlouhodobě nevyhovují teploty nad 20 °C. Hanel a Lusk (2005) uvádí, že při vysokých teplotách dochází ke snížení obsahu kyslíku ve vodě což u těchto ryb způsobuje dýchací a zažívací potíže někdy končící smrtí. Branson (2008) uvádí, že pro chov pstruha duhového v akvakultuře je optimální teplota pro růst 16 až 17 °C a pro tření 10 až 13 °C. Vzápětí však tento autor dodává, že tyto rozsahy teplot je potřeba brát s rezervou protože divocí pstruzi duhová jsou v průběhu roku vystaveni velkému teplotnímu rozpětí.

Mezi teplomilné ryby řadíme kaprovité, které vyžadují teplejší vodu a snášejí i nižší obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. Optimální teplota vody pro tuto skupinu činí 20 až 25 °C. Podle Hanela a Luska (2005) snášejí tyto druhy i teploty do 30 °C. Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) uvádí, že při snížení teploty pod optimální hodnoty dochází u těchto ryb ke snížení intenzity metabolismu což má za následek zpomalení růstu.

Obecně lze říci že teploty mimo teplotní optimum daného druhu na něj působí negativně. Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) uvádí, že příliš vysoké teploty vody přesahující fyziologické meze mohou způsobit zdravotní komplikace, popř. úhyn ryb. Odolnost proti vysokým teplotám vody je druhově různá. Hanel a Lusk (2005) poznamenávají, že příliš nízké teploty často negativně působí při přezimování a bývají jedním z rozhodujících faktorů vzniku infekčních či invazních chorob. Branson (2008) uvádí, že nevhodné teploty v chovu ryb jsou spojeny s řadou deformit jak tvrdých tkání (zkrácení žaberního víčka, abnormality obratlů, zkrácený ocas) tak měkkých tkání (chybějící *septum transversum*) u losovitých ryb.

Problém může nastat i při náhlé změně teploty vody, především její snížení, které vyvolává u ryb nepříznivou reakci označovanou jako teplotní šok. Při něm ryby upadají do malátného stavu, popř. hynou za příznaků ochrnutí dýchacích a srdečních svalů (Hanel a Lusk, 2005). Dubský, Kouřil a Šrámek (2003) uvádějí, že kaprovité ryby v dobrém výživném stavu snášejí náhlé změny teploty v rozmezí 5 až 10 °C. Raná vývojová stádia plůdku zpravidla nesnášejí výkyvy teploty překračující 2 °C.

2.5.4 Hustota obsádky

Hustota osazení je klíčový faktor, který ovlivňuje životní pohodu ryb především tam kde je zaměřeno na vysokou produktivitu (proto je zde vysoká hustota obsádky na malém prostoru). Bývá vyjadřována v hmotnosti ryb na jednotku objemu. Ashley (2007) se domnívá, že pojem minimální prostor pro ryby je složitější než u suchozemských druhů, protože ryby využívají třídídimenzionální prostor. Stejný názor má i Conte (2004). Uvádí, že hustota zahrnuje počet ryb na jednotku trojrozměrného prostoru pod vlivem počtu nebo hmotnosti ryb na objem statické vody a rybí biomasy v jednotce objemu tekoucí vody za jednotku času. Kombinace těchto faktorů ovlivňuje kvalitu vody a interakci mezi rybami. Má tak přímý dopad na životní pohodu ryb.

K hustotě osazení se váže i únosnost prostředí. Ta se vztahuje na maximální počet ryb které může podpořit prostřednictvím kyslíku a odstraňováním metabolického odpadu. Únosnost prostředí závisí mimo jiné na druhu ryb, jejich velikosti, nároků na kyslík a reakce na odpadní produkty metabolismu jako jsou CO_2 a amoniak. Ashley (2007) zdůrazňuje rozdíly mezi jednotlivými druhy ryb a uvádí, že u druhů ryb přirozeně žijících ve velkých hejnech mohou být nízké hustoty obsádky škodlivější než vysoké. Naopak u stanovištních druhů ryb vyšší hustota obsádky může působit problémy. Dokazuje to i North et al. (2006), který prováděl experiment se pstruhem duhovým při kterém zjišťoval hladinu kortizolu v závislosti na velikosti obsádky. Při experimentu porovnával tři skupiny obsádek o hustotě 10, 40 a 80 kg m^{-3} po období 9 měsíců. Z výzkumu vyplynulo, že nejvyšší hladiny kortizolu vykazovaly ryby s nejmenší hustotou obsádky (10 m^{-3}). Autoři této studie to zdůvodňovali větším rozvinutím dominantního chování které mělo za následek i větší variabilitu velikosti ryb a nižší průměrný faktor jejich tělesné kondice než u ryb chovaných ve vyšších obsádkách.

Pro velikost obsádky je hlavním limitujícím faktorem udržení kvality vody. Větší obsádky mají vyšší spotřebu kyslíku, produkují více odpadních produktů které zhoršují kvalitu vody což má následně dopad na sníženou životní pohodu ryb.

2.5.5 Usmrcování ryb

Nevyhnutelné zabíjení při průmyslovém rybolovu se často provádí nejpraktičtější možnou metodou. Podle Webstra (1999) v případech kdy jsou ryby

vyloveny ve velkém množství v sítích (např. při odlovu na moři) není prakticky jiná možnost než je nechat leknout na vzduchu. Naproti tomu pro lososy a pstruhy odchované na farmách byla vyvinuta řada více méně humánních metod usmrcení. Tyto metody pro porážku zvířat jsou založeny na principu, že zvíře je zabito rychle s minimálním pocitem strachu, bolesti nebo utrpení. Ashley (2007) uvádí, že ryba by měla být před porážkou omráčena takovým způsobem který způsobuje okamžitou ztrátu vědomí trvající až do okamžiku smrti.

Webster (1999) uvádí 5 možných způsobů používaných k usmrcování:

- elektrický proud – vede k okamžité ztrátě citlivosti na bolest;
- mechanické omráčení – provádí se silným úderem tupým předmětem na temeno hlavy vedoucím k okamžité ztrátě citlivosti na bolest;
- omráčení pomocí plynného oxidu uhličitého ve vodě – ztrátě vědomí asi po 2 až 4 minutách předchází počáteční období zvýšené aktivity trvající asi 30 sekund;
- vykrvácení bez předchozího omráčení – provádí se přeříznutím žíly hluboko v žábrách s následným vrácením ryby zpět do vody kde se nechá plavat do ztráty vědomí. Bezvědomí nastane asi za 2 x delší dobu než při působení oxidu uhličitého, ale chybí období zvýšené aktivity;
- leknutí na vzduchu – ryby ztrácí vědomí asi po stejné době jako když se nechají vykrvácet (cca po 3 až 4 minutách).

Ashley (2007) rovněž upozorňuje na to, že minimalizace stresu před porážkou a používání humánních metod při porážce zlepšuje kvalitu finálního produktu. Tento názor zastává také Vácha (2000) a Szeremeta (2010). U mnoha druhů sladkovodních ryb je metoda omráčení kritická pro kvalitu finálního produktu neboť prodloužená agonie ryb vede k tvorbě nežádoucích látek ve tkáni. Nedostatek kyslíku v krvi a ve svalovině přispívá k akumulaci kyseliny mléčné a dalších katabolických procesů s následnou paralýzou nervového systému (Vácha 2000).

2.6. Welfare ryb v různých systémech

Činnost člověka může mít vliv na pohodu ryb v mnoha značně rozdílných prostředích a situacích. Lidskou činností může být životní pohoda ryb narušena nepřímo (např. když člověk neúmyslně změní přírodní stanoviště ryb nebo je vystaví škodlivé chemikálii) nebo přímo (např. prostřednictvím produkčního rybnářství, sportovním rybolovem, chovem ryb jako domácích zvířat nebo ve veřejných akváriích či prostřednictvím vědeckého výzkumu) (Huntingford et al., 2006). Každá z těchto situací se vyznačuje různými nebezpečími pro welfare ryb. Pro zmírnění nebo odstranění těchto nebezpečí je nutné zhodnotit tyto situace a vyhodnotit jejich možná rizika.

2.6.1 Ryby ve volných vodách

Huntingford et al. (2006) uvádí, že ne vše přírodní je nutně dobré a že se ryby v přírodě musí často vypořádat s různými stresovými faktory. Například vydávají hodně energie při rozmnožování, mohou se fyzicky poranit, může dojít k závažnému vyčerpání tělesných rezerv doprovázenému snížením tělesné kondice apod. To jsou všechno projevy které lidé považují za důkaz zhoršeného welfare ryb. To podle Huntingforda et al. (2006) představuje problém při posuzování welfare, protože v přírodě mohou nastat situace které nejsou z pohledu životních podmínek ryb ideální a nejsou vůbec způsobeny činností člověka. Podle tohoto autora existuje morální rozdíl mezi odchylkou od optimálního stavu způsobenou přírodními událostmi a utrpením způsobeným lidskou činností.

Životní pohoda ryb v přirozených podmínkách může být působením lidské činnosti narušena např. akutní nebo chronickou expozicí znečišťujících látek, snížením dostupnosti přírodní potravy, vysazením exotických druhů ryb do stávajících rybích společenstev, zdevastováním přírodních stanovišť nebo vytlačení ryb z nich. Negativní vliv může mít také narušení životních podmínek ryb prostřednictvím cestovního ruchu (Huntingford et al., 2006).

Zdevastování přírodních stanovišť ryb a snížení dostupnosti potravy může nastat především při úpravách toků. Hanel a Lusk (2005) uvádí, že úpravy vodních toků mají jako primární cíl omezit nekontrolovaný vliv vody v rozporu s požadavky a přáními lidí nebo je upravit pro cílené využití (např. vodní plavba). Tento autor dále uvádí, že

negativními důsledky nevhodně upravených toků ve vztahu k rybám a rybářství mohou být:

- zkrácení délky toku, břehové linie a zmenšení vodní plochy;
- zánik podélné členitosti koryta;
- odstranění břehových porostů (změna světelného, teplotního režimu a mikroklimatu);
- zvýšení rozsahu a efektu extrémních vodních průtoků (odplavení ryb při povodni, vysychání koryta při extrémně nízkých průtocích);
- snížení nabídky potravních zdrojů pro ryby;
- pokles samočisticí schopnosti toku;
- postižení rybí obsádky v průběhu stavebních prací.

Všechny tyto body negativně ovlivňují životní pohodu ryb a ohrožují např. svobodu od hladu, žízně a podvýživy, svobodu od nepohodlí a také svobodu od strachu a utrpení.

2.6.2 Sportovní rybářství

Sportovní rybářství se stalo pro mnoho lidí na celém světě významnou rekreační činností. Cooke a Sneddon (2007) uvádí, že téměř 12 % lidské populace na světě se pravidelně zapojuje do rekreačního rybolovu (i když míra účasti se velmi liší mezi jednotlivými zeměmi). Rybáři si své úlovky ponechávají ke své spotřebě nebo některé po ulovení pouští zpět do vody. Na některých lokalitách je ve snaze zachovat rybolovné zdroje zákonem stanovena povinnost pouštění některých druhů ryb nebo ryb určité velikosti. V poslední době se také rozrůstá početná skupina rybářů vyznávající způsob lovu „chyt’ a pust’“. Cooke a Sneddon (2007) se domnívají, že zhruba 60 % úlovků při sportovním rybolovu je propuštěno zpět na svobodu což podle nich naznačuje, že na celém světě je každý rok po ulovení vráceno do vody více než 30 miliard ryb. Z tohoto důvodu je opodstatněné zabývat se možným dopadem uvedeného způsobu zacházení s rybami na jejich životní pohodu.

Webster (1999) uvádí studii, která měla za úkol zjistit zda sladkovodní ryby (především kapři) zažívají pocity podobné strachu a bolesti při chycení na háček. Při této studii byly ryby pozorovány:

1. při chycení na háček;
2. při chycení na háčku a tažení za vlasec;
3. při stimulaci elektrickým proudem telemetricky v tlamě volně plovoucích ryb;
4. při spouštění poplašných reakcí uvolněním feromonů.

Ryby odpovídaly velmi podobně na všechny stimuly. Když byl háček ponechán v tlamě, ale netáhlo se za vlasec, poplašné reakce pominuly. V případě, když se za vlasec zatáhlo a ryba cítila že je chycena byly poplašné reakce nejvyšší. Z uvedených výsledků vyvozuje Webster (1999) závěr, že ryby prožívají při chycení na udici strach a bolest.

Podle Cooka a Sneddon (2007) existují tři hlavní negativní důsledky které mohou vzniknout při rybaření a mohou vystavovat rybu bolestivým situacím nebo jinak ovlivňovat její welfare. Těmito důsledky jsou subletální fyzické zranění, subletální stres a mortalita.

Subletální fyzické zranění

Není pochyb o tom, že při háčku pronikajícím tělem ryby nevyhnutelně dojde k nějaké formě poškození tkáně nebo ke zranění. Rozsah tohoto zranění je závislý na anatomické lokalizaci a velikosti, případně i typu háčku. Obecně platí že většina ryb je chycena v oblasti úst, které jsou důležité při získávání potravy. K subletálnímu zranění může dojít také v hrdle, jícnu nebo střevu. Kromě háčku mohou zranění způsobit i jiné pomůcky používané k rybolovu. Při použití podběráku pro vytažení ryby z vody dochází k porušení slizového povlaku na kůži ryb nebo k roztřepení ploutví.

Subletální stres

Velikost stresu může být ovlivněna řadou faktorů jako je doba trvání zdolávání ryby, teplota vody v době rybaření nebo délka vystavení ryby na vzduchu. Tento stres může mít negativní účinky jako je potlačení imunitní odpovědi, zpomalení růstu nebo

snížení kondice (Cooke a Sneddon, 2007). Cooke a Sneddon (2007) také uvádí, že stres spojený se zdoláváním ryb udicí může vést k potlačení reprodukčních hormonů a tím negativně ovlivnit reprodukci.

Mortalita

Cooke a Sneddon (2007) uvádí, že mortalita po chycení ryb na udici a jejich opětovném puštění může dosahovat 0 % až 89 %. Tato rozmanitost závisí na mnoha faktorech. Např. druhu ryby, její velikosti a kondičním stavu, na rozsahu poranění způsobeném při zdolávání ryby, manipulací s ní nebo velikostí stresových faktorů. Smrt v důsledku vylovení může nastat okamžitě nebo opožděně po určitém časovém úseku (v daném případě ryba po propuštění odplave pryč).

Pro minimalizaci nepříznivých dopadů na welfare při rybaření se doporučuje zbytečně neprodlužovat zdolávání ryb, protože dlouhá doba zdolávání ryb má za následek řadu fyziologických změn včetně vyčerpání energetických zásob a nahromadění laktátu stejně jako acidobazické změny a osmoregulační poruchy (Cooke a Sneddon, 2007). Z tohoto důvodu by mělo být použité náčiní přizpůsobeno velikosti ryby, kterou rybář hodlá lovit. Webster (1999) uvádí, že prodlužované „pohrávání si“ s rybou je odsouzeníhodné zvláště u ryb které budou puštěny zpět do vody.

Dalším doporučením zmírňujícím nepříznivé dopady na welfare ryb je co nejkratší doba vystavení ryby na vzduchu. Nejšetnější je uvolnění háčku přímo ve vodě. Doporučuje se také používat háčky bez protihrotu, které způsobují menší zranění a snáze se uvolňují čímž se opět zkracuje doba potřebná k osvobození ryb a jejímu opětovnému vypuštění.

Cooke a Sneddon (2007) zdůrazňují rovněž důležitost teploty vody. Při teplotě vody dosahující horní nebo dolní hranice tolerance určitého druhu ryby stanou se tyto více citlivějšími na další zatížení. Proto lov těchto ryb za takovýchto podmínek může pro ně být obzvláště škodlivý a často vede k významným fyziologickým poruchám nebo úhynu. Cooke a Sneddon (2007) uvádí, že na některých lokalitách je z tohoto důvodu rekreační rybolov zakázán v obdobích kdy teplota vody překročí některé prahové hodnoty.

2.6.4 Akvakultura

Akvakultura vykazuje v posledních desetiletích velký nárůst produkce. I nadále se v dalších letech předpokládá nárůst produkce ryb v akvakultuře. Ashley (2007) uvádí, že v roce 2004 bylo v akvakultuře vyprodukováno 32,9 milionů tun ryb. Ve farmových chovech ryb je věnována stále větší pozornost životní pohodě chovaných ryb nejen kvůli vnímání marketingu a přijetí produktu na trhu, ale také často z hlediska efektivity výroby, její kvality a množství.

Špatné zacházení s rybami má negativní dopad na jakost ryb, snížení produkce nebo stížnosti zákazníků. Dobré zacházení s rybami má naproti tomu pozitivní dopad na jakost ryb, zvýšení produkce, dobrou prezentaci podniku a jeho pověst, absenci stížností od zákazníků a zvýšený zisk.

2.6.5 Ryby v akváriích

Chov ryb v akváriích je poměrně rozšířeným koníčkem. Řada lidí má vlastní okrasná akvária. To vyžaduje také rozsáhlou distribuční síť obchodů s prodejem ryb. Častá jsou také veřejná akvária např. V muzeích, restauracích apod. Ve všech těchto akváriích může docházet k určitým situacím, které mohou vést k narušení welfare chovaných ryb.

Huntingforda et al. (2006) uvádí některá možná rizika spojená s chovem ryb v akváriích mezi která patří stísněný prostor, špatná kvalita vody a její nevhodná teplota. Pro některé okrasné ryby pak i trvale negativní fyzikální stavy v důsledku šlechtění nebo nevhodná potrava. Také manipulace spojená s nákupem nových ryb a stísněné podmínky během jejich přepravy mohou mít negativní dopady na životní pohodu těchto ryb.

2.6.6 Vědecký výzkum

Vědecký výzkum často vyvolává různé obavy o jeho dopad na dobré životní podmínky zkoumaných subjektů, které jsou předmětem různých experimentů. Huntingforda et al. (2006) uvádí, že takový výzkum (včetně studia ryb) je v mnoha zemích silně regulován. Autor dále uvádí, že výzkum v oblasti rybolovu často využívá elektrolovu, značkování, stíhání ploutví nebo jiné označení ryb které potenciálně může

způsobit bolest a zranění. Výzkum také vyžaduje častou manipulaci v důsledku které může dojít k různým poraněním.

3. Diskuse

Jak už bylo zmíněno v úvodu práce je welfare ryb v odborné literatuře poměrně mladým tématem. Proto se názory různých autorů na danou problematiku poměrně často liší. Tyto odlišnosti vyplývají také ze složitosti tématu welfare ryb. Jednou z oblastí kde vznikají časté debaty a rozdílné názory je problematika objektivního měření a detekce dobrých životních podmínek ryb.

Většina autorů se shoduje na tom, že pro určení kvality welfare nestačí sledování pouze jediného parametru, ale je jich zapotřebí více. Podle Ashleyho (2007) neexistuje žádné měřítko welfare, které by mohlo být při samostatném použití považováno za spolehlivé. Naopak Branson (2008) se domnívá, že nejbližší splnění všech nároků na spolehlivý indikátor je kortizol. Kortizol je steroidní hormon uvolňovaný při stresu, který je přirozenou reakcí na zhoršení životních podmínek. Huntingford et al. (2006) ale upozorňuje na to, že fyziologický stres není synonymem utrpení. Podle něj neexistuje žádný zvláštní důvod tvrdit, že dočasná fyziologická aktivace připravující ryby pro určitou činnost musí nutně znamenat poškození welfare. Touto zátěží může být například určitá forma stresu v očekávání krmení. Právě takovéto případy se dají odlišit vhodně zvoleným dalším ukazatelem, kterým může být například pomalý růst, změna barvy nebo fyzické poškození. Osobně se přikláním k názoru Ashleyho (2007) v tom, že více vzájemně se doplňujících parametrů dává dohromady ucelenější obrázek o kvalitě životní pohody.

Huntingford et al. (2006) navrhuje pro zjišťování kvality welfare čtyři základní parametry zastupující různé funkční systémy (stav těla a ploutví, plazmatická koncentrace glukózy a kortizolu). Poměrně dost autorů se poslední dobou při zjišťování životní pohody ryb přiklání k použití konceptu „pěti svobod“ (Ashley, 2007; Huntingford, 2006; Agro Web Czech Republic CEE, 1998-2009; Fish Welfare, 2005 – 2010). V rámci tohoto přístupu je pozornost zaměřena na to do jaké míry jsou splněny potřeby v oblastech „svobody“ od hladu a žízně, nepohodlí, bolesti, poranění, onemocnění, strachu a stresu a možnost projevit přirozené chování. Dle mého názoru je tento koncept používaný především pro ostatní hospodářská zvířata také možno použít pro hodnocení welfare ryb. Je však nutné tento koncept přizpůsobit a zvolit vhodné parametry pro určení narušení jednotlivých svobod.

Další oblastí ve které se autoři často rozcházejí je otázka zda ryby vůbec dokáží vnímat bolest a utrpení. Ve starší literatuře byly ryby obecně považovány za zvířata kterým jejich neuroanatomické a fyziologické vlastnosti nedovolují vnímání. Proto převládal názor, že nejsou schopny vnímat bolest a mají malou nebo žádnou paměť. Nicméně v poslední době se tento názor mění a stále více autorů přiznává rybám pocity vnímání bolesti.

Jedním z autorů odmítající uznat rybám pocity bolesti je James D. Rose. Rose (2002) uvádí, že povědomí o bolesti u člověka závisí na funkcích specifických oblastí mozkové kůry (*neocortex*). Podle něj ryby mají nedostatek těchto základních oblastí nebo jejich funkčních ekvivalentních oblastí. Proto nemohou bolest vnímat.

Naproti tomu se Cooke a Sneddon (2007) domnívají, že ryby jsou schopné vnímat bolest protože u nich byly nalezeny nervy přenášející informace bolesti podobné nervům přenášejících bolest u člověka. Poukazují rovněž na to, že nociceptory (receptory přenášející bolest) lokalizované u ryb mají shodné fyziologické vlastnosti jako nociceptory u savců. Cooke a Sneddon (2007) dále uvádějí, že byly provedeny experimenty sledující aktivitu mozku ryb při bolestivých stimulacích. Tyto pokusy ukázaly aktivitu mozku během těchto bolestivých podnětů jak na molekulární tak i na fyziologické úrovni. Autoři tak napadají a vyvracejí názor Roseho, protože pokud by se jednalo o prosté nocicepční reflexy jak uvádí Rose (2002) neexistovala by žádná nebo minimální aktivita mozku během bolestivých podnětů.

Pod vlivem těchto důkazů se i já domnívám, že ryby jsou schopné prožívat určitý stupeň bolesti. Svůj názor mám založený i na praktických zkušenostech ze sportovního rybolovu. Uvedu zde jeden příklad který se mi stal při muškaření. Při lovu na nymfu za použití jemného prutu jsem zdolával pstruha duhového větších rozměrů (53 cm). Tento pstruh vlivem velmi jemného náčiní a lehkého záseku zřejmě zpočátku vůbec netušil že je na udici a vůbec nekladl odpor. Pstruha jsem bez problémů pomalu přitahoval z větší vzdálenosti k sobě. Přes prut jsem cítil občasné zaškubání. Domnívám se, že tyto škubance pocházely od toho jak se pstruh snažil potřásáním hlavy vypudit z tlamy předmět, který mu byl nepříjemný a způsoboval bolest. Když člověk dostane žihadlo od včely nebo si zarazí do ruky třísku také na tento pocit bolesti okamžitě reaguje tím že se zdroj této bolesti snaží odstranit. Kdyby zaseknutý háček pstruhovi

nezpůsoboval pocit bolesti tak by dle mého názoru plaval bez snahy se tohoto předmětu zbavit.

Tímto příkladem jsem se zároveň dotkl i problematiky welfare ve sportovním rybaření. Jsem nadšený sportovní rybář a také již přes deset let závodím v lovu ryb udicí na plavanou. Proto mám s tímto tématem řadu praktických zkušeností. Cooke a Sneddon (2007) uvádějí, že stres spojený se zdoláváním ryby na udici a její vylovení může mít negativní účinky jako je potlačení imunitní odpovědi, zpomalení růstu nebo snížení kondice. S tímto názorem musím souhlasit. Několikrát jsem již chytil rybu která měla v tlamě utržený háček nebo mušku. Ve většině případů byla tato ryba mírně pohublější a ve slabší kondici. Na druhou stranu se mi také stal případ kdy jsem chytil pstruha obecného (*Salmo trutta*), kterého jsem po šetrném vyfotografování pustil zpět na svobodu. Do místa kde jsem tohoto pstruha chytil jsem se vrátil asi po dvou hodinách a zjistil jsem, že zde sbíralo několik ryb mušky z hladiny. Podařilo se mi jednu chytit. Překvapením pro mě bylo když jsem zjistil, že je to stejná ryba jakou jsem zdolal před dvěmi hodinami. Poznal jsem to podle menšího zranění na boku ryby, kterého jsem si všiml při prvním chycení ryby. Toto zranění bylo již zcela zahojené. Pstruh byl ve výborné kondici, kterou prokazoval nejen při samotném zdolávání ale také stavbou těla a zbarvením. Tento případ dokazuje, že při šetrném vylovení a zacházení s rybou v dobré kondici se tato může velmi rychle zotavit a vrátit se k normálnímu životu.

Ashley (2007) uvádí, že fyziologická reakce na stres může být velmi rozdílná s ohledem na druh ryby. Ukazují to i mé zkušenosti ze závodního rybolovu. Při těchto závodech se uchovávají ulovené ryby po dobu trvání závodu ve vezírcích o minimální délce dvou metrů. Po závodě jsou všechny ryby zváženy a puštěny zpět do vody. Občas se stane, že některé ryby stres spojený s jejich vylovením a následným uskladněním ve vezírku nepřežijí. Z mého pozorování jsou např. cejni velcí (*Abramis brama*) mnohem méně odolní tomuto stresu než plotice obecné (*Rutilus rutilus*). Proto k jejich úhynu dochází při stresu spojeném s rybařením mnohem častěji. Z vlastních zkušeností bych tedy mezi nejcitlivější ryby z pohledu sportovního rybolovu řadil candáta obecného (*Sander lucioperca*), cejna velkého a cejnka malého (*Blicca bjoerkna*).

Cooke a Sneddon (2007) se domnívají, že to jaké následky na rybu má kontakt se sportovním rybářem ovlivňuje i její velikost. Tomuto názoru dávají za pravdu i má četná pozorování, kdy větší ryby se vzpamatovávají ze zátěže spojené s jejich

vylovením na udici mnohem déle než ryby menších velikostí. Po propuštění často leží ve vodě na boku a odplouvají až po delší době odpočinku. Větší ryby se mohou díky své velikosti a hmotnosti mnohem účinněji bránit proti vytažení na břeh. Proto jejich zdolávání trvá mnohem déle než u menších ryb. Delší doba zdolávání je spojena s vyšším výdejem energie což může rybu více ohrozit.

Cooke a Sneddon (2007) také zdůrazňují důležitost teploty vody. Když teplota vody dosahuje horní nebo dolní hranice tolerance určitého druhu ryby stanou se tyto více citlivější na další zatížení. Proto lov těchto ryb v uvedených podmínkách může být pro ně obzvláště škodlivý a často vede k významným fyziologickým poruchám nebo úhynu. Tuto skutečnost jsem si dříve vůbec neuvědomoval. Po prostudování literatury uznávám, že nevhodná teplota vody může být poměrně závažným problémem zejména pro ryby, které jsou náročnější na obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (např. ryby lososovité). Z tohoto důvodu bych doporučoval při vzniku těchto podmínek sportovní rybolov zakázat nebo ryby do vody nevracet, ale usmrtit je a použít k vlastní spotřebě.

4. Závěr

V této bakalářské práci je uvedeno základní shrnutí literatury a dosavadních výzkumů o tématu welfare ryb. Dané téma je v literatuře poměrně mladým pojmem, ale v posledních letech zažívá doslova bouřlivý rozvoj. Důvodem pozdějšího zájmu o welfare ryb byl dříve všeobecně přijímaný názor, že ryby nemají dostatečnou kapacitu pro vnímání bolesti a utrpení. Dnes i nadále neexistují jednoznačné důkazy že tomu tak je. Stále více autorů však přiznává rybám určitou úroveň vnímání bolesti. Tato změna v myšlení umožnila od devadesátých let obrovský vývoj studia welfare.

O toto téma není zájem jenom ze strany odborníků, ale v posledních letech i běžných lidí a konzumentů ryb. Stále více koncových zákazníků se zajímá o to v jakých podmínkách bylo zvíře, ze kterého potravina pochází, odchováno a zda při chovu, dopravě a zpracování netrpělo bolestí, hladem, nevhodnými podmínkami chovu či jinými nepříznivými faktory. Zjišťování welfare ryb má tak velký dopad na praktické užití v oblasti akvakultury s návazností na obchodní síť.

Pro welfare je zásadní otázka jakým způsobem máme zhodnotit kvalitu péče o ryby. To je důležité především pro porovnávání jednotlivých chovů a rovněž i pro informování koncového zákazníka, který se v dnešní době často zajímá o původ a podmínky chovu potravinových zvířat. Proto je zde tlak na vytvoření objektivních metod které by spolehlivě a jednoznačně dokázaly porovnat kvalitu welfare.

V této práci jsem nastínil některé možnosti jak lze detekovat a měřit kvalitu životních podmínek ryb. Parametrů kterými lze posuzovat welfare ryb je však celá řada, ale prozatím neexistuje žádný jednotný postup či metodika jednoznačného určení kvality welfare. Pro posuzování kvality péče o ryby zejména v produkčním rybářství je vyvinutí takové metodiky do budoucna velmi důležité a zásadní. Pokud se podaří vyvinout metodu, která by např. jednotlivým přesně určeným parametrům přiřazovala číselné hodnoty a z těch by se poté složilo konečné číslo umožní to jednoznačně porovnávat kvalitu welfare na jednotlivých podnicích. Poté by se mohli ryby z chovů dosahujících stanovených hodnot např. označovat ochranou známkou, která by informovala zákazníky o kvalitě produktu a produkujejícím podnikům by poskytovala určitou výhodu na trhu.

Měřením kvality welfare získáme představu o tom zda ryba byla produkována v odpovídajících podmínkách a má vše co potřebuje ke svému vývoji. V případě špatného welfare je zapotřebí najít příčinu problému a odstranit ji nebo alespoň zmenšit působení nepříznivého faktoru. Zlepšení welfare ryb je žádoucí nejen z morálního hlediska, ale též pro svůj významný vliv na zvýšení produkce a výslednou kvalitu konečného produktu.

Pro dlouhodobé udržení kvalitního welfare je důležité nepříznivým podmínkám předcházet a co možná nejvíce omezit stresové situace. Proto je důležité si uvědomit možná místa ohrožení a kontrolovat jejich správný průběh. Mezi největší rizikové body produkce ryb můžeme zařadit např. vylovení a manipulaci s rybou, její přepravu a usmrcení, ale také vhodnou kvalitu vody která je pro welfare ryb doslova zásadní. Na tato místa je nutné se zaměřit a zabezpečit jejich správný průběh. Do budoucna by bylo vhodné vyvinout systém určitých kontrolních bodů, které by bylo zapotřebí splnit. Tím by se předešlo největším rizikům ohrožení welfare.

Pro welfare v rybníční akvakultuře je kritickým obdobím zejména výlov. Při něm je ryba vystavena nepříznivým podmínkám a může dojít k jejímu poranění. Proto je nesmírně důležité přizpůsobit průběh výlovu a použité zařízení druhu lovených ryb a jejich velikostí. Správným výběrem lovišního náradí a jeho namočením před použitím se snižuje riziko poranění, poškození ploutví a narušení slizového povlaku ryb. V průběhu výlovu vznikají také velmi často kyslíkové deficity. Je tedy vhodné zajistit střík čisté vody do loviště a do kádí nebo provádět vzduchování vody kompresorem. Předmětem dalšího výzkumu, který by přispěl k menšímu stresování ryb během výlovů, by se mohlo stát přesné měření stresové reakce ryb (např. hodnoty kortizolu) při použití různých pomůcek a postupů používaných při výlovech.

Welfare ryb je širokou oblastí která se netýká jenom produkčního rybářství, ale také dalších jako je sportovní rybolov, vědecký výzkum, chov ryb jako domácích zvířat nebo ve veřejných akváriích. Proto jsem v této práci věnoval určitý prostor i těmto oblastem. Z důvodů mých osobních zkušeností jsem se zabýval zejména oblastí sportovního rybolovu, která se těší u lidí velkému zájmu.

Vzhledem k velkému množství lidí, které tento koníček provozují, může mít jejich chování a způsob lovu značný dopad na welfare poměrně velkého množství ryb. Proto je důležité aby si každý rybář uvědomil, že jeho počínání je pro lovenou rybu

extrémní zátěží. Musí se proto chovat tak aby jí co nejméně poškodil a stresoval. K tomu může přispět použití odpovídajícího vybavení např. háčky bez protihrotu, vhodná síťka podběráku, podložky pro manipulaci s rybou na břehu, vezírky pro uchování živých ryb vyrobené z bezuzlíkatých tkanin a pod.

Hlavním nástrojem jak přinutit rybáře používat tyto moderní a šetrnějších pomůcky je stanovení pravidel rybolovu v rybářském řádu či dokonce ve vyhláškách a zákonech. Proto je žádoucí aby se do těchto pravidel zahrnovali nově vzniklé technologie a postupy.

Na závěr je vhodné uvést že welfare ryb je nesmírně široké téma, protože člověk svým chováním ať už cíleně nebo nevědomě ovlivňuje životní pohodu ryb ve všech možných aspektech. Proto je nutný další výzkum, který umožní kvalitnější a objektivnější posouzení welfare a pomůže stanovit kritické oblasti ve kterých může snadno dojít k narušení dobré životní pohody ryb. Velký prostor pro výzkum se otevírá rovněž v oblasti manipulace s rybou včetně vyvinutí nových postupů, pomůcek a používání nových materiálů. To vše přispěje ke zkvalitnění péče o ryby, které nám mohou sloužit jako potrava, domácí mazlíček, předmět zábavy, obživy nebo jen jako součást okolní přírody.

5. Seznam použité literatury

1. *Agro Web Czech Republic CEE* [online]. © AgroWeb Working Group 1998-2009 [cit. 2010-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.agrowebcee.net>>. [web]
2. ALURU, N.; VIJAYAN, M.M. Stress transcriptomics in fish: a role for genomic cortisol signaling. *General and Comparative Endocrinology*. 2009, vol. 164, iss. 2-3, s. 142-50.
3. ASHLEY, P. J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007, vol. 104, iss. 3-4, s. 199-235.
4. BARUŠ, V., et al. *Mihulovci - Petromyzontes a ryby - Osteichthyes*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1995, 623 s. ISBN 80-200-0500-5.
5. BRANSON, E. J. *Fish Welfare*. first published 2008. Monmouthshire: Blackwell Publishing, 2008, 311 s. ISBN 978-1-4051-4629-6.
6. CONTE, F.S. Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*. 2004, vol. 86, iss. 3-4, s. 205-223.
7. COOKE, S.J.; SNEDDON, L.U. Animal welfare perspectives on recreational angling. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007, vol. 104, iss. 3-4, s. 176–198.
8. ČÍTEK, J.; KRUPAUER, V.; KUBŮ, F. *Rybníkářství*. Praha 4: Informatorium, 1993. 281 s. ISBN 80-85427-41-9.
9. ČÍTEK, J.; SVOBODOVÁ, Z.; TESARČÍK, J. *Nemoci sladkovodních a akvarijních ryb*. vydání druhé. Praha 4: Informatorium, 1997. 218s. ISBN 80-86073-08-4.
10. DOUSEK, J., MALENA, M. *Welfare jatčných zvířat I.část* [online]. 2008, [cit. 2010-05-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.casopismaso.cz/nemoci-zvirat/welfare-jatench-zvat-i-st.htm>>.
11. DUBSKÝ, K.; KOUŘIL, J.; ŠRÁMEK, V. *Obecné rybářství*. Vyd. 1. Praha : Informatorium, 2003. 308 s. ISBN 80-7333-019-9.

12. ELLIS, T., et al. A non-invasive stress assay based upon measurement of free cortisol released into the water by rainbow trout. *Journal of Fish Biology*. 2004, iss. 65, s. 1233–1252. Dostupný také z WWW: <<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118756107/PDFSTART>>.
13. ELLIS, T.; RICHES, D. Cefas [online]. Number 1. Velké Británie: 2006, [cit. 2010-04-22]. Finfish News. Dostupné z WWW: <http://www.cefas.co.uk/Publications/finfishnews/FFN1_web.pdf>. ISSN 1749-0669.
14. *Fish Welfare* [online]. Copyright © 2005 – 2010, [cit. 2010-03-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.fishwelfare.net>>.
15. *FSBI* [online]. 2002 [cit. 2011-02-15]. Fish Welfare. Briefing Paper 2. Fisheries Society of the British Isles. Granta Information Systems, Dostupné z WWW: <<http://www.fsbi.org.uk/assets/brief-welfare-refs.pdf>>.
16. HANEL, L.; LUSK, S. *Ryby a mihule České republiky: rozšíření a ochrana*. vydání první. Vlašim: Český svaz ochránců přírody, 2005. 448 s. ISBN 80-86327-49-3.
17. HARTMAN, P.; PŘÍKRYL, I.; ŠTĚDRONSKÝ, E. *Hydrobiologie*. Vydání druhé. Praha 4: Informatorium, 1998, 335s. ISBN 80-86073-27-0.
18. HUNTINGFORD, F.A., et al. Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*. 2006, vol. 68, iss. 2, s. 332–372. Dostupný také z WWW: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/118559916/abstract>>.
19. CHANDROO, K.P.; DUNCAN, I.J.H.; MOCCIA, R.D. Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science*. 2004, vol. 86, iss. 3-4, s. 225–250.
20. KOVALČIKOVÁ, M.; KOVALČIK, K. *Adaptacia a stres v chove hospodárskych zvierat*. vydanie prvé. Bratislava: Príroda, 1974. 206 s. ISBN 64-248-74.
21. LUCKÝ, Z. *Péče o zdraví a prevence chorob ryb*. vydání 1. Praha : Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR ve spolupráci s ÚV ČRS, 1986. 188 s.

22. MARTÍNEZ-PORCHAS, M., et al. Cortisol and Glucose: Reliable indicators of fish stress?. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 2009, vol. 2, iss. 4, s. 158-178.
23. NORTH, B.P., et al. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout. *Aquaculture*. 2006, 255, s. 466-479.
24. ROSE, J.D. The Neurobehavioral Nature of Fishes and the Question of Awareness and Pain. *Reviews in Fisheries Science*. 2002, vol. 10, iss. 1, s. 1-38. Dostupný také z WWW: <<http://www.informaworld.com/smpp/content~db=all~content=a727073496?words=neurobehavioral,nature,fishes,question,awareness,pain>>.
25. SCOTT, A.P.; ELLIS, T. Measurement of fish steroids in water—a review. *General and Comparative Endocrinology*. 2007, vol. 153, iss. 1-3, s. 392–400.
26. SVOBODOVÁ, Z, et al. *Ekotoxikologie - praktická cvičení část II.: diagnostika havarijních úhynů ryb a dalších vodních organizmů*. Vydání 1. Brno: Ediční středisko Veterinární a farmaceutické univerzity Brno, 2000, 134 s. ISBN 80-85114-89-5.
27. SZEREMETA, A. Organic Aquaculture. EU Regulations (EC) 834/2007, (EC) 889/2008, (EC) 710/2009. BACKGROUND, ASSESSMENT, INTERPRETATION.. In *Organic Aquaculture dossier* [online]. Brussels: IFOAM EU Group, 2010, [cit. 2011-04-17]. Dostupné z WWW: <<http://www.ifoam-eu.org/positions/publications/aquaculture/>>.
28. SILBERGELD, E.K. Blood glucose: A sensitive indicator of environmental stress in fish. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1974, vol. 1, iss. 11, s. 20-25. Dostupný také z WWW: <<http://www.springerlink.com/content/pujt40662306p6v2/>>.
29. ŠOCH, M. *Vliv prostředí na vybrané ukazatele pohody skotu*. 1.vydání, 2005, České Budějovice: KOPP, 2005. 288 s. ISBN 80-7040-742-5.
30. ŠONKOVÁ, R. *Agrovenkov Vysočina* [online]. 2006, [cit. 2010-02-25]. Welfare v ekologickém zemědělství. Dostupné z WWW: <[http://www.kis-vysocina.cz/userfiles/File/Welfare%20v%20ek.zemdlstv\(1\).pdf](http://www.kis-vysocina.cz/userfiles/File/Welfare%20v%20ek.zemdlstv(1).pdf)>. ISBN 80-7271-176-8.
31. VÁCHA, F. *Zpracování ryb*. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2000. 104 s. ISBN 80-7040-403-5.

32. WEBSTER, J. *Welfare: životní pohoda zvířat aneb Střízlivé kázání o ráji*. Praha: Nadace na ochranu zvířat, 1999. 264 s. ISBN 80-238-4086-X.

Abstrakt

Welfare ryb v akvakultuře je recenze. Práce je zaměřena na kompletní zhodnocení welfare. Je zde vysvětlen pojem welfare a postupný historický vývoj této problematiky. Dále je už práce zaměřena na welfare ryb, které se v poslední době prudce rozvíjí.

V práci je rozebrána zásadní otázka pro welfare ryb - zda ryby dokáží vnímat bolest a utrpení. Další kapitola se zabývá stresem, který slouží jako jeden z ukazatelů na kvalitu welfare.

V této práci jsou shrnuty základní způsoby měření welfare ryb mezi které patří například hodnota kortizolu a glukózy v krvi ryb, která se mění v závislosti na velikosti stresových faktorů. Je zde uvedeno několik různých přístupů k měření welfare.

Velká část práce je věnována potencionálním místům ohrožení welfare. Jsou zde popsány kritické body při manipulaci s rybami a jejich přepravě. Také je rozebrána kvalita vody, hustota obsádky a usmrcování ryb.

Poslední část práce je věnována welfare ryb v různých systémech. Je zde nahlíženo na welfare ryb z různých oblastí jako je sportovní rybolov, akvakultura, chov ryb v akváriích, vědecký výzkum a ryby ve volných vodách.

V závěru práce je uvedeno několik námětů k dalšímu vědeckému výzkumu v oblasti welfare ryb.

Klíčová slova: welfare, stres, kortizol, glukóza

Abstract

Welfare of fish in aquaculture is a review. This study is focused on full evaluation of the welfare. In the first part of the study is dedicated to the welfare expression and to the gradual historic development of the problems. In next parts, the study deals with the fish welfare, which has been rapidly developed recently.

The fundamental question for the welfare of fish is discussed - if fish can feel pain and suffering. Next chapter turns attention to stress, which serves as one of the indicators for the welfare quality.

The thesis sums basic ways of fish welfare measurement among which belongs, for example, a cortisol and glucose coefficient in fish blood, which is changing due to the size of stress factors. There are mentioned some different approaches to measuring the welfare.

A large part of the thesis is devoted to the potential places of threat to welfare. There are described critical points in fish handling and transportation. This study also analyzes water quality, stocking density and killing fish.

The last part is devoted to the welfare of fish in different systems. Welfare of fish is here observed in different areas such as sport fishing, aquaculture, fish in aquariums, scientific research and fish in open waters.

The end of the thesis provides some suggestions for further scientific research into fish welfare.

Keywords: welfare, stress, cortisol, glucose