

# Aplikace ozonu a UV záření v bazénových vodách

Koupání a plavání je jednou z nejzdravějších a nejoblíbenějších aktivit za předpokladu, že voda je hygienicky nezávadná. Avšak dosáhnout tohoto cíle je velmi náročné, neboť k znečištění bazénových vod přispívají samotní návštěvníci. U venkovních bazénů dochází ještě ke kontaminaci prachem, listím, exkrementy ptáků aj.

Při hygienickém zabezpečení bazénových vod se setkáváme se třemi problémy:

1. *optimalizací hydraulického řešení*
2. *úpravou vody*
3. *desinfekcí.*

Dále se budeme zabývat jen desinfekcí. Nejčastěji používaným desinfekčním prostředkem je chlor. Koupajícím jsou známy negativní důsledky chlorování jako např. dráždění měkkých tkání, očí, dráždivé působení pokožky a nepříjemný „chlorový zápach“ zejména u krytých bazénů.

Tak jako ve vodárenství tak i bazénových aplikacích se dostávají do stále větší pozornosti hygieniků vedlejší produkty desinfekce. Nutno upozornit, že i v bazénech vznikají zdravotní rizika spojená s vedlejšími produkty chlorace.

Jak ukazují výzkumy posledních let, vedlejší produkty chlorace mají velmi negativní vliv na zdravotní stav lidí pohybující se dlouhodobě u bazénů (plavčíci, trenéři, závodní plavci.)

Známé jsou např. případy onemocnění respiračního aparátu personálu aquaparku centra City of Westminster v Coloradu. Podobné problémy byly i v San Diegu, v Portlandu. Univerzita Britské Columbie provedla studii 738 závodních plavců ve věku 14 -22 let a zjistila u těchto lidí vysoké procento astmatu a jiných respiračních potíží způsobených dlouhodobou expozicí v prostředí zatíženém chemikáliemi z bazénové vody.

Nabízí se tedy řešení - provádět desinfekci vody metodou používající jiných činidel a chlorem pouze provádět zdravotní zabezpečení vlastního bazénu.

## I. OZONIZACE

Jako jedno z možných řešení se nabízí použití ozonizace v procesu úpravy vody.

Ozonizace bazénových vod je používána od 50 - let minulého století za účelem oxidace a eliminace nežádoucích látek a zejména pak jako velice účinná desinfekce.

V bazénových technologiích můžeme ozonizační stupně nalézt:

- *u veřejných bazénů, zejména u vysoce navštěvovaných, kde je možno očekávat velké znečištění vody koupajícími se*
- *v rekreačních bazénech a vodních parcích, kde chceme zajistit příjemnou atmosféru neovlivňovanou nepříjemným pachem chlorových sloučenin s amoniakem, močovinou atp.*
- *u terapeutických bazénů v nemocnicích a sanatoriích za účelem likvidace mikroorganismů a virů*

Ozon v závislosti na koncentraci a době kontaktu reaguje s řadou sloučenin včetně organického znečištění a to ve dvou formách:

- *přímo jako samotná molekula ozonu*
- *nepřímo ve formě hydroxylových radikálů.*

Obě formy působí jako silná oxidační činidla, avšak hydroxylové radikály se velmi rychle rozkládají, proto nemohou působit jako zdravotní zabezpečení. V kyselém prostředí je ozon přítomen převážně ve formě prvotní ozonové molekuly. Při vyšším pH se ozon rychle rozpadá na hydroxylové radikály. Díky těmto vlastnostem má ozon

důležité místo při úpravě bazénových vod. V bazénových vodách již mikroznečištění o malých koncentracích cca 1 µg/l působí senzorické a fyziologické problémy. Mezi mikroznečištění patří mimo jiné také mikrofauna, mikroflora, viry a jejich produkty metabolismu.

Hlavní důvody pro aplikaci ozonu v recirkulačních systémech lze tedy shrnout takto:

- *likvidace bakterií*
- *inaktivace virů*
- *oxidace organických látek: fenolů, amoniaku, močoviny, detergentů*
- *redukce obsahu rozpuštěného organického uhlíku*
- *redukce tvorby trihalomethanů (THM)*
- *snížení koncentrace výchozích látek (prekurzorů) pro vznik THM*

Zásadním problémem při úpravě bazénových vod je určení vhodné velikosti dávky, způsobu směšování ozonu s vodou, místo dávkování a doby zdržení tak, abychom dosáhli požadovaných účinků a současně minimalizovali investiční náklady.

### Působení ozonu na bakterie.

Existuje mnoho pohledů na ozonizaci vody v plaveckých bazénech.

- *není vždy jasné zda se hovoří o zbytkové koncentraci ozonu nebo o koncentraci dávky ozonu nezbytné pro určitý mikrobiologický efekt*
- *otevřenou zůstává i otázka analytické metody pro stanovení koncentrace ozonu ve vodě*
- *velice diskutovaný je i problém možnosti opětovného růstu mikroorganismů*

Je nutno zdůraznit - ani významná zbytková koncentrace ozonu negarantuje úplnou desinfekci vody. Částice anorganického resp. organického původu mohou chránit organismy před působením desinfektantu.

Z uvedeného je zřejmé, že stanovení jednoznačné hodnoty dávkování ozonu je problematické.

Je mnoho znalostí o mechanismu rozkladu ozonu a o fyzikálně chemických faktorech přispívajících k jeho reaktivitě, avšak pro jeho praktické aplikace je třeba dokázat kvantifikovat dávky ozonu. Z důvodu sjednotit pohled na stanovení nutné dávky desinfektantu byl zaveden koeficient úmrtnosti mikroorganismů  $\Lambda$ .

$$\Lambda = 4,6 / C \cdot T$$

Kde:

C - zbytková koncentrace desinfektantu, [mg /l.]

T - kontaktní doba mikroorganismů, [min.]

Součin CT nám vyjadřuje jakou dobu zdržení je nutno zajistit při dané koncentraci desinfektantu abychom dosáhli snížení počtu mikroorganismů o dva řády. Z výsledků uvedených v tab. 1 plyne, že ozon je o jeden až dva řády účinnější než chlor resp. chloraminy. (Čím nižší hodnota součinu CT tím vyšší koeficient úmrtnosti  $\Lambda$  a tedy i silnější efekt desinfekce). Jak se dalo očekávat bakterie jsou citlivější vůči desinfekci než viry, navíc účinnou inaktivaci cyst resp. oocyst je možno zajistit pouze ozonem.

Nutno ještě podotknout, že čas T by měl být uvažován jako skutečná doba kontaktu ozonu v reakční nádobě.

Na základě posledních výsledků výzkumu jsou uvedeny v tab.1. hodnoty C.T [mg. min /l.] nezbytné k inaktivaci hlavních patogenních organismů o 99% ( log 2)

Mikroorganismus:	Ozon pH: 6-7	Chlor pH: 6-7	Chloramin pH: 8-9
E. coli	0.02	0.03 - 0.05	95 - 180
Poliovirus 1	0.1 - 0.2	1.1 - 2.5	770 - 3500
Rotavirus	0.006 - 0.06	0.01 - 0.05	2810 - 6480
Giardia lamblia cysty	0.5 - 1.6	30 - 150	750 - 2200
Cryptosporidium oocysty	2.5 - 18.4	7200	7200 ( log 1 )

tab.1

Pro ilustraci uvádíme vliv jednotlivých mikroorganismů uvedených v tab.1 na lidský organizmus.

Escherichia coli osidlují zažívací trakt a mohou způsobovat zánětlivá a hnisavá onemocnění. Jak již bylo zmíněno výše jsou indikátorem fekálního znečištění vody. Giardia lamblia způsobuje u lidí střevní průjemová onemocnění. Polioviry jsou velmi rezistentní vůči fyzikálním a chemickým vlivům a mohou způsobit dětskou obrnu. Rotaviry způsobují průjem malých dětí. Cryptosporidium je relativně nejnovější patogen. Je to prvok parazitující na člověku, savcích, ptácích i rybách. V roce 1976 byly zaznamenány první případy onemocnění kryptosporidiózou u lidí. Tento prvok je vysoce zdravotně nebezpečný, důvodem je jeho vysoká životnost ve vodě, vysoká odolnost vůči chloru viz. tab.1k onemocnění stačí nízká infekční dávka. V osmdesátých letech proběhlo v Severní Americe několik velkých nákaz z pitné vody a mimo jiné byl infikován i bazén v Los Angeles.

### Působení ozonu na viry

Koliformní bakterie nereagují na technologie úpravy vody stejně jako viry, tedy jako indikátory virového znečištění nevyhovují. Jako vhodný indikátor se jeví kolifág, který je na mnoha pracovištích brán jako - indikátor fekálního virového znečištění.

Z prací francouzských výzkumníků Caneho [1] a Coina [2] plyne, že k inaktivaci polioviru typu 1, 2 a 3 z 99.9% je třeba udržovat zbytkovou konc. ozonu 0,4 ppm po dobu 4min. Opět platí, že přítomnost organických látek ve vodě má za následek zvýšení spotřeby ozonu k jejich oxidaci.

Katzenelson [8] také prováděl testy na polioviru a zjistil, že 99,5% virů bylo inaktivováno za 8sec. Úplná inaktivace proběhla v časovém intervalu 1 - 5 min při dávce ozonu 0,5ppm.

Dále bylo zjištěno, že viry mají tendenci tvořit shluky a tak se brání ataku ozonu.

Kessl [7] se svými spolupracovníky provedl porovnání účinků chloru a ozonu na poliovirus s těmito výsledky.

chlor : při dávce 0,5 - 1 mg/l se letální účinky projeví za 1,5 až 2 hod.

ozon: při dávce 0,05 - 0,45 mg/l se letální účinky projeví již za 2 minuty.

### Oxidace organických látek:

Nejdůležitější reakce ozonu s organickými látkami jsou založeny na rozštěpení dvojných uhlíkových vazeb. Probíhají reakce ozonu jsou následující:

- *přímá reakce s organickými látkami*
- *reakce volných hydroxylových radikálů*

Během těchto procesů vznikají aldehydy a ketony, jež jsou nutrienty pro bakterie, které jsou vždy přítomny v cirkulačním potrubí úpravny vody. Je bezpodmínečně nutné aby po ozonizaci následoval biologický stupeň čištění.

Zde nastupuje úloha filtrů s vrstvou zrněného aktivního uhlí ( AC vrstva), které umožňují:

- a) rozklad ozonu ve vodě( vrchní část AC vrstvy), kdy destrukce zbytkového ozonu probíhá v několika centimetrech horní vrstvy
- b) pomáhají odstranit chemické látky a vedlejších produkty ozonizace adsorpcí
- c) rozklad výše uvedených produktů a látek biologickou aktivitou bakterií na povrchu AC vrstvy - probíhá t.zv. biodegradace.

### Trihalomethany a ozonizace.

Provoz bazénů různého druhu vyžaduje v současnosti věnovat větší pozornost látkám které vznikají ve vodě jako vedlejší produkty desinfekce chlorem, resp. chlornanem sodným. Do této skupiny patří také trihalomethany. Přítomnost těchto látek ve vodě představují jistá zdravotní rizika. Bylo prokázáno, že tyto látky jsou karcinogenní. Trihalomethany (THM) jsou značně těkavé látky , které mohou z vody unikat a dostávají se do lidského organismu inhalací.

Trihalomethany vznikají v chlorované vodě z celé řady výchozích látek (prekursorů) přírodního původu a látek vzniklých lidskou činností t.zv. antropogenního původu. K hlavním prekursorům přírodního původu patří zejména huminové a fulvinové kyseliny. K prekursorům vzniklým lidskou činností patří zejména pesticidy, chlorované uhlovodíky, a další látky , které se dostávají do povrchových vod s městskými, průmyslovými a zemědělskými vodami. V samotné bazénové vodě pak hlavními složkami jsou moč, pot a sliny.

Koncentrace THM ve vodě závisí zejména na obsahu jejich prekursorů, dávce chloru, reakční době, pH a částečně i na teplotě. THM molekuly jsou relativně malé je tudíž problém je odstranit konvenčními procesy. Ozon má pouze omezený účinek při odstranění THM. Filtry s AC vrstvou jsou schopny odstranit tyto látky avšak jejich kapacita je omezená. Tvorbu THM lze prakticky omezit snížením obsahu prekursorů ve vodě. V praxi to znamená použít ozonizačního stupně s následnou filtrací na vrstvě s aktivním uhlím.

Ještě jednou je nutno zdůraznit, že plná výhoda úpravy vody ozonizací může být získána pouze při použití filtrů s aktivním uhlím. Systémy, kde přebytek ozonu je eliminován pomocí chemikálií, nebo ve kterých je ozon dávkován před pískový filtr jsou systémy pouze částečně efektivní. Neboť jedna z nejdůležitějších činností - odstranění močoviny a jiných organických nečistot respektive jejich sloučenin z vody je neúplná.

### Praktické doporučení k ozonizaci bazénových vod.

Použití ozonu zpravidla závisí na typu bazénu a jeho zatížení. Nejčastěji používané technologie jsou:

#### a) *Plná ozonizace.*

*Jedná se zpravidla o dávky ozonu 0.8 - 1.2 mg /l O<sub>3</sub> s dobou kontaktu nejméně 3 minuty. Uspořádání ozonizačního stupně je potom následující - výroba ozonu v ozonizátoru, injektáž ozonu do vody tak, aby bylo zajištěno řádné promísení se surovou vodou, zdržení v reakční nádobě minimálně 3 minuty a následná filtrace například na vícevrstevném filtru s vrstvou zrněného aktivního uhlí. Nezareagovaný ozon je odstraněn v destruktoru ozonu. Tato technologie se používá zejména pro veřejné bazény, kde požadavek na vysokou kvalitu vody je prvořadou záležitostí. Jestliže se zákazník rozhodne pro ozonizační stupeň, potom na základě výše uvedených účinků ozonu považujeme toto řešení jako jediné správné.*

#### b) *Částečná ozonizace.*

*Tato technologie spočívá v tom, že dávka ozonu 0.8 - 1.2 mg /l O<sub>3</sub> s dobou kontaktu nejméně 3 minuty je injektována pouze do obtokové větve cirkulačního obvodu. Celková dávka ozonu se pohybuje okolo 20 -25% množství odpovídající úplné ozonizaci . Koncentrace ozonu na celkový průtok se potom pohybuje kolem 0.2 mg/l O<sub>3</sub>. Tato ozonizace se používá převážně u bazénů s nízkým zatížením např. v hotelových zařízeních, fitcentrech a u moderních privátních bazénů. Některé firmy*

*nabízejí částečnou ozonizace bez AC filtru, u těchto řešení nedochází k podstatnému zlepšení kvality vody a proces odbourávání chloraminů je velmi pomalý.*

Doporučený způsob výroby ozonu a jeho směšování se surovou vodou je uveden v obr. 1

Nutno ještě jednou upozornit, že dávky ozonu a celý technologický proces musí být zvolen tak, aby ve všech případech koncentrace zbytkového ozonu ve vodě jdoucí do bazénu nepřekročila povolený hygienický limit 0.05 mg/l.

Z investičního hlediska je třeba zdůraznit, že ozonizační stupeň v úpravě vody u cirkulačních systémů umožňuje výrazně snížit cirkulující množství vody (např. podle normy DIN 19643 až o 17% což má podstatný vliv na dimenzování velikosti cirkulačních čerpadel, průměru potrubních systémů a velikost filtračního zařízení. Tento aspekt potom příznivě ovlivňuje investiční náklady na uvedená zařízení. Ve svém konečném důsledku tedy použití plné ozonizace nemusí nutně vést k nárůstu investic při budování nebo rekonstrukci bazénů.

## II. UV ZÁŘENÍ V BAZÉNOVÝCH VODÁCH

V posledních několika letech se v zahraničí i u nás začínají prosazovat jiné desinfekční metody bazénových vod. Jedná se zejména o nahrazení chemických metod metodami fyzikálními, mezi kterými má významné postavení UV záření.

Jedná se o fyzikální proces, který spočívá v přeměně el. energie na el.mag. záření způsobující fotochemickou reakci v jádrech buněk žijících organizmů. Tato změna zapříčiňuje inaktivaci jejich reprodukce a usmrcení. Zdrojem UV záření jsou lampy ve kterých dochází k elektrickému výboji ve rtuťových parách. UV lampy lze rozdělit dle tlaku uvnitř trubice na nízkotlaké, které emitují záření zejména v oblasti 254 nm a střednětlaké, které vyzařují energii při vlnových délkách 200 – 400 nm.

Dávka záření je dána součinem intenzity vyzařování a kontaktním časem.

$$D [Ws/m^2] = D[J/m^2] = I [W/m^2] \times t [sec]$$

Volba dávky záření je ovlivňována v první řadě oživením desinfikované vody, zejména propustností venkovních buněčných stěn a membrán. Při biologickém hodnocení efektivnosti UV záření je nutno pamatovat na kvalitu upravované vody z hlediska fyzikálně-chemického. V upravené vodě by nemělo být zvýšené množství zákalotvorných látek. Tyto mohou bránit průniku UV záření a současně chrání mikroorganismy před působením záření.

Pro desinfekci UV zářením platí podobně jako u ozonu obecná rezistence organismů v desinfikované vodě:

$$bakterie < viry < spory bakterií < cysty protozoí$$

Viry jako nebuněčné organizmy nejsou schopny samostatného života. Rozmnožují se v buňce svého hostitele, což znesnadňuje stanovení potřebné dávky. Na oocysty prvoků *Girardia lamblia* a *Cryptosporidium parvum* mají desinfekční prostředky relativně malý účinek a jejich výskyt v bazénu jde na vrub špatně fungujícímu separačnímu stupni.

Nutno si uvědomit, že účinek UV záření na mikroorganismy je jiný než v případě chemických desinfektantů. Ozon, chlor, peroxid, aj. nevratně poškozují vlastní buněčné jádro, protoplazmu, enzymy a buněčnou blánu. Bakteriocidní a virocidní efekt UV záření spočívá ve fotochemickém poškození DNA, RNA, příp. proteinů, enzymů a jiných biologicky významných molekul. Nejvyšší germicidní účinek byl pozorován při vlnové délce 250-260 nm. Důsledkem výše uvedeného působení UV záření je znemožněna replikace genetické informace, množení bakterií a tím jejich zničení.



Poškození nukleových kyselin UV zářením není nevratné a je možno je opravit pomocí reparačních procesů. Děje se tak za pomoci enzymů a to za světla -fotoreaktivace i za tmy - reparační procesy.

Procesy reaktivace/reparace poškozených buněk neprobíhají u všech mikroorganismů stejně. Některé mikroorganismy včetně virů nejsou schopny těchto procesů.

Reaktivaci ovlivňují faktory jako např.světlo, hodnota pH vody, teplota, přítomnost organických i anorganických látek ve vodě (zákal), typ mikroorganismu a jeho enzymatická výbava. Reaktivace je realizována pomocí enzymů. Pro ilustraci jsou tab.2 uvedeny dávky v J/m<sup>2</sup>, nutné k inaktivaci některých mikroorganismů, jež se mohou vyskytovat v bazénových vodách o 90 až 99,99%.(log1 – log4)

Mikroorganismus:	log1 [J/m <sup>2</sup> ]	log2 [J/m <sup>2</sup> ]	log4 [J/m <sup>2</sup> ]
E. coli	32		128
Poliovirus	60		264
Rotavirus	87		348
Pseudomonas aerugin.	55		220
Giardia lamblia cysty		180	

tab.2

Uvedené hodnoty jsou pouze orientační. Citlivost mikroorganismů závisí na mnoha faktorech např. na zdriji jejich původu, podmínkách proliferace, stáří bakterií, atd.

## Základní prvky UV lamp

### Radiační komora

UV zařízení používají jak již bylo zmíněno nízkotlaké lampy, nebo středotlaké. Lampy jsou umístěny v radiační komoře. Z hydraulického hlediska jsou lampy v radiační komoře uspořádány ve směru toku desinfikovaného media, nebo kolmo na směr proudění. V prvním případě dochází k lepšímu kontaktu záření s vodou, ale tyto systémy jsou prostorově náročnější. Radiační komory tohoto typu jsou vybaveny turbulizátory, které zaručují radiální proudění ozařovaného media v komoře a vylučují vznik tzv.mrtvých koutů uvnitř tělesa. Nevýhodou je vyšší tlaková ztráta. V případě kdy proud vody je kolmý na lampy vychází jednotky UV kompaktnější (kratší), je však diskutabilní zda je vždy zaručeno dokonalé prozáření proudícího media. Moderní UV systémy jsou vybaveny sondami kontrolující intenzitu záření v komoře, automatickým stíracím zařízením na odstraňování nečistot z ochranných křemenných trubic. U systémů s více lampami (zejména nízkotlaké systémy ) je technicky nemožné použít taková to stírací zařízení.

### Nízkotlaké lampy

Nízkotlaké lampy pracují při tlaku rtuťových par 0,001-0,01 mbar a při teplotě 20 – 40°C. Výkon, který je možno získat je maximálně 100W na metr délky. Životnost lamp dosahuje až 8000 hod. V průběhu životnosti se jejich výkon snižuje až na 60% původní hodnoty.

Výhodou těchto lamp je, že až 40% příkonu se vyzáří při vlnové délce 254nm. Naopak nevýhodou se jeví, že zářivý výkon je silně závislý na teplotě, která je v tomto případě 30 – 40°C, nelze je tedy použít pro horkovodní systémy. Uvedené problémy řeší amalgámové lampy, kde zářivý výkon v teplotním rozsahu 5 – 40°C je téměř konstantní. Optimální pracovní teplota těchto lamp je 80 - 100 °C, navíc jejich výkon je dvojnásobný oproti standardním lampám tj. 200 W na metr délky. Životnost lamp je vyšší než 8000 hod.

Tyto systémy se nabízejí v široké škále velikostí, takže je možno zvolit jednotku, která je pro zadaný průtok vody výkonově nejvhodnější. UV zářiče jsou řízeny mikroprocesorem, které nabízejí automatické zobrazování pracovních podmínek jako např.: intenzitu UV záření, počet hodin po kterou bylo zařízení v činnosti, počet zažehnutých lamp a zbytkovou životnost lamp. Lamps jsou taktéž vybaveny vysoce citlivým senzorem UV záření pro monitorování intenzity záření, aby byla zajištěna nutný výkon v každém okamžiku.

#### **Středotlaké lampy**

Středotlaké lampy pracují při tlaku vyšším než 1 bar a při pracovní teplotě 600 – 800°C.

Vysoký tlak rtuťových par u tohoto typu umožňuje dosáhnout až sto násobně vyšší dávku UV záření než u nízkotlakých t.j více než 10kW na metr délky lampy. Životnost lamp je nižší a dosahuje hodnot 4000 -6000 hodin. Pokles výkonu lampy v průběhu její životnosti může dosáhnout až 50% původní hodnoty.

Nejnovější středotlaké systémy používají vysoce kvalitních UV lamp, které jsou umístěny v ochranné trubici z křemenného skla. Ochranná trubice s výbornou transmisí charakteristikou UV záření je jednoduše vyjímatelná. Aby se vyloučil negativní vliv usazujících se sedimentů na ochrannou trubici, je tato v pravidelných časových intervalech čištěna mechanickým stíracím kroužkem. Celý systém mechanického čištění je plně automatický a je řízen přes řídicí jednotku.

Provoz UV lampy je řízen řídicím systémem, který jasně a zřetelně zobrazuje provozní stav UV lampy a graficky zobrazuje časový průběh charakteristiky signálu UVC senzoru.

Senzor je možno kalibrovat a je odolný vůči opotřebení a změnám teploty. Navíc je monitorována teplota vody v radiační komoře.

Provozovatel si může sám naprogramovat časový interval proplachování při spuštění zařízení, dále proplach se automaticky provádí v případě, kdy je překročena nastavená maximální hodnota teploty proudícího media.

Možno říci, že moderní řídicí systémy poskytují provozovateli plný komfort a dostatečnou volnost, aby si mohl přizpůsobit zařízení pro svou potřebu.

### **III. DEKOMPOZICE CHLORAMINŮ UV ZÁŘENÍM**

Dekompozice chloraminů UV zářením v bazénových vodách byla prokázána v mnoha aplikacích v Anglii, Austrálii, Švýcarsku. Bylo prokázáno, že UV záření může redukovat chloraminy na 20 - 30 % původní hodnoty. Toto zjištění otevírá prostor pro použití UV technologií v oblastech, které byly dříve vyhrazeny pro ozonizační systémy.

Pro menší bazény s cirkulujícím množstvím do 50m<sup>3</sup>/hod je možno použít nízkotlaké lampy, u těchto lamp jsou však oxidační účinky nižší než desinfekční což nutně vede k systémům s více lampami se všemi zmíněnými výhodami i nevýhodami.

### **IV. POROVNÁNÍ OZONIZACE A UV ZÁŘENÍ**

Ozon stejně tak i UV záření jsou schopny redukce chloraminů v bazénové vodě.

V případě použití ozonizace s filterm aktivního uhlí (který je vždy nutný) dochází ke zlepšení kvality vody. Hodnota redox potenciálu se zvyšuje, je redukováno ChSK<sub>Mn</sub>. Čistící schopnosti ozonu jsou výrazně lepší díky mikroflokačním schopnostem ozonu. Nutnost doplňování čerstvé vody může být významně redukována.

V případě návrhu nového bazénu, nebo celkové rekonstrukce rozvodných potrubí a filtrace lze snížit cirkulující množství vody až 17% oproti klasickému řešení.

Povolená zbytková koncentrace ozonu v bazénové vodě 0,05 ppm přispívá k lepšímu klimatu v ovzduší zejména u krytých bazénů.

V případě použití UV systémů, jak již bylo řečeno, může být výrazně redukován vázaný chlor, tím jsou i odstraněny problémy s dážďením měkkých tkání a nepříjemným tzv. bazénovým pachem. Pokud je UV záření použito za tímto účelem jsou dávky UV záření natolik vysoké, že desinfekce vody je dostatečně zajištěna.

Použití dávek určených pro desinfekci pitné vody, nemusí tyto dávky být dostatečné pro bazény.

V případě použití UV záření nedochází k zlepšení hodnot ORP ani ChSK<sub>Mn</sub>.

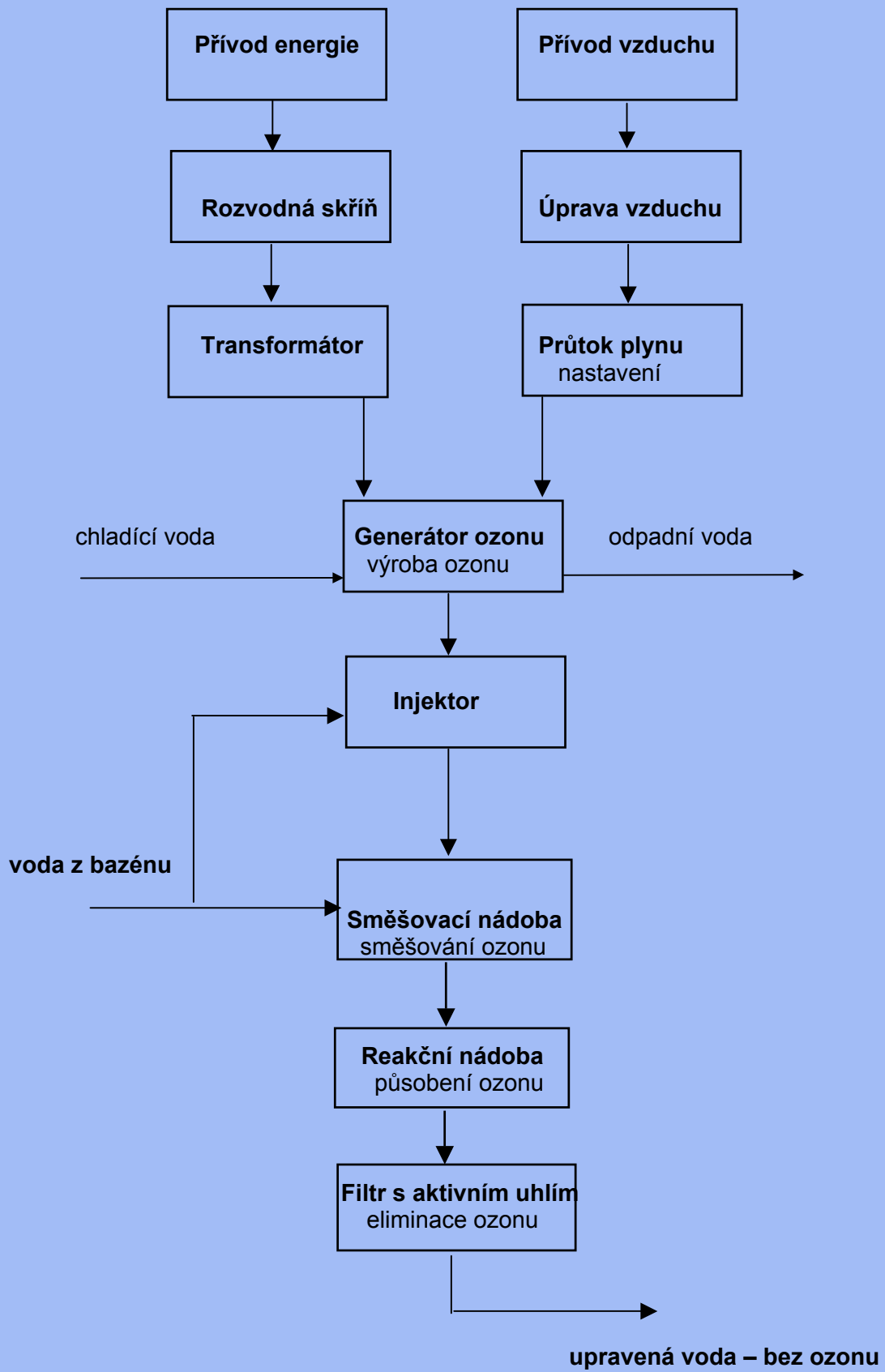
Podstatnou výhodou VU systémů je jejich snadná implementace do stávajících technologií úpravy vody a zejména pak pořizovací náklady, které dosahují cca 25 % nákladů na ozonizační systémy.

Provozní náklady tj. náklady na el. energii, výměnu lamp atd. jsou u obou systémů srovnatelné.

## V. LITERATURA:

1. Can L. et al.: Inactivation of Poliomyelitis Virus by Ozone in the presence of Water  
La Presse Médicale 72,37
2. Coin L. et al.: Ozone Inactivation of Poliomyelitis Virus in Water  
La Presse Médicale 75,38
3. Leiguarda et al.: Bactericidal Action of Ozone  
Wat. Poll. Abs. 22, 268
4. Gubelmann, Scheller: Disinfection of Water by Ozone  
Wat. Poll. Abs. 26, 314
5. Rohrer E.: Ozone and Its Application in Treatment of H<sub>2</sub>O  
Rev.Suisse Brass. 63,155
6. Smith D.K.: Disinfection and Sterilization of Polluted Water with Ozone  
Report AM - 6704, Ontario Research Foundation
7. Kessel J. F. et al.: Comparison of Chlorine and Ozone as Virucidal Agents of Poliomyelitis Virus  
Wat. Poll. Abs. 17, 239
8. J.Šašek, J.Kopecký, F.Kožíšek: Problematika desinfekce vody UV zářením, SZU  
Praha
9. EPA Guidance Manual:Alternative Disinfectants and Oxidants, 1999
10. Firemní literatura fy. Ozonia Switzerland
11. Firemní literatura fy. ProMinent Dosiertechnik





obr. 1