

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta tropického zemědělství

Katedra udržitelných technologií



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta tropického
zemědělství**

Technologie purifikace vody s využitím nanočástic stříbra v TS

Bakalářská práce

Praha 2015

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Krepl, CSc.

Vypracovala:

Carolina Vosátková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra udržitelných technologií

Fakulta tropického zemědělství

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Carolina Vosátková

Trvale udržitelný rozvoj tropů a subtropů

Název práce

Technologie purifikace vody s využitím nanočástic stříbra v TS

Název anglicky

Water purification technologies by utilization of silver nanoparticles in TS

Cíle práce

Cílem této práce je porovnat nejvyužívanější purifikační technologie vody s technologiemi, které využívají nanočástice stříbra. Zhodnotit jejich účinnost, efektivitu a snadnou údržbu, která je vyžadována v zemích s nedostatkem financí a energetickými zdroji. Hlavní cíl je analyzovat technologie využívající nanočástice stříbra v purifikačních technologiích v oblastech globálního jihu. Porovnání běžných čistících technologií v RZ s technologiemi Ag zejména na základě udržitelnosti, účinnosti a finanční náročnosti. Dále navrhnout možná řešení dalšího využití nanočástic stříbra v čištění vody v daných oblastech.

Metodika

Zpracování literární rešerše ze zdrojů literatury, vědeckých článků a výročních zpráv pomocí vědeckých databází: Science Direct, Scopus, Web of Science, ProQuest Central, Google Scholar, JIB.

Doporučený rozsah práce

60-70 stran

Klíčová slova

purifikace vody, pitná voda, nanočástice stříbra, rozvojové země

Doporučené zdroje informací

Van Halem D, Laan H, Heijman SGJ, Dijk JC, Amy GL. 2009. Assessing the sustainability of the silver-impregnated ceramic pot filter for low-cost household drinking water treatment. *Physics and Chemistry of the Earth* 34: 36-42.

Virender KS, Yngard RA, Lin Y. 2008. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science* 145: 83-96.

WHO, UNICEF. 2014. Progress on Drinking Water and Sanitation. Available at http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112727/1/9789241507240_eng.pdf:

WHO. 2007. Combating waterborne disease at the household level. Available at http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease.pdf?ua=1.

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

doc. Ing. Vladimír Krepl, CSc.

Elektronicky schváleno dne 15. 4. 2015

doc. Ing. Jan Banout, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2015

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem tuto práci na téma: Technologie purifikace vody s využitím nanočástic stříbra v TS, vypracovala samostatně a všechny použité literární prameny jsem řádně uvedla v referencích.

V Praze dne

.....

Carolina Vosátková

Poděkování

Touto cestou bych přednostně ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Kreplovi, CSc. za poskytnuté rady a věnovaný čas. V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat firmě Bárta a Cihlář, spol. s r.o. za cenné informace, kooperaci, konzultaci, zajištění studijních materiálů a fotografických záznamů. Závěrečné a speciální poděkování patří mé rodině a příteli, kteří mě s láskou podporují ve všem, co dělám.

ABSTRAKT

Nedostatečný přístup ke zdrojům pitné vody je jeden z největších problémů rozvojových zemí. Z tohoto důvodu je nezbytné pro zajištění dostatku čisté vody zavést účinné prostředky a dále rozvíjet purifikační technologie. Hlavním principem je dosažení zvýšení efektivnosti, snížení finanční náročnosti a zajištění technologické jednoduchosti, zaručující správnou funkčnost a snadnou údržbu i v oblastech s minimálním technickým a energetickým zázemím. Podpora alternativních technologií a prosazování zcela nových progresivních přístupů v této oblasti, vede taktéž ke snížení rizika vzniku závažných ekologických dopadů. Díky tomu je zavádění těchto nových principů a postupů v praxi také klíčem k zajištění udržitelné budoucnosti. Rozšíření používání nanočástic v praxi jde ruku v ruce s celosvětovým růstem a rozvojem nanotechnologií, které již neslouží výhradně k účelům kosmického a jaderného výzkumu, ale stále častěji nacházejí nová uplatnění v široké škále běžných činností. Nanočástice se tak začínají stále více užívat v oblastech jako je právě čištění a úprava pitné vody. První část této práce se věnuje přehledu a seznámení s nejčastěji používanými technologiemi, které slouží k úpravě pitné vody v rozvojových oblastech v současné době. Druhá část se zaměřuje na využití nanočástic stříbra jako dezinfekčního prostředku s baktericidními a fungicidními vlastnostmi objevující se čím dál více v nových purifikačních technologiích. Závěr práce je zaměřen na komparaci přístupů s využitím a bez využití nanočástic Ag, poukazuje na výhody a nevýhody s používáním částic stříbra v dosavadní praxi.

KLÍČOVÁ SLOVA:

purifikace vody, pitná voda, nanočástice stříbra, rozvojové země

ABSTRACT

Lack of access to resources for drinking water is one of the biggest challenges facing developing countries. For this reason, it is necessary to ensure a supply of clean water and introducing effective measures to further develop purification technologies. The main principle is to achieve increased efficiency, lowering the financial burden and ensure technological simplicity, ensuring the functionality and ease of maintenance as well as in areas with minimal technical and energy facilities. Promotion of alternative technologies and the promotion of a completely new progressive approaches in this area, also leads to a reduction in the risk of serious environmental impacts. Thanks to the introduction of these new principles and processes in practice also key to ensuring a sustainable future. Extending the use of nanoparticles in practice goes hand in hand with global growth and development of nanotechnology, which is no longer used exclusively for the purposes of space and medicine research, but increasingly found new applications in a wide range of normal activities. Nanoparticles are beginning to increasingly use in areas such as being clean and potable water treatment. The first part of my bachelor thesis deals with drinking water purification technologies used in the present. The second part is focused on silver nanoparticles and utilization in developing countries. The conclusion is a comparison of different colloidal silver technologies in drinking water treatment.

KEY WORDS:

purification of water, drinking water, nanoparticles of silver, developing countries

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. CÍL PRÁCE.....	2
3. METODIKA.....	3
4. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	4
4.1 Úvod do literární rešerše	4
4.2 Znečištěná voda a zdravotní rizika.....	4
4.3 Purifikace vody v rozvojových zemích.....	5
4.3.1 Filtrace	6
4.3.1.2 Písková Filtrace	7
4.3.2 Membránové procesy.....	8
4.3.3 Převaření	9
4.3.4 Purifikace chlorem.....	10
4.3.5 Purifikace UV zářením	11
4.4 Nanočástice stříbra	13
4.4.1 Koloidní stříbro.....	14
4.4.2 Historie Stříbra.....	15
4.4.3 Využití stříbra	16
4.4.4 Účinky stříbra na člověka	17
4.4.5 Příprava Koloidního stříbra	17
4.4.6 Stříbro a jeho účinnost	19
4.5 Technologie využívající nanočástice stříbra	20
4.5.1 Keramický filtr s Ag	20

4.5.2	Filtr s ionty stříbra.....	24
4.5.3	SilverDYNE.....	24
4.5.4	Aqua Salveo kapky	25
5	DISKUZE.....	26
6	ZÁVĚR.....	30
7	REFERENCE	32

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vliv teploty vody na rozpustnost chloru.....	11
Tabulka 2: Porovnání keramických filtrů.	20
Tabulka 3: Porovnání hlavních technologií v RZ.....	27
Tabulka 4: Efektivnost technologií.....	29

Seznam obrázků (grafů)

Obrázek 1: Ukázka hliněného filtru.....	6
Obrázek 2: Umístění Schmutzdecke v pískové filtraci.....	7
Obrázek 3: Princip metody SODIS.....	12
Obrázek 4: Ukázka nanočástic stříbra a jejich působení na bakterii	16
Obrázek 5: Obrázky buňky E Coli.....	19

Seznam zkratkou použitých v práci

Ag - stříbro

°C - stupně celsia

CAWST - Centre for Affordable water and Sanitation technology (Centrum podpory přijatelných technologií pro vody a hygienu)

cca - cirka

CO₂ - Oxid uhličitý

ČNB - Česká Národní Banka

ČR - Česká Republika

Cm - centimetr

DEMI - demineralizovaná

DNA - Deoxyribonukleová kyselina

EAWAG - Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Švýcarský Federální Institut Vodní Vědy a Techniky)

EU - Evropská Unie

H₂O - voda

HIV - Human Immunodeficiency Virus (Virus lidské imunitní nedostatečnosti)

Kč - Koruna česká

km - kilometr

KS - Koloidní Stříbro

kW - kilowatt

kWh - kilowatthodina

l - litr

m – metr

min - minuta

mg - miligram

ml - mililitr

MZ - Ministerstvo Zdravotnictví

MZe - Ministerstvo Zemědělství

NF - nanofiltrace

NTU - Nephelometric Turbidity Units (nefelometrické jednotky zákalu)

OSN - Organizace Spojených Národů

PET - polyethylentereftalát

pH – míra kyselosti/ zásaditosti

ppm - parts per million (jedna miliontina celku)

RO - Reverzní Osmóza

RZ - Rozvojové Země

SANDEC - Department of Water and Sanitation in Developing Countries at EAWAG
(Oddělení pro Vodu a Sanitární zařízení v Rozvojových zemích na EAWAG)

Sb. – Sběrka zákonů

SODIS - Solar Water Disinfection (Solární vodní dezinfekce)

SZÚ - Státní zdravotní ústav

tj. – také jinak

µg - mikrogram

µm - mikrometr

UF - ultrafiltrace

UN - United Nations (OSN)

UNICEF - United Nations International Children Fond (Dětský fond OSN)

UV - Ultrafialové záření

ÚV - Úpravna vody

WHAI - World Health Alliance International (Mezinárodní Světová Zdravotnická Aliance)

WHO - World Health Organization (Světová Zdravotnická Organizace)

1. ÚVOD

Voda je jeden z nejzákladnějších přírodních živlů na této planetě. V mnoha případech jí můžeme vnímat jako nezkrotnou, neovladatelnou a často ničivou přírodní sílu. Tento přírodní element je velmi důležitý pro lidský blahobyt a udržitelný sociálně-ekonomický rozvoj. Bez vody bychom neměli nic, žádný život, žádné jídlo, žádnou společnost, žádnou budoucnost. Bez vody, by nebyla Země, tím čím je.

Nároky na vodu, a především pitnou vodu se neustále zvyšují s potřebou rostoucí populace, ekonomikou, životním stylem a vyvíjecími se spotřebními vzorci. V dnešní době nemá na Zemi přístup k pitné vodě 750 milionů lidí, což je každý devátý člověk na této planetě (WHO & UNICEF, 2014).

Největší nedostatek pitné vody je především v rozvojových zemích Asie, Centrální a Jižní Ameriky a Afriky. V těchto oblastech je potřeba zajistit efektivní a ekonomicky výhodné technologie, pro snadnou úpravu vody. Zejména v oblasti rozvojových zemí, jsou ve vodě stále přítomny patogeny, které je těžké odstranit. Pitná voda kontaminovaná bakteriemi, viry, chemikáliemi a těžkými kovy je hlavní příčinou nemocí v rozvojových zemích. V důsledku konzumace závadné vody umírá kolem osmi set čtyřicet tisíc lidí ročně, což je přibližně dva tisíce tři sta lidí denně. Konzumace znečištěné vody tedy každým rokem bere více životů než války či AIDS (Prüss-Üstün et al., 2014).

Globální hrozba nedostatku pitné vody a touha po dosažení ekologicky šetrnějších technologií je a bude řešící se problematikou. Proto je důležité nepodceňovat vývoj nových technologií a vzdělávat se v nich. Důvodem vybraného tématu byl zájem o nanočástice stříbra a jejich antibakteriální účinky. Dále možnost spolupráce a konzultace s obchodní společností Bárta a Cihlář, spol. s.r.o. Cílem této práce je zaměřit se na trendy technologií purifikující vodu v rozvojových zemích za použití nanočástic stříbra, a porovnání jejich účinků, náročnosti a dostupnosti.

2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je porovnat nejvyžívanější purifikační technologie vody s technologiemi, které využívají nanočástice stříbra. Zhodnotit jejich účinnost, efektivitu a snadnou údržbu, která je vyžadována v zemích s nedostatkem financí a energetickými zdroji. Hlavní cíl je analyzovat technologie využívající nanočástice stříbra v purifikačních technologiích v oblastech globálního jihu. Porovnání běžných čistících technologií v RZ s technologiemi Ag zejména na základě udržitelnosti, účinnosti a finanční náročnosti. Dále navrhnout možná řešení dalšího využití nanočástic stříbra v čištění vody v daných oblastech.

3. METODIKA

Autorka této práce neměla možnosti navštívit oblasti, které využívají nanočástice stříbra jako součást purifikačních technologií vody. Veškeré zde uvedené informace autorka čerpala ze zahraničních zdrojů literatury, vědeckých článků a výročních zpráv. Tyto zdroje byly vyhledávány pomocí vědeckých databází: Science Direct, Scopus, Web of Science, ProQuest Central a JIB. Další relevantní informace z kterých autorka čerpala, jsou výroční zprávy, vědecké práce (celkem 43) a další materiály z oficiálních webových stránek organizací a firem, kteří se zaměřují na purifikaci vody, a to především v rozvojových zemích. Přínosné informace také byly získány díky firmě Bárta a Cihlář, která s autorkou v průběhu psaní konzultovala informace zabývající se KS.

Při zpracování dat byl použit převodní kurz, ze dne 30. 3. 2015 (1 USD= 25,333 CZK), (ČNB, 2015). Hlavním zdrojem informací k sepsání této bakalářské práce byly materiály, které jsou k dispozici v univerzitních a veřejných knihovnách. Zadávanými klíčovými slovy v průběhu vyhledávání informací k sepsání této práce byly: purifikace, pitná voda, nanočástice stříbra, rozvojové země.

Pro vyhodnocení purifikačních technologií byla zásadní jejich účinnost, která sloužila k vytvoření přehledného srovnání efektivnosti jednotlivých metod. Dalším srovnávacím parametrem byla jejich finanční náročnost, která byla právě z důvodu zaměření studie na rozvojové země, parametrem stěžejním. Posledními srovnávacími aspekty, které byly brány v úvahu, jsou rychlost čištění a celková bezpečnost technologie. Právě tyto vlastnosti jsou důležitými faktory pro koncové uživatele, kteří právě kladou důraz na co nejrychlejší způsob purifikace, jednoduchost procesu i související celkovou provozní bezpečnost.

4. LITERÁRNÍ REŠERŠE

4.1 Úvod do literární rešerše

Definice pitné vody vycházející ze Sbírky zákonů České republiky: „*Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání. Hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu pitné vody (dále jen "jakost pitné vody") se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem, nebo jsou povoleny nebo určeny podle tohoto zákona příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví. Hygienické limity se stanoví jako nejvyšší mezní hodnoty, mezní hodnoty a doporučené hodnoty. Doporučené hodnoty jsou nezávazné hodnoty ukazatelů jakosti pitné vody, které stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace dané látky. Za pitnou vodu se nepovažuje přírodní léčivý zdroj a přírodní minerální voda, o níž bylo vydáno osvědčení podle zvláštního právního předpisu“ (Parlament České republiky, 2000).*

Kvalita vody ať již je určena ke konzumaci, využití v domácnosti, zemědělství nebo k rekreačním účelům, má důležitý dopad na zdraví. Voda nepatřičné kvality může způsobit nemoci nebo dalekosáhlejší dopady na naše ekosystémy, které zatím nemusíme vidět. Iniciativa správného hospodaření s vodou podporuje nejen veřejné zdraví, ale také podporuje socioekonomický rozvoj a blahobyt všech živočichů.

4.2 Znečištěná voda a zdravotní rizika

Patogenní mikroorganismy ve vodě jsou hlavní příčinou onemocnění hostitele. Člověk se může dostat do styku s těmito organismy při mytí, koupání se, pití, přípravě jídla nebo konzumace jídla, které bylo v infikované vodě připraveno.

Následkem požití patogenů ve vodě obsažené jsou infekční průjmová onemocnění, vyskytující se především v rozvojových zemích (Jensen et al., 2004). Přestože se těmto

nemocem lze preventivně vyhnout a léčit, nachází se na druhé příčce celosvětového umístění v počtu úmrtí dětí do 5 let (UNICEF & WHO. 2009; UNICEF, 2012). Každý rok na průměrné onemocnění zemře 760 000 dětí mladších 5 let (UNICEF & WHO, 2013). Většina nakažených zemře na následky dehydratace a nedostatku kationtu sodíku. Infekční průměrná onemocnění jsou symptomem ukazující na infekci v trávicím traktu způsobených řadou bakteriálních, virových či parazitických, z nichž se většina může šířit znečištěnou vodou. V závislosti na typu infekce, může být průjem vodový (cholera), nebo s krví (úplavice). Veškeré patogeny, které zapříčiňují kontaminaci pitné vody, viz příloha č. 1.

4.3 Purifikace vody v rozvojových zemích

Jak purifikovat vodu, abychom získali kvalitní pitnou vodu, tím se zabývají nejen rozvojové země. Cílem purifikace je vyhledání ideálního řešení, které bude mít nejlepší výsledky z hlediska zdravotné nezávadnosti, cenové přijatelnosti a náročnosti dané technologie. Během čištění vody se zneškodní a usmrtí choroboplodné zárodky, tím dochází i k určité prevenci před množícími se viry a bakteriemi v pitné vodě. Většina prostředků k purifikaci vody využívá fyzikální či chemické postupy.

Mezi fyzikální metody můžeme zařadit: převaření vody, UV záření, Vodní solární dezinfekci SODIS a filtraci.

K chemickým metodám řadíme: chloraci, ionizaci, purifikaci ozonem, manganistanem draselným, bromem, směsnými oxidanty a nanočásticemi kovů jako jsou právě částice stříbra.

Ideální dezinficiens (dezinfekční prostředek) by měl být rychlý, snadno dostupný a v přístupné cenové relaci.

Ozonizace se nehodí pro většinu rozvojových zemí, pořizovací cena je vysoká a údržba celého systému je příliš náročná. Z tohoto důvodu se autorka touto metodou v práci nezabývá.

4.3.1 Filtrace

Při procesu filtrace protéká kapalina přes určitou porézní překážku, která zachycuje pevné částice. Jednoduchou filtraci používáme jako předčištění před procesy, kde by tyto částice překáželi.

Proces filtrace je znám ve dvou variantách:

- Filtrování skrz zrnitý materiál (hloubková/ objemová filtrace)
- Filtrování přes filtrační překážku

4.3.1.1 Hliněné filtry



Obrázek 1: Ukázka hliněného filtru (Osborne, 2014)

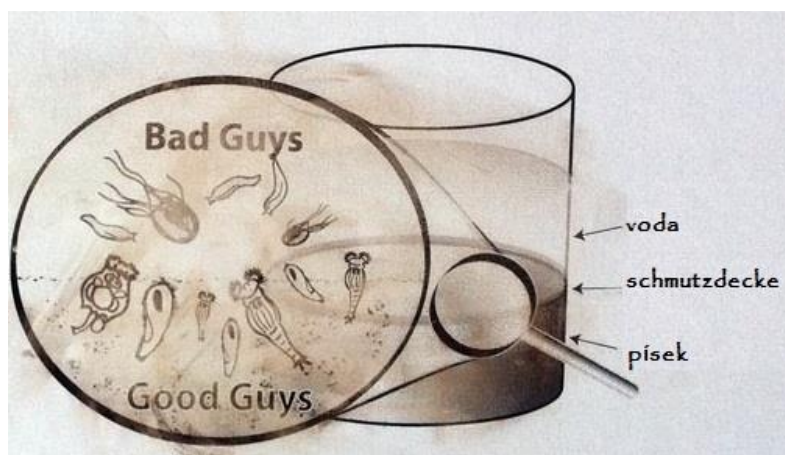
Hliněné filtry plní jak fyzikální, tak i chemické ošetření vody. Fyzikální část filtru pročistí i zakalené povrchové zdroje vody. Přestože je zvýšená potřeba údržby a snižující se životnost filtru hrnce v porovnání s jinými technologiemi, tato metoda se vyplatí. Hliněné hrnce jsou vyrobeny ze suchého práškového jílu a pilinové směsi (směs se liší dle zdroje materiálů). Průměrné rozměry filtrů jsou 31 cm v průměru, 24 cm na výšku a 7,1 l v objemu. Hliněné filtrační vložky se vypalují při 887 °C, poté se ze všech stran filtru impregnuje koloidní stříbro. Filtr sedí uvnitř 20 litrového kbelíku, který je vybaven výpustí pro vodu (viz obrázek 1). Výrobní náklady na běžný keramický filtr se pohybují od 308 do

560 Kč. Cena: 1,5-3 dolary/ osoba. Průtok je 1-2 l/ hodinu (Lantagne, 2001; Ogunyoku et al., 2011).

Pro vyšší účinnost v dezinfekci vody se na filtr impregnuje koloidní stříbro, o tom více v kapitole Technologie využívající nanočástice stříbra.

4.3.1.2 Písková Filtrace

Technologie pískové filtrace je velice jednoduchá purifikační metoda. Písková filtrace je nejstarším purifikačním procesem vůbec. Pískové filtry jsou vysoce účinné a manipulace s nimi je v porovnání s ostatními filtry jednoduchá. Během této metody se odstraňují částice a mikrobiální kontaminanty. První částí filtru je tzv. Schmutzdecke, což v překladu z němčiny znamená „špinavý kryt“. Nachází se v písku několik centimetrů pod horním povrchem a zachycuje organické částice a mikrobiálních kontaminanty. Pískový filtr redukuje výskyt bakterií a virů. Zbavuje se větších biologických nečistot, jako je *Cryptosporidium*, *Giardia* a vajíčka parazitů (Gardgil 1998). Z hlediska snadnosti ovládnání a údržby má vícestupňová filtrace podobné výhody jako písková filtrace (Ogunyoku, 2008). Ideální využití těchto postupů k úpravě vody jsou venkovské komunity a malé obce, kde nemá chemická úprava žádný či velmi malý potenciál a není zde potřeba žádného zdroje energie.



Obrázek 2: Umístění Schmutzdecke v pískové filtraci (Redwine, 2013).

Výhody: Tento purifikační proces vede k odstranění bakterií, virů, prvoků a vyfiltruje až 99 % fekálních bakterií jako je E. Coli (Fogel et al., 1993; Dullemont et al., 2006). Výsledkem procesu nejsou žádné vedlejší chemické látky a instalace technologie je vhodná i v odlehlých venkovských oblastech.

Nevýhody: Tato technologie s vyšší pořizovací cenou si neporadí s barvou, organickými chemikáliemi, těžkými kovy a vysokou kaliností vody. Každý rok je potřeba provádět údržbu speciálně vyškoleným údržbářem.

4.3.2 Membránové procesy

Membránová technologie filtruje přes polopropustné membrány, které odstraňují mikroorganismy, většinu patogenních organismů, organické a anorganické látky z vody (Pivokonský et al., 2010). Skrz otvory membrán mají možnost proniknout pouze molekuly velmi malých rozměrů či spíše rozpuštěné látky. Technologie s membránovou filtrací je schopna zbavit vodu všech druhů bakterií a virů, viz příloha č. 4 a 5. Tím je voda, s vysokou pravděpodobností, zbavena všech bakterií a virů (Pivokonský et al., 2010). V produkci pitné vody se běžně užívá následujících 5 membránových procesů: reverzní osmóza, nanofiltrace, ultrafiltrace, mikro filtrace, elektrodialýza/ obrácená elektrodialýza (Tuhovčák et al., 2006).

Nevýhodou jsou vysoké investiční náklady, složitá údržba a regenerace membrán (Honzajková et al., 2010).

Výhodou je vysoká míra v redukce nežádoucích částic ve vodě, možnost využití permeátu jako užitkové vody a žádné vedlejší chemické produkty po provedené filtraci (Šopíková, 2012).

4.3.3 Převaření

Jak uvádí Malý & Malá (1996): „*Nejstarším způsobem desinfekce pitné vody užívaným dosud při náhlých epidemiích nebo přírodních katastrofách, v případě kdy počet bakteriálních zárodků v pitné vodě překročí povolené hodnoty dané právními předpisy, je několikaminutové převaření vody.*“

Převaření je účinná metoda v boji proti mikroorganismům. Tato metoda je efektivní vůči virům, bakteriím, cystám a vajíčkům parazitů. Jedná se o bezpečný, účinný a časově náročnější proces čištění vody v domácnostech. Pro zajištění pitné vody musí být voda v bodu varu nejméně po dobu 1 minuty, pokud se nacházíme v úrovni mořské hladiny (0 m.n. m.) To znamená, že ke každému přidanému 1 km výšky polohy musí být voda o 1 minutu déle v bodě varu (WHO, 1996).

Pokud chceme vodu konzumovat za stavu nižší teploty, musíme se ujistit, že byla převařená voda v průběhu chlazení izolována od dalšího potencionálního kontaminování (Kožíšek, 2003; Wright et al., 2004).

Ve většině rozvojových zemí se voda převařuje nad ohništěm, kde je zapáleno suché palivové dřevo. V oblastech s vyšším množstvím srážek či v období dešťů je tato surovina hůře dostupná. Hlavní nevýhodou metody převařování nad ohništěm je přispívá k deforestaci lesů a znečišťování ovzduší. Z těchto důvodů, by měla být tato purifikace využívána pouze v krizových situacích.

Strnadová a Janda (1995) uvádějí, že: „Vodu je nutné ohřát na 80 °C a teplotu udržovat po dobu nejméně 20 minut“.

Výhody:

- Jednoduchá a efektivní v redukci bakterií.
- Všeobecně známá metoda.

- Odstranění bakterií, virů a eukaryotických organismů nezávisle na kalnosti a kontaminace vody.

Nevýhody:

- Vyžaduje velké množství energie.
- Časově neefektivní.
- Nezredukuje pevné částice, tím pádem ani neodstraní ani kalnost vody.
- Možnost popálení se.
- Potenciálně velké dopady na životní prostředí v důsledku produkce CO₂ emisí a deforestaci.
- Neovlivní chuť vody.
- Pravděpodobnost vdechnutí infekce v případě úpravy v uzavřené místnosti.
- Voda nemůže být konzumována ihned po purifikaci (musíme čekat, až vychladne).
- V hromadném zásobování se nepoužívá.

Možné řešení: Využívání solárních vařičů, které ale jsou drahé a málo dostupné (Wentzel & Pouris, 2007).

4.3.4 Purifikace chlorem

Chlor je účinný dezinfekční prostředek, rychle proniká mikrobiálními buňkami, a zabíjí je (Barnes & Bliss 1981). Nicméně účinnost chloru je ovlivněna fyzikálními vlastnostmi a to zákalem, typy patogenů ve vodě obsažené, koncentrací dezinfekčního prostředku, dobou kontaktu, chemickými vlastnostmi vody, pH a teplotou vody. Doporučená kontaktní doba s chlorem je dle pokynů WHO (1996) doporučena na minimálně 30 minut, při hodnotě 8,0 pH a dávce 0,5 mg / l. Se zvyšující se teplotou roste účinnost chlorace, tím se ale také stálost chloru ve vodě snižuje, viz tabulka č. 1.

Přítomnost nerozpuštěné látky mohou chránit patogeny a tím snížit dezinfekční schopnosti. Postupy chlorace závisí na požadované úrovni zbytkového chloru. Dávka

chloru se může pohybovat v rozmezí 0,1 mg/ l až 0,3 mg/l. Během skladování chlorované vody je i potřeba udržovat nízkou dávku chlóru, cca 0,02 mg/ l.

Tabulka 1: Vliv teploty vody na rozpustnost chloru (Malý & Malá, 1996)

Teplota °C	10	20	30
Rozpustnost g/l	9,65	7,3	5,8

Nevýhodou chlorace vody je náročnost na výrobu kvůli prevenci vzniku vedlejších produktů chlorace a jejich karcinogenním účinkům (Euro-chlor 2002). Při vyšší kalnosti vody, tj. velkém množství pevných částic ve vodě se mohou účinky chloru snižovat a z toho důvodu je nutné chlorovanou vodu častěji kontrolovat (WHO, 2003). Chlorace nezlepší vlastnosti vody jako je zápach a barva.

Výhodou je 99% účinnost chlorace. Jedná se také o levný a jednoduchý způsob dezinfekce vody. Po úpravě nám ve vodě zůstává část chloru, která je schopná udržet vodu po několik hodin či dní pitnou.

4.3.5 Purifikace UV zářením

Účinek UV záření na mikroorganismy je znám po více jak sto let. Ultrafialové záření proniká do genetického materiálu mikroorganismů a zpomaluje jejich schopnost reprodukce (Parker & Darby, 1995). Kromě snížení biologické aktivity, UV záření, je také účinný v degradaci řady chemických, které mají nepříznivé účinky na zdraví (Watersolve 2003).

Složitá a nákladná UV technologie jakou známe z rozvinutých zemí, není vhodná pro rozvojový svět. Nicméně je v malém měřítku energeticky úsporná, nákladově efektivní a

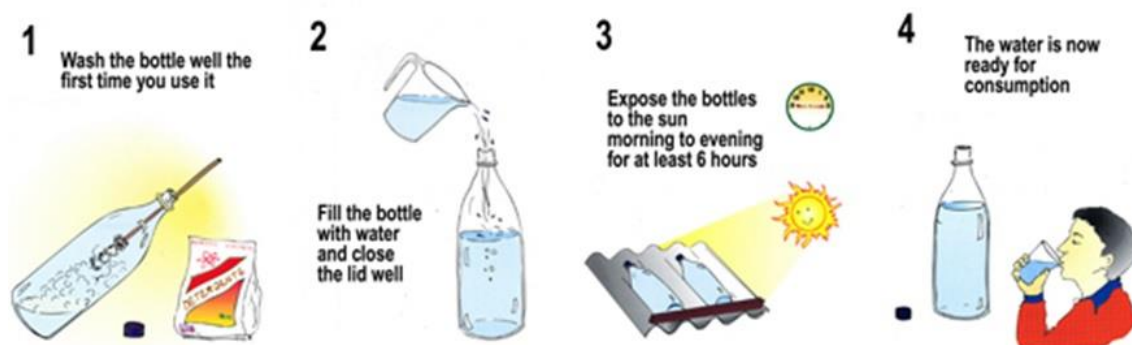
s nízkými nároky na údržbu. Jelikož se autorka této práce zaměřuje na cenově dostupnější technologie, nebude se UV zářením dále zabývat.

Nevýhody: Druhotné znečištění, které můžeme charakterizovat jako opětovný růst mikroorganismů způsobený vnějšími vlivy, bylo druhou vážnou námitkou hygieniků proti UV dezinfekci.

Jelikož se autorka této práce zaměřuje na cenově dostupnější technologie, zaměřuje se tato práce na metodu SODIS viz kapitola níže.

4.3.5.1 SODIS

SODIS je jednoduchý a cenově efektivní proces založený na účinku UV záření a tepelného (slunečního) záření. Eliminuje vodou ředitelné patogenní mikroorganismy, zejména ty, které způsobují průjmová onemocnění (Wegelin 1994).



Obrázek 3: Princip metody SODIS (SODIS, 2014).

Sluneční záření se používá k usmrcení a zničení patogenů tím, že se vystaví vodou naplněná průhledná 1,5 nebo 2 litrová PET láhev (Ogunyoku et al., 2011). Nádoba s vodou je umístěna tak, aby na ní dopadalo sluneční záření po dobu 4-6 hodin. Pokud je obloha zatažena může být voda vystavena UV záření až na 2 dny (SODIS, 2014). Pokud lahve z jedné poloviny natřeme černou barvou, pomůžeme tím zvýšení tepelného zisku a rychlejší dezinfekci. Lahve by měly být umístěny v takové poloze, aby na ně dopadalo co největší množství slunečního záření. Paprsky pak musí překonat daleko menší vrstvu vody

a jediné tak je zaručeno, že prostoupí v dostatečné intenzitě až na druhou stranu láhve, odvrácenou od slunce a není pohlceno (neúčinkuje) jen ve vrchních vrstvách. Pokud by paprsky dopadaly na láhev pouze seshora, tak díky jejich absorpci (útlumu) v horních vrstvách by nebylo zaručeno, že by se jejich účinek v dostatečné míře a daném časem projevil i na dně nádoby. Také účinnost slunečního záření je přímo úměrná množství absorbovaného záření a to je přímo úměrné ploše, na které toto dopadá. Proto umístění láhvi na ležato, kolmo ke slunci je nejúčinnější způsob, jak sluneční záření v maximální míře využít, jelikož vystavujeme nejvyšší plochu jeho účinkům. Dalšími praktickými triky je i umístění lahve na nejběžněji užívaný všudypřítomný vlnitý plech, který umožňuje zpětným odrazem opakovaný, násobený prostup účinného záření i z odvrácené strany Slunce.

Vhodnými regiony pro SODIS jsou polosuché oblasti (více než 90 % slunečního záření dosáhne povrchu Země v důsledku minima oblačnosti a obvykle má tato oblast více než 3000 slunečních hodin/rok). Pro maximální dezinfekci vody je potřeba minimálně 62 °C na slunci.

Náklady jsou velmi nízké, jelikož potřebujeme jen čiré lahve, čisticí prostředek pro dezinfekci lahve a poslední prvek je zanedbatelný, jelikož je sluneční energie zdarma. Roční náklady na domácnost 5 osob vychází na 60 Kč.

SODIS je opravdu primitivní metoda viz jednoduchý manuál na obrázku č. 3. Na pročištění znečištěné vody je zapotřebí čistá PET lahev, dostatek slunečního záření a menší kalnost vody než je hodnota 30 NTU (Oates, 2003). Jedna z obrovských výhod je přístupnost k pitné vodě pro lidi s příjmy nižšími, než je 20 Kč na den (EAWAG & SANDEC, 2002).

4.4 Nanočástice stříbra

„Nano“ je slovo řeckého původu, je běžně používáno jako předpona u fyzikálních jednotek. Tato předpona dále slouží jako označení miliardtiny určité fyzikální jednotky, neboli 10^{-9} . Nanočástice jsou velmi malé částice o rozměrech 1 až 100 nanometrů, a to

alespoň v jednom z rozměrů částic (Kim, 2007). Nanočástice stříbra se používají v široké škále aplikací, zejména jako antimikrobiální činidlo, a to v léčivech, kosmetice, zdravotnických prostředcích, nádobí, oblečení a mimo jiné v purifikaci vody. Vzhledem k jejich rozsáhlé aplikaci v průmyslu a domácnostech je nevyhnutelné, aby Ag nebylo uvolněno ve vodním systému a nebylo tak ve styku s místními mikroorganismy. Studie hodnotily toxicitu nanočástic Ag na jiných mikroorganismech ve vodním systému (Lok et al., 2007; Yoon et al., 2008). Nicméně je stále málo prozkoumáno antivirové působení částic stříbra. Fyzikálně-chemické vlastnosti se liší v různých podmínkách. Pevnost a přirozený obsah organických látek ve vodě může také změnit rozpuštění a chování Ag. Nanočástice stříbra mají velký potenciál, a proto je důležité detailně prozkoumat jejich antivirový účinek v různých podmínkách a objasnit environmentální rizika. Dle zjištění autorky, je stále málo studií zaměřujících se na dané téma (Zhang, 2013).

S nanočásticemi stříbra se setkáváme v různých dispergovaných fázích. Ty rozdělujeme: emulze (tekuté), pěny, aerosoly (plyn) a pevné heterogenní směsi.

4.4.1 Koloidní stříbro

Koloidní stříbro je tekutá disperze s pevnou fází v kapalině. Dle velikosti částic v disperzi rozdělujeme disperze na molekulární (menší než 1 nanometr) a hrubé (větší než 1 mikrometr). Koloidní stříbro většinou řadíme mezi tyto dvě rozdělení, jelikož mají nanočástice v KS rozměry do 100 nm, maximálně 200 nm (u málo kvalitních KS).

Předpoklady správného koloidu Ag:

- Částice jsou nerozpustné ve vodě a netvoří mezi sebou žádné trvalé chemické či fyzikální spojení
- Látky jsou rozdílné dispergované fáze (např. v případě KS výhradně: tekutá fáze + pevná fáze)

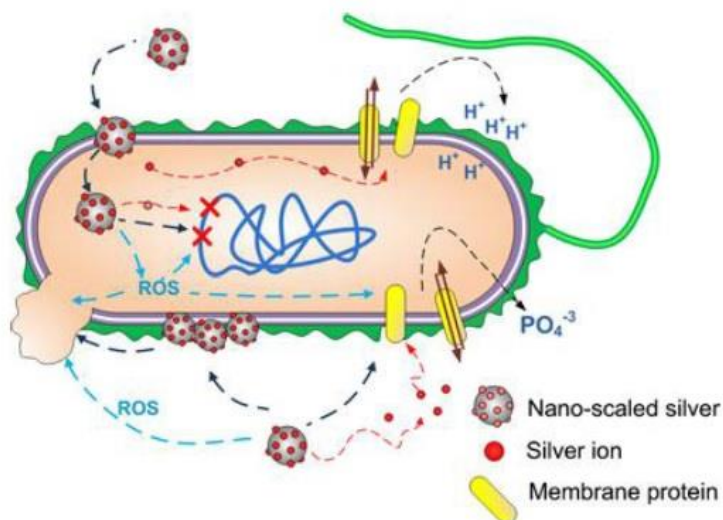
Nanočástice stříbra mohou být připraveny různými způsoby. Ze všech chemických metod, se nejčastěji používá chemická redukce (Halem, 2009).

4.4.2 Historie Stříbra

Po platině a zlatu je stříbro jedno z nejoblíbenějších kovů, co se především šperků týče. Tento kov je měkký a má lesk do bílé barvy, má výbornou tepelnou a elektrickou vodivost. Je dokázáno, že po více jak tři tisíce let se voda zajišťovala déle v pitném stavu pokud se uchovávala ve stříbrných nádobách (Castellano et al. 2007). V čínské akupunktúře bylo používáno k výrobě jehel. V odvětví medicíny se po staletí lékaři a vědci zabývali otázkou stříbra a jeho účinností. Těžba stříbra začala v Mezopotámii (nyní Irák, východní Sýrii, a jihozápadní Turecko) sahá až do 2500 p. n. l. Ve starověkém Egyptě bylo stříbro poprvé popsáno jako "bílý kov", kde bylo s největší pravděpodobností i jako první použito k léčivým účelům (Pradeep T & Anshup, 2009). Dle zachovalých egyptských lékařských papyrusových rukopisů Edwina Smitha, který obsahuje sbírku chirurgických operačních technik a tipů na využití stříbra v chirurgii (Breasted, 1930). Stříbro bylo také široce používáno jako antimikrobiální a konzervační látka: v Řecku, Římě a v Makedonii. Samotný Hérodotos, otec historie, popsal, že žádný perský král, včetně Círise, by nepil vodu, která nebyla uchována ve stříbrné lahvi, díky její vlastnosti udržet vodu svěží (Alexander, 2009). Dalším historickým důkazem byl Hippokrates, který podporoval využití stříbra pro rychlejší hojení ran. Existují další důkazy o využívání stříbra jako antibakteriálního činidla v římských lékopisech. První moderní popis antimikrobiální aktivity stříbra byl vydán v roce 1869, který uvádí, že Kropidlák černý (bakterie) nemohl růst uvnitř stříbrných nádob (Clement & Jarrett, 1994). Skutečnost, že Ag je účinné i v minimálních dávkách potvrdil švýcarský botanik Karl von Wilhem Nägeli, který termínem "oligodynamickými" popisovat nějaký kov, který vykazuje baktericidní vlastnosti při koncentracích málem ("oligo", malý + "DYNAMIS", síla).

Od začátku 20. století získalo stříbro (zatím pouze kovový prášek) velké uznání v boji proti infekcím a preventivním schopnostem. V době vynalezení KS byla dostupnost velice omezena, a to v důsledku složité výroby a nemožnosti patentování. Tento problém omezující profit ze stříbra dovedl farmacii k využívání finančně výnosnějších produktů.

4.4.3 Využití stříbra



Obrázek 4: Ukázka nanočástic stříbra a jejich působení na bakterii (Zhang, 2013)

Stříbro bylo používáno od nepaměti na léčbu popálenin, zranění, problémy s ušima, očima, nosem, bolestmi v krku a dalšími zdravotními problémy, které byly spojeny s bakteriální infekcí. Od objevu penicilinu v roce 1928 našla medicína v antibioticích nového bojovníka, který byl účinný vůči všem bakteriím. Od té doby bylo stříbro opomíjeno. Po padesáti letech patentování antibiotik se setkáváme s mutacemi antibiotikům rezistentních bakterií. To nás nutí vrátit se zpět v čase a začínat se rozpomínat nad účinky koloidního stříbra, které není tak finančně přínosné pro farmaceutické společnosti, ale efektivní v boji s infekcemi.

Skutečnost, že se nanočástice stříbra objevují ve zdravotnických výrobcích, které podléhají přísným kritériím EU, naznačuje důležitost proběhlých výzkumů zaměřujících se na Ag a jeho schopnosti. Mnoho výrobců se zaměřuje na vývoj nanotechnologií, pokrytím textilií malými částicemi Ag a tím i ochraně před bakteriemi. V medicíně se využívá např. srdeční katétr, předcházející úmrtí zanesením infekce. S nanočásticemi Ag se dále může setkat u tzv. „stříbrného obleku“, jehož účinky při odstraňování následků pocení byly vědecky prokázány. Dále mohou být nanočástice stříbra obsaženy u obvazů, náplastí, povrchů praček, chladniček a toaletních prkének. V Japonsku jsou vyráběny keramické

materiály pokryté stříbrem, čímž získávají antimikrobiální vlastnosti i jejich produkty. Všechny tyto vymoženosti pracují na stejném principu jako koloidní stříbro. Ve vlhkém prostředí jsou z elementárního stříbra uvolňovány ionty stříbra, které ničí bakterie, viry a plísně.

4.4.4 Účinky stříbra na člověka

Na základě epidemiologických a farmaceutických zjištění je dávka do 10 g/život k orálnímu užívání naprosto bez vedlejších účinků, což by znamenalo vypít cca 2 500 l koloidu o koncentraci 40 ppm (WHO, 2003a). Jediná známá problematika týkající se stříbra a negativního vlivu na člověka je známa jako argyrie. Jedná se o intoxikaci stříbrem, kdy se částice stříbra usazují v pokožce, vlasech, orgánech a dochází tak jejich modrání. Pigmentace oka je považována za první známku Argyrie. Je obtížné stanovit nejnižší dávku, která by mohla vést k Argyrii, jelikož u zdravého člověka je tato problematika velice nepravděpodobná (WHO, 2003a). Pokud k tomuto onemocnění dojde, jedná se o případ dlouhodobého a nadměrného vystavení lidského organismu stříbra a jeho sloučenin. Projevuje se především u lidí, trpících již silnou dysfunkcí ledvin. V historii se s Argyrií setkávali lidé, kteří měli určitou poruchu funkce ledvin a několik let pracovali ve stříbrných dolech a vdechovali tak stříbrný prach. U lidí trpících touto nemocí v důsledku léčby stříbrem, byl problém vysokých dávek iontů stříbra (nikoli KS), které se umí daleko snadněji slučovat a následně pak vázat do tkáňové struktury (Cihlář, 2012).

4.4.5 Příprava Koloidního stříbra

4.4.5.1 Chemický způsob výroby

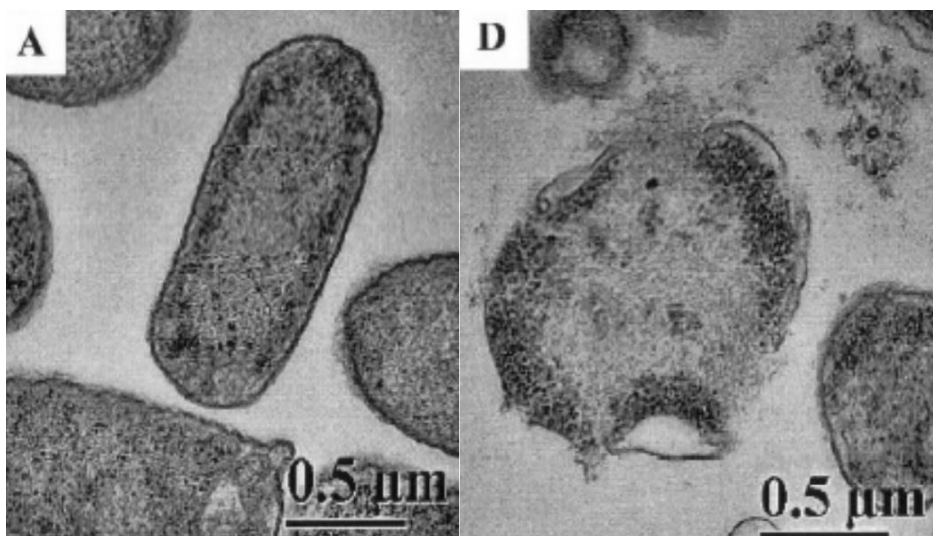
KS se vyrábí za standartních laboratorních podmínek 20 stupňů atmosférického tlaku. Je to reakce dusičnanu stříbrného (AgNO_3) s vodným roztokem čpavku (NH_4OH). Reakce probíhá v alkalickém (zásaditém) prostředí. Toho docílíme přidáním roztoku hydroxidu sodného (NaOH). Nakonec se přidá redukovadlo, nejčastěji cukr, a dojde tak k vytvoření nano disperze Ag. Tento způsob je nejčastější, používá se hlavně v laboratořích. Není potřeba složitého vybavení. Některé menší firmy vyrábějí koloidy touto cestou, jelikož jde o jednoduché, levné a rychlé řešení. Barva koloidu bývá však nažloutlá, není tedy čirá jako při fyzikálním postupu. Další nevýhodou jsou také zbytky chemických

reaktantů (dusičnany apod.) Nejedná se tedy o čistý koloid, ale o směs chemických látek s nanočásticemi Ag. Stabilita (životnost) nemusí být příliš dlouhá, proto je vhodnější jako kosmetika, proti zápachu, proti vzniku plísní (dezinfekce). Pro ostatní humánní účely se nejeví jako vhodný prostředek (Sondi, 2003; Cihlář, 2015).

4.4.5.2 Fyzikální způsob výroby

Jedná se o postupné rozpouštění kovového Ag do demineralizované, popř. destilované vody. Je potřeba vytvořit elektrické napětí mezi 2 elektrodami (v případě výroby KS nejčastěji obě Ag), zapojením zdroje stejnosměrného proudu (baterka, elektrický stejnosměrný zdroj apod.), kdy jedna je zapojená jako anoda (+) a druhá jako katoda (-), dojde k rozrušení Ag anody a postupnému rozpouštění Ag^+ iontů do elektrolytu a přenosu na katodu, kde se zpětně redukuje na kovové Ag^0 (Sondi, 2003). Během výroby koloidního stříbra nám však nejde o přenášení iontů mezi elektrodami, ale hlavně o získání nanočástic Ag ve vodě v podobě ve formě kovu Ag^0 a ne iontů Ag^+ . Upravují se proto podmínky tak, aby se přenášelo co nejmíň Ag iontů a docházelo spíše k rozbíjení Ag anody na elektricky neutrální kovové částice, které zůstanou potom v prostoru mezi elektrodami a vytvoří požadovaný koloid. Podmínky a způsob jak se tohoto docílí je tajemství každého výrobce, tedy to co si každý chrání. Jelikož je na počátku demineralizovaná (DEMI) nebo destilovaná voda, která proud nevede, nebo opravdu minimálně, používají se stejnosměrné zdroje s regulací napětí, které přivádí proměnné napětí v závislosti na fázi procesu. Dost často se používají tzv. pulzní zdroje, napětí v pulzech, které pak snadněji narušují Ag anodu. K lehčímu nastartování se i některé ionty navíc přidávají. U KS na českém trhu výrobců byla zjištěna přítomnost $\text{Al}^{\text{III}+}$ a $\text{Ca}^{\text{II}+}$ iontů, které sice jsou běžné v normální vodě, ale rozhodně ne ve vodě destilované (Gouda et al. 2014; Cihlář, 2015).

4.4.6 Stříbro a jeho účinnost



Obrázek 5: Obrázky buňky E Coli: A- pořízené před aplikací Ag, B- po reakci s Ag (Vrchovecká, 2009).

Studie potvrzují pozitivní účinky koloidního stříbra v schopnosti blokovat enzym, který mikroorganismy využívají ve svém dýchacím řetězci, a to především v jejich fázi reprodukce. V okamžiku kontaktu se stříbrem dojde k nedostatečnému zásobení kyslíkem a živinami, tím se bakterie vyhladoví a udusí, doba pro zničení mikroorganismu se pohybuje v rozmezí 1 až 5 minut (Schneidewind et al., 2012; Cihlář, 2015).

Díky této schopnosti se koloidní stříbro dá použít na širokou škálu patogenů. Umí totiž působit na více úrovních současně a napadená buňka se nemá jak bránit a tak dochází k jejímu rozpadu, jak je vidět na obrázku č. 5.

V případě působení KS na viry se částice Ag dokáží navázat a rozbít struktury viru a jeho funkční vlastnosti. Proto může být využití KS účinné i v místech s virovými nákazami, může pomoci jak s boji proti virům, tak i v podpoře imunitního systému, který je viry napaden.

Stříbro je velice efektivní prvek v boji proti nežádoucím patogenům, které mohou být původcem nemoci. Částice stříbra mohou přispívat i k růstu kostí a rychlejšímu hojení

měkkých tkání. Studie Jeyaraj et al. (2013) také naznačují, že částice stříbra by mohly působit na karcinogenní buňky. Stříbro se dále stává důležitým pomocníkem v boji s AIDS, a to především co se podpory imunitního systému týče (Lara et al., 2010).

4.5 Technologie využívající nanočástice stříbra

4.5.1 Keramický filtr s Ag

Keramický filtr je napohled stejný jako hliněný filtr zmiňovaný výše v této práci. Rozdílem, který není pouhým okem znát, je právě impregnace koloidním stříbrem, které se na keramiku aplikuje před či po vypálení.

Samotný průběh filtrace vody je velmi jednoduchý. Kontaminovaná voda se nalije do horní keramické nádoby, poté voda pomalu prochází skrz póry a shromažďuje se v nižší nádobě. Přefiltrovaná voda se pak uchovává v uzavřeném zásobníku a chrání před opětovnou kontaminací. Uživatel jednoduše otevře se kohoutek ve spodní části kontejneru kdykoli vodu potřebuje.

Níže v kapitole se autorka této práce zaměřila na rozdíly mezi keramickými filtry s KS a bez aplikace koloidního stříbra. K lepší přehlednosti je vytvořená tabulka s výsledky.

Tabulka 2: Porovnání keramických filtrů. *A= ano, N= ne

Země	Ag	% odstraněné bakterie	závěry/ doporučení	Zdroj
Nikaragua	A	100	Vhodná a efektivní technologie.	(Lantagn, 2001)
Nikaragua	N	6	Potřebné proškolení pro zabezpečení lepších hygienických podmínek.	(Lantagn, 2001)

Nikaragua	A	99,50	Zapotřebí vyšší koncentrace KS.	(Bielefeld, 2009)
Nikaragua	A	>85	Doporučené vzdělání v oblasti KF s vyhlídkou lepších výsledků.	(Fahlin, 2003)
Kambodža	A	>98	Filtrovaná voda splňuje podmínky WHO. Metoda je vhodná.	(Roberts, 2003)
Nikaragua	A	100	Měření bylo prováděno po dobu 30 dní. Výsledky jsou uspokojivé.	(Campbel, 2005)
Ghana	A i N	93	Oba druhy filtrů odstranily požadované bakterie. Filtry s Ag zničily více % E. coli.	(Van Halem, 2006)
Kambodža	A	98	Potřeba školení v oblasti používání filtrů a hygieně.	(Brown & Sobsey, 2007)
USA	A i N	97,8- 100	Hlavní rozdíl byl v kvantitě impregnovaného stříbra, než v metodě nanášení. KS znatelně vylepšilo kvalitu filtrace vody.	(Oyanedel-Craver, 2007)
Jemen	A	100	Voda nebyla vyhodnocena jako kontaminovaná po celou dobu měření (6 měsíců). Vzdělávací program byl úspěšný.	(Al- Moyed & Zabara, 2008)
Honduras	A i N	99,70	Metoda byla vyhodnocena jako vhodná pro domácí využití.	(Swanson 2009)

Rozdíl v rychlosti a účinnosti filtrace při použití filtru s plochým či kulatým tvarem dna, či různého způsobu nanášení KS nebyl při 6 týdenním experimentu pozorován (Napotnik et al., 2009). U porovnávání filtrů s KS a bez koloidního stříbra byla pórovitost výrazně nižší u filtru s koloidním stříbrem (Lantagne, 2001). V porovnávání keramických filtrů s KS a bez KS ve stejné oblasti (Nikaragua) byly výsledky v počtu odstranění mikroorganismů znatelné (Lantagn, 2001; Campbel 2005; Van Halem, 2006).

Larimer (2010) uvádí, že impregnace a následný výpal keramiky se stříbrem je doporučeným postupem, který by měl být nezávisle na ceně proveditelný. S ním je ale v rozporu Napotnik et al. (2009), která dle svých výsledků uvádí, že nezáleží na implementaci stříbra před či po vypálení. Každopádně proti všem výzkumům, které byly zdrojem k sepsání tabulky je Brown (2004), který tvrdí, že stříbro nemá na purifikaci vody žádný efekt. Dle studií se autorka této práce domnívá, že k takovým výsledkům, jako má Brown (2004) mohlo dojít ke špatné manipulaci a hygienickým podmínkám během filtrace.

Při použití hlíny s jemnozrnnými a rozměrově rovnoměrnými velikosti (úzkou rozměrovou distribucí) elementárních částic (zrn) se účinnost hliněných filtrů v odstraňování bakterií zvyšuje. Následné doplněním filtrace o částice koloidního stříbra navíc kvalitu výsledného filtrátu ještě dále dramaticky vylepšuje a účinnost celého systému významně stoupá (Oyanedel-Craver, 2007).

Zakalená voda má vyšší nároky na pravidelnou údržbu CWP filtrů a tím zvyšuje jejich možnost selhání, poškození. Z tohoto důvodu se doporučuje u kalných zdrojů doplnit filtraci přes hliněný filtr, předcházející filtrací mechanických částic - provést tak v prvním kroku nejprve filtraci přes jednoduchý pískový filtr k odstranění kalu - zvyšuje se tak značně životnost a účinnost nanočástic stříbra obsažených v hliněných filtrech na několiknásobek (Duke, 2009).

Kritickým faktorem, který ovlivňuje výslednou čistotu (znečištění) a nezávadnost pitné vody u filtrace byla čistota a zacházení se zásobními nádobami pod hliněnými filtry. Pouze sterilní nádrže a správné zacházení s nimi byly nezbytnými podmínkami

dlouhodobého zachování biologické nezávadnosti u filtrátu. Proto je v zájmu dosažení co nejvyšší účinnosti této metody nezbytné proškolení obsluhy pro seznámení se správnou obsluhou a údržbou filtračního zařízení. Vzdělávání spojené současně s dostatečnou technickou podporou může posílit řádné užívání a správné hygienické návyky obyvatel. Měl by být stanoven standardizovaný plán pro vzdělávání a proškolení jako nezbytná součást opatření doprovázející zavádění CWP projektu v praxi. (Lantagne, 2001; Brown 2007).

Výsledky výzkumu taky ukázaly, že při dodržení veškerých nezbytných hygienických opatření v praxi může být použití CWP filtrace jako prevence výskytu průjmových onemocnění dokonce efektivnější než samotné převaření vody (Roberts 2003).

Výhody „stříbrného filtru“:

- Čistí kontaminovanou vodu
- Dezinfikuje vodu a eliminuje bakterie i parazity
- Zbavuje se kalnosti vody
- Průtok vody skrz filtr: 1- 3 litr/hodina (CAWST, 2011;)
- Není náročný na údržbu
- Možnost výroby z lokálně dostupných zdrojů a surovin
- Cenově dostupný

Závěrem můžeme potvrdit, že je stříbro efektivní součástí keramického filtru díky jeho dezinfekčním vlastnostem (Van Halem, 2006). Dle Napotnik et al. (2009) výsledků víme, že je ideální impregnovat koloidní stříbro nejen ve vnitřní části karmického filtru, ale i na jeho vnější části, z toho můžeme i vyvodit, že bude patrný rozdíl mezi filtry, které koloidní stříbro používají či nikoli. Což dokládají Van Halem (2006) a Virender et al. (2008).

4.5.2 Filtr s ionty stříbra

Firma PROTE vyvinula dvě zařízení (IVK-1 a IVK II), které jsou založeny na elektrolytickém uvolňování iontů stříbra do vody. Podle PROTE (2013), IVK je zařízení, které účinně dezinfikuje vodu a zajišťuje bezpečnou a užitkovou vodu, zbavenou jakýchkoli nebezpečných mikroorganismů. Doba dezinfekce je uvedena na 30 sekund/litr vody a kompletní zničení nežádoucích mikroorganismů trvá 60 minut (BIOVIS, 2012). Přednostně zařízení uvolňuje ionty, proto je technologie určena k rychlému čištění vody a není zde doporučováno uchovávání vody. Průměrná životnost stříbrné elektrody je uvedena na 3 000 litrů vody (Kubín, 2010; Šnajdr, 2010; PROTE, 2013). Toto zařízení je malé, a proto může dobře sloužit v domácnostech, nemocnicích nebo jiných místech se sanitárním zařízením. PROTE navrhlo toto zařízení tak, aby se automaticky uvolňovaly ionty stříbra do vody dle předem stanovených parametrů a množství. Automatické dávkování iontů stříbra je stanovené dle potřeby na úpravu pitné vody. Maximální hodnota 50 mg iontů stříbra na litr vody (50 ppm) by neměla být překročena. Takové množství je považováno za bezpečné pro lidskou spotřebu (WHO, 2003a).

4.5.3 SilverDYNE

SilverDYNE je koloidní roztok, který je tvořen disperzí nanočástic stříbra v destilované vodě. Samotná aplikace SilverDYNE je velmi jednoduchá. Na každé 2 litry vody se přidává jedna kapka KS. Pro velmi karmé vody se přidávají kapky dvě (WHAI, 2014). Poté se voda lehce promíchá a doba čekání na pročištění trvá alespoň 30 minut.

Dle SilverDYNE experimentů se potvrdila jejich účinnost v boji proti mikroorganismům ve vodě. Aplikovali 2 kapky na litr vody (WHAI, 2014). Voda se zamíchala a nechala se v klidu po dobu 30 minut, u druhé nádoby 3 dny. Výsledky prokázaly, že 30 minut odstraní část bakterií, ale pro lepší výsledek je doporučená delší doba působení. V experimentu se v druhém měření v počtu bakterií prováděli pokusy po dobu třech dnů, s výsledky redukce 99 % bakterií, virů a zákalu.

SilverDYNE má dle studie, která byla provedena ve státě Uganda, dobré ohlasy. Problém je hlavně s její dostupností a nedůvěryhodností (Ogunyoku et al., 2011). Odstraňuje zápach a chuť po úpravě vody. Pro úpravu 1200 litrů ošetřené vody stačí 30 ml lahvička SilverDYNE, která lze zakoupit od 90 do 128 Kč. Cena 0,07- 0,11 Kč/litr (WHAI, 2014; Ogunyoku et al., 2011).

Složení u koloidu SilverDyne je 0.36 % Ag a 99,64 % destilované vody (Analytical Laboratories, 2008).

4.5.4 Aqua Salveo kapky

U Aqua Salveo nejde o koloid neboli disperzi dvou heterogenních fází. Jedná se o roztok (jednofázový systém - kapalina) iontů. Ionty mají větší reaktivitu než neutrální atomy (KS) - snadněji se tak vážou do tkáňové struktury orgánů. Pro čištění vody toto nevádí, protože přidáním do vody dojde k takovému naředění, že v konečné pitné vodě je toto zanedbatelné. Použití více kovů vedle sebe je velice zajímavé, tato směs minerálů Ag, Zn, Cu jde připravit, ale velmi složitou cestou, proto se spíše vytváří v podobě iontů. Nevýhodou iontů může být snadnější navázání do tkáňových struktur, čímž vzniká větší riziko vzniku argyrie, ale jelikož se Aqua Salveo kapky implementují do vody, je toto riziko zanedbatelné.

Jedná se o čisticí prostředek, který využívá kovové částice. Aqua Salveo je schopno odstranit 99,99 % bakterií do 30 až 60 minut a voda zůstává nadále čistá po delší dobu. Použití i údržba je velmi jednoduchá, odstraní odér i pachů. Jedná se o ideální dezinficiens pro úpravu pitné vody v nouzových situacích, při první pomoci či výskytu infekcí. Pokud je voda skladována do 35 °C mimo přímé sluneční záření a uchovává se mimo zdroje opětovné kontaminace, vydrží v pitném stavu po dobu 24 měsíců. Cena na trhu se pohybuje kolem 360 Kč za 30 ml Aqua Salveo (Bussines Ghana, 2014). Běžná aplikace jsou 3 kapky (0,09ml/litr), což dělá 1,2 Kč na litr pitné vody.

Nevýhoda použití samostatných iontů spočívá v jejich vysoké chemické reaktivitě a z toho plynoucí krátkodobou účinností. Ionty na rozdíl od neutrálních kovových částic velmi

snadno a rychle zareagují s látkami ve svém okolí, a to mnohdy dříve, než se dostanou do kontaktu se samotným patogenem.

5 DISKUZE

Desinfekční účinek, energetická a surovinová dostupnost, provozní náklady stejně tak jako celková finanční náročnost, ekologická zátěž či potencionální nebezpečí pro životní prostředí a obyvatele. To jsou všechno aspekty, na které musí být brán zřetel při odpovědném přístupu během zavádění purifikačních technologií do praxe v rozvojových zemích.

Autorka této práce srovnává v současné době nepoužívanější metody k čištění vody v rozvojových zemích s novými, progresivními technologiemi využívající nanočástice stříbra a jejich doposud ne zcela probádané a poznané vlastnosti, jejichž uplatnění se zdá být slibným přínosem v oblasti purifikačních technologií vody.

Koloidní stříbro vychází v účinnosti proti bakteriím, prvokům a některým virům jako velice efektivní řešení (WHO, 2003a). Cenově je metoda dostupná (Ogunyoku et al., 2011). Negativními ohlasy se dostalo od místních ve studii Ogunyoku et al. (2011), kde technologii nevěří. Lidé spíše vítali fyzikální technologie, u kterých byla viditelná filtrace a změna kalnosti po pár minutách. Z tohoto hlediska je důsledná osvětová činnost a proškolení ve správné údržbě a zacházení s technologiemi více jak nezbytná. Stejně tak rychlá, snadná a levná dostupnost náhradních dílů a potřebného spotřebního materiálu pro provoz a celková technická podpora je neocenitelným přínosem. Tím zaručujeme dlouhou funkčnost a možnost rychlého znovu zprovoznění. Čím déle se podaří nové technologie udržet v bezchybném provozu, tím dříve dojde k jejich osvojení a získání důvěry u uživatelů.

KS by autorka doporučila kombinovat s metodou SODIS, která není schopna odstranit viry a pouze část bakterií, jak můžeme vidět v tabulce č. 4. Navíc je u solární metody problém s dobou purifikace, která je příliš dlouhá a bez důkladného proškolení je pro velkou část uživatelů komplikovaná (EAWAG & SANDEC, 2002).

Ideálním příkladem propojení vlastností KS s další, běžně používanou purifikační metodou jsou keramické filtry, na něž je KS impregnováno z vnitřní a vnější strany. Detailnímu porovnání filtrů s použitím a bez použití KS, se autorka zabývala v kapitole Keramický filtr s Ag. Dle porovnání zdrojů Oyanedel- Craver (2007), Al- Moyed (2008), Napotnik (2009) a dalších, můžeme potvrdit vyšší účinnost v boji proti bakteriím i virům u keramických filtrů s Ag. Oproti tomu výzkum v práci Brown (2007), jsme se jako s jedinou studií setkali s negativními výsledky u filtrů s Ag. Na základě informací z předešlých zdrojů se předpokládá, že v místě purifikace vody nebyly dodrženy hygienické podmínky, a tím byla voda po filtraci infikována. Proto je důležité, aby byla každá nová technologie správně odškolená a byly vysvětleny hygienické požadavky budoucím uživatelům.

Tabulka 3: Porovnání hlavních technologií v RZ

Technologie	Provozní náklady Kč/ l	Účinnost %	Bezpečnost	Rychlost (l/ minutu)	Zdroj
KS	0,11- 0,7	99	ano	15- 40	(WHO, 2003a; AquaSalveo, 2004; WHAI, 2014; Ogunyoku et al., 2011; SilverDyne, 2011; Cihlář, 2015)
Ionty Ag	Cca 1,2	99,99	ano	30- 60	(Kusnetsov et al., 2001; WHO, 2003a; AquaSalveo, 2004; PROTE, 2013; Kubín, 2010; Šnajdr, 2010)
Keramický filtr s Ag	0,0136- 0,016 Kč	97,8- 99,9	ano	60-180	(Lantange, 2001; Van Halem, 2006; Brown & Sobsey, 2007; Virender, 2008; Van Halem et al., 2009; Brown, 2010; CAWST 2011)

Keramický filtr bez Ag	0,33- 0,5 Kč	90- 99	ano	60-180	(Brown, 2010; CAWST, 2011)
SODIS	0	Max. 90	částečně	Záleží na oblačnosti	(Oates et al., 2003; UNICEF, 2008; EAWAG, 2015)
Chlorace	0,2	99	částečně	Minimálně 30	(Barnes & Bliss 1981; Malý & Malá, 1996; Euro-chlor 2002; WHO, 2003b; WHO, 2007; UNICEF, 2008; Pitter, 2009)
Převaření	0	90- 99	ano	od 20	(Wright et al., 2004; WHO, 2007; Brown & Sobsey 2012; WHO, 2015)

Chlorace je spolehlivá a účinná v boji proti patogenním organizmům. Díky zbytku chloru obsaženého vodě po purifikaci je tato metoda ideální v rozvojových zemích, kde je důležité zajištění dezinfikované vody v zašlých vodovodních sítích tak, aby čistá voda došla až do cílového kohoutku. Na druhou stranu je při špatném postupu purifikace nebezpečná v případě vzniku vedlejších produktů, které mohou být zdravotně ohrožující pro člověka.

SODIS je jednoduché, ekologicky udržitelné a levné řešení pro domácí potřeby především ve venkovských a odlehlých oblastech. Jeho značnou výhodou je snadná dostupnost a jednoduchost obsluhy a použití, z kterých i vyplývá téměř nemožnost jakékoli poruchy, či pokles účinnosti v čase. Nevýhodou může být chápána přímá závislost na intenzitě slunečního záření, což naštěstí v oblastech, pro které byla tato metoda navržena a určena, nepředstavuje statisticky dlouhodobě významný faktor, který by tak mohl v podstatné míře ovlivnit spolehlivost systému. Zničí ale jen část mikroorganismů, proto je vhodnější jako finální fáze čištění. Pro ideální výsledek autorka navrhuje aplikaci malého

množství KS tj. 1 kapka/litr vody, které dokáže zabít větší množství mikroorganismů ve vodě, jak vidíme v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Efektivnost technologií

Patogen	Technologie účinnosti:			
	Bakterie	SODIS (EAWAG & SANDEC, 2002)	Chlorace (Huang et al., 1997)	Ionty Ag (Virender et al., 2008)
Burkholderia pseudomallei	-	+	+	+
Campylobacter jejuni, C. coli	-	+	+	+
Escherichia coli – patogenní	-	+	+	+
E. coli – enterohemoragické	+	+	+	+
Legionella spp.	-	+	+	+
Netuberkulózní mykobakteria	-	+	+	+
Pseudomonas aeruginosa	+	+	+	+
Salmonella typhi	+	+	+	+
Jiné salmonely	+	+	+	+
Shigella spp.	+	+	+	+
Vibrio cholerae	+	+	+	+
Yersinia enterocolitica	-	+	+	+
Viry				
Adenoviry	-	-	-	-
Enteroviry	+	-	+	+
Virus hepatitidy A	-	-	+	+
Virus hepatitidy E	-	-	+	+
Noroviry a sapoviry	-	-	-	-
Rotaviry	+	-	-	-
Protozoa (prvoci)				
Acanthamoeba spp.	-	-	+	+
Cryptosporidium spp.	+	-	+	+
Cyclospora cayetanensis	-	-	+	+
Entamoeba	-	-	+	+

histolytica				
Giardia intestinalis	+	-	+	+
Naegleria fowleri	-	-	+	+
Toxoplasma gondii	-	-	+	+
Helminti (červi)				
Dracunculus medinensis	-	-	+	+
Schistosoma spp	-	-	+	+

*znaménko (+)- dokáže zničit, (-) nedokáže zničit

Dále v tabulce číslo 4 porovnáváme účinnost jednotlivých technologií s konkrétními bakteriemi, viry, prvoky a červi, kteří se ve vodě mohou vyskytovat. Je zde patrné, že běžně používaná a nejrozšířenější chlorace je velmi účinná vůči všem nejběžnějším bakteriálním infekcím. Naopak z celkového srovnání, do kterého zahrneme i jiné druhy patogenů je zřejmé, že technologie využívající funkční vlastnosti kovových nanočástic s jistým obsahem stříbra jsou velmi účinné nejen ve všech případech již výš zmíněných bakteriálních nálezů. Nachází totiž široké uplatnění i při likvidaci virových kontaminací, případně při ošetření vod s patogenním obsahem prvoků a červů. Prokázaná účinnost metody SODIS stojí rovněž za zmínku, minimálně z hlediska své jednoduchosti a všeobecné dostupnosti i v oblastech globálního jihu. Z tohoto hlediska lze účinnost této metody hodnotit více než uspokojivě.

6 ZÁVĚR

Nedostatečný přístup ke zdrojům nezávadné vody a neustále se snižující zásoby této životodárné tekutiny, představuje v dnešní době pro lidstvo dalekosáhlejší hrozbu, než médii tolik propíraná krize z hrozícího nedostatku energetické či surovinové základny. Předpokladem k zachování bezpečné zásoby vody i v budoucnu je nutný neustálý vývoj nových, účinnějších a bezpečnějších purifikačních metod v ruku v ruce se zaváděním progresivních, šetrných technologií v průmyslu a zemědělství. Je tedy nezbytné, aby se v první řadě zamezilo znečištění vody, právě těmito šetrnějšími technologiemi. Měli bychom mít na paměti fakt, že jakákoli ochrana přírodního zdroje je jednodušší a méně náročná (i nákladná), než následná asanace, čištění a snaha jeho uvedení do původního stavu. Můžeme tímto ušetřit spoustu úsilí, finančních i lidských prostředků a zamezit tak

nenávratnému poškození ekosystémů, které by i přes veškerou snahu nebylo možné obnovit. Podpora udržitelných technologií pro rozvoj se tak stává nejlepší investicí v zajištění dostatečného množství pitné vody dne i v blízké budoucnosti.

V uvedené práci byl vytvořen přehled nejpoužívanějších purifikačních technologií zabezpečení pitné vody v rozvojových zemích. Hlavním cílem bylo popsání použití nanočástic stříbra a jejich využití jako přírodního a baktericidního činidla. Na základě provedené literární rešerše je patrné, že i přes prozkoumané účinky a důsledky vlivu nanočástic stříbra je tato metoda vhodná pro další využívání nejen jako součást čistících metod, ale také i mimo ně. Při dodržovaných hygienických a výrobních postupech by mělo být stříbro nadále používáno a prosazováno jako součást v boji proti mikroorganismům i virům v pitné vodě. Pro vyšší efektivnost i optimální životnost bude výhodné kombinovat dávkování KS s dalšími purifikačními technologiemi, za účelem udržitelnosti, vyšší efektivnosti a finanční dostupnosti. Na základě kooperace s českou firmou vyrábějící KS bude část této práce propagována na webových stránkách. Autorka by v budoucnu v této tématice pokračovala i v sepsání diplomové práce s vlastním experimentem v použití KS k úpravě pitné vody.

7 REFERENCE

Alexander JW. 2009. History of the Medical use of Silver. SURGICAL INFECTIONS. Available at <http://tse.colloidalsilverkillsviruses.com/pdf/history.pdf>: Accessed 20-3-2015.

Al-Moyed KA, Zabara BA. 2008. Evaluating the health and socioeconomic impacts of colloidal silver impregnated ceramic filters in four villages in 'Amran governorate. Available at http://www.silverfilters.org/Documents/Amran_Final_Report.2008.pdf: Accessed 2-3-2015.

Analytical Laboratories. 2008. Laboratory Analysis Report. SILVERDYNE COLLOIDAL SILVER 0,36% (LIQUID). Available at <http://www.whaintl.com/documents/SilverDYNE-Ingredient-Breakdown-by-Analytical-Labs.pdf>: Accessed 26-1-2015.

ASIO.2012. MEMBRÁNOVÉ PROCESY PRO ÚPRAVU PITNÉ VODY. ASIO čištění a úprava vod. Available at <http://www.asio.cz/cz/74.membranove-procesy-pro-upravu-pitne-vody>: Accessed 20-11-2014.

Aqua Salveo. 2004. Aqua Salveo Water Disinfectant. Available at http://www.aquasalveo.com/products_as_water.html: Accessed at 15-3-2015.

Beilefeldt A, Summers S, Kowalski K. 2009. Bacterial treatment effectiveness of point-of-use ceramic water filters. *WaterResearch* 43. 3559–3565.

Bindzar J, Janda V, Jeníček P, Růžičková I, Strnadová N. 2009. ZÁKLADY ÚPRAVY A ČIŠTĚNÍ VOD. Praha: Vysoká škola chemicko- technologická v Praze. 251p.

BIOVIS. 2012. Water disinfection systém IVK. Available at <http://www.biovis.co.uk/water-disinfection/silver-ionisation/>: Accessed 5-1-2015.

Breasted E. 1930. THE EDWIN SMITH SURGICAL PAPYRUS. Available at <http://oi.uchicago.edu/sites/oi.uchicago.edu/files/uploads/shared/docs/oip4.pdf> : Accessed 21-1-2015.

Brown J, Sobsey MD. 2007. Use of Ceramic Water Filters in Cambodia. Available at http://www.unicef.org/eapro/WSP_UNICEF_FN_CWP_Final.pdf. Accessed: 12-11-2014.

Brown J, Sobsey MD. 2010. Microbiological effectiveness of locally produced ceramic filters for drinking water treatment in Cambodia. *Water Health* 8. 1-10.

Brown J, Sobsey MD. 2012. Boiling as Household Water Treatment in Cambodia: A Longitudinal Study of Boiling Practice and Microbiological Effectiveness. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 3. 394–398.

Bussines Ghana. 2014. Aqua Salveo water disinfectant for sale. Available at <http://www.businessghana.com/portal/classifieds/index.php?op=getClassifiedInfo&id=100048723>: Accessed at 15-3-2015.

Campell, E. (2005). Study of life span of colloidal silver impregnated ceramic filter. Prepared for Potters for Peace. Available at <http://potterswithoutborders.com/wp-content/uploads/2011/06/filter-longevity-study.pdf>: Accessed 5-3-2015.

Castellano JJ, Shafii SM, Ko F, Donate G, Wright TE, Mannari RJ, Payne WG, Smith DJ, Robson MC. 2007. Komparative evaluation of silver-containing antimicrobial dressings and drugs. *International Wound Journal* 4: 114–122.

CAWST. 2011. Household Water Treatment and Safe Storage Factsheet: Ceramic Pot Filter. Available at http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CAWST%202009c%20Household%20Water%20Treatment%20and%20Safe%20Storage%20Fact%20Sheet%20Ceramic%20Pot%20Filter%20Academic.pdf: Accessed 10-3-2015.

Cihlář M. 2015. Koloidní stříbro. Písemná korespondence. Date: 22-3-2014.

Cihlář M. 2012. Koloidní stříbro a argyrie. Available at <http://www.koloidnistrebro.eu/koloidni-strebro-a-argyrie/>: Accessed: 20-10-2014.

Clasen T, Thao D, Boisson S, Shipin O. 2008. Microbiological effectiveness and cost of boiling to disinfect drinking water in rural Vietnam. *Environmental Science and Technology* 42: 42-55.

Clement JL, Jarrett PS. 1994. ANTIBACTERIAL SILVER. *Metal-Based Drugs* 1: 467-82.

ČNB. 2003. Česká ČNB Národní Banka. Available at http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/denni_kurz.jsp : Accessed 30-3-2015.

Dullemont YJ, Schijven JF, Hijnen WAM, Colin M, Knezev MA, Oorthuizen WA (2006) Removal of Microorganisms by Slow Sand Filtration. In: Gimbel R, Graham NJD, Collins MR editors. *Recent Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration*. London, UK: IWA Publishing. pp. 580.

EAWAG, SANDEC. 2002. SOLAR WATER DISINFECTION A GUIDE FOR THE APPLICATION OF SODIS. Available at http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manua1_e.pdf: Accessed 21-2-2015.

Euro-chlor. 2002. Euro Chlor Risk Assessment for the Marine Environment OSPARCOM Region - North Sea. Available at http://www.eurochlor.org/media/49352/8-11-4-14_marine_ra_monochlorophenols.pdf. Accessed 8-2-2015.

Fahlin, C. 2003. Hydraulic properties investigation of the Potters For Peace colloidal silver impregnated ceramic filter. Available at <http://potterswithoutborders.com/wp-content/uploads/2011/06/univ-of-col-hydraulic-properties-study.pdf>: Accessed 27-2-2015.

Feldman RP, Goodrich JT. 1999. THE EDWIN SMITH SURGICAL PAPYRUS. *Child's Nervous System* 15: 281- 284.

Feng QL, Wu J, Chen GQ, Cui FZ, Kim TN, Kim JO. 2000. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Biomedical Materials Research* 52: 662-668.

Fogel D, Isaacrenton J, Guasparini R, Moorehea W, Ongerth J, 1993. Removing *Giardia* And *Cryptosporidium* By Slow Sand Filtration. *Journal American Water Works Association* 85: 77-84.

Gang DD, Robert L, Segar JR, Clevenger TE, Banerji SK. 2002. Using chlorine demand TO PREDICT TTHM and HAA9 formation. *American Water Works Association* 94: 76-86.

Gao J, Youn S, Hovsepyan A, Llaneza VL, Wang Y., Bitton G, Bonzongo JJ. 2009. Dispersion and toxicity of selected manufactured nanomaterials in natural river water samples: effects of water chemical composition. *Environ Sci Technol* 43: 3322- 3328.

Gouda M, Hebeish AA, Al- Omair MA. 2014. Development of silver. Containing nanocellulosics for effective water disinfection. *Cellulose* 21: 1965- 1974.

Hanson BD a Vigilia R. 1999. UV Disinfection. *Wastewater Technology Showcase* 2: 24-28.

Honzajková Z, Podholová E, Patocka T, Podhola M. 2010. Využití nanofiltrace a ultrafiltrace k úpravě vody na vodu pitnou. *Sborník konference Pitná voda 2010*: 107-112.

Huang J, Wang L, Ren N, Ma F, Jhui. 1997. Disinfection effect of chlorine dioxide on bacteria in water. *Water Research* 3: 607-613.

Jeníček L, Parschová H, Paidar M, Mištová E. 2009. Desalinační a separační metody v úpravě vody. Praha: Vysoká škola chemicko- technologická v Praze. 171p.

Jensen PK, Jayasinha G, Hoek W, Cairncross S, Dalsgaard A. 2004. Is there an association between bacteriological drinking water quality and childhood diarrhoea in developing countries? *Tropical Medicine and International Health* 9: 1210- 1215.

Jeyaraj M, Sathishkumar G, Sivanandhan G, MubarakAli D, Rajesh M, Arun R, Kapildev G, Manickavasagam M, Thajuddin N, Premkumar K, Ganapathi A. 2013. Biogenic silver nanoparticles for cancer treatment: An experimental report. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 106: 86-92.

Kim J. 2007. Antibacterial activity of Ag⁺ ion- containing silver nanoparticles prepared using the alcohol reduction method. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 13: 718-722.

Kožíšek F. 2003. Studna jako zdroj pitné vody. Praha: SZÚ. 36p.

Kubín O. 2010. Proposal of water purification technology for Darbandikhan town in Iraq (ELEKO, IVK) [MSc.]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 77p.

Kusnetsov J, Iivanainen E, Elomma N, Zacheus O, Martikainen PJ. 2001. Copper and silver ions more effective against Legionellae than against mycobacteria in a hospital warm water system. *Water Research* 17: 4217- 4225.

Lok CN, Ho CM, Rong C, He QY, Yu WY, Sun H, Tam PKH, Chiu JF, Che CM. 2007. Silver nanoparticles: partial oxidation and antibacterial activities. *JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry* 12: 527-534.

Lantagne DS. 2001. Investigation of the potters for peace colloidal silver impregnated ceramic filter. Report 1: Intrinsic Effectiveness. Available at <http://web.mit.edu/watsan/Docs/Other%20Documents/ceramicpot/PFP-Report1-Daniele%20Lantagne,%2012-01.pdf>: Accessed 10-3-2015.

Lara HH, Ayala-Nuñez NV, Ixtepan-Turrent L, Rodriguez-Padilla C. 2010. Mode of antiviral action of silver nanoparticles against HIV-1. Available at <http://www.jnanobiotechnology.com/content/8/1/1>: Accessed 2-3-2015.

Larimer C, Ostrowski N, Speakman J, Nettleship I. 2010. The segregation of silver nonoparticles in low- cost ceramic water filters. *Materials Characterization* 61: 408-412.

Malý J, Malá J. 1996. *Chemie a technologie vody, Dezinfekce vody*. Brno: NOEL. 200p.

Napotnik J, Mayer A, Lantagne D, Jellison K. 2009. Efficacy of Silver-Treated Ceramic Filters for Household Water Treatment. Available at <http://www.filterpurefilters.org/pdf/Efficasy%20of%20Silver.pdf>: Accessed 3-2-2015.

Oates PM, Shanahan P, Polz MF. 2003. Solar disinfection (SODIS): simulation of solar radiation for global assessment and application for point-of-use water treatment in Haiti. *Water Research* 37: 47-54.

Ogunyoku TA. 2008. *THE IMPLEMENTATION OF SUSTAINABLE POINT-OF- USE WATER TREATMENT AND SANITATION SYSTEMS IN RURAL UGANDA [MSc.]*. California: University of California. 61p.

Ogunyoku TA, Nover DM, McKenzie ER, Joshi G, Fleenor WE. 2011. Point-Of-Use Drinking Water Treatment in the Developing World: Community Acceptance, Project Monitoring and Revision. *International Journal for Service Learning in Engineering* 6: 14-32.

Osborne P. 2014. CLEAN WATER FOR ALL update. Available at <http://pottersforpeace.com/2014/10/24/clean-water-for-all-update/>: Accessed 5-1-2015.

Oyanedel-Craver VA, Smith JA. 2008. Sustainable Colloidal-Silver- Impregnated Ceramic Filter for Point-of-use water treatment. *Environmental Science Technology* 42: 927-933.

Parker JA, Darby JL. 1995. Particle-Associated Coliform in Secondary Effluents: Shielding from Ultraviolet Light Disinfection. *Water Environment Research* 7: 1065–1075.

Parlament České republiky. 2000. Zákon ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Česká republika: Sbírka zákonů České republiky, 2000, částka 74. p3622-3662.

Pitter P. 1999. *Hydrochemie*. Praha: VŠCHT. 568p.

Pivokonský M, Pivokonská L, Bubáková P, Janda V. 2010. ÚPRAVA VODY S OBSAHEM HUMINOVÝCH LÁTEK. *Chemické listy* 104: 1015-102.

Pradeep T, Anshup. 2009. Noble metal nanoparticles for water purification: A critical review. *Thin Solid Films* 517: 6441–6478.

PROTE. 2013. PROTE Progressive Technology. Available at <http://www.prote.cz/cs/>: Accessed 15-3-2015.

Prüss-Üstün A, Bartram J, Clasen T, Colford JM, Cumming O, Curtis V, Bonjour S, Dangour AD, France D, Fewtrell L, Freeman MC, Gordon B, Hunter PR, Johnston RB, Mathers C, Mausezahl D, Medlicott K, Neira M, Stocks M, Wolf J, Cairncross S. 2014. Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine and International Health* 19:894-905.

Schneidewind H, Schüler T, Strelau KK, Weber K, Cialla D, Diegel M, Mattheis R, Berger A, Möller R, Popp J. 2012. The morphology of silver nanoparticles prepared by enzyme-induced reduction. *Beilstein J Nanotechnol* 3: 404-414.

SilverDYNE – Africa. 2011. Purifying the World One Drop at a Time. Available at <http://www.silverdyneafrika.com/>: Accessed 12-2-2015.

Strnadová N, Janda V. 1995. *Technologie vody I*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 274p.

Swanson A. 2008. Evaluation of the complementary use of the ceramic (Kosim) filter and Aquatabe in Northern Region Ghana. Available at <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/43897#files-area>: Accessed 1-3-2015.

Rai M, Yadav A, Gade A. 2008. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances* 27: 76-83.

Redwine W. 2013. Creating the Alternative Tour, First Stop: Solar Living Institute- Soaking up Some Rays of Inspiration. Available at <http://permaculturenews.org/2013/07/12/creating-the-alternative-tour-first-stop-solar-living-institute-soaking-up-some-rays-of-inspiration/>: Accessed 1-12-2014.

Roberts, M. 2003. Ceramic water purifiers Cambodia field tests. Available at <http://practica.org/wp-content/uploads/2014/10/Cambodia-Study.pdf>: Accessed 27-2-2015.

SODIS. 2014. SODIS Safe water drinking for all. Available at http://www.sodis.ch/methode/material/flyer_poster/poster_research_e.pdf: Accessed: 20-2-2015.

Sondi I, Goia DV, Matijevic E. 2003. Preparation of highly concentrated stable dispersions of uniform silver nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science* 260: 75-81.

Strnadová N, Janda V. 1995. Technologie vody I, Oxid chloričitý. Praha: VŠCHT 259p.

Šnajdr M. 2010. Proposal of water purification technology for Darbandikhan town in Iraq (focused on: Central Purification Unit and Mixed Media Filter, Sand Filtration) [MSc.]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 79p.

Šopíková L. 2012 Možnosti hygienického zabezpečení pitné vody [Bc.]. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 63p.

Tuhovčák L, BIELA R, KUČERA T. 2009. Vodárenství - úprava a doprava vody. Vodárenství - úprava vody. Brno: UVHO FAST VUT. 180p.

UNICEF. 2008. PROMOTION OF HOUSEHOLD WATER TREATMENT AND SAFE STORAGE IN UNICEF WASH PROGRAMMES. Available at http://www.unicef.org/wash/files/Scaling_up_HWTS_Jan_25th_with_comments.pdf: Accessed 3-2-2015.

UNICEF. 2012. Pneumonia and diarrhoea Tackling the deadliest diseases for the world's poorest children. Available at http://data.unicef.org/corecode/uploads/document6/uploaded_pdfs/corecode/Pneumonia_Diarrhoea_2012_35.pdf: Accessed 10-12-2014.

UNICEF & WHO. 2009. Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done. Available at http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241598415_eng.pdf?ua=1: Accessed 10-12-2014.

Van Halem D. 2006. Ceramic silver impregnated pot filters for household drinking water treatment in developing countries [MSc.]. Delft: Delft University of Technology. 139p.

Van Halem D, Laan H, Heijman SGJ, Dijk JC, Amy GL. 2009. Assessing the sustainability of the silver-impregnated ceramic pot filter for low-cost household drinking water treatment. Physics and Chemistry of the Earth 34: 36-42.

Vrchovecká P. 2009. Vliv stříbra na zvýšení účinnosti fotokatalytické inaktivace kvasinek [MSc.]. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 62p.

Virender KS, Yngard RA, Lin Y. 2008. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science* 145: 83-96.

Wentzel M, Pouris A. 2007. The development impact of solar cookers: A review of solar cooking impact research in South Africa. *Energy Policy* 35: 1909-1919.

WHAI. 2014. World Health Alliance International . Purifying the World One Drop at a Time. Available at <http://www.whaintl.com/index.php/11-research/19-silverdyner-testing-summary>: Accessed 12-2-2015.

WHO. 2015. BOIL WATER. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/Boiling_water_01_15.pdf?ua=1. Accessed 15- 2- 2015.

WHO. 2003a. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/silver.pdf: Accessed 20-2-2015.

WHO, 2003b. Chlorine in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chlorine.pdf: Accessed 20-3-2015.

WHO. 2007. Combating waterborne disease at the household level. Available at http://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease.pdf?ua=1. Accessed 5-3-2015.

WHO. 2011. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/9789241548151_ch07.pdf?ua=1: Accessed 5-1-2015.

WHO, UNICEF. 2013. Ending Preventable Child Deaths from Pneumonia and Diarrhoea by 2025 The integrated Global Action Plan for Pneumonia and Diarrhoea (GAPPD). Available at http://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/gappd_report_2013_en.pdf: Accessed 13-12-2014.

WHO, UNICEF. 2014. Progress on Drinking Water and Sanitation. Available at http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112727/1/9789241507240_eng.pdf: Accessed 17-12-2014.

Whitby GE, Scheible OK. 2004. The History of UV and Wastewater. Available at http://iuva.org/sites/default/files/member/news/IUVA_news/Vol06/Issue3/060302WhitbyandScheibleArticle.pdf: Accessed 3-1-2015.

Wright, J, Gundry S, Conroy R. 2004. Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. *Tropical Medicine and International Health* 9: 106-117.

Yoon K, Byeon JH, Park CW, Hwang J. 2008. Antimicrobial effect of silver particles on bacterial contamination of activated carbon fibers. *Environmental Science technology* 42: 1251-1255.

Zhang H. 2013. Application of Silver Nanoparticles in Drinking water Purification. [Dr.]. Rhode Island: University of Rhode Island. 29p.

Seznam příloh

Příloha 1: Patogeny a jejich vlastnosti	II
Příloha 2: Tvrdost vody.....	V
Příloha 3: Princip membránových separačních technologií.....	V
Příloha 4: Znárodnění separačních vlastností v závislosti na zvolené mem. technologii ...	VI
Příloha 5: Membránové procesy a stupně separace	VII
Příloha 6: Ukázka působení Ag na E. coli a Stafylokok.....	VIII
Příloha 7: Porovnání filtrů s a bez koloidního stříbra	IX
Příloha 8: STABISIZER- měření velikosti částic	X
Příloha 9: Lahve firmy koloidnistribro.eu.....	X

PŘÍLOHY

Příloha 1: Patogeny a jejich vlastnosti (WHO, 2011).

Patogen	Zdravotní riziko	Míra nakažlivosti *	Živočišný zdroj	Rezistence vůči chloru **
BAKTERIE				
Burkholderia pseudomallei	nízké	nízká	ne	nízká
Campylobacter jejuni, C. coli	vysoké	střední	ano	nízká
Escherichia coli – patogenní	vysoké	nízká	ano	nízká
E. Coli enterohemoragické	vysoké	vysoká	ano	nízká
Legionella spp.	vysoké	střední	ne	nízká
Netuberkulózní mykobakteria	nízké	nízká	ne	střední
Pseudomonas aeruginosa	střední	nízká	ne	mírná
Salmonella typhi	vysoké	nízká	ne	nízká

Jiné salmonely	vysoké	nízká	ano	nízká
Shigella spp.	vysoké	střední	ne	nízká
Vibrio cholerae	vysoké	nízká	ne	nízká
Yersinia enterocolitica	vysoké	nízká	ano	nízká

VIRY

Adenoviry	vysoké	vysoká	ne	střední
Enteroviry	vysoké	vysoká	ne	střední
Virus hepatitidy A	vysoké	vysoká	ne	střední
Virus hepatitidy E	vysoké	vysoká	potencionální	střední
Noroviry a sapoviry	vysoké	vysoká	potencionální	střední
Rotaviry	vysoké	vysoká	ne	střední

PROTOZOA (prvoci)

Acanthamoeba spp.	vysoké	vysoká	ne	vysoká
Cryptosporidium spp.	vysoké	vysoká	ano	vysoká

Cyclospora cayetanensis	vysoké	vysoká	ne	vysoká
Entamoeba histolytica	vysoké	vysoká	ne	vysoká
Giardia intestinalis	vysoké	vysoká	ano	vysoká
Naegleria fowleri	vysoké	vysoká	ne	vysoká
Toxoplasma gondii	vysoké	vysoká	ano	vysoká
ČERVI				
Dracunculus medinensis	vysoké	vysoká	ne	střední
Schistosoma spp	vysoké	vysoká	ano	střední

*- Pravděpodobnost přenosu infekce.

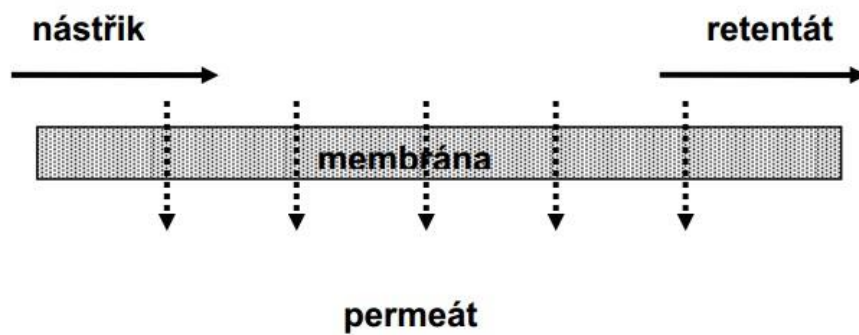
** - Údaje se vztahují k situaci, že infekční agens je volně rozptýlen ve vodě, která je upravovaná běžnými dávkami chloru a s běžnou kontaktní dobou.

Odolnost „střední“ znamená, že původce možná není úplně odstraněn.

Příloha 2: Tvrdost vody (Malý & Malá, 1996).

Pitná voda	mmol/l
velmi tvrdá	> 3,76
tvrdá	2,51- 3,75
středně tvrdá	1,26 - 2,5
měkká	0,7 - 1,25
velmi měkká	< 0,7

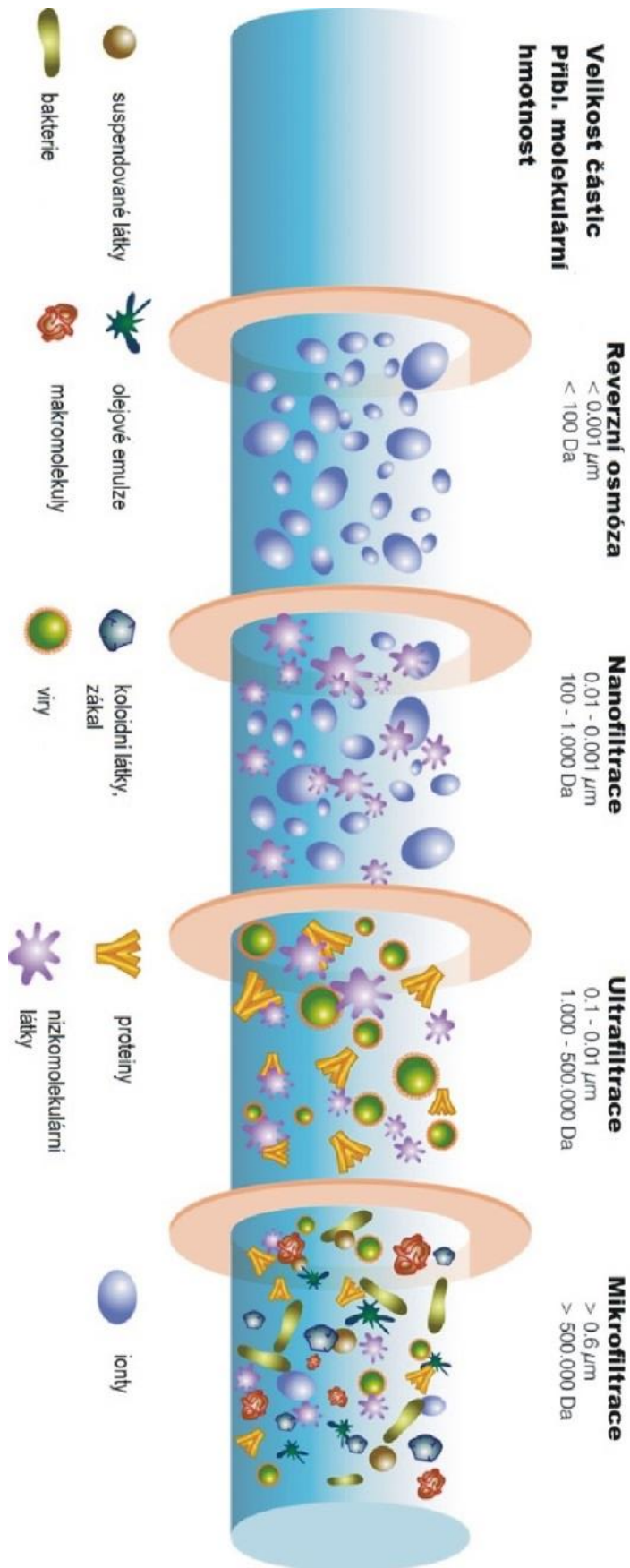
Příloha 3: Princip membránových separačních technologií (Jelínek, 2009).



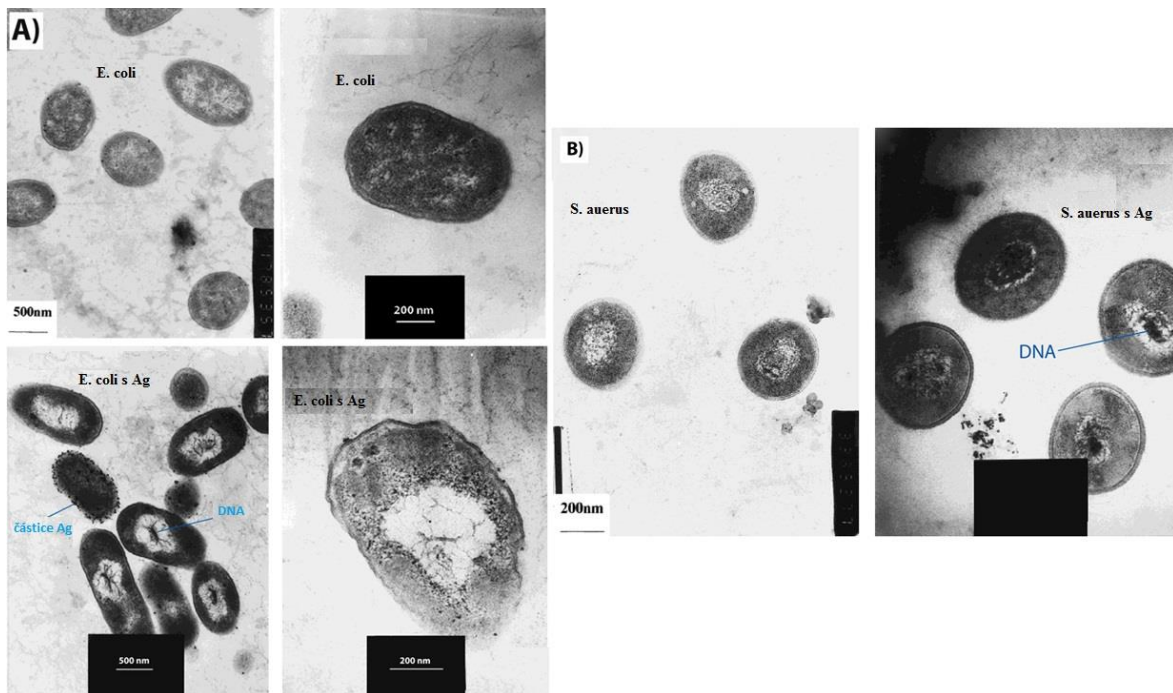
Příloha 4: Znázornění separačních vlastností v závislosti na zvolené mem. technologii
(Jan Bindzar et al., 2009).

Proces	Částice pohybující se přes membránu
reverzní osmóza	Voda
mikro filtrace	ionty, malé molekuly, voda
ultrafiltrace	ionty, malé molekuly, voda
nanofiltrace	ionty, malé molekuly, voda
elektrodialýza	ionty
dialýza	ionty nebo malé molekuly

Příloha 5: Membránové procesy a stupně separace (ASIO, 2012)



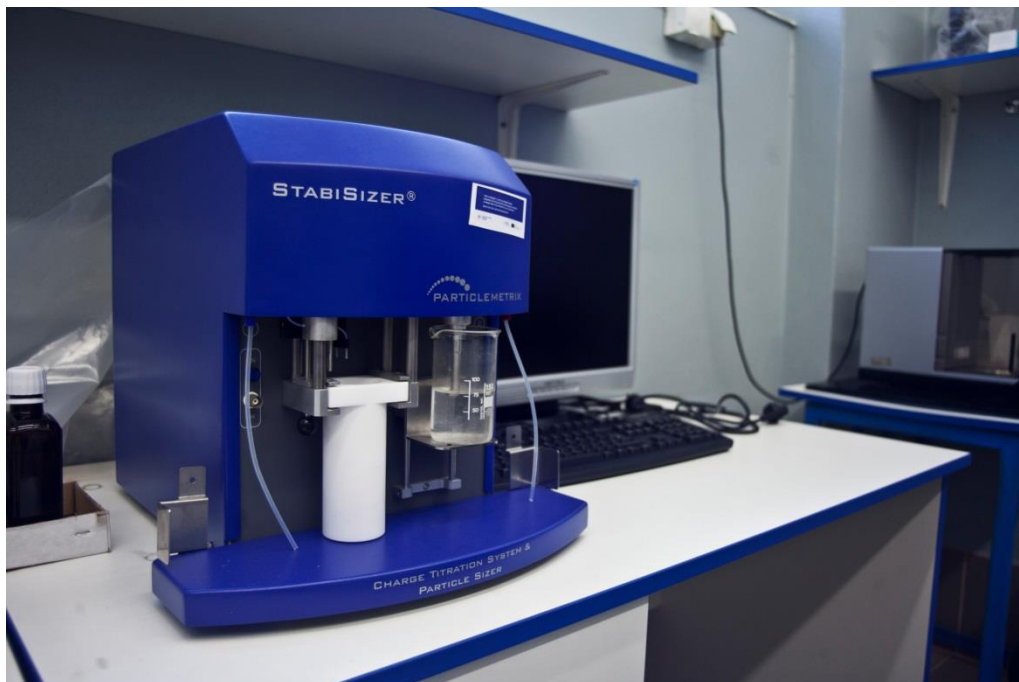
Příloha 6: Ukázka působení Ag na E. coli a Stafylokok (Feng et al., 2000)



Příloha 7: Porovnání filtrů s a bez koloidního stříbra (Lantagne DS, 2001).

Č. filtru	Stříbro	Kolonií/ 100 ml	Fekální bakterie	Fekální Streptococcus	E. coli
Voda před znečištěním		3000	250	245	250
1	Ano	0	0	0	0
2	Ano	0	0	0	0
3	Ne	170	45	0	0
4	Ne	300	45	0	45
5	Ano	0	0	0	0
6	Ne	15	0	0	0

Příloha 8: STABISIZER- měření velikosti částic (Cihlář, 2015)



Příloha 9: Lahve firmy koloidnistrebro.eu (Cihlář, 2015)

