

RNDr. Jaroslav ŠAŠEK,
SZÚ Praha

Hygienická problematika úpravy vody pro bazény

Hygiene Problems of Water Treatment for Swimming Pools

Recenzentka

MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

Autor shrnuje hygienické problémy, spojené s úpravou bazénové vody. Popisuje rizika infekce z vody neošetřené a uvádí možnosti její úpravy. Upozorňuje na rizika použití chemických látek, které se rozkládají na vedlejší produkty dezinfekce. Ty mohou mít závažný negativní vliv na zdraví. Autor upozorňuje zejména na trichloramin, který se při použití chloraminu dostává do ovzduší.

Klíčová slova: bazény, úprava vody, dezinfekce, chloramin, trichloramin.

The author summarizes hygiene problems involved in swimming pool water treatment. He describes the infection risks connected with the use of non treated water and suggests the possibilities of their treatment. He draws the attention to risks of using chemical substances that decompose into disinfection by-products. These by-products can have an important and negative impact on health. Above all the author draws the attention to trichloramin that gets to the atmosphere when chloramines in used.

Key words: swimming pools, water treatment, disinfection, chloramines, trichloramin

Umělá koupaliště (bazény) představují dnes neodmyslitelnou součást životního stylu moderního člověka. Slouží k rekreaci, uvolnění, sportovnímu využití, ale též k účelům léčebným.

Vyhláška MZ ČR [1] uvádí hygienické požadavky na umělá koupaliště a sauny, netýká se léčebných a rehabilitačních bazénů ve zdravotnických zařízeních, pokud nejsou využívány veřejností jako koupaliště. Umělá koupaliště mohou být krytá či nekrytá s celoročním či sezónním provozem. Ta krytá musí být vybavena recirkulačním systémem s úpravnou vody, nekrytá alespoň se zajištěním soustavné dezinfekce za současného splnění požadavku nepřetržité obměny vody, úměrné počtu návštěvníků. Musí být vybaveny sociálním zázemím, jsou stanoveny požadavky na mikroklimatické podmínky (intenzita osvětlení, teplota a relativní vlhkost vzduchu a intenzita jeho výměny), intenzitu recirkulace vody a kontrolu jakosti vody (ukazatel, limit, četnost kontroly). Ukazatelé jakosti vody v bazénu, z jeho zdroje i z recirkulované vody z úpravny jsou fyzikálního, chemického a mikrobiologického charakteru. Jakost vnitřního ovzduší krytých bazénů však není stanovena.

Rizika při využívání umělých koupališť jsou různorodá, počínaje úrazy, utonutím, expozicí teplu či UV záření (u nekrytých koupališť) včetně vlivu chemických látek ve vodě a ovzduší v důsledku jejich inhalace (dýchání), po zažití či kožní expozice. Stejně cesty vedou k infekcím osob z vody a z ovzduší, ale i z povrchů, z předmětů a zařízení v okolí bazénu. Jsou způsobeny mikroorganismy, jako jsou bakterie, viry, kvasinky, plísňe či prvoci.

Rizikovější bazény budou obecně ty, jež mají vyšší teplotu vody (ta urychluje biologické i chemické pochody, více vymývá pokožku a vede k pocení ve větší míře) či vodu s turbulencí (vířením), jež vede k rychlejší ztrátě dezinfekčního prostředku z vody event. ke tvorbě nežádoucích aerosolů s legionelou, mykobakteriemi a dalšími mikroby.

Jakost vody v bazénu: voda musí být upravena tak, aby nedošlo k ohrožení zdraví choroboplodnými zárodky. Dále se nesmí ve vodě nacházet chemické látky v koncentracích, které by mohly poškodit zdraví. Jedná se především o látky, jež byly použity nebo vznikly při procesu úpravy vody a její dezinfekci.

Požadavky na vnitřní ovzduší bazénů nejsou stanoveny. Všechny místnosti a prostory krytých koupališť musí být větrány, nestačí-li přirozená výměna vzduchu, musí být vybaveny větracím zařízením. Větrání sprch a bazénů musí být podtlakové.

Provoz bazénů by měl být optimalizován, což zahrnuje požadavky na účinnou úpravu vody, její dezinfekci, hydraulický režim, obměnu vody, vhodnost použitých materiálů bazénu a instalací, na HVAC systém (tj. systém vytápění, větrání a klimatizace) včetně požadavků na sanitaci bazénu, jeho okolí.

Zdroje znečištění – kůže, sliznice dýchacího, trávicího a močopohlavního ústrojí člověka obsahuje přirozeně (u nemocných i nepřirozeně) řadu mikroorganismů, jež se dostávají do vody vedle potu, moče, výměšků sliznic a kosmetických přípravků. U nekrytých bazénů přichází v úvahu znečištění i z okolí.

Návštěvníci tak představují hlavní zdroj znečištění vody. Úkolem úpravy vody a dezinfekce je toto znečištění odstranit a zajistit tak zdravotně nezávadnou a smyslově přijatelnou vodu. Úprava vody a dezinfekce však vnáší do vody další, specifické znečištění z chemikálií, použitých při úpravě vody či vzniklých při úpravě a dezinfekci. Látky, vzniklé při dezinfekci nazýváme „vedlejší produkty dezinfekce“ (DBPs – disinfection byproducts). Jedná se tedy o sloučeniny, vzniklé při dezinfekci vody reakcemi dezinfekčního prostředku se složkami vody, anorganickými (bromidy, jodidy, fluoridy, železo, mangan, sirovodík a jiné) či především organickými látkami. Anorganické složky bývají obvykle součástí normálního složení vody, organické pak pocházejí většinou ze znečištění, vnášeného návštěvníky do vody. DBPs mohou mít sice v některých případech určité dezinfekční účinky, ale většinou se jedná o nežádoucí látky.

Samotné dezinfekční prostředky (chlor, chlordioxid, ozon, brom a jiné) jsou látky silně dráždivé pro dýchací ústrojí, kůži, oči, sliznice nosu, hrdla a proto je nutno je používat ve stanovených koncentracích. Obvykle mají ve vyšší koncentraci též nežádoucí korozivní účinky, což podporují další faktory, jako je chemické složení vody; to lze ovlivnit kvalitou (výběrem) zdroje vody pro bazén nebo úpravou vody. Výše koncentrace dezinfekčního prostředku závisí hlavně na znečištění bazénové vody. Toto znečištění je nutno minimalizovat jednak správným hygienickým chováním návštěvníků (sprchování a pod.) a zejména dodržováním kapacity zařízení, neboť na ni je dimenzována kapacita úpravy vody. Dále je nutno dodržovat stanovenou recirkulaci vody a její pravidelnou obměnu, což je dáno příslušnými předpisy [1]. Účinná úprava vody i hydraulika bazénů vedle řádné a pravidelné sanitace bazénů a jejich okolí jsou předpokladem zajištění stanovené jakosti vody.

Splnění těchto požadavků pak umožňuje, že zbytková koncentrace dezinfekčního prostředku ve vodě může být co nejnižší, ale taková, aby zajistila

mikrobiologickou nezávadnost vody. Minimalizace znečištění bazénové vody tak vede ke snížení tvorby vedlejších produktů dezinfekce, z nichž některé, ty těkavé (trihalometany – chlorované uhlovodíky, chloraminy a jiné) se mohou uvolňovat do ovzduší krytých bazénů. Zde pak atakují návštěvníky i personál bazénů. Aby nedocházelo k hromadění infekčních mikrobů a těkavých dráždivých chemických látek v ovzduší krytých bazénů, je nutno zajistit řádné větrání.

Výskyt dráždivých látek v ovzduší krytých bazénů (ozon, trihalometany, chloraminy – zejména trichloramin a jiné látky) je dán tedy procesy při dezinfekci a úpravě vody, reagující na znečištění vody, způsobené hlavně samotnými návštěvníky bazénů.

Cesty expozice (působení) chemikálií z bazénů

Existují 3 hlavní cesty působení chemikálií, použitých při úpravě a dezinfekci bazénové vody:

- dýchání (těkavých) látek v aerosolu z vnitřního ovzduší bazénů (aerosol je směs kapiček vody z bazénu s infekčními mikroby a chemickými látkami ve vzduchu);
- kožní kontakt; k němu dochází nejen ve vodě bazénu, ale při dotyku s plochami kolem bazénu a kontaktem se všemi zařízeními a předměty;
- zažití vody z bazénu (je známo, že plavec zkonsumuje cca 50 ml vody)

Vznik vedlejších produktů dezinfekce (DBPs) ve vodě bazénů

Především návštěvníci bazénů přispívají k organickému znečištění vody. Jedná se hlavně o pot a moč vedle výměšků sliznic a kosmetických prostředků na pokožce. Pot a moč zodpovídají za přísun dusíkatých organických látek do vody; zhruba 80 % celkového obsahu dusíku pochází z močovin, hlavní složky moče. Močovina reaguje při dezinfekci vody s chlorem a rozkládá se na amoniak, který reaguje rychle s chlornanem a tvoří chloraminy – monochloramin, dichloramin a trichloramin. Ostatní dusíkaté organické látky ve vodě (z potu, moče a jiných zdrojů) reagují s chlornanem za tvorby organických chloraminů. Dále slouží jako látky, z nichž vznikají po reakcích s chlorovými dezinfekčními preparáty jiné vedlejší produkty dezinfekce, jako jsou trihalometany, haloctové kyseliny, aldehydy a jiné.

Každý dezinfekční prostředek po reakci se složkami vody má své vedlejší produkty dezinfekce. Výše jmenované DBPs se týkají chloru a chlorových přípravků jako jsou chlornany a jiné. Chlordioxid má jako vedlejší produkty hlavně chloritany a chlorečnany, ozon tvoří především aldehydy a bromičnany, jsou-li ve vodě přítomny bromidy.

Uvolňování vedlejších produktů dezinfekce (DBPs) do vzduchu krytých bazénů

DBPs se mohou uvolňovat do ovzduší ve formě aerosolu, což platí pro ty látky, které nejsou příliš těkavé. Těkavé unikají z vody do ovzduší v plynném stavu, např. trihalometany, trichloramin a jiné. Přechod těchto látek z vody do ovzduší ovlivňuje řada faktorů, jako je jejich koncentrace a rozpustnost ve vodě, jejich chemický charakter, teplota vody, velikost styčné plochy voda – vzduch, podmínky jejich uvolňování z vody do vzduchu (turbulence vody) či účinnosti ventilace ve vnitřním ovzduší krytých bazénů.

Při použití chloru jako dezinfekčního prostředku mohou tedy vznikat různé vedlejší produkty, ale přednostně probíhají reakce s amoniakem, vedoucí ke vzniku chloraminů.

Chloraminy ve vodě bazénů označujeme jako „vázaný chlor“ a je známo, že vede k dráždění spojivek očí a sliznic nosohltanu. Způsobují dobře známé pachové vjemy bazénové vody. Právě dichloramin uděluje vodě typický chlorový zápach, zatímco monochloramin nikoliv. Trichloramin vykazuje silný, nepříjemný zápach ve vodě již od tak nízké koncentraci,

jako je 0,02 mg/l. Dle hodnoty pH vody převažuje buď monochloramin, při pH > 6,5; při pH < 6,5 převažuje dichloramin. Bazénová voda má mít dle vyhlášky pH v rozmezí 6,5 až 7,6 (v odůvodněných případech 6 až 9,5), mohou se tedy vyskytovat obě látky současně v různých poměrech, daných hodnotou pH. Vzhledem k jejich velice rozdílné těkavosti jsou z vody do ovzduší uvolňovány dichloraminy 3x a trichloramin 300x rychleji než monochloramin. Mono a dichloraminy se tedy mohou dostat do ovzduší spíše ve formě kapiček aerosolu při turbulenci vody, než v plynném stavu jako je tomu u trichloraminu.

Vliv vedlejších produktů dezinfekce na zdraví

Větší závažnost pro zdraví návštěvníků a personálu bazénů má trichloramin než trihalometany či jiné chlorované látky. Massin [3] prokázal ve Francii na skupině (334 osob) plavčích z veřejných plaveckých bazénů a relaxačních plaveckých areálů s dezinfekcí chlorem dráždivé účinky trichloraminu na sliznice očí, nosu, hrdla, ale ne chronické potíže průdušek. Větší koncentrace trichloraminu byly zjištěny v relaxačních areálech (ϕ 0,67 ± 0,37 mg/m³; plavecké bazény s ϕ 0,24 ± 0,17 mg/m³), zřejmě z důvodu vyšší teploty vody i vzduchu, větší turbulence vody (různé atrakce – vlny, fontány apod.) a recyklace znečištěného vzduchu technickým zařízením zpět do ovzduší.

Hery [4] se zabýval působením chloraminů v ovzduší krytých bazénů ve Francii na plavecké instruktory. Stížnosti na dráždivé účinky začínaly při koncentraci chloraminů (vyjádřeno jako trichloramin) 0,5 mg/m³, všeobecné stížnosti při dosažení 0,7 mg/m³. Jiné dráždivé látky než chloraminy byly zjištěny v koncentracích jen pod mezí detekce pro formaldehyd a fenol, tj. < 0,02 mg/m³; koncentrace chloroformu coby hlavního zástupce trihalometanů byla v rozpětí 0,03 až 0,36 mg/m³ (francouzský limit je 25 mg/m³).

Účinek trichloraminu na sliznici dýchacího ústrojí a zvýšené riziko plicních onemocnění (např. astma) uvádějí Bernard [5] na souboru dětí, navštěvujících chlorované kryté bazény (koncentrace trichloraminu ve vzduchu 1,5 mg nad vodní hladinou činila 0,1 až 1,0 mg/m³). Thickett [6] uvádí totéž pro plavce a personál, vedle dráždivých účinků na oči, nos, hrdlo.

ZÁVĚRY

Trichloramin (NCl₃) představuje hlavní složku chlorovaných vedlejších produktů dezinfekce, přítomných v ovzduší krytých bazénů. Jeho koncentrace zde činí obvykle 0,1 až 1,0 mg/m³. Řada odborných prací dokladuje dráždivé účinky trichloraminu na oči, nos a hrdlo, vedle možného rizika některých plicních onemocnění, jako je astma.

Použitá zdroje:

- [1] Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity pisku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění vyhlášky 292/2006 Sb.
- [2] Guidelines for Safe Recreational-water Environments, Vol. 2: Swimming Pools, Spas and Similar Recreational-water Environments. WHO, Geneva 2006.
- [3] Massin, N. et al: Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools. *Occup Environ Med* 1998, 55: 258-263.
- [4] Hery, M. et al: Exposure to chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools. *Ann. Occup. Hyg.*, 39: 427-439, 1995.
- [5] Bernard, A. et al: Lung hyperpermeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance at indoor chlorinated swimming pools. *Occup Environ Med* 2003, 60: 385-394.
- [6] Thickett, K. M. et al: Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. *Eur Respir J* 2002, 19: 827-832. ■