

Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury

Bakalářská práce

**Možnosti uplatnění technické desinfekce
vody v chovu ryb**

Autor: **Pavel Brož**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.**

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Radek Halada**

Místo a rok odevzdání: **České Budějovice, 2010**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra rybářství a myslivosti
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel BROŽ**

Studijní program: **B4103 Zootechnika**

Studijní obor: **Rybářství**

Název tématu: **Možnosti uplatnění technické dezinfekce vody v chovu ryb**

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

V současné době narůstají požadavky na kvalitu vodního prostředí v intenzivních chovech ryb. Jednou z možností jak vysokou jakost vody udržet je kontinuální technická dezinfekce vody na přítocích do odchovných objektů a v přívodech vody do recirkulačních systémů. V zahraničí jsou již tyto metody dlouhodobě využívány včetně dezinfekce dopravních prostředků pro ryby.

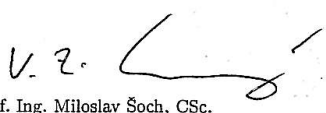
Cílem práce je popsat význam a možnosti technické dezinfekce vody, které se již uplatňují a mohly by se využít i v rybářství ČR. Autor shromáždí s pomocí literatury přehled možných způsobů úpravy vody pro rybochovné účely a posoudí jejich ekonomickou náročnost a vhodnost jejich využití pro různé technologie chovu ryb.

Rozsah grafických prací: 5 - 7 tabulek a grafů
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

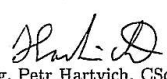
Seznam odborné literatury:

Berka, R., Kujal, B., Lavický, K. 1980: Sterilizace vody pro rybochovné účely (přehled). Buletin VÚRH Vodňany, 1:31-36
Strnadová N., Janda V., 1995: Technologie vody I., Ediční a audiovizuální centrum VŠCHT Praha
American Water Works Assoc, 1999: Water Quality Treatment, McGraw-Hill, 5th Edtn
Hijnen W.A.M., Beerendonk E.F., Medena G.J., 2006: Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review, Water Research 40 (1), 3-22
<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/knihovna/citacni-normy.html>
a další podle pokynů vedoucího práce a konzultanta

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.
Katedra rybářství a myslivosti
Konzultant bakalářské práce: Ing. Radek Halada
Katedra rybářství a myslivosti
Datum zadání bakalářské práce: 28. února 2008
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2009


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

UNIVERZITA
ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 Budějovice


doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 18. března 2008

Prohlášení

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

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 29. 4. 2010

Podpis

Děkuji doc. Ing. Petru Hartvichovi CSc. za přínosné vedení bakalářské práce.

Rovněž děkuji Ing. Radku Haladovi za poskytnuté rady a konzultace při tvorbě bakalářské práce.

Souhrn: Proces kontinuální dezinfekce vody může být použit proti zavlékání a hromadění obligátních a oportunních patogenů ryb v recirkulačních systémech. Výsledky ukazují, že UV záření a ozón jsou účinné proti všem vodním patogenům. Cílem této studie bylo popsat možné způsoby dezinfekce vody se zaměřením na ekonomickou náročnost. Mému hodnocení odpovídá nejlépe typ AQUADA 7 a typ UVOX-250. Oba mají velmi pozitivní technické parametry ve srovnání s jinými typy. U typu AQUADA 7 byla ve srovnání s jinými typy pořizovací cena nejméně o 55% nižší a provozní náklady nejméně o 18% nižší. Přepočtené hodnoty vychází nejlépe u typu UVOX-450, který má ve srovnání s jinými typy pořizovací cenu přepočtenou na průtok 1 m³/h nejméně o 58% nižší a provozní náklady přepočtené na průtok 1 m³/h nejméně o 11 % nižší. Tyto výsledky mohou sloužit jako vodítko při rozhodování ve věci dezinfekce vodního prostředí v chovu ryb.

Klíčová slova: UV záření, ozón, recirkulační systém, dezinfekce, sterilizační zařízení.

Abstract: A continuous water disinfection process can be used to prevent the introduction and accumulation of obligate and opportunistic fish pathogens in recirculating systems. The results show that UV and ozone are effective against all waterborne pathogens. The aim of this study was to describe the possible ways of disinfecting water, focusing on economic performance. My rating corresponds to the best type AQUADA 7 and type UVOX-250. Both have a very positive technical parameters in comparison with other types. In type AQUADA 7 was compared with other types of cost by at least 55% lower and operating costs by at least 18% lower. The converted values based on the best type UVOX-450, which have compared with other types of cost, calculated on a flow 1 m³/h at least 58% lower and operating costs, calculated on a flow of 1 m³/h at least 11% lower. These results may serve as a guide when deciding on disinfection of water in the fish farming environment.

Key words: UV radiation, ozone, recirculating system, disinfection, sterilizing equipment.

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1 ZNEČIŠTĚNÍ VODY V RYBOCHOVNÝCH OBJEKTECH	9
2.2 DESINFEKCE VODY CHLORACÍ	10
2.3 DEZINFEKCE VODY OZONIZACÍ.....	12
2.4 DESINFEKCE VODY UV ZÁŘENÍM	14
2.4.1 VYUŽITÍ A PŮSOBENÍ UV ZÁŘENÍ.....	14
2.4.2 HISTORIE POUŽITÍ UV ZÁŘENÍ.....	16
2.4.3 POUŽITÍ UV ZÁŘENÍ V ZAHRANIČÍ.....	18
2.4.4 POUŽITÍ UV ZÁŘENÍ V ČR.....	18
3. MATERIÁL A METODIKA	20
4. VÝSLEDKY	22
4.1 TECHNICKÁ DATA JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ZAŘÍZENÍ	22
4.1.1 PRŮTOK UPRAVENÉ VODY	22
4.1.2 POŘIZOVACÍ CENA	23
4.1.3 SPOTŘEBA ENERGIE	24
4.2 PŘEPOČTENÉ NÁKLADY JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ZAŘÍZENÍ.....	25
4.2.1 ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY	26
4.2.2 POŘIZOVACÍ CENA A ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY.....	27
4.2.3 MĚSÍČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY	28
4.2.4 PŘEPOČTENÁ POŘIZOVACÍ CENA.....	29
4.2.5 PŘEPOČTENÉ ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY	30
4.2.6 PŘEPOČTENÉ MĚSÍČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY	31
5. DISKUZE	33
6. ZÁVĚR	36
7. POUŽITÁ LITERATURA	37
8. SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	41
9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	42
10. PŘÍLOHY	43

1. Úvod

Od prvopočátků chovu ryb uplynula dlouhá doba. První doložené zmínky o chovu ryb pochází z Číny kolem roku 2300 před naším letopočtem. U nás jsou však zmínky o chovu ryb známy až v jedenáctém století našeho letopočtu, kdy záznam v Kosmově kronice potvrzuje převzetí rybníka Sázavským klášterem. Zprvu se jednalo o neorganizovaný a neřízený chov. Postupem času se však chov zlepšoval a zdokonaloval. Během rozmachu ve 14. až 16. století se přeneslo rybníkářství do nedávné minulosti na konci 19. století, kdy vznikla oddělená větev, tou byl intenzivní umělý chov ryb. Rovněž i ten procházel rozmachem s vrcholným rozvojem v 70. letech 20. století se vznikem nových objektů pro chov ryb.

Současné rybníkářství hojně využívá rybochovných objektů s vysokou koncentrací ryb. Tyto líhně, recirkulační systémy a podobné odchovny umožňují odchov od vytřených jiker přes plůdek až po tržní ryby. Hlavní výhoda chovu ryb v koncentrovaných obsádkách rybochovných objektů spočívá v jejich ekonomické efektivitě. Ta je však podmíněna co nejlepší kvalitou vody, ve které je obsádka chována. S každým dílem odchovu přichází řada problémů, které je zapotřebí vyřešit. Tím, že se zahušťují obsádky, zvyšuje se riziko dalších potíží. Intenzita rybníkářské výroby zvyšuje nebezpečí onemocnění ryb. Vzhledem k vysoké koncentraci krmených ryb dochází ke skokovému množení mikroorganismů v krátkém časovém úseku. Většina bakterií a plísňů živících se z organických zbytků krmiv a výkalů způsobují vážné problémy v chovu.

Nutností je bránit se takovými škodlivými vlivům vhodným způsobem. Ochrana však nesmí mít neblahý vliv na chovanou obsádku. Zároveň ale musí být dostatečně účinná v širším spektru organismů. Pro léčbu nemocí byly, jsou a budou hledány stále vhodnější způsoby oproti předešlým. Na každém zákroku proti nemocím se dříve nebo později objeví problémy spojené s vlivem na chovanou obsádku, vodní prostředí, spolehlivost působení, bezpečnost práce a podobná rizika. Některé komplikace jsou důvodem k vyřazení nebo omezení používání v chovu ryb. Pak je zapotřebí hledat za tato ochranná opatření náhradu. Nemoci způsobují nejen kusové ztráty, ale často i mnohem závažnější škody zpomalením růstu, zpoždováním

vývinu, zhoršeným rozmnožováním a získáváním potomstva se sníženou životaschopností. Jen zdravá odolná ryba se dobře rozmnožuje, je schopna produkovat životaschopný plůdek, plně využívá krmiv, dosahuje rovnoměrného růstu a vývinu a v co nejkratší době dorůstá požadované tržní velikosti. Mějme na mysli, že prevence je vhodnější než léčba. Ruku v ruce s úspěšným fungováním chovu jde výsledná efektivita chovu.

2. Literární přehled

2.1 Znečištění vody v rybochovných objektech

Zvýšené množství organických látek ve vodě, která se používá v chovu ryb, je živnou půdou pro bakterie a ostatní organismy. Při jejich násobném namnožení dochází k negativním vlivům na chovanou obsádku. Ke znečištění dochází neustálým oběhem vody v odchovném prostředí, ve kterém se rozkládají zbytky krmiv a hlavně exkrementy obsádky, jak uvádí Sharrer et Summerfelt (2007). Podle Čítka (1997) původci mnohých nemocí ryb jsou schopni přežívat ve znečištěných vodách déle než ve vodě čisté. Například bakterie mohou žít v říční vodě tři měsíce, v organicky znečištěném bahně i půl roku i déle. Důležitá je podle Bebaka-Williamse et al. (2002) důsledná hygiena prostředí, zahrnující pravidelné čištění nádrží a rozvodů vody. Správné postupy mohou vést k výraznému snížení množství patogenů v chovném prostředí.

Patogenní bakterie se často vyskytují ve sladkých i mořských vodách. U stresovaných ryb, nejčastěji při vyšším obsahu dusitanů nebo amoniaku, resp. při napadení ryb parazity, dochází k oslabení imunitního systému a během krátké doby dojde k napadení vnějších i vnitřních orgánů ryb i patogenními bakteriemi. Na rybách jsou pak rozpoznatelné podobné příznaky, jako rozpad ploutví, bledé vybarvení, bílé skvrny na kůži, záněty kůže, žáber a ploutví ryb, vodnatelnost a celková sešlost a vyhublost (Sharrer et al. 2005).

Plísně bývají pravidelnou součástí všech vod. Stejně jako bakterie se pomnožují ve znečištěné vodě na organických zbytcích krmiv a exkrementů. Přesto však pro ryby nepředstavují bezprostřední nebezpečí. Při oslabení organismu bakteriální infekci, při napadení pokožky, žáber a ploutví ryb ektoparazity se druhotně uplatňují patogenní plísně rodu *Saprolegnia spp.* nebo *Achlya spp.*, které napadají poraněná místa (Summerfelt et al. 2001).

Bez sterilizace vody se v recirkulačních systémech dnes jen velmi těžko zbavíme nežádoucích mikroorganismů. Je velmi důležitá zvláště v chovu raných stádií ryb. Voda, která obíhá v systému i ta přitékající ze zdroje, obsahuje často značné množství zárodků. Mezi nimiž se nachází množství patogenních nebo

podmíněně patogenních mikroorganismů. V povrchových vodách je toto nebezpečí zvýšené o to více, že používáním takové vody se mohou objevit i parazité nebo jejich vývojová stádia. V prostředí umělého chovu s hustou koncentrací obsádky se pak tyto zárodky rychle pomnožují a mohou působit závažné problémy. Proto se na přítoku často vhodně instaluje sterilizační jednotka. Tato jednotka snižuje množství mikroorganismů na minimum, likviduje především bakteriální a v omezeném rozsahu také virové a parazitární původce nemocí ryb uvádí Pokorný et al. (2003).

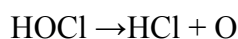
2.2 Desinfekce vody chlorací

Chlor se používá pro desinfekci vody již 100 let. Jeho účinky a funkce prošli za tu dobu řadou zkoumání a jsou proto velmi dobře známé. Jeho výhodou je, že v sobě spojuje desinfekční i oxidační účinek s residuálním charakterem, což v praxi znamená prodlouženou dobu působení v řádech desítek minut po aplikaci. Dalším jednoznačným faktem hovořícím pro použití chloru je jeho nízká cena ve srovnání s jinými technologiemi používanými pro desinfekci bazénové vody. Dávkování chloru je velice snadné a lehce kontrolovatelné. Chlor je vyráběn jako čistý plyn, nebo ve formě sloučenin jako kapalina nebo pevná látka (Klimša 2008).

Chlor se přirozeně v organismu nachází pouze ve formě chloridů. Pro život je nepostradatelným prvkem. Případy zdravotního poškození, zaviněného touto látkou, jsou velmi četné a jejich důležitost pro toxikologii je proto nezanedbatelná. Týká se to však molekulárního chloru. Elementární chlor má intenzivní dráždivý účinek, který se přisuzuje následné reakci s vlhkostí za produkce kyslíku a chlorovodíku. Jde tedy o účinek oxidační a účinek kyseliny. Pro vegetaci má čistý chlor asi 2-3krát jedovatější účinky než oxid siřičitý (Marhold 1980).

Martoň (1984) popisuje působení chloru ve vodě jako dobře se rozpouštějící a dobře dezinfikující prostředek zejména při kyselé reakci pH. Chlorové přípravky potřebují na dokonalý účinek až dvě hodiny působení ve vodním prostředí. Všechny sloučeniny chloru podléhají ve vodě rozkladu za vzniku nestálé kyseliny chlorovodíkové.

Reakce probíhá podle rovnice: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HCl}$



Uvolněný kyslík dezinfikuje vodu tím, že narušuje strukturu bakteriálních buněk a tím je usmrcuje. Množství chloru potřebného na dezinfikování vody je závislé na jejích vlastnostech. Nejdůležitější je teplota vody, hodnota pH, obsah organických látek, stupeň biologického oživení a bakteriální zatížení vody. S klesající hodnotou pH a teplotou vody se zvyšuje dezinfekční účinek chloru. Doba, po kterou je volný chlor v kontaktu s vodou, by měla být 1-2 hodiny. Účinnost odstranění choroboplodných zárodků bývá až 99,9 %. Zařízení na dávkování chloru se jmenuje chlorátor. Dávkovat se může plynný chlor nebo připravená chlorovaná voda. Důležitá je přesnost dávkování, protože přesycením se zvyšuje agresivita vody. Nabízí se použít přetlakové nebo podtlakové dávkovače elektrické nebo na vodní pohon. Pokud je voda nadměrně znečištěná užívá se tzv. přechlorování vody (Martoň 1984).

Žáček (1981) popisuje hydrolyzu podle jiné rovnice: $[HClO] \cdot [H^+] \cdot [Cl^-]$

$[Cl_2]$

Kde je:

$[HClO]$ molární koncentrace kyseliny chlorné

$[H^+]$ molární koncentrace vodíkových iontů v roztoku

$[Cl^-]$ je molární rovnovážná koncentrace chloridových iontů

$[Cl_2]$ je molární koncentrace molekulárního chloru

Při nízké hodnotě pH a zároveň vysoké koncentraci chloridových iontů dochází k neúplné hydrolyze a tím ve vodě zůstává část molekulárního chloru. Postupně se bude chlor ve vodě nacházet ve třech formách. Nejprve jako nerozložený molekulární chlor, později v podobě přechodné formy kyseliny chlorné a na konci reakce jako chlornanový ion. Obsah a tedy i účinnost chloru závisí na teplotě vody, reakci pH, koncentraci a charakteru oxidovatelných látek, iontové síle a době působení po aplikaci. Je zřejmé, že obsah molekulárního chloru je zjistitelný i po značně dlouhé době. Při chloraci vody s organickým zatížením dochází ke vzniku karcinogenních látek např. CH_3Cl , CH_2Cl_2 , $CHCl_3$, CCl_4 . Použití chloru je podmíněno kontinuálním sledováním kvality vody z hlediska obsahu výše uvedených

nebezpečných látek. Pro ryby je však nebezpečný také samotný chlorový dezinfekční prostředek, a na to je zapotřebí být velmi opatrný při jeho dávkování. (Žáček 1981).

2.3 Dezinfekce vody ozonizací

Hlavním předpokladem jak udržovat kvalitu vody na dobré úrovni, je její vhodné čištění a desinfekce. Pro mechanické čištění slouží mikrosítové filtry po kterých je nutná ještě desinfekce. Ale filtry nezachytí některé rozpuštěné částice a koloidní organické látky. Ozónem lze však dosáhnout odstranění těchto látek a zároveň desinfikovat vodu (Summerfelt et al. 1997).

Kontinuální ozonizací je možné dosáhnout dezinfekce vody v rybochovných zařízeních, kde se ve velkém množství mohou vyskytovat patogeny ohrožující zdravotní stav obsádky. Výsledkem ozonizace je recirkulovaná voda v systému se sníženým množstvím patogenů na minimum (Summerfelt et al. 2008).

Ozón je ve vodě asi 10krát rozpustnější než kyslík. Je to díky jeho schopnosti rychle se rozkládat. Rozkladem může vznikat molekulární kyslík nebo se slučovat s organickými a anorganickými látkami. Patří k velmi účinným dezinfekčním prostředkům. V ovzduší ho lze poznat podle typického zápachu. Se zvyšujícím se užíváním byla jeho škodlivost pro organismy věnována v poslední době značná pozornost. Nyní o něm můžeme hovořit jako o velmi toxické látce. Má prokazatelně dráždivé účinky na dýchací orgány a působí na ústřední nervstvo. Laboratorně zjištěné účinky se projevily už od koncentrací 0,3-0,8 ppm (Bobb 1967). Také Summerfelt et al. (2008) udává, že přes své efektivní účinky v akvakultuře je zdraví velice škodlivý. Ohrožení mohou být jak zaměstnanci, tak i rybí obsádka. Už při koncentracích 5 ppm lze hovořit o množství život ohrožující. V USA je stanoven limit pobytu pracovníků v prostředí s ozonem, který je max. 8 h při koncentraci 0.1 ppm a max. 10 min při koncentraci 0.3 ppm. Odolnost atmosférických mikroorganismů je však řádově vyšší, takové ozon bezpečně usmrcuje až od koncentrace 6500 ppm. Zároveň se ale zjistila zvýšená citlivost organismů při současné fyzické aktivitě, o které se zmiňuje Stokinger (1965). Po déle trávající inhalaci byly u zvířat zjištěny změny na dýchacích orgánech vedoucí ke snížené schopnosti dýchat (Stokinger 1957). Časté byť jen malé koncentrace ozónu můžou způsobovat poškození dýchacích orgánů (ILO 1971). Účinky ozónu jsou v důsledku jeho struktury volného radikálu srovnatelné s účinky ionizujícího záření (Marhold

1980). Ale podle Sharrera et Summerfelta (2007) je ozón také schopen odstraňovat z vody zákal, dusitany a udržovat řasy na nízké úrovni.

Mnoho studií prokázalo vysokou účinnost ozónu ve vodě proti důležitým rybím patogenům. Například Colberg a Lingg (1978) dosáhl použitím dávky ozónu 0.12-0.50 mg/l snížení výskytu o 99.9 % u čtyř bakteriálních patogenů ryb (*Aeromonas liquifaciens*, *Aeromonas salmonicida*, *Pseudomonas fluorescens* a *Yersinia ruckerii*).

Rozpad ozonu je závislý na více faktorech. Vliv na zařazení v chemické reakci mají hlavně vlastnosti vody, kterými jsou hlavně obsah organických látek, obsah anorganických látek schopných oxidace, teplota, pH, případně tuhé látky. Vysoký obsah ať už organických nebo anorganických látek umožňuje rychlý rozklad ozonu. Naopak v destilované vodě se ozon rozkládá jen velmi pomalu (Žáček 1981).

Dezinfekční účinky ozónu se ve vodárenství začali ve značné míře používat po druhé světové válce v zemích, kde bylo možné získávání levné elektrické energie. Ozón vzniká rozštěpením molekul kyslíku na jednotlivé atomy. Samotné atomy se pak spojí s molekulou kyslíku za vzniku tříatomové molekuly. Obvykle se vyrábí v místě spotřeby v přístrojích zvaných ozonizátory. Používá se metody průtoku kyslíku mezi elektrodami s vysokým napětím (8-20 kV) a frekvencí 50-500 Hz. Rozpustnost ozónu ve vodě je však podstatně menší než u chloru a se zvyšující se teplotou se snižuje. Maximální dosažitelná koncentrace ozónu ve vodě se pohybuje na úrovni 3 mg v litru. Toto omezení působí problémy při směšování s vodou. Při zpětném rozložení ozónu se uvolňuje atomární kyslík, který je ve styku s mikroorganismy účinnější než chlor i při nízkých teplotách. Ozón má oxidační účinky na kationy železa a manganu, odstraněním koloidů snižuje zabarvení vody, dokáže oxidovat amoniak, dusitany a sirovodík. Jednou z předností ozónu je reakce s organickými látkami, při kterých nevzniká zákal. Na míchání ozónu s vodou se používají různé zařízení. Možné je probublávání ozónové směsi vycházející z děrovaných těles ve vodě, ejektory s nasáváním o ozón obohaceného vzduchu, míchání rotorem ve směšovacím prostoru nebo využití koncentračního spádu. Používá se dávkování 4-5 g O₃/m³ vody tím způsobem aby po 10 minutách bylo dosaženo koncentrace 0,2 g/m³. Dávku je nutné zvýšit v případě organického zatížení. Naopak u velmi čistých vod je možné dávku snížit i na 1 mg v litru vody.

Zbytkový ozón se ve vodě časem rozloží (Martoň 1984, Sharrer et Summerfelt 2007).

Sharrer et Summerfelt (2007) popisují nedávný výzkum kombinace ozonizace s následným UV ozářením. Výsledkem je pak téměř úplná inaktivace mikroorganických heterotrofních bakterií ve sladkovodním recirkulačním systému. Navíc zařazením UV zářiče za ozonizátor zajišťuje při dávce 49 mW*s /cm^2 odstranění 100 % ozónu z původní dávky 0.1 mg/l.

2.4 Desinfekce vody UV zářením

2.4.1 Využití a působení UV záření

Desinfekce vody ultrafialovým zářením (UV) patří v současné době společně s ultrafiltrací k neúčinnějším způsobům úpravy vody. Oba tyto postupy jsou zvýhodněny tím, že se do vody nepřidává žádný desinfekční prostředek a tím nedochází k tvorbě tzv. indukovaného znečištění, jak je popsáno u chloru (Berka et al. 1980, Hanzon et Vigilia 1999). V akvakultuře se zvyšuje poptávka po UV zařízení na desinfekci vody. Důvodem je hlavně stále větší produkce akvakultury a nedostatek vhodných vodních zdrojů nejen pro tento obor mimo jiné také snaha odstraňovat rizikové mikroorganismy a zároveň vzrůstající nároky na čistotu vypouštěné odpadní vody (Zhu et al. 2002).

Využití UV záření pro úpravu vody se stává v současné době velice vhodným řešením. Výborně působí na bakterie. Při správném nastavení je schopen eliminovat všechny druhy mikroorganismů. Ve vodárenství působí velmi dobře na cysty *Giardia* a *Cryptosporidium*, které jsou jedny z nejrizikovějších pro bezpečnost pitné vody (Hijnen et al. 2006). UV nepřechází do odtékající vody, to zajišťuje bezpečnost provozu filtrů. Účinnost UV záření závisí především na zabarvení a čistotě vody. Tyto dva parametry určují množství vody protékající kolem zářiče. Dále pak závisí na zvolené vlnové délce, expozici a ploše osvětlované hladiny. Odolnost vůči UV záření se liší, obecně platí pro rybářství dávka $35 \text{ mW*s}^{-1}\text{*cm}^2$. Vlnová délka je neúčinnější v rozmezí 240-300 nm. Opakováním se četnost mikroorganismů násobně snižuje (Berka et al. 1980).

Podobně se vyjadřuje i Martoň (1984). UV-záření je složka záření od cca 100 do 400 nm. Nejvyšší germicidní účinky vykazuje především oblast záření v rozmezí cca 240-290 nm. Způsob UV dezinfekce je založen na změně deoxyribonukleové kyseliny (DNA) při záření 260-265 nm, která způsobuje zamezení reprodukce mikroorganismů, dochází ke snížení nebo poruše procesů buněčného metabolismu anebo k usmrcení organismů. Při tomto způsobu dezinfekce pitné vody mikroorganismy ve vodě zůstávají, protože dochází pouze k jejich inaktivaci či při dostatečně dlouhé době působení UV-záření a při účinné vlnové délce k jejich žádoucímu usmrcení. Význam tohoto typu dezinfekce spočívá v tom, že nevznikají zbytkové závadné produkty, voda neobsahuje pach po chloru a voda je dezinfikována ihned. Autor však vysvětluje, že tento způsob je přínosný zejména pro menší zdroje.

Nedostatek UV zářičů však spočívá stejně jako u ozonizace v tom, že jejich desinfekční účinek je pouze místní. Vydesinfikují vodu v místě, kde voda přichází do kontaktu s jejich zářením, ale nezabrání další mikrobiologické kontaminaci a následnému pomnožení mikroorganismů. To znamená, že jakmile voda opustí UV lampu, okamžitě se v ní po smíchání v nádrži začnou množit řasy, viry a bakterie. Vysoká energie záření v místě aplikace spolehlivě usmrcuje mikroorganismy a dokonce i rozkládá organické sloučeniny a vázaný chlor. Takže aplikace UV záření při úpravě bazénové vody v kombinaci s použitím chloru omezuje nežádoucí efekty chlorace (zápach po chloru, dráždění očí a sliznic). UV lampy je nutné pro jejich správnou funkci pravidelně čistit a vyměňovat, protože stárnutím velmi ztrácejí účinnost (Klimša 2008).

Kontinuální dezinfekce vody v akvakulturních chovech je velice nákladná a vyžaduje účelné využití vložených prostředků, proto se používá častěji v líhních při inkubaci jiker nebo při odchovu raných stádií ryb (Bullock et al. 1997). Sharrer et al. (2005) říká, že kontinuální dezinfekce není nutná, pokud se zajistí biologická bezpečnost provozu a vyloučí se možnost množení patogenních mikroorganismů v systému. Čistící jednotky však musí zajistit vynikající kvalitu vody.

Nejhojněji se používají lampy, které vyzařují UV záření o vlnové délce 253,7 nm (jedná se o UVC záření, které se nazývá také jako germicidní. To znamená, že ničí bakterie, viry a jiné patogeny zablokováním jejich DNA a tím zabrání jejich dalšímu rozmnožení). Výrobci těchto zařízení jsou přesvědčeni, že dokáže zničit

téměř 99,9% všech bakterií, virů, prvoků a jejich cyst. Účinnost je vyšší, pokud je dostatečná dávka UV záření (uvádí se minimálně 16 mJ/cm^2) a delší expozice (tj. pomalejší průtok vody filtrem). Lampy by se měly umísťovat do křemíkového pouzdra, které je potřebné k udržování teploty a současně zabraňuje přímému kontaktu UV lampy s vodou. Ultrafialové lampy mají tu výhodu, že nevyžadují náročnou údržbu, mají poměrně dlouhou životnost (nad 5000 hodin) a nízkou spotřebu elektrické energie (v rozmezí od 20 do 60 wattů). Tato metoda dezinfekce také zásadně nemění chemické ani fyzikální vlastnosti vody, také nemá vliv na její chuť ani na obsah minerálů ve vodě. Tímto způsobem lze ošetřit poměrně velký objem vody za velmi nízkých nákladů. Protože takto se likvidují pouze živé mikroorganismy, většina výrobců kombinuje lampy pro zvýšení souhrnné účinnosti s uhlíkovým nebo keramickým filtrem. UV lampy jsou považovány za velmi účinnou metodu dezinfekce s okamžitým účinkem, bez použití toxických a drahých chemikálií a jsou mimořádně spolehlivé (White 1992).

Martoň (1984) však upozorňuje, že účinnost dezinfekce je vysoká pouze do hloubky 20-30 cm. Píše, že používaná zařízení s nízkou účinností mají zvýšené provozní náklady. Spotřebuje se zhruba $30\text{-}120 \text{ W/m}^3$ vody. Dezinfekce vody UV zářením má do budoucna velkou perspektivu. Ale ani tento způsob sterilizace není trvalý a proto záleží na okolnostech použití. Podobně se vyjadřuje Zhu et al. (2002). Říká, že účinnost UV zářičů je odlišná při čištění odpadních vod v ČOV od použití v recirkulačních systémech, kde může být voda mnohdy silně zakalená. Zákal je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících účinnost vody.

Také Hijnen et al. (2006) uvádí, že některé studie popisují zvýšenou odolnost vůči UV záření u některých mikroorganismů žijících v přirozených podmínkách na rozdíl od kultivovaných v laboratoři. Jedná se hlavně o bakterie a jejich spory. Proto je třeba s tímto faktem počítat a přizpůsobit tomu i dávku UV záření. Ale u virů je tento rozdíl menší, avšak u cyst a prvoků je zapotřebí důkladnějšího šetření.

2.4.2 Historie použití UV záření

Od objevení UV záření uplynula již celá dvě staletí, po která vědci docházeli stále k novým poznatkům.

Mezi prvními byl německý vědec J. W. Ritter, který v roce 1801 objevil neviditelné krátkovlnné záření. Zjistil, že intenzivnější zčernání chloridu stříbrného způsobuje záření s ještě kratší vlnovou délkou než je viditelné modré záření. Proto bylo spektrum barev rozšířeno v obou směrech mimo dosavadní meze (Diffey 2002).

Vlivu na organismy si všimli Downes a Blunt (1877), kteří objevili ničivé působení UV záření na bakterie. Jednoduchými pokusy dospěli k výsledkům, že vliv na přežití bakterií a plísní ve zkumavkách s médiem má i světlo.

Na tyto poznatky bylo navázáno později v roce 1892, kdy byla zkonstruována první rtuťová lampa, sestavená ze skleněné trubice naplněné rtuť (Sommer et al. 2002).

K dalšímu vylepšení trubice došlo v roce 1905 po zjištění, že obyčejně používané sklo je pro UV nepropustné. Následně byla trubice nahrazena křemenným sklem, přes které může UV volně procházet (Sommer et al. 2002).

Prvního využití pro vodu bylo dosaženo ve francouzském městě Marseille roku 1910, zde bylo aplikováno zařízení na kontinuální desinfekci vody UV zářením. Potýkalo se však s problémy s vysokými náklady, špatnou spolehlivostí zařízení, údržbou a konkurenčním příchodem chlorace, která byla levnější a spolehlivější. Později se však začaly objevovat i informace o nebezpečí zbytkového ozónu a chlóru, poté se začalo UV záření věnovat více pozornosti (Hijnen et al. 2006).

O šest let později bylo UV záření využito i na americkém kontinentě v roce 1916 v Kentucky při dezinfekci vody (Whitby 2002).

K průlomem v používání UV záření jako prvořadý způsob dezinfekce vody došlo s přelomem 80. a 90. let po zjištění vysoké účinnosti proti hlavním patogenům znečišťující pitnou vodu, kdy se rozšířeně začalo používat v USA a Evropě (Clancy et al. 1998).

O užitečnosti vypovídá četné využívání UV systémů pro desinfekci pitné vody ve vyspělých zemích Evropy již v 80. letech 20. století. V této době dosahovaly počty používaných zařízení několika set jednotek, nejvíce Rakousko (600), Švýcarsko (500) nebo Norsko (400) (Beneš 2006).

2.4.3 Použití UV záření v zahraničí

Již v roce 1976 byl v Olsztynu uveden do provozu modelový recirkulační systém s úplnou recirkulací vody. Tato odchovna pstruhů používala UV sterilizaci řazenou po filtrech před vstupem do nádrží. Ve třech nádržích probíhala plynulá dezinfekce vody zabezpečující průtok kolem 500 l/min. Po zapojení byla účinnost 96 % mikroorganismů. Později se ustálila kolem 80 % (Kolman 1978).

Podobné pokusy popisuje i práce Niewolaka et Mellerové (1978), opět prováděné u pstruha. Po biologických filtrech před odchovnými nádržemi byly instalovány dvě rtuťové lampy s celkovým příkonem 30 W. Ozařován byl sloupec vody do výše 2 cm. Opakované přerušování ozařování mělo za následek zvýšení počtu mikroorganismů ve vodě. Ale účinnost tohoto zařízení byla velmi dobrá. Z původního výskytu kolem 1.000.000 nitrifikačních buněk v ml přežilo pouze 0,1-0,0001 nitrifikačních buněk v ml.

V zahraničí má UV dezinfekce velký význam hlavně pro velké recirkulační systémy a odchovny. Proto se tento způsob začal využívat dříve ve vyspělých zemích s vysokou produkcí lososovitých nebo teplomilných ryb. Důkladný test provedl s UV zářičem Spanier (1978), který použil zařízení UVOXX se čtyřmi lampami a maximálním průtokem 60 l/min. Voda byla rozstříkována na UV lampy. Vysokou účinnost prokázal pro hubení patogenních organismů současně v kombinaci s filtrací (Spanier 1978).

Vhodnou volbou může být použití dvoutrubicových zářičů pro líhně a odchovny. Účinek na buněčnou suspenzi dosahoval výše až 99 % při správném seřizen. Ale byla však zjištěna narůstající odolnost některých kvasinek (Kimura et al. 1976).

2.4.4 Použití UV záření v ČR

U nás častěji přebíráme zkušenosti o chovu v rybochovných objektech od okolních zemí. Nic méně se současným rozvojem recirkulačních systémů je vhodné využití UV záření i u nás.

Pomocí UV zářiče DESUVA byl sledován vliv na mikroorganismy pro ověření účinnosti tohoto zařízení. Zařízení bylo osazeno nízkotlakou rtuťovou výbojkou o příkonu 15W, která byla umístěna odděleně od průtokového tělesa s upravovanou vodou. Z pokusů prováděných na inkubaci jiker sumce velkého (*Silurus glanis*) byl zjištěn podstatný vliv UV záření na konečnou líhnivost plůdku. Při pokusech na odkrmu jeho plůdku byly zjištěny výrazné rozdíly v přežití i v přírůstku celkové biomasy. Naopak malý rozdíl byl v krmném koeficientu (Adámek et Stibranyiová 1994).

Pokorný et al. (1991) prováděl testování různých typů zařízení značky DESUVA. Například test vysokotlaké výbojky typu UV-V 25-400 v akvarijských podmínkách však prokázal některé výrazné změny vlastností vody. Udává, že voda v akváriu o objemu 160 l se za šest hodin ohřála o 7-8 °C. Dále také zmiňuje zvýšené koncentrace dusitanů a dusičnanů v ošetřené vodě. Zároveň ale jeho testy nízkotlakých výbojek (typ UV-N 32-15) prokazují klesající účinnost s rostoucím zákalem nejvíce zřetelnou u koliformních bakterií a naopak s minimálním vlivem na psychrofilní bakterie.

3. Materiál a metodika

Jako prostředek pro výběr všech typů zařízení použitých v této práci jsem použil internetové vyhledávače, nejvíce Google.cz a Seznam.cz. Sběr dat jsem soustředil v období let 2009-2010. Ve výběru zařízení jsem se řídil podle upřednostněných parametrů. Jako dva rozhodující parametry jsem zvolil průtok upravené vody v dolní hranici minimálně 1,5 l/s a účinnost desinfekce upravované vody v dolní hranici minimálně 95 %. Hodnoty technických dat, o které jsem měl zájem, jsem uvedl v tabulce č. 2. V případě, že výrobce některé potřebné údaje neuváděl, opatřil jsem si je osobním kontaktem. Zjištěná technická data jsem musel převést do shodných jednotek. Parametr průtok upravené vody v m³/h jsem převáděl nejčastěji z l/min nebo l/s a pak zaokrouhlil na jedno desetinné místo. Pořizovací cenu v Kč jsem u některých zahraničních výrobců přepočítával z Eur. Pro tento úkon jsem použil přepočítávací kurz CZK/EUR 25,50 Kč, který předpokládá ČNB za průměrný pro rok 2010. Konečnou cenu jsem zaokrouhlil na celé stokoruny. Příkon ve W nebylo zapotřebí upravovat a převádět stejně jako účinnost sterilizace v %. Dávka UV záření byla někdy uvedena ve mW*s/cm², jako společnou jednotku jsem zvolil mJ/cm². Velikost dávky UV záření je přímo úměrná účinnosti sterilizace, proto má stejná dávka UV záření u různých typů zařízení stejnou účinnost sterilizace. Dávku O₃ v mg/l protékající vody jsem převáděl z l/min pomocí známé hustoty plynného ozonu 2,143 kg/m³. Podle výše uvedených rozhodujících parametrů jsem vybral šest typů zařízení od čtyř výrobců. Vybrané výrobce jsem uvedl v tabulce č. 1. Jednotlivé typy lze najít také v kapitole přílohy v pořadí: DESUVA (viz obr. č. 1), STERLIGHT S40Q (viz obr. č. 2), AQUADA 7 (viz obr. č. 3), UVOX (viz obr. č. 4).

Tabulka č. 1.: Typy zařízení vybraných výrobců

Výrobce	IRMANN CS s.r.o.		WATERFIL- TER s.r.o	ITT USA, Inc.	WAPURE INTERNATIO- NAL GmbH	
Typ	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERLIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX- 250	UVOX- 450

Pro ekonomické porovnání jsem použil parametrů vypočtených ze zjištěných technických dat uvedených v tabulce č 2. Zvolené ekonomické parametry potom

uvádí tabulka č. 6. Pro všechny uvedené parametry jsem použil jednotnou cenu elektřiny 4,35 Kč/kWh stanovenou jako předpokládanou průměrnou cenu pro rok 2010 většinovým dodavatelem elektrické energie skupinou ČEZ. Výslednou cenu jsem nakonec zaokrouhlil na celé koruny. Roční provoz jsem vypočítal z nepřetržité spotřeby energie v kWh během roku násobené cenou za kWh a přičetl jsem cenu náhradních UV zářivek, nutné každý rok obměňovat. Náklady na měsíční provoz jsem jednoduše vypočetl z ročních provozních nákladů podělením číslem 12. Pořizovací cenu přepočtenou na průtok 1 m³/h jsem zjistil z pořizovací ceny vydělené příslušným průtokem upravené vody v m³/h. Stejnými čísly jsem dělil i náklady ročního a měsíčního provozu přepočtených na 1 m³/h.

4. Výsledky

4.1 Technická data jednotlivých typů zařízení

V tabulce č. 2 jsou uvedeny technická data jednotlivých typů zařízení vybraných podle výše popsané metodiky. Výrobci garantují téměř 100% účinnost. Následující parametr dávka UV záření je u jednotlivých typů 40-50 mJ/cm². Dávka O₃ je aplikována dvěma typy zařízení, avšak ve stejné výši 0,024 mg/l.

Tabulka. č. 2.: Technická data jednotlivých typů zařízení

Typ zařízení	Průtok upravené vody [m ³ /h]	Pořizovací cena [Kč]	Příkon [W]	Účinnost sterilizace [%]	Dávka UV záření [mJ/cm ²]	Dávka O ₃ [mg/l]
DESUVA 2*55	6	85000	130	98	40	–
DESUVA 2*75	8	96000	170	98	40	–
STERILIGHT S40Q (4x)	8,4	103300	190	98	40	–
AQUADA 7	6,7	40400	85	98	40	–
UVOX-250	10,8	62500	100	99,9	50	0,024
UVOX-450	21,6	79000	180	99,9	50	0,024

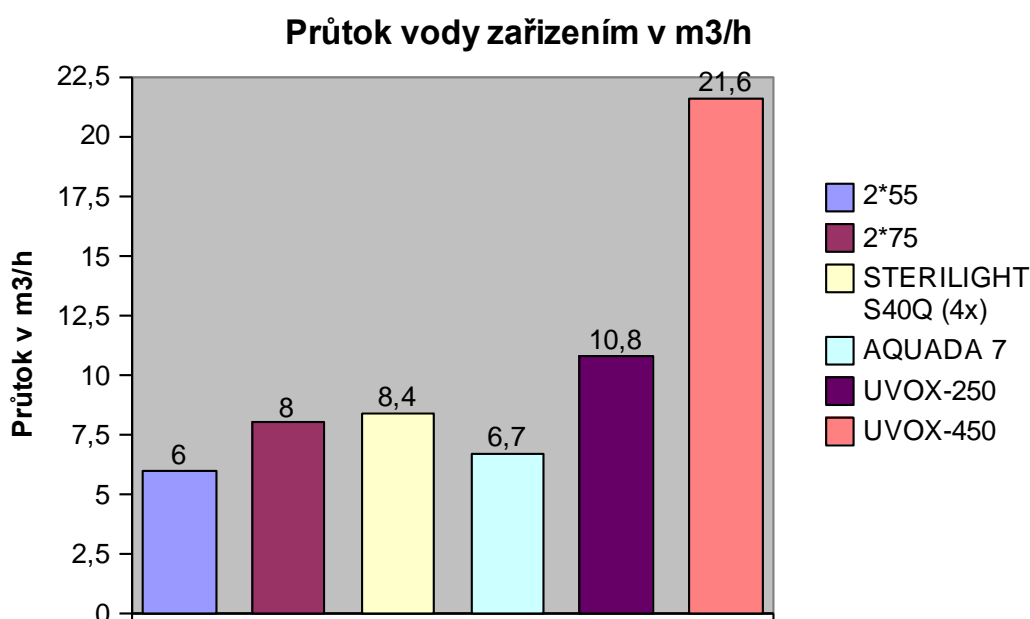
4.1.1 Průtok upravené vody

Tabulka č. 3 znázorňuje množství vody v m³, kterou je možné příslušným typem zařízení upravit za 1h provozu. Této tabulce odpovídá graf č. 1, který vystihuje nejlépe rozdíly v množství ošetřené vody, Nejvyšší hodnota vychází u typu UVOX-450 (21,6). Následují UVOX-250 (10,8), STERILIGHT S40Q (8,4), DESUVA 2*75 (8), AQUADA 7 (6,7) a DESUVA 2*55 (6).

Tabulka č. 3: Průtok upravené vody v m³/h

Typ zařízení	DESUV A 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Průtok upravené vody [m ³ /h]	6	8	8,4	6,7	10,8	21,6

Graf č. 1: Průtok upravené vody v m³/h



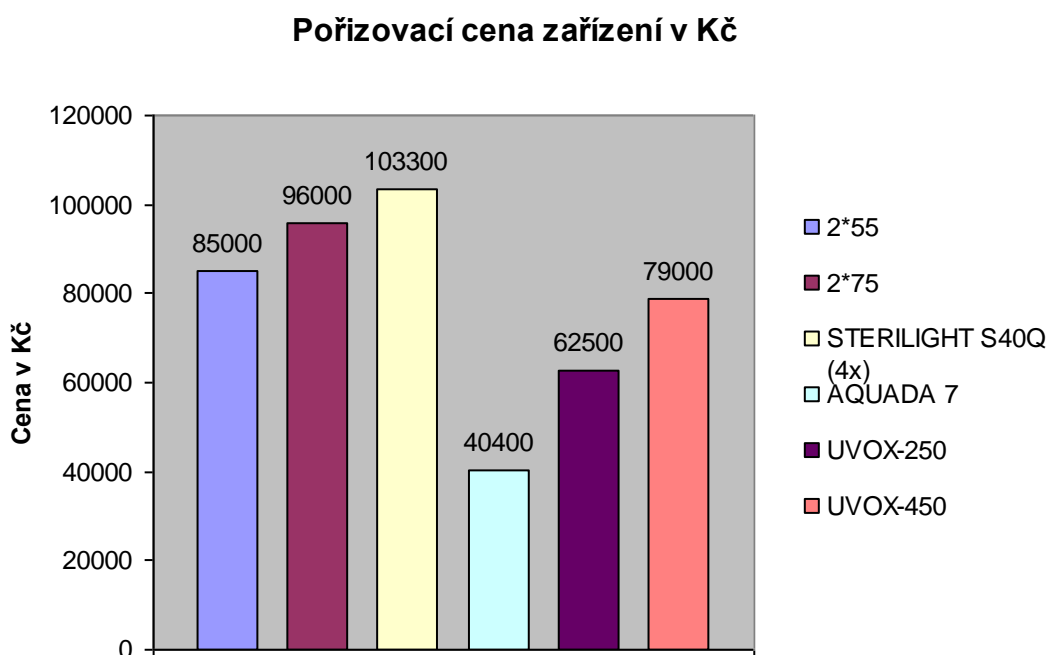
4.1.2 Pořizovací cena

V tabulce č. 4 je uvedena pořizovací cena jednotlivých typů sterilizačních zařízení v Kč. Příslušný graf č. 2 ukazuje na nízkou hodnotu typu AQUADA 7 (40.400). Středních hodnot dosahují typy UVOX-250 (62.500,-), UVOX-450 (79.000,-), DESUVA 2*55 (85.000,-), DESUVA 2*75 (96.000,-). Nejvyšší hodnoty dosáhl typ STERILIGHT S40Q (103.300,-).

Tabulka č. 4: Pořizovací cena zařízení v Kč

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Pořizovací cena zařízení [Kč]	85000	96000	103300	40400	62500	79000

Graf č. 2: Pořizovací cena zařízení v Kč



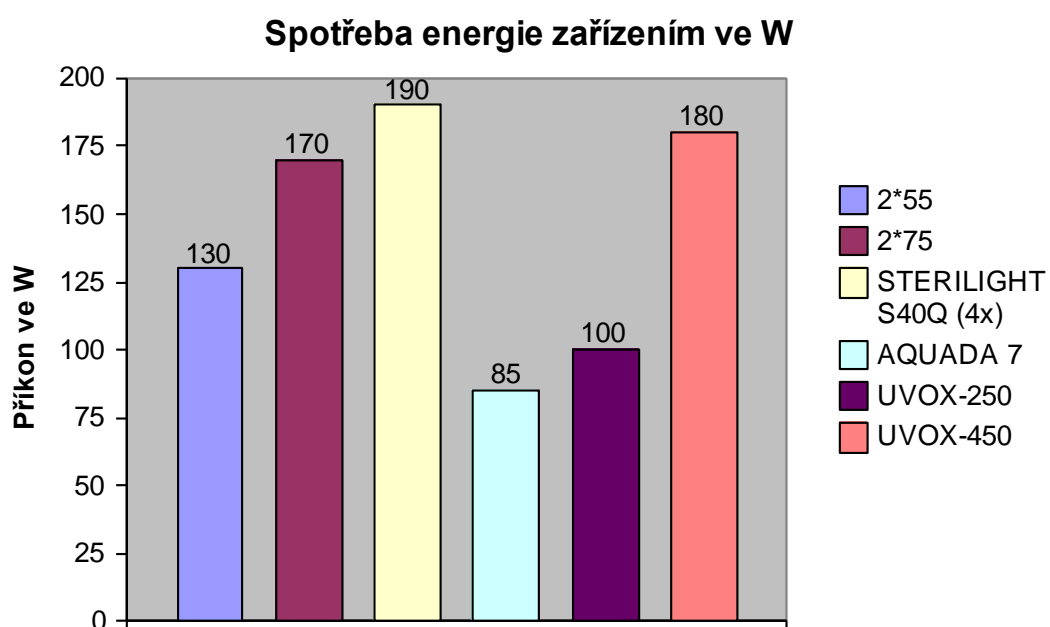
4.1.3 Spotřeba energie

Tabulka č. 5 znázorňuje množství elektrické energie ve W, která se spotřebovává provozem příslušného typu zařízení. Z grafu č. 3 jsou rozdíly hodnot dobře patrné. Nejnižší hodnota vychází u typu AQUADA 7 (85). Větších hodnot dosahují typy UVOX-250 (100), DESUVA 2*55 (130), DESUVA 2*75 (170) a UVOX-450 (180). Nejvyšší je však hodnota u typu STERILIGHT S40Q (190).

Tabulka č. 5: Spotřeba energie zařízením ve W

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Příkon [W]	130	170	190	85	100	180

Graf č. 3: Spotřeba energie zařízením ve W



4.2 Přepočtené náklady jednotlivých typů zařízení

V tabulce č. 6 jsou uvedeny hodnoty zvolených parametrů jednotlivých typů zařízení vypočtené z dat tabulky č. 2. Nejnižších hodnot dosahuje typ AQUADA 7, v přepočtených hodnotách však typy UVOX-250 a UVOX-450.

Tabulka. č. 6: Přepočtené náklady jednotlivých typů zařízení

Typ	Roční provoz [Kč]	Měsíční provoz [Kč]	Pořizovací cena na m³/h průtoku [Kč]	Roční provoz na m³/h průtoku [Kč]	Měsíční provoz na m³/h průtoku [Kč]
DESUVA 2*55	8750	730	14167	1458	122
DESUVA 2*75	10840	900	12000	1355	113
STERILIGHT S40Q (4x)	19700	1640	12298	2345	195
AQUADA 7	5750	480	6030	858	72
UVOX-250	6800	570	5787	630	53
UVOX-450	12250	1020	3657	567	47

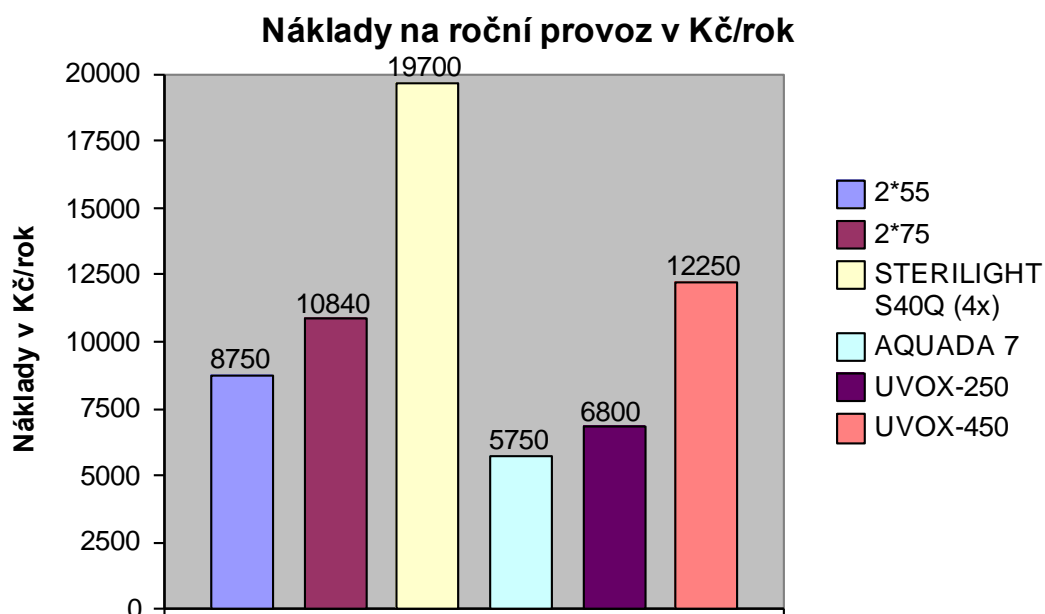
4.2.1 Roční provozní náklady

Tato tabulka č. 7 znázorňuje finanční náklady v Kč jednotlivých typů zařízení vynaložené na jejich roční provoz. Z příslušného grafu č. 4 je zřetelný rozdíl hodnot zejména typ AQUADA 7 (5.700,-). Středních hodnot dosahují typy UVOX-250 (6.800,-), DESUVA 2*55 (8.750,-), DESUVA 2*75 (10.840,-) a UVOX-450 (12.250,-). Velmi vysokých nákladů dosahuje typ STERILIGHT S40Q (19.750,-).

Tabulka. č.7: Náklady na roční provoz zařízení v Kč

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Roční provoz [Kč]	8750	10840	19700	5750	6800	12250

Graf č. 4: Náklady na roční provoz zařízení v Kč



4.2.2 Pořizovací cena a roční provozní náklady

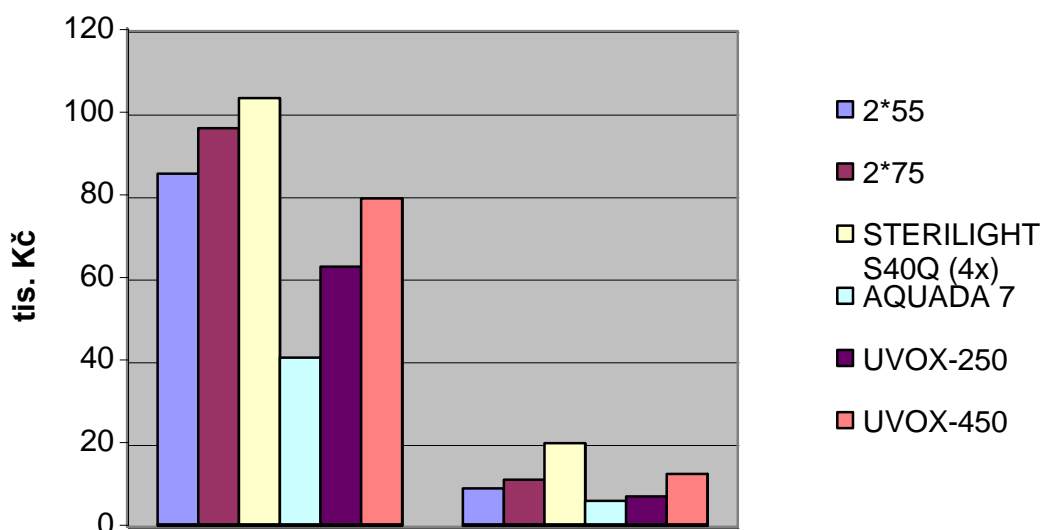
Tabulka č. 8 srovnává vedle sebe pořizovací cenu zařízení a náklady na roční provoz tohoto zařízení v Kč. Nejnižší hodnoty vychází u typu AQUADA 7 (40.400,- a 5.750,-). Následují typy UVOX-250 (62.500,- a 6.800), UVOX-450 (79.000,- a 12.000), DESUVA 2*55 (85.000,- a 8.750,-), DESUVA 2*75 (96.000,- a 10.840,-). Nejvyšší hodnoty má typ STERILIGHT S40Q (103.300,- a 19.700,-).

Tabulka. č.8: Porovnání pořizovací ceny a ročních provozních nákladů v Kč

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Pořizovací cena [Kč]	85000	96000	103300	40400	62500	79000
Roční provoz [Kč]	8750	10840	19700	5750	6800	12250

Graf č. 5: Porovnání pořizovací ceny a ročních provozních nákladů v Kč

**Porovnání pořizovací ceny a ročních provozních nákladů
v Kč**



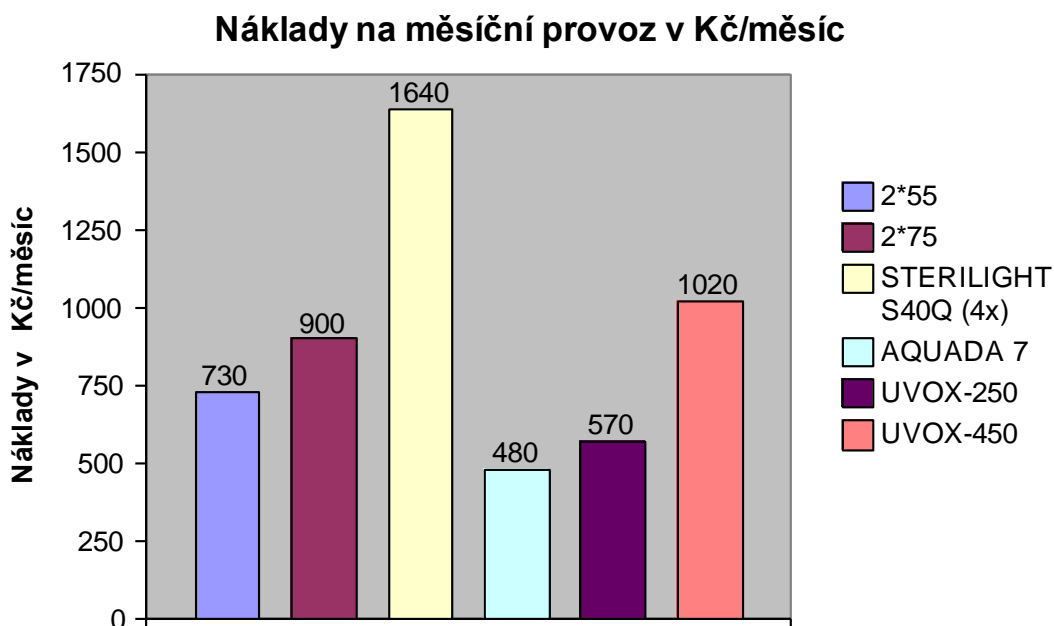
4.2.3 Měsíční provozní náklady

Tabulka č. 9 nabízí porovnání nákladů na měsíční provoz zařízení v Kč. Graf č. 6 pak dobře graficky znázorňuje nejnižší hodnotu typu AQUADA 7 (480,-) a UVOX-250 (570,-). Středních hodnot dosahují typy DESUVA 2*55 (730,-), DESUVA 2*75 (900,-) a UVOX-450 (1.020,-). Naopak nejvyšší hodnoty dosahuje typ STERILIGHT S40Q (1.640,-).

Tabulka. č.9: Náklady na měsíční provoz v Kč/měsíc

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Měsíční provoz [Kč]	730	900	1640	480	570	1020

Graf č. 6: Náklady na měsíční provoz v Kč/měsíc



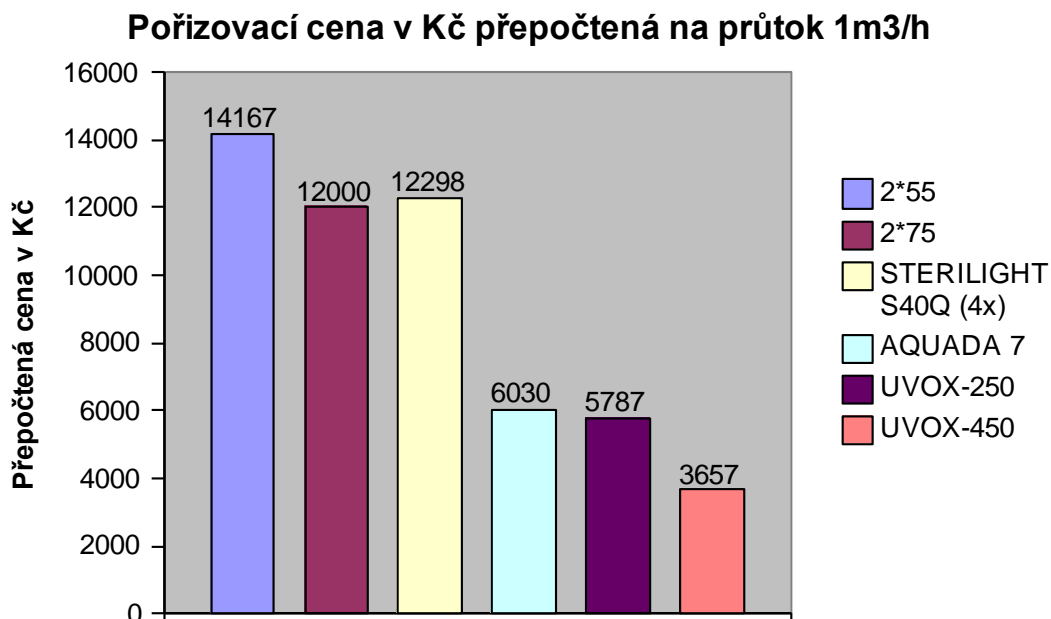
4.2.4 Přepočtená pořizovací cena

V tabulce č. 10 je znázorněna pořizovací cena jednotlivých typů zařízení v Kč přepočtená na průtok 1 m³/h. Graf č. 7 pak ukazuje nejnižší hodnotu typu UVOX-450 (3.657). Nízkou hodnotu mají rovněž typy UVOX-250 (5.787,-) a AQUADA 7 (6.030,-), střední hodnotu typy DESUVA 2*75 (12.000,-) a STERILIGHT S40Q (12.298,-). Nejvyšší hodnotu má typ DESUVA 2*55 (14.167,-).

Tabulka. č.10: Pořizovací cena v Kč přepočtená na průtok 1 m³/h

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Pořizovací cena na 1m ³ /h průtoku [Kč]	14161	12000	12298	6030	5787	3657

Graf č. 7: Pořizovací cena v Kč přepočtená na průtok 1 m³/h



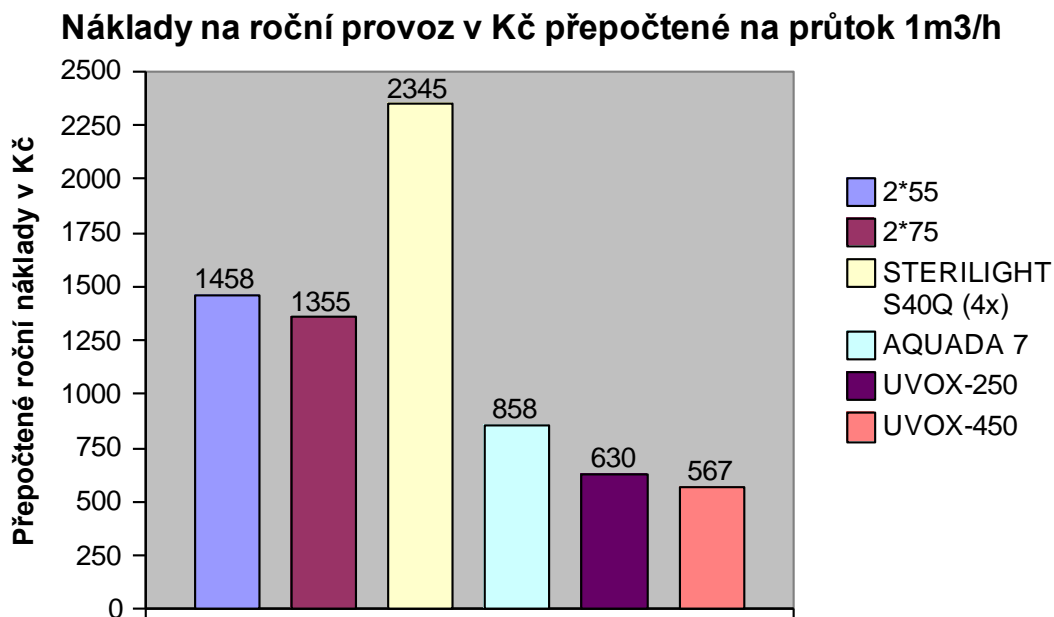
4.2.5 Přepočtené roční provozní náklady

Tabulka č. 11 znázorňuje množství vynaložených ročních nákladů v Kč po přepočtení na průtok 1 m³/h. Graf č. 8 pak vystihuje nízké hodnoty typů UVOX-450 (567,-) a UVOX-250 (630,-) a AQUADA 7 (858,-). Středních hodnot dosáhly typy DESUVA 2*75 (1355,-) a DESUVA 2*55 (1458,-) Naopak hodnotu vysoce převyšující nad ostatní typy má typ STERILIGHT S40Q (2.345,-).

Tabulka. č.11: Náklady na roční provoz v Kč přepočtené na průtok 1 m³/h

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Roční náklady na 1m ³ /h průtoku [Kč]	1458	1355	2345	858	630	567

Graf č. 8: Náklady na roční provoz v Kč přepočtené na průtok 1 m³/h



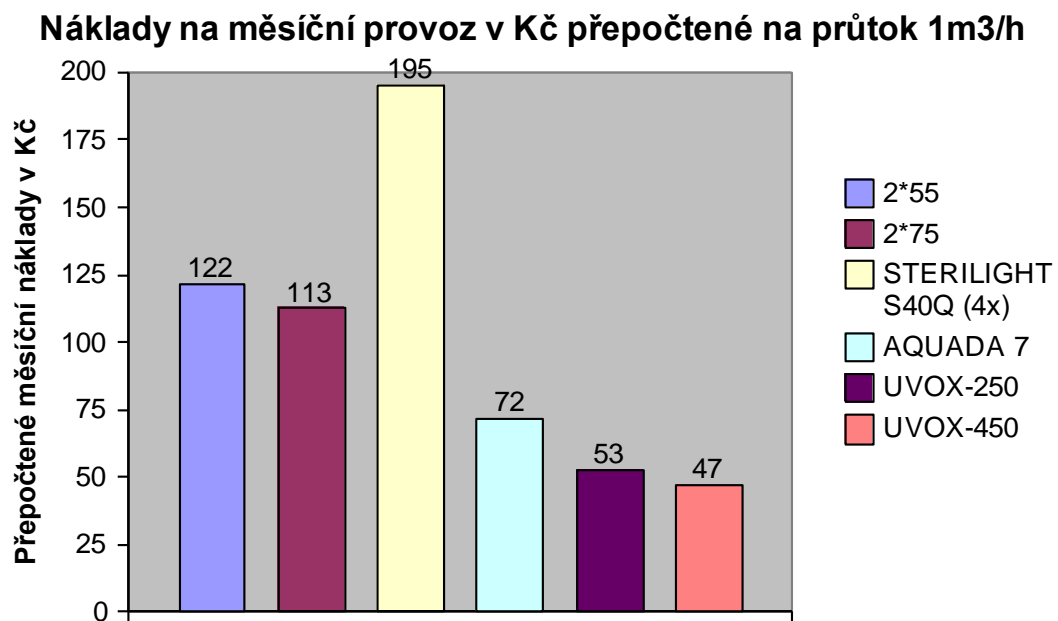
4.2.6 Přepočtené měsíční provozní náklady

V tabulce č. 12 jsou uvedeny náklady v Kč vynaložené na měsíční provoz jednotlivých typů zařízení po přepočtení na průtok 1 m³/h. Z grafu č. 9 je zřejmý rozdíl hodnot. Nejnižší hodnoty dosáhly typy UVOX-450 (47,-) a UVOX-250 (53,-) a AQUADA 7 (72,-). Středních hodnot dosáhly typy DESUVA 2*75 (113,-) a DESUVA 2*55 (122,-). Ale naopak o mnoho vyšší hodnoty dosáhl typ STERILIGHT S40Q (195,-).

Tabulka. č.12: Náklady na měsíční provoz v Kč přepočtené na průtok 1 m³/h

Typ zařízení	DESUVA 2*55	DESUVA 2*75	STERILIGHT S40Q (4x)	AQUADA 7	UVOX-250	UVOX-450
Měsíční náklady na 1m ³ /h průtoku [Kč]	122	113	195	72	53	47

Graf č. 9: Náklady na měsíční provoz v Kč přepočtené na průtok 1 m³/h



5. Diskuze

Úspěšnost desinfekce vody pomocí UV záření závisí na mnoha faktorech. Jedním z nich je aplikovaná dávka UV záření. Typy popisované v této práci jsou schopny aplikovat dávku 40 (některé i 50) mJ/cm². Vysvětlují to nutností pro zabezpečení 98 % (některé i 99,9 %) účinností sterilizace. Ovšem ve vodě se mohou vyskytovat i odolnější mikroorganismy. Hofman (1974) uvádí vysokou odolnost častého původce rybiho onemocnění *Ichtiophthirius multifiliis* do výše UV záření 336-1717 mJ/cm². Rovněž další prvoci jsou podle něj odolní 7-10 krát více než je dávka sledovaných zařízení. Adámek et Stibranyiová (1994) uvádějí dlouhodobé působení UV záření nebo vyšší dávky jako hlavní důvod poklesu i těchto odolnějších prvků.

Účinnost ozonizace závisí nejvíce na dávce O₃, která přichází do styku s mikroorganismy. U dvou sledovaných typů UVOX, které ozon dávkuje, je sterilizace kombinována s aplikací UV záření. Dávka ozonu je shodná u obou typů a to 0,024 mg O₃/l. Tato kombinace zajišťuje podle výrobce 99,9 % účinnost sterilizace. S ozonem prokázal stejnou účinnost Liltved et al. (1995), který dosáhl snížení čtyř významných bakteriálních původců. Ovšem použil k tomu dávku 0,15-0,20 mg O₃/l po dobu tří minut, a to je 6-8 krát vyšší než u typů UVOX. Naopak Wedemeyerovi et al. (1978) postačila k desinfekci virů IPN a IHN koncentrace ozonu ve výši 0,005-0,010 mg O₃/l.

Průtok upravené vody v m³/h: Nejvyšší průtok upravené vody je udáván u typu UVOX-450 v množství 21,6 m³/h (viz tab. č. 3, graf č. 1). Takový průtok umožňuje konstrukce samotného zařízení. Tento typ je obdobou typu UVOX-250 s průtokem 10,8 m³/h. Průtok je důležitý pro stanovení potřebného množství upravené vody. Větší kapacita průtoku nemá rozhodující vliv na tvorbu ceny celého výrobku. Typy s vyšším průtokem podle mého názoru potřebují o něco více materiálu na výrobu a mají větší UV zářivky. Pro větší průtoky je ekonomicky výhodnější mít jeden větší přístroj než dva přístroje s polovičním průtokem.

Pořizovací cena zařízení v Kč: Nejlevnější je typ AQUADA 7 s cenou 40.400,- Kč (viz tab. č. 4). Výši pořizovací ceny určuje z největší části výrobce zařízení. Cena je závislá na konstrukci zařízení, kde má značný vliv použitý materiál

dále také počet UV zářivek, které stojí řádově tisíce korun. Také určitý vliv mají kurzy mezinárodních měn u zahraničních výrobců, které mohou ovlivňovat výši ceny zařízení během roku. Pořizovací cena slouží jako jedno z hlavních měřítek při rozhodování o koupi. Na základě výsledků v grafu č. 2 lze usuzovat na nepřesycený trh, který umožňuje výrobcům tvořit ceny velmi odlišné od cen konkurence.

Spotřeba energie zařízením ve W: Nejúspornější typ zařízení je AQUADA 7 se spotřebou 85 W (viz tab. č. 5, graf č. 3). K větší spotřebě energie přispívá rozměr UV zářivek, ale hlavně jejich počet, z menší části pak ovlivňuje spotřebu výrobce. Výše uvedený typ má jedinou nevelkou UV zářivku s nízkým příkonem. Naopak energeticky nejnáročnější typ STERLIGHT S40Q se spotřebou 190 W má UV zářivky čtyři. Spotřeba energie se zohledňuje spíše při větších rozdílech hodnot.

Náklady na roční provoz zařízení v Kč: Tento parametr poskytuje jednoznačné srovnání finanční náročnosti během roku (viz tab. č. 7, graf č. 4). Nejlevnější provoz typu AQUADA 7 ve výši 5.750,- Kč logicky vyplývá z nízké spotřeby energie a jediné UV zářivky, kterou je potřeba ročně obměňovat. Naopak zdaleka nejnákladnějším typem na roční provoz je STERLIGHT S40Q s náklady 19.700,- Kč. Tato výše je způsobena počtem UV zářivek (4 ks) a z toho plynoucí vysokou spotřebou energie. Toto hledisko ukazuje na jeden z nejmarkantnějších rozdílů hodnot, jemuž přikládám rozhodující význam.

Porovnání pořizovací ceny a ročních provozních nákladů v Kč: Zde lze dobře vystihnout, že roční provoz obvykle dosahuje 10-15% pořizovací ceny příslušných typů zařízení (viz tab.č. 8, graf č. 5). Nejsou zde mezi typy významné rozdíly až na typ STERLIGHT S40Q s téměř 20%. To může být významný faktor při výběru UV zařízení, zvláště když má tento typ zároveň nejvyšší pořizovací náklady. Myslím, že důležitější je mezi typy rozdíl nákladů v absolutních hodnotách v období několika let.

Náklady na měsíční provoz zařízení v Kč: Výše těchto nákladů kopíruje výsledky ročních nákladů, jsou pouze vydělené počtem měsíců v roce. Slouží pro přehlednější znázornění nákladů při provozu zařízení jen během části roku (viz tab. č. 9, graf č. 6). Tyto hodnoty však mohou být podhodnocené. Důvodem může být fakt, že UV zářivky ztrácí přibližně po roce neustálého svitu svoji účinnost a je

zapotřebí je měnit. Avšak nemyslím, že při používání UV zářivek např. po 2 měsíce v roce vydrží účinnost zářivky celých 6 let.

Pořizovací cena v Kč přepočtená na m³/h průtoku: Tento přepočet umožňuje srovnávat vedle sebe efektivitu zařízení s různým průtokem vody. Nejlépe vychází typ UVOX-450 s hodnotou 3.657,- Kč (viz tab. č. 10). Dvojnásobný průtok u tohoto typu je důvodem zdaleka nejnižší přepočtené pořizovací ceny (viz graf č. 7). Praktický význam má tato hodnota při možnosti zhodnocení maximální kapacity zařízení. Pokud tato možnost není, tak je podle mého názoru volit spíše typy s vyšší průtokem plně odpovídající požadavkům provozu.

Náklady na roční provoz v Kč přepočtené na m³/h průtoku: Z dlouhodobého hlediska je to jeden z nejvíce vypovídajících faktorů. Nejlépe vychází tato hodnota u typu UVOX-450 ve výši 567,- Kč (viz tab. č. 11, graf č. 8). Je to dáno dvojnásobným průtokem vody oproti ostatním zařízením. Tento parametr slouží pro jednoznačné srovnání typů při možnosti využití maximální kapacity přístroje. Při nevyužití kapacity zařízení nelze očekávat nejnižší přepočtené náklady. Výše těchto přepočtených nákladů se může uplatnit např. při celkových propočtech nákladů celého rybochovného objektu.

Náklady na měsíční provoz v Kč přepočtené na m³/h průtoku: Tento parametr doprovází předchozí přepočtené roční náklady na průtok 1 m³/h. Výše nákladů jsou pouze zmenšené na 1 měsíc. Slouží to především pro snazší porovnání přepočtených nákladů v části roku. Už na první pohled je však zřejmé, že hodnoty těchto nákladů netvoří příliš vysoké částky (viz tab. č. 12, graf č. 9). Myslím, že při správné volbě vhodného typu zařízení lze očekávat významné zlepšení podmínek chovu bez obav z neúměrně zvýšených nákladů.

6. Závěr

Cílem této práce bylo zaměřit se na možnosti technické dezinfekce vody, které se v současné době používají při úpravě vody. Dále tato zařízení posoudit z hlediska vhodnosti použití v rybochovných zařízeních a porovnat jednotlivé typy zařízení na základě jejich ekonomické náročnosti.

Na základě zjištěných údajů a výpočtů v této práci podle příslušných hledisek doporučuji:

- **Požizovací cena v Kč:** Nejlevnější je zařízení typu AQUADA 7. Jeho pořizovací cena je o 55 % nižší než pořizovací cena 2. nejlevnějšího typu UVOX-250 a o 156 % nižší než pořizovací cena nejdražšího typu STERILIGHT S40Q.
- **Náklady na roční popř. měsíční provoz v Kč:** Nejnížší náklady vyžaduje opět zařízení typu AQUADA 7. Jeho náklady na roční provoz jsou o 18 % nižší než náklady na roční provoz 2. nejlevnějšího typu UVOX-250 a o 156 % nižší než náklady na roční provoz nejdražšího typu STERILIGHT S40Q.
- **Požizovací cena v Kč přepočtená na průtok 1 m³/h:** Nejlevnější zařízení po přepočtení na průtok 1 m³/h je typ UVOX-450. Jeho pořizovací cena přepočtená na 1m³/h je o 58 % nižší než přepočtená pořizovací cena 2. nejlevnějšího typu UVOX-250 a o 287 % nižší než přepočtená pořizovací cena nejdražšího typu DESUVA 2*55. Nejlevnější typ má však pro upozornění dvojnásobný až trojnásobný průtok.
- **Náklady na roční popř. měsíční provoz v Kč přepočtené na průtok 1 m³/h:** Nejnížší náklady přepočtené na průtok 1 m³/h vyžaduje typ UVOX-450. Jeho náklady na roční provoz přepočtené na průtok 1 m³/h jsou o 11 % nižší než přepočtené roční náklady typu UVOX-250 a o 314 % nižší než přepočtené roční náklady typu STERILIGHT S40Q.
- **Souhrnné vyhodnocení:** V objektech, kde lze využít plně výši průtoku lze doporučit typ UVOX- 450 pro jeho nízké přepočtené náklady na jednotku průtoku. Jinak mému hodnocení nejlépe odpovídá typ AQUADA 7 popř. typ UVOX- 250, které jsou ekonomicky nejefektivnější.

7. Použitá literatura

- Adámek, L., Stibranyiová, I.**, 1994: Využitelnost efektu ultrafialového záření v chovu ryb. Buletin VÚRH Vodňany, č. 2.
- Bebak-Williams, J., Noble, A., Bowser, P.R., Wooster, G.A.**, 2002: Fish health management. In: Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J. (Eds.), Recirculating Aquaculture Systems, NRAC Publication No. 01-002. Cayuga Aqua Ventures, NY, pp. 427–466.
- Beneš, J.**, 2006: Desinfekce vody UV-zářením
<http://www1.szu.cz/chzp/voda/pdf/dezinf/benes.pdf>
- Berka, R., Kujal, B., Lavický, K.**, 1980: Sterilizace vody pro rybochovné účely. Buletin VÚRH Vodňany, č. 1.
- Bobb, G.A., Fairchild, E.J.**, 1967: Neutrophil-to-lymphocyte ratio as indicator of ozone exposure. *Toxicology and Applied Pharmacology.*, svazek 11, č. 3.
- Clancy, J.L., Fricker, C.**, 1998: Control of cryptosporidium-how effective is drinking water treatment? *Water Dual Int.*, 37-41.
- Colberg, P.J., Lingg, A.J.**, 1978: Effect of ozonation on microbial pathogens, ammonia, nitrate, nitrite, and BOD in simulated reuse hatchery water. *J. Fish. Res. Board Can.* 35, 1290–1296.
- Čítek, J., Svobodová, Z., Tesarčík, J.**, 1997: Nemoci sladkovodních a akvarijských ryb. *Informatorium*, Praha, str. 20-21. ISBN 80-86073-08-4
- Diffey, B.L.**, 2002: Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods*, vol. 28, pp. 4–13.
- Downes, A., Blunt, T.P.**, 1877: Researches on the effect of light upon bacteria and other organisms. *Proc R Soc* 1877; **28**: 488–500.
- Hijnen, W.A.M., Beerendonk, E.F., Medema, G.J.**, 2006: Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water; a review, *Wat. Res.*, 40 (1): 3-22.

- Hoffman, G.L.**, 1974: Disinfection of contaminated water by ultraviolet irradiation with emphasis on whirling disease and its effect on fish. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 3: 541-550
- International Labour Office (ILO)** Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. 1971, International Labour Office, Geneva.
- Kimura, T., Yoschimizu, M., Tajima, K., Ezura, Y., Sakai, M.**, 1976: Disinfection of hatchery water supply by ultraviolet (U.V.) irradiation-I. Susceptibility of some fish-pathogenic bacterium and microorganisms inhabiting pond water. *Bulletin of the Japanese Society of scientific Fisheries*, 42, 207-211.
- Klimša, P.**, 2008: Účinnost chloru ve vodě v závislosti na pH <http://bazenyeshop.cz/bazeny/5-Navody-tipy-rady/9-Zpusoby-dezinfekce-vody>
- Kolman, R.**, 1978: Podchów wylegu pstraga jesienneego tarla w układzie zamkniętego obiegu wody. *Gosp. Ryb.*, 30, č. 7, str. 12-15.
- Liltved, H., Hektoen, H., Efrimaen, H.**, 1995: Inactivation of bacterial and viral fish pathogens by ozonation or UV irradiation in water of different salinity. *Aquacult. Eng.* 14, 107- 122.
- Marhold, J.**, 1980: Přehled průmyslové toxikologie. Avicentrum, Praha, str. 21-22, 294-295, 08-035-80
- Martoň, J.**, 1984: Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd. Alfa, Bratislava, str. 316-317, 319-320, 321, 63-562-84
- Niewolak, S., Meller, M.**, 1978: Skuteczność wyjąławiania wody promieniami UV w obiegu zamkniętym w chowie pstraga teczowego. *Gosp. Ryb.*, 30, č. 1, str. 14-17.
- Pokorný, J., Adámek, Z., Dvořák, J., Šrámek, V.**, 2003: Pstruhařství. Informatorium, Praha, str. 64-65. ISBN 80-7333-022-9

- Sharrer, M.J., Summerfelt, S.T., 2007:** Ozonation followed by ultraviolet irradiation provides effective bacteria inactivation in a freshwater recirculating system. *Aquacultural Engineering*, 37, 180 - 191.
- Sharrer, M.J., Summerfelt, S.T., Bullock, G.L., Gleason, L.E., Taeuber, J., 2005:** Inactivation of bacteria using ultraviolet irradiation in a recirculating salmonid culture system. *Aquacultural Engineering*, 33, 135–149.
- Sommer, R., Danaj, A., Hirschmann, G., Pribil, W., Haider, T., 2002:** Perspectives of UV drinking water disinfection. *Proc. Disinfection 2002, Health and Safety Achieved through Disinfection*, St. Petersburg, FL, pp. 49–65.
- Spanier, E., 1978:** Preliminary trials with an ultraviolet liquid sterilizer. *Aquaculture*, 14, č. 1, str. 75-84
- Stokinger, H.E., 1965:** Ozone toxicology. *Arch Environ Health.*, str. 10, 719-731.
- Stokinger, H.E., Wagner, W.D., Dobrogorski, O.J., 1957:** Ozone toxicity studies III. Chronic injury to lungs of animals following exposure at a low level. *Arch Ind Health.*, st. 29, 514-522.
- Summerfelt, S.T., Bebak-Williams, J., Tsukuda, S., 2001:** Controlled systems: water reuse and recirculation. In: Wedemeyer, G. (Ed.), *Second Edition of Fish Hatchery Management*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 285–395.
- Summerfelt, S.T., Hankins, J.A., Weber, A.W., Durant, M.D., 1997:** Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system. II. Effects on microscreen filtration and water quality. *Aquaculture*, 158, 57–67.
- Summerfelt, S.T., Sharrer, M.J., Tsukuda, S.M., Gearheart, M., 2008:** Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and UV irradiation. *Aquacultural Engineering*, 40, 17–27.
- Wedemeyer, G., Nelson, N., Smith, C., 1978:** Survival of the salmonid viruses infectious hematopoietic necrosis (IHNV) and infectious pancreatic necrosis

(IPNV) in ozonated, chlorinated, and untreated waters. J. Fish. Res. Board Can. 35:875-879.

Whitby, E., 2002: The History of UV through Patents; Proc. Disinfection 2002, Water Environment Federation, 2002.

White, G.C., 1992: Handbook of chlorination and alternative disinfectants. Van Nostrand Reinhold, New York.

Zhu, S., Saucier, B.B., Chen, S., Durfey, J.E., 2002: Evaluation of UV disinfection performance in recirculating systems. Int. J. Recirculating Aquacult. 3, 61–79.

Žáček, L., 1981: Chemické a technologické procesy úpravy vody. Nakladatelství technické literatury, Praha, str. 187-191, 04-635-81

8. Seznam tabulek a grafů

Tabulka č. 1: Typy zařízení vybraných výrobců

Tabulka č. 2: Technická data jednotlivých typů zařízení

Tabulka č. 3: Průtok upravené vody v m^3/h

Tabulka č. 4: Pořizovací cena zařízení v Kč

Tabulka č. 5: Spotřeba energie zařízením ve W

Tabulka č. 6: Přepočtené náklady jednotlivých typů zařízení

Tabulka č. 7: Náklady na roční provoz zařízení v Kč

Tabulka č. 8: Porovnání pořizovací ceny a ročních provozních nákladů v Kč

Tabulka č. 9: Náklady na měsíční provoz v Kč/měsíc

Tabulka č. 10: Pořizovací cena v Kč přepočtená na průtok $1 \text{ m}^3/\text{h}$

Tabulka č. 11: Náklady na roční provoz v Kč přepočtené na průtok $1 \text{ m}^3/\text{h}$

Tabulka č. 12: Náklady na měsíční provoz v Kč přepočtené na průtok $1 \text{ m}^3/\text{h}$

Graf č. 1: Průtok upravené vody v m^3/h

Graf č. 2: Pořizovací cena zařízení v Kč

Graf č. 3: Spotřeba energie zařízením ve W

Graf č. 4: Náklady na roční provoz zařízení v Kč

Graf č. 5: Porovnání pořizovací ceny a ročních provozních nákladů v Kč

Graf č. 6: Náklady na měsíční provoz v Kč/měsíc

Graf č. 7: Pořizovací cena v Kč přepočtená na průtok $1 \text{ m}^3/\text{h}$

Graf č. 8: Náklady na roční provoz v Kč přepočtené na průtok $1 \text{ m}^3/\text{h}$

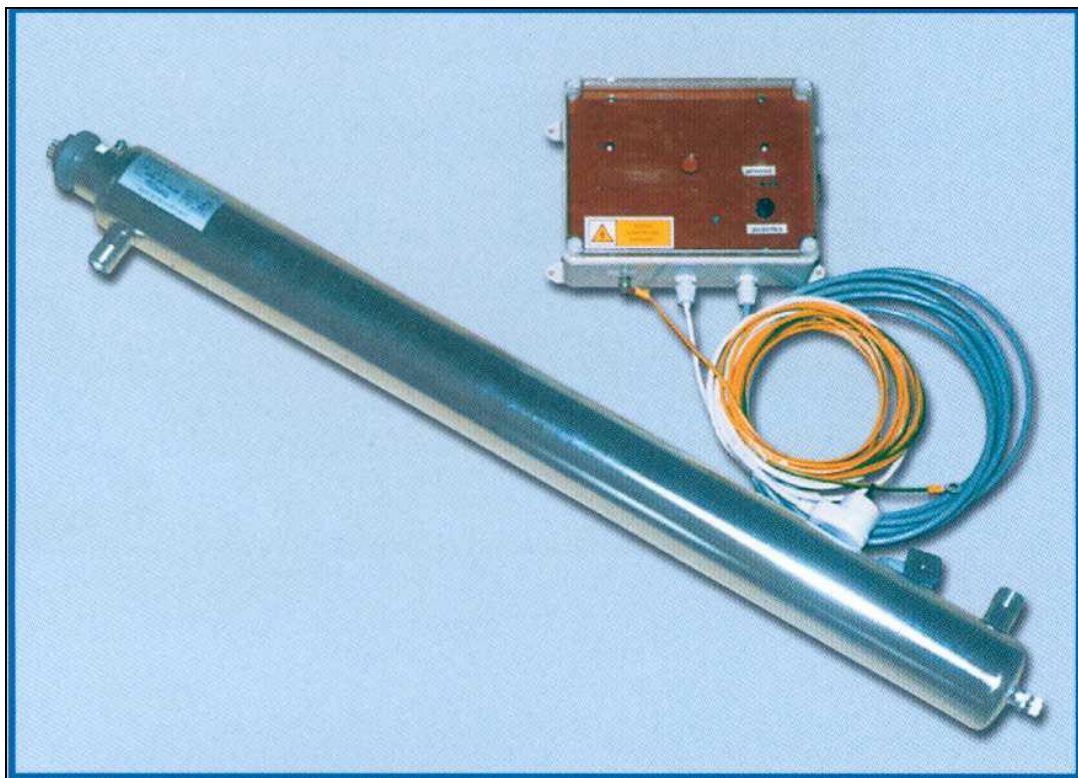
Graf č. 9: Náklady na měsíční provoz v Kč přepočtené na průtok $1 \text{ m}^3/\text{h}$

9. Seznam použitých zkratek

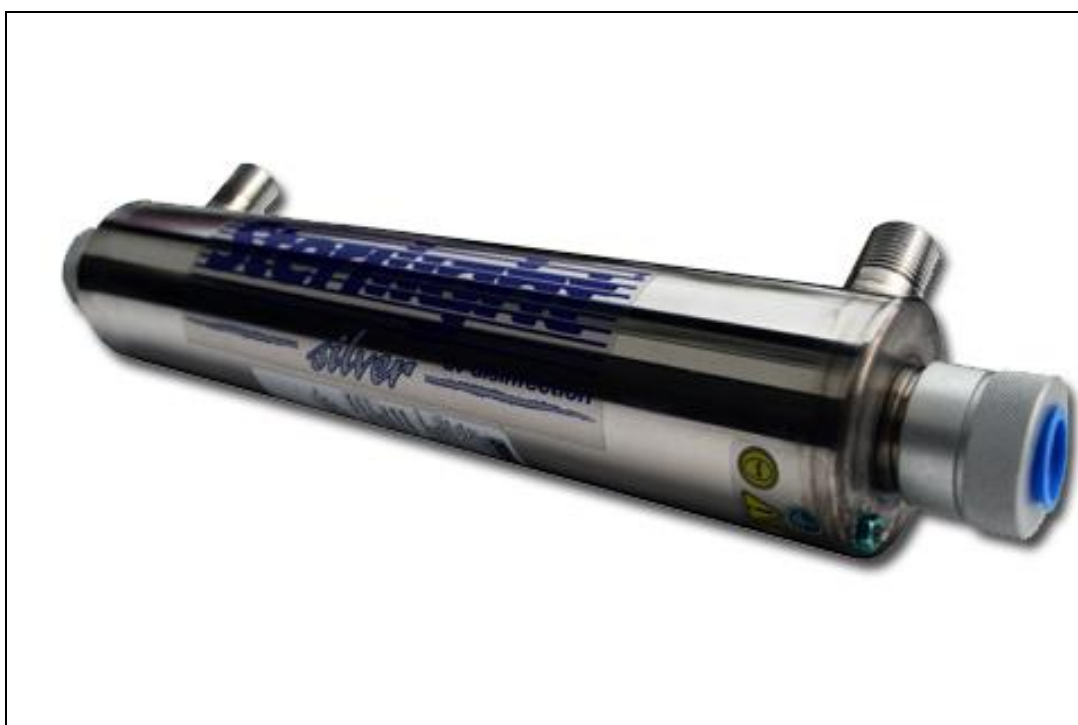
UV.....	ultrafialové záření
pH.....	koncentrace vodíkových iontů
kV.....	kilovolt
Hz.....	hertz
ppm.....	pars per milion (částic v milionu)
nm.....	nanometr
cm.....	centimetr
g.....	gram
mg.....	miligram
O ₃	molekula ozónu
mW*s ⁻¹ /cm ⁻²	miliwatt za sekundu na centimetr čtvereční
mJ/cm ²	milijoule na centimetr čtvereční
l/min.....	litr za minutu
W/m ³	watt na metr krychlový
CH ₂ Cl ₂	dichlormetan
CH ₃ Cl.....	chlormetan
CHCl ₃	trichlormetan
CCl ₄	tetrachlormetan
Cl ₂	molekulární chlor
H ₂ O.....	molekula vody
HOCl.....	kyselina chlorná
HCl.....	kyselina chlorovodíková
O.....	atom kyslíku
IPN.....	infekční nekróza pankreatu
IHN.....	infekční nekróza krvetvorné tkáně

10. Přílohy

Obr. č. 1: Typ DESUVA od výrobce IRMANN CS s.r.o.



Obr. č. 2: Typ STERLIGHT S40Q od výrobce WATERFILTER s.r.o.



Obr. č. 3: Typ AQUADA 7 od výrobce ITT USA Inc.



Obr. č. 4: Typ UVOX od výrobce WAPURE INTERNATIONAL GmbH

