

# Cryptosporidium a Giardia – přehled vodárenské problematiky za první desetiletí po událostech v Milwaukee (USA)

Petr Dolejš

## Klíčová slova

*Cryptosporidium – Giardia - pitná voda - úprava vody - hygiena vody - membránové procesy - desinfekce*

## Souhrn

**Cryptosporidium a Giardia jsou již zhruba jedno desetiletí jedním z hlavních témat, o která se zajímá hygiena a úprava vody. Článek shrnuje poznatky dosažené v této oblasti za deset let od tragických událostí v Milwaukee, kdy bylo zasaženo kryptosporidiózou z pitné vody na 400 tisíc obyvatel. Uvádí také, jak tyto události ovlivnily další vývoj v oblasti vodárenských technologií a chápání nezávadnosti pitné vody.**

## Úvod

Problematika parazitických prvoků *Cryptosporidium* a *Giardia* je v centru pozornosti vodárenských odborníků, badatelů i vodárenských firem již zhruba jedno desetiletí. Za tu dobu bylo dosaženo významných pokroků v poznání jejich výskytu ve vodách a možností jejich separace při úpravě vody. Mnoho otázek však stále zůstává a na celém světě běží velké množství projektů, které se této problematice věnují.

Lisle a Rose uvádějí [1], že do roku 1995 bylo v USA dokumentováno 5 velkých epidemií kryptosporidiózy, zatímco ve Velké Británii jich bylo dokumentováno dokonce 8. V osmdesátých letech proběhlo v Severní Americe několik velkých nákaz, například v roce 1983 v New York City, 1984 v Braun Station v Texasu, 1986 v Albuquerque v Novém Mexiku, v roce 1987 byl infikován plavecký bazén v Los Angeles. Potom se nákaza opět objevila v roce 1992 v Medford a Talent v Oregonu (3 000 - 15 000 případů) a v Pensylvánii (522 případů). Také v Kanadě byla zaznamenána epidemie v Kitchener-Waterloo v Ontariu (1 000 případů), a to i přes to, že zde byla voda upravována též ozonizací. V r. 1987 bylo v Georgii nakaženo 13 tisíc osob. **Dosud nejvýznamnější případ infekce byl zaznamenán v Milwaukee (Wisconsin, USA). Bylo infikováno více než 400 000 osob, z nichž bylo více než 4 000 hospitalizováno a kryptosporidióza byla příčinou 54 až 100 úmrtí v přímé souvislosti s touto nejrozsáhlejší infekcí z pitné vody v historii USA [2].** Ukazuje se, že právě události v Milwaukee daly významný podnět výzkumu výskytu těchto parazitů ve zdrojích surové vody a ke studiu následné separace kryptosporidií a giardií při vodárenské úpravě. Tato událost měla také přímou souvislost se zpřísněním legislativy upravující kvalitu pitné vody v USA (SDWA – Safe Drinking Water Act).

V našich podmínkách se nám na tuto situaci podařilo vcelku pružně zareagovat a již v roce 1996 jsme spolu s Parazitologickým ústavem AV ČR získali první výzkumný grant MZe (projekt NAZV č. 0960986669 v letech 1996-1998), který nám umožnil se touto problematikou výzkumně zabývat i u nás, byť s jednorozčným přerušením před udělením nynějšího druhého grantu NAZV-QC0255 na kterém pracujeme od roku 1999, a který trvá do poloviny roku 2004.

## Historie

*Cryptosporidium* bylo poprvé popsáno v r. 1907. *Cryptosporidium* je prvok parazitující na člověku, savcích, ptácích, rybách a plazech. Má komplikovaný životní cyklus s řadou forem, z nichž nejdůležitější je forma oocyst s průměrem 4-6 mm, jež obsahují infikované sporozoidy. Oocysty mohou - na rozdíl od uvolněných sporozoidů - při optimálních podmínkách přežívat řadu měsíců. větší zájem o tuto problematiku se však projevil až v r. 1971 ve spojení s průjmovým onemocněním krav. **V r. 1976 byly zaznamenány první případy onemocnění kryptosporidiózou u lidí,** resp. se tyto případy podařilo ve spojitosti s tímto parazitem odhalit. Více podrobností je možné nalézt v domácí literatuře např. v publikaci Ditricha [3].

## Nákazy v ČR

Dodnes panuje přesvědčení, že velká řada případů, které nejsou spojeny s epidemickým výskytem kryptosporidiózy, zůstává i ve vyspělých zemích neodhalena. Vzhledem k tomu, že neexistuje žádná účinná terapie kryptosporidiózy, odolní jedinci s ní většinou úspěšně bojují jen aktivací vlastních obranných mechanismů, zatímco velmi oslabení jedinci mohou i zemřít. **Při analýze příčin dosavadní absence epidemií vodních kryptosporidióz v ČR dojdeme k tomu, že systém vyšetřování klinických vzorků i způsob hlášení kryptosporidióz v ČR nezaručuje podchycení epidemií kryptosporidióz z vody.** Pokud by případná epidemie byla vůbec zaznamenána, pak by se mohla v hlášení nejspíš objevit jako akutní gastroenteritis neznámého původu. Ve světě tomu tak obecně není a jak již bylo uvedeno, například ve Velké Británii či USA se „vodní“ kryptosporidiózy vyskytují. Lze však najít i jisté rozdíly mezi Velkou Británií a ČR (počet hospodářských zvířat a způsob chovu, klimatické podmínky, způsob úpravy vody atd.), které naznačují, že počet skutečných epidemií z pitné vody v ČR by přeci jen mohl být nižší než ve Velké Británii.

## Výskyt ve vodách

Je samozřejmé, že velká pozornost byla hned od počátku intenzivního studia vodárenských aspektů existence kryptosporidií a giardií věnována mapování jejich výskytu, jak co do místa, tak co do jejich počtů. Velmi brzy bylo jasné, že tyto organismy se vyskytují v tak malých koncentracích, že analýza bude jedním z hlavních problémů jejich studia.

Navíc se ukazuje, že běžné indikátory mikrobiálního znečištění vody nevypovídají téměř nic o koncentraci *Cryptosporidium* či *Giardia* ve vodě. Vzhledem k tomu, že infekční dávka je velmi nízká, je zapotřebí použít k detekci takovou metodu, která umožňuje stanovit již velmi nízké koncentrace hledaných organismů na pozadí podstatně větších koncentrací jak jiných organismů, tak anorganických zákalotvorných látek a jiných balastních látek, které ze při separaci v primárním filtru zachytí. Protože běžné koncentrace kryptosporidií a giardií se pohybují v řádu stovek jedinců na sto litrů vzorku, zhruba se jedná o potřebu nalezení jednoho organismu na pozadí miliónu organismů jiných (např. primárních producentů). Z tohoto důvodu je nezbytné použít relativně náročných koncentračních a poté následných laboratorních separačních postupů.

Prvním stupněm je filtrace velkých objemů vody (500 - 2000 litrů). Používá se k tomu např. filtrační patrona z polypropylenového vlákna, je sledován také tlak a průtok v průběhu filtračního cyklu. Poté jsou z filtru vymyty zachycené částice, eluát je postupně odstředován, a dále zpracováván separačními postupy v několika krocích, čímž jsou odděleny částice jiné než oocysty. V zahuštěném vzorku jsou mikroskopicky zjišťovány oocysty většinou s použitím fluoreskující protilátky.

Z těchto potíží plyne i snaha o hledání nějakého snáze analyticky postizitelného zástupného organismu. Je možno nalézt práce, např. [4], které vycházejí ze vzorků o objemu 1000-2000 l upravené vody, a které prokázaly významné statistické vztahy mezi počty *C. parfringens*, enteroviry, cystami a oocystami prvoků. *C. parfringens* se tak podle nich jevil jako vhodný indikátor kvality úpravy pitné vody. Případný průkaz *C. parfringens* v upravené vodě (před desinfekcí i po desinfekci) signalizuje nedostatečnou účinnost úpravy. Volba *C. parfringens* jako indikátoru jakosti pitné vody vychází z toho, že má výlučně fekální původ, je odolné k vlivům prostředí a má anaerobní charakter metabolismu, takže se v prostředí obvykle nemnoží. V tom lze spatřovat jeho největší potenciální indikátorový přínos. Tomuto tématu se u nás věnoval i Šašek a kol. [5]. Řada výsledků z poslední doby však ani ve světě zdaleka nepřinášejí přesvědčivé výsledky, podporující tento „indikátorový záměr“. Jsou to např. práce Chaureta a kol. [6], Fergussona a kol. [7] a Hawkinse a kol. [8]. Poslední uvedený autor na velmi rozsáhlém souboru dat prokázal nulovou korelaci mezi výskytem *C. parfringens* na straně jedné a cystami a oocystami uvedených prvoků na straně druhé.

Naše výsledky sledování lokalit v ČR ukazují, že jen na dvou lokalitách povrchových vod jsme ve vzorcích nenašli ani kryptosporidie ani giardie. Z našich výsledků dále vyplývá, že s pravděpodobností kolem 90% je možné předpokládat, že v našich běžných povrchových vodách bude možno nalézt koncentrace řádu několika stovek cyst nebo oocyst na 100 litrů vody. To je ve shodě s podobnými sledováními prováděnými v Austrálii [8], Německu [9] a v USA [10]. **Z toho je tedy možné shrnout, že s koncentrací stovek cyst či oocyst na 100 l surové vody je třeba počítat i při provozu většiny našich úprav vody.**

## Separace při úpravě vody

Když zhruba víme, jaká je frekvence výskytu cyst a oocyst parazitických prvoků na našich povrchových vodách (a vyskytují se i v některých podzemních vodách pod přímým vlivem vod povrchových), musíme se ptát, **jakou potřebujeme účinnost jejich separace při úpravě vody?**

Doposud jediný údaj o jejich přípustné koncentraci je v legislativě platné v Anglii a Walesu, kde je limit stanoven na 10/100 litrů. Před-

psána je také doba vzorkování, které musí být kontinuálně prováděno 23 hodin každý den (zbyvajících jedna hodina je na práci s odběrovou aparaturou). Filosofie této právní úpravy vychází mj. také z toho, že bytí je zaměřena na kryptosporidium, souběžně je tím též řešena problematika všech dalších kontaminantů fekálního původu, protože kryptosporidium je organismus nejvíce odolávající separaci i desinfekci. Čili, nebude-li ve vzorcích nalezeno kryptosporidium, nebudou tam ani jiné fekální kontaminanty.

Požadavky v USA jsou vedeny poněkud jiným přístupem a vycházejí částečně z koncentrací kryptosporidií v surové vodě. Za základ je bráno riziko nákazy spotřebitele pitné vody, které je menší než 1/10 000 a pro toto riziko vycházejí maximální koncentrace oocyst  $3 \times 10^{-2} / 1000$  litrů [11]. Na tomto základě je pak předepisována požadovaná separační účinnost celé technologické linky, která se určuje z aditivních separačních účinností jednotlivých stupňů [12]. Tak je naplňován jeden z aspektů požadavku na aplikace vícenásobných bariér při úpravě pitné vody.

Účinnost odstraňování uvedených patogenů je vyjadřována jako logaritmus podílu koncentrace patogenu po separačním procesu (N) a před ním ( $N_0$ ):

$$\log \text{odstranění} = \log N/N_0.$$

To znamená, že výsledek  $\log 1$  (resp. 1 log) vyjadřuje 90% odstranění, či desetinásobné snížení koncentrace, tj. snížení o 1 řád. Odstranění 99 % potom odpovídá  $\log 2$  a jedná se tedy o snížení koncentrace o 2 řády.

Tato statická a nespecifická pomoc legislativy při koncipování a provozu technologické linky je však vystavena tvrdé realitě, která ukazuje, že separační účinnost se i u podobných jednotkových operací může velmi lišit. Podrobná studie účinnosti filtrace na odstraňování kryptosporidií ukázala, že zatímco jedna technologická linka (Ottawa, Kanada) vykazovala celkovou účinnost 5 log, velmi podobná linka, kterou provozuje Metropolitan Water District (Kalifornie) měla separační účinnost jen 3 log [13]. Tato studie se zabývala jak koagulací a její optimalizací, předoxidací, tvorbou suspenze a také všemi fázemi filtrace, a to také v poloprovozním měřítku. Také se pokusila poprvé definovat kritérium tzv. robustnosti procesu, které představuje schopnost procesu udržet si separační účinnost i při provozních výkyvech. Další literatura uvádí dnes již téměř nespočetné množství dalších výsledků studia separační účinnosti jednotlivých operací. **Souhrnně je možné říci, že v literatuře je možné nalézt dostatek důkazů pro závěr, že na celkovou účinnost separace se uplatňuje tolik vlivů, kolik si jich jen dokážeme představit. To znamená, že k dosažení vysoké separační účinnosti je nezbytné přistupovat individuálně na každé úpravě, a to i vzhledem ke kvalitě surové vody v dané lokalitě.**

## Membránové procesy (ještě separace nebo již desinfekce?)

Jako velmi dobrá metoda odstraňování parazitických prvků se jeví membránové filtrace, protože vykazuje výbornou účinnost jejich odstranění. Většinou rozšíření této metody však v praxi zatím poněkud brání novost tohoto procesu při aplikacích v úpravě pitné vody a s tím spojená malá informovanost ve vodárenské veřejnosti a zejména mezi těmi, kdo rozhodují.

Haas a kol. [14] měli k dispozici celkem 5 studií, zabývajících se mikrofiltrací a odstraňováním kryptosporidií. Vyhodnocením dospěli k závěru, že při mikrofiltraci dochází k odstranění v řádu do 6,1 log. Obdobná situace byla i při hodnocení ultrafiltrace, kdy byly celkem k dispozici 3 práce. Vyhodnocením získali rozpětí odstraňování kryptosporidií o 4,3 až 7 řádů. **Je možno říci, že pokud nedojde k porušení integrity membrán, jsou membránové procesy (od mikrofiltrace až po reversní osmózu) považovány za absolutní bariéru cystám i oocystám prvků.** Účinnost těchto procesů je totiž tak vysoká, že naráží na analytické možnosti stanovit např. jednu oocystu ve stovkách tisíců litrů vody. Proto je řadou autorů membránová separace (od ultrafiltrace po reversní osmózu) považována současně za desinfekci.

## Chemická desinfekce

Použitelnost desinfekce je limitována účinností jednotlivých desinfekčních činidel a vznikem nebezpečných meziproductů při požadované míře inaktivace organismů.

Nízkou účinnost chlorace zjistil např. Oppenheimer a kol. [15]. Infektivita myší prokázala snížení životaschopnosti oocyst *C. parvum* o 0,3 - 0,4 řádu po desinfekci chlórem v dávkách 2,5 a 7,5 mg/l a době jeho působení 45 minut. Z výsledků Koriche [16, 17] zjišťovaných pomocí excystace vyplývá, že dávka 4,8 mg/l chlornanu sodného (120 min) dokonce zvyšovala životaschopnost oocyst, dávka 80 mg/l s dobou působení 30 a 60 minut snižovala životaschopnost oocyst (0,3 log).

Ozonizace může být v některých případech částečně účinnou metodou při odstraňování kryptosporidií, její účinnost však závisí na použi-

té resp. použitelné koncentraci ozónu a dále je ovlivňována kvalitou vody, především pH, teplotou, základem a obsahem přirozených organických látek (Singer a Reckhow, [18]). Při tomto procesu mohou vznikat nežádoucí dezinfekční meziproducty.

Souhrnně je možné říci, že klasická chemická desinfekce chlorací nemá na inaktivaci cyst a oocyst prvků žádný účinek. Ozonizace (či použití oxidu chloričitého) je pouze doplňkovým postupem, který jen velmi těžko sám zabezpečí nezávadnost upravené pitné vody vzhledem k tomuto typu znečištění.

## UV záření

Studie, kterou publikovala Clancy a kol. [19] prokázala, že UV záření eliminuje infektivitu oocyst kryptosporidií při použitých dávkách záření (až 40 mJ/cm<sup>2</sup>). Později však bylo zjištěno, že středotlaké UV záření o dávce 19 mJ/cm<sup>2</sup> vedlo k inaktivaci oocyst o 3,9 řádu, Bukhari a kol., [20], tzn., že bylo poprvé prokázáno, že UV záření může být účinnou a zároveň nákladově konkurenceschopnou metodou inaktivace kryptosporidií ve vodách upravovaných na vodu pitnou.

Další studie také ukázaly, že pulsní UV záření je velmi efektivní metodou inaktivace oocyst kryptosporidií a vedly dále k tomu, že byla testována nízko- a středotlaká UV zařízení, která se ukázala jako velmi účinná při inaktivaci kryptosporidií i při použití podstatně nižších dávek [21,22]. Byl vyvinut i speciální nízkotlaký systém pro malé úpravní vody (UV lampa ve tvaru U zabudovaná šikmo v ocelovém korytku; voda vlivem gravitace protéká korytkem pod výbojkou, aniž se jí dotýká, potřebná průměrná doba zdržení je 15 sekund a výkon UV výbojky 120 mJ/cm<sup>2</sup> u vod s nízkými hodnotami zákalu).

Bylo však třeba zodpovědět s tím související otázku, a to, zda UV záření bude stejně účinné pro různé kmeny a genotypy kryptosporidií, tzn., zda použití tohoto způsobu dezinfekce je univerzální. Na základě různých studií, které používaly obvykle vždy pouze jeden jediný kmen, bylo zřejmé, že infektivita různých kmenů se značně liší (běžně se lišila o 2 řády [23]) a bylo tedy třeba zjistit, zda tyto různé kmeny vykazují i odlišnou citlivost na UV záření. Bylo prokázáno, že citlivost různých kmenů se značně odlišnou infektivitou se prakticky neliší a všechny jsou vůči UV záření velmi citlivé. Z toho bylo vyvozeno, že vysoký stupeň ochrany před kryptosporidii v pitné vodě lze v 21. století spolehlivě zajistit pouze použitím jediného dezinfekčního prostředku, a to UV záření. Je však třeba podotknout, že před všeobecnou akceptací tohoto závěru je třeba pokračovat v detailním výzkumu, protože dosud nebyly zkoumány kmeny, jež jsou infekční výhradně pro člověka. Lze však předpokládat, že jejich citlivost vůči UV záření bude obdobná.

Je zřejmé, že **na základě současných poznatků je třeba začít ve vodárenství uvažovat o využití desinfekce UV zářením jako technologické operace, která vhodně doplňuje snahu o aplikaci vícenásobných bariér k odstraňování kontaminantů při úpravě pitné vody a možná také o postupném posunu od chemické desinfekce k dezinfekci fyzikálními prostředky.** To, zda tento způsob bude možné univerzálně použít jako jediný, je třeba ještě dále ověřovat.

## Závěr

Vodárensky tragické události v Milwaukee byly svým způsobem mezínikem a spouštěcím mechanismem pro velmi intenzivní výzkumnou, normotvornou a provozní činnost, která vedla v tak konzervativním oboru, jakým je vodárenství, k relativně rychlému a významnému posunu v přístupech k procesům úpravy a v kvalitě upravené pitné vody v celém vodárensky rozvinutém světě. Postupně bylo zjištěno, že problematika parazitických prvků *Cryptosporidium* a *Gairdia* se týká celého světa a klasické desinfekční postupy založené na chloraci nepřinášejí žádná řešení. Proto bylo třeba napřít pozornost ke zlepšování a optimalizaci jak známých separačních a desinfekčních procesů, tak k vývoji nových a k jejich hodnocení z hlediska schopnosti odstraňovat z vody tyto prvky. Cysty giardií a oocysty kryptosporidií se staly někdy téměř klíčovými bodem v posuzování kvality technologické linky úpravy a jsou nesporně velmi významným parametrem posuzování všech úpraven povrchové vody a podzemní vody pod přímým vlivem vody povrchové. Problematika těchto nebezpečných prvků přináší s sebou také podporu pro významné technologické inovace a aplikace, jakými jsou např. membránové procesy a desinfekce UV zářením. Postupně nás nutí přehodnocovat některá vodárenská paradigma a věnovat se ještě hlouběji všem procesům, které probíhají při úpravě vody.

## Poděkování

Tato publikace byla vytvořena s podporou grantu uděleného MZe ČR - Národní agenturou pro zemědělský výzkum pod číslem NAZV-QC0255. Na řešení se významně podíleli RNDr. Oleg Ditrich, CSc. a RNDr. Dana Květoňová (PaÚ AV ČR) a Dr. Ing. Tomáš Machula a Ing. Nataša Kalousková, CSc. (W&ET Team).

## Literatura

- [1] Lisle, J. T.; Rose, J. B. (1995): *Cryptosporidium* contamination of water in the USA and UK: a mini-review. *J. Water SRT - Aqua*, 44, No. 3, 103–117.
- [2] Hoxie, N. J. a kol. (1997): Cryptosporidiosis-associated mortality following a massive waterborne outbreak in Milwaukee, Wisconsin. *Am. J. Public Health*, 87, No.12, 2032-2035.
- [3] Ditrich, O. (1998): Ohrožují nás giardie, kryptosporidie a cyklospory v pitných vodách?, *Vodní hospodářství*, 48, č. 4, str. 78 – 81.
- [4] Payment, P.; Franco, E. (1993): *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in filtered drinking water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 59, No. 8, 2418-2424.
- [5] Šašek, J.; Pumann, P.; Kožíšek, F.; Ditrich, O.; Dolejš, P.: *Clostridium perfringens* jako indikátor kvality pitné vody. Sborník konference s mezinárodní účastí Pitná voda, s. 73-79. SvF STU Bratislava 2002.
- [6] Chauret, CH., a kol. (1995): Correlating *Cryptosporidium* and *Giardia* with microbial indicators. *J. AWWA*, 76-84, November 1995.
- [7] Ferguson, CH. a kol. (1996): Relationship between indicators, pathogens and water quality in an estuarine system. *Water Research*, Vol. 30, No. 9, 2045-2054.
- [8] Hawkins, P. R. a kol. (2000): Understanding the fate of *Cryptosporidium* and *Giardia* in storage reservoirs: a legacy of Sydney's water contamination incident. *J. Water SRT - Aqua*, 49, No. 6, 289–306.
- [9] Karanis, P. a kol. (1998): Distribution and removal of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water supplies in Germany. *Wat. Sci. Technol.* 37, 9-18.
- [10] LeChevallier, M.W., Bortin, W. D. (1995): *Giardia* and *Cryptosporidium* in raw and filtered water. *J. AWWA*, 87, 54.
- [11] Haas, C. N. a kol. (1996): Assessing the risk posed by oocysts in drinking water. *J. AWWA*, 88, No. 9, 183-193.
- [12] US EPA (U.S. Environmental Protection Agency) 1998: National Primary Drinking Water Regulations: Interim Enhanced Surface Water Treatment; Final Rule. *Fed. Reg.*, 63, (241), 69478-69521.
- [13] Huck, P.M. a kol. (2002): Filter Operation Effects on Pathogen Passage. *AWWA RF*, Denver, CO.
- [14] Haas, C. N.; French, K.; Finch, G. R.; Guest, R. K. (2001): Data Review on the Physical/Chemical Removal of *Cryptosporidium*. *AWWA RF*, Denver, CO.
- [15] Oppenheimer, J. A.; Aieta, E. M.; Jacangelo, J. G.; Najim, I. (1997): CT requirements for disinfection of *Cryptosporidium* in natural waters. In: *Procc. AWWA Water Quality Technology Conf.*, AWWA, Denver, CO.
- [16] Korich, D. G. (1989): Chlorine and ozone inactivation of *Cryptosporidium* oocysts. In: *Procc. AWWA Water Quality Technology Conf.*, AWWA, Philadelphia, PA.
- [17] Korich, D. G. (1990): Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* oocyst viability. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56(5): 1423-1428.
- [18] Singer, P.C.; Reckhow, D. A. (1999): Chemical oxidation. In: *Water Quality and Treatment, A Handbook of Community Water Supplies* (R.D.Letterman, ed.). McGraw Hill, New York.
- [19] Clancy, J. L.; Hargy, T. M.; Marshall, M. M.; Dyksen, J. E. (1998): Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water using ultraviolet light. *J.AWWA*, 90(9): 92-102.
- [20] Bukhari, Z.; Hargy, T. M.; Bolton, J. R.; Dussert, B.; Clancy, J. L. (1999): *Cryptosporidium parvum*: oocyst excretion and viability patterns in experimentally infected lambs. *Epidemiol.Infect.*, 119:105-108.
- [21] Clancy, J. L.; Bukhari, Z.; Hargy, T. M.; Bolton, J. R.; Dussert, B.; Marshall, M. M. (2000): Using UV to inactivate *Cryptosporidium*. *J.AWWA*, 92(9): 97-104.
- [22] Craik, S. A.; Weldon, D.; Finch, G. R.; Bolton, J. R.; Belosevic, M. (2001): Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts using medium- and low-pressure ultraviolet radiation. *Water Res.*, 35(6): 1387-1398.
- [23] Clancy J. L.; Hargy T. M.; Battigelli D. A.; Marshall M. M.; Korich D. G.; Nicholson W. L. (2002): Susceptibility of Multiple Strains of *C. parvum* to UV Light. *AWWARF a AWWA*, Denver, CO.

Doc. Ing. Petr Dolejš, CSc.  
W&ET Team, Box 27, 370 11 České Budějovice  
a Fakulta chemická VUT, Brno  
e-mail: petr.dolejs@cmail.cz

---

### Key Words

*Cryptosporidium* – *Giardia* - pitná voda - úprava vody - hygiena vody – membránové procesy - desinfekce

---

*Cryptosporidium* and *Giardia* – overview of water supply technology and policy in first decade after Milwaukee (Dolejš, P.)

***Cryptosporidium* a *Giardia* are about a decade one of hot themes of water hygiene and treatment technology. The review presents, what has happened in ten years time period after Milwaukee crypto case, in which about 400 000 customers were suffering from cryptosporidiosis. It is summarised, how this case influenced developments in different treatment technologies and also our understanding microbial water quality.**

---