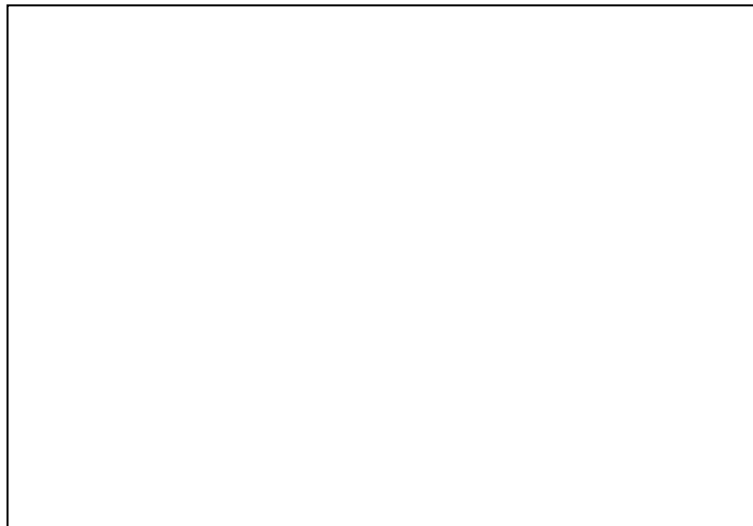




Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

# Småskaliga vattenreningsmetoder – några exempel

*Johanna Schaub*



---

Självständigt arbete i veterinärmedicin, 15 hp

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2010: 83

Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Uppsala 2010

---





Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

## Småskaliga vattenreningsmetoder – några exempel

Point-of-use water treatment – a few examples

*Johanna Schaub*

**Handledare:**

Jakob Ottoson, SLU, Institutionen för bakteriologi och livsmedelssäkerhet

**Examinator:**

Désirée S. Jansson, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

**Omfattning:** 15 hp

**Kurstitel:** Självständigt arbete i veterinärmedicin

**Kurskod:** VM0068

**Program:** Veterinärprogrammet

**Nivå:** Grund, G2E

**Utgivningsort:** SLU Uppsala

**Utgivningsår:** 2010

**Omslagsbild:** -

**Serienamn, delnr:** Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2010: 83  
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, SLU

**On-line publicering:** <http://epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Vattenrening, klorering, SODIS, keramiska filter, biosandfilter, U-länder

**Key words:** Water purification, chlorination, SODIS, ceramic filters, biosand filter

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	1
SUMMARY .....	2
INLEDNING .....	3
MATERIAL OCH METODER .....	3
LITTERATURÖVERSIKT .....	4
Vattenburen smitta och vatten .....	4
Desinfektion .....	4
Klorering och säker förvaring .....	4
Desinfektion med hjälp av solljus (SODIS) .....	5
Filtrering .....	5
Keramiska filter .....	5
Biosandfilter .....	6
Jämförelse .....	7
DISKUSSION .....	8
LITTERATURFÖRTECKNING .....	10

## **SAMMANFATTNING**

En av de vanligaste dödsorsakerna i världen är diarrésjukdomar som ofta sprids via förorenat dricksvatten. Eftersom de sanitära och hygieniska förhållandena är dåliga i många U-länder har rening av vattnet i hemmet före användning, d.v.s. behandling vid point-of-use, visat sig vara en effektiv metod för att minska förekomsten av sjukdomsfall. De olika metoder som mest har studerats med avseende på förmåga att reducera mängden patogener i vattnet och förekomsten av diarrésjukdom är klorering, desinfektion med hjälp av solljus, filtrering genom olika keramiska filter och filtrering genom biosandfilter. Metoderna har alla sina för- och nackdelar och är olika effektiva mot olika patogener. Vid en jämförelse av metoderna är inte bara förmågan att reducera patogener och antalet diarréfall viktig; hur enkel och billig metoden är att använda är exempelvis också intressant. En jämförelse som tar hänsyn till flera sådana kriterier visar att filtrering genom biosandfilter är den effektivaste och hållbaraste lösningen för rening av vatten i hemmet. Problemet med studier av point-of-use-behandling är dock att risken för bias är stor, bl.a. eftersom de sällan är blindade. Därför krävs det fler, större studier av bättre kvalitet innan man satsar på den här typen av vattenrening. Metoderna är ett alternativ i exempelvis katastrofområden, men bör inte ta fokus från uppbyggnad av fungerande sanitet och säkrad tillgång till vatten.

## **SUMMARY**

One of the most common causes of death worldwide is diarrheal disease, often spread through contaminated water. Since the sanitary and hygienic conditions are poor in many developing countries purifying water at home before use, ie point-of-use water treatment, is an effective approach to reducing the incidence of illness. The various methods that have been studied with regard to the ability to reduce the amount of pathogens in water and the incidence of diarrheal disease are chlorination, disinfection by sunlight, filtering through ceramic filters and filtration through biosand filters. All methods have their advantages and disadvantages and differ in their effectiveness against different pathogens. Not only the ability of a method to reduce pathogens and cases of diarrhea is important, but how simple and inexpensive the method is to use is also of interest. A comparison which takes into account several criteria shows that filtering through biosand filter is the most effective and most sustainable solution for the purification of water in the home. The problem with studies of point-of-use treatment, however, is that the risk of bias is high, partly because they are seldom blinded. Therefore, additional, larger studies of higher quality should be done before investing in this type of water treatment. The methods are an option in disaster areas, but should not steal focus and resources from the developing of functioning sanitation and secure access to water.

## **INLEDNING**

Varje år dör 1,8 miljoner människor världen över av diarrésjukdomar. Närmare 90% av sjukdomsfallen är kopplade till brist på säkert dricksvatten, brist på sanitära faciliteter och bristande hygien, och det är främst barn yngre än fem år i U-länder som drabbas (WHO, 2004).

Man försöker komma åt problemet genom olika typer av åtgärder. Fewtrell et al. (2005) beskriver hur hälso- och hygienkampanjer har som syfte att utbilda och upplysa människor, exempelvis om vikten av att tvätta händerna med tvål, att inte låta djur vistas i köket och att göra sig av med latrin på ett korrekt sätt. Denna typ av kampanjer riktar sig ofta till framför allt mödrar. Vidare beskrivs åtgärder som förbättrar saniteten för att inte vattenkällor ska förorenas, t.ex. installation av latriner, antingen gemensamma eller i enskilda hushåll. För att åtgärda den bristande tillgången på vatten kan nya eller förbättrade källor som vattenledningar och brunnar införas, och vid åtgärder för att förbättra vattenkvaliteten behandlas och renas vattnet ofta i hushållet. Det sistnämnda brukar kallas behandling vid point-of-use (POU). Alla de olika åtgärderna reducerar risken för diarrésjukdom, men POU-behandling har visat sig vara mer effektiv än man tidigare trott (Fewtrell et al. 2005).

Sobsey et al. (2003) beskriver hur en stor del av världens befolkning i dagsläget konsumerar helt obehandlat vatten, ofta hämtat från fekalit förorenade källor. Vattnet hämtas i öppna eller på annat sätt oskyddade kärl och förvaras på samma sätt i hemmen, ofta under ohygieniska förhållanden. Risken för kontamination är då stor även om vattnet skulle vara av god kvalitet från början. Rening av vattnet precis innan det ska konsumeras kan därför vara en effektiv metod att minska risken för diarrésjukdom genom vattenburen smitta (Fewtrell et al. 2005).

Den här litteraturstudien tar upp fyra POU-behandlingsmetoder som har undersökts dels med avseende på förmåga att reducera mängden patogener i vattnet, och dels med avseende på förmåga att minska fallen av diarrésjukdom. Reduktionen av patogener har studerats i både laboratorie- och fältstudier, och effekten på fall av diarrésjukdom har studerats i epidemiologiska studier. Resultaten från de epidemiologiska studierna anges ofta i minskning av incidens (nya fall i en population under en viss tidsperiod) eller prevalens (förekomsten av en sjukdom/ett tillstånd vid en viss tidpunkt eller definierad tidsperiod).

## **MATERIAL OCH METODER**

Litteratursökningar gjordes i PubMed och Web of Knowledge med sökord som water purification, developing countries, household water treatment, diarrhea/diarrhoea, disinfection, ceramic filter, SODIS, Biosand, chlorination och point-of-use. Relevanta artiklar och relevanta referenser i dessa valdes ut till litteraturstudien. WHO:s hemsida besöktes för fakta och inspiration.

## LITTERATURÖVERSIKT

### Vattenburen smitta och vatten

Diarrésjukdomar orsakas av bakterier, virus och parasiter som ofta sprids via det fekalt förorenade vatten som många i U-länder tvingas dricka och använda i hushållet i brist på annat. Inte bara mänsklig avföring utan även avföring från djur innehåller sjukdomsframkallande mikroorganismer som kan ge diarré (WHO, 2010). Dessa mikroorganismers egenskaper gör dem olika känsliga för olika POU-behandlingar. Exempelvis är fria virus för små för att filtreras bort (Clasen et al. 2004), medan större mikroorganismer som protozoer med goda resultat kan elimineras via filter (Sobsey et al. 2008; Bielefeldt et al. 2009). Å andra sidan är protozoer mindre känsliga för klorering (Arnold & Colford 2007).

En bra POU-behandling bör inte bara reducera mängden patogener i vattnet, den bör även vara enkel att använda och kunna rena tillräckligt med vatten inom rimlig tid. Detta för att människor ska betrakta användning av metoden som en daglig rutin och behandla allt vatten som ska drickas och användas till handtvätt och matlagning (Sobsey et al. 2008). Det basala dricksvattenbehovet för ett hushåll på fem personer definieras av Sobsey et al. (2008) som 20 l/dag, och Elliott et al. (2008) anger 40 l/dag som övre gräns för den typiska vattenmängd som används för hushållsbehov av en familj i ett U-land. Om metoden inte renar åtminstone den mindre mängden vatten på ett snabbt och enkelt sätt finns risken att användarna dricker obehandlat vatten istället (Sobsey et al. 2008).

### Desinfektion

#### *Klorering och säker förvaring*

Vid POU-klorering tillsätts kalcium- eller natriumhypoklorit (klorin) i vattnet som ska desinficeras (upp till 5 mg/l) (Sobsey et al. 2003), varpå de flesta patogena bakterier och virus som förekommer inaktiveras. Desinfektionen kombineras ofta med förvaring av vattnet i en säker behållare, gärna en dunk eller liknande med liten öppning, ur vilken det kan tappas via en kran för att minimera risken för återkontamination (Arnold & Colford 2007).

Metoden inaktiverar bakterier och virus, däremot är parasiter relativt okänsliga för klor (Arnold & Colford 2007). I epidemiologiska studier har klorering visat sig reducera diarréincidensen med 20-40 % (Sobsey et al. 2003).

Fördelarna med klorering är att båda klorföreningarna är billiga, enkla att distribuera och kan tillverkas lokalt i U-länder. Dessutom ger de ett fortsatt skydd mot återkontamination i upp till flera dagar (Arnold & Colford 2007) och stora mängder vatten kan renas på kort tid (Sobsey et al. 2008). Dock kvarstår risken för vattenburna parasiter, och om vattnet innehåller mycket partiklar och organiskt material minskar effekten av kloreringen och föreningar med obehaglig smak och lukt kan bildas, vilket i sin tur kan leda till att användarna blir skeptiska till metoden (Sobsey et al. 2008).



## **Desinfektion med hjälp av solljus (SODIS)**

Vid desinfektion med hjälp av solljus hålls vattnet i rena, ofärgade PET-flaskor som exponeras för solljus under minst 6 timmar, lämpligen på ett tak eller liknande utom räckhåll för barn och djur för att minimera risken för kontamination (Gómez-Couso et al. 2009). UV-strålningen inaktiverar patogener som bakterier, protozoer och virus i vattnet och temperaturökningen snabbar på processen (Hijnen et al. 2006; M Boyle et al. 2008). Inaktiveringen bygger på att UV-strålningen skadar cellernas och virusens DNA och RNA vilket bl.a. förhindrar replikation (Hijnen et al. 2006).

Bakterier är generellt mest känsliga för metoden, följt av protozoer som *Cryptosporidium* och *Giardia*, medan virus är mindre känsliga (Hijnen et al. 2006). SODIS har visat sig vara en effektiv metod i laboratoriestudier (Boyle et al. 2008; Méndez-Hermida et al. 2007) och reducerar exempelvis mängden bakterier med upp till 99,9% (Sobsey et al. 2008). I fältstudier har SODIS reducerat antalet fall av diarrésjukdom med ca 30% (Sobsey et al. 2008). Mäusezahl et al. (2009) fann dock inte något starkt samband mellan användning av metoden och en väsentlig minskning av antalet diarréfall.

Fördelen med SODIS är att metoden är lättillgänglig och miljömässigt hållbar, solljus är en miljövänlig energikälla och PET-flaskorna kan användas tills de blir för repiga för att släppa igenom tillräckligt mycket UV-strålning, och då är de billiga att byta ut (Sobsey et al. 2008).

Grumligt vatten måste filtreras eller sedimenteras innan det exponeras för solljus för att UV-strålningen ska ha någon effekt mot patogener i vattnet (Joyce et al. 1996). Detta löser man genom att antingen hålla vattnet genom en ihopvikt tygbit eller låta det stå ett tag så att partiklar sjunker till botten.

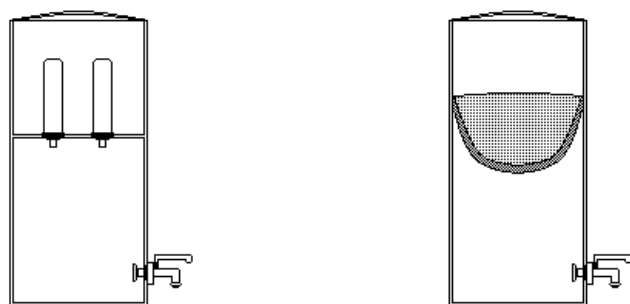
Om det är mulet måste vattnet exponeras under två dygn, vilket kan vara opraktiskt (Gómez-Couso et al. 2009). Det behövs många flaskor för att tillgodose en familjs hushållsbehov på ca 20 l vatten per dag eftersom PET-flaskorna inte bör rymma mer än 2 l om metoden ska vara effektiv då UV-strålningens styrka avtar i vattnet (EAWAG, 2002). SODIS kan därför anses vara tidskrävande i jämförelse med andra vattenreningsmetoder (Sobsey et al. 2008)

## **Filtrering**

### **Keramiska filter**

I studier av POU-vattenrening har keramiska filter av typen kommersiella filter och lokalt producerade filter undersökts.

De kommersiella filtren som har använts är av ”candle”-typ och tillverkas av porös keramik som låter vatten passera men filtrerar bort bakterier och protozoer (du Preez et al. 2008). Filtren är utformade som ihåliga cylindrar som monteras i ett kärl med två avdelningar (Figur 1). Vattnet renas när det rinner genom filtret från den övre avdelningen till den nedre. Det rena vattnet tappas genom en kran, vilket minskar risken för återkontamination. En impregnering eller beläggning av silver förhindrar mikrobiell tillväxt på ytan av filtren (Clasen et al. 2004).



Figur 1 . Kommersiellt och lokalt producerat keramiskt filter.

Lokalt producerade keramiska filter tillverkas av lera som blandas med exempelvis finmalda risgrynsskal eller annat organiskt material, formpressas och bränns i en vedeldad brännugn där det organiska materialet brinner upp och efterlämnar små porer (Bielefeldt et al. 2009). Efter bränning målas filtret in- och utvändigt med silverniträt för att förhindra mikrobiell tillväxt. Filtren placeras i en behållare av exempelvis plast och vatten som filtrerats samlas upp i denna och tappas via en kran (Figur 1).

När de används rätt reducerar kommersiella keramiska filter mängden bakterier och protozoer i vattnet med upp till 99,99%, och de minskar även vattnets grumlighet avsevärt (du Preez et al. 2008). Fria virus är däremot för små (20-100 nm) för att avlägsnas genom mikrofiltrering. Dock har de en tendens att binda till större partiklar som exempelvis bakterier och därför reducerar filtren mängden virus i högre grad än vad som kunde förväntas (Clasen et al. 2004).

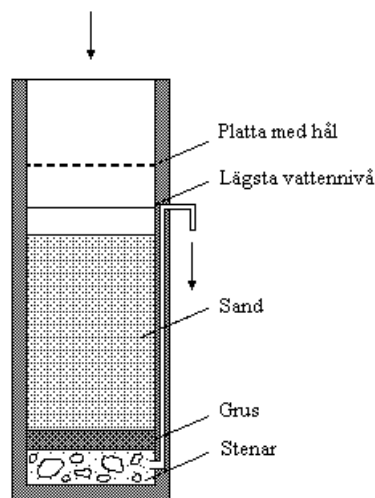
I en studie av Clasen et al. (2004) reducerade kommersiella keramiska filter diarréprevalensen med 70%. Du Preez et al. (2008) visade i en annan studie att samma typ av filter minskade diarréincidensen med 80%. Även de lokalt producerade filtren har visat sig vara effektiva genom att reducera mängden *E. coli* med i genomsnitt 96% och diarréprevalensen med ungefär 50% (Brown et al. 2008).

De kommersiella keramiska filtren är effektiva mot bakterier och protozoer och de kan lätt rengöras med en tvättsvamp eller borste och användas under lång tid innan de behöver bytas ut. De lokalt producerade filtren är inte av samma kvalitet som de kommersiella och förlorar i effektivitet efter en längre tids användning (Bielefeldt et al. 2009). Nackdelen med filtren är att risken för virusburen smitta kvarstår (Clasen et al. 2004) och eftersom de är gjorda av keramik är filtren ömtåliga .

### **Biosandfilter**

Biosandfiltret består av en ca 1 m hög kammare av betong, plast eller metall fylld med sand och grus av olika grovlek (Figur 2). I botten ligger stenar som förhindrar att avrinningsröret täpps igen av sanden, ovanpå dessa ligger ett lager med grus och ovanpå detta ligger ett ca 50 cm tjockt lager med sand. Vattnet som ska filtreras (upp till 20 l åt gången) hålls i kammarens öppning där en platta med hål i samlar upp skräp och gör att vattnet sprids och inte rör upp

biologret (*schmutzdecke*). Biologret utgörs av organismer på ytan av sanden och fångar upp bakterier, virus och parasiter. Vattnet filtreras genom sanden och rinner ut genom ett rör i botten av kammaren. Detta rör går upp längs med betongkammaren och kranen sitter en bit ovanför ytan på sandlagret för att biologret alltid ska vara vått (enligt principen kommunicerande kärl) och filtret aldrig ska torka. Efter en tids användning avtar vattenflödet och då rengörs filtret manuellt genom att det översta sandlagret rörs upp och sköljs igenom (Tiwari et al. 2009; Elliott et al. 2008).



Figur 2. Schematisk bild av Biosandfilter (efter Tiwari et al. (2009)).

Filtret reducerade i en studie av Palmateer et al. (1999) mängden cystor av *Giardia lamblia* med 100%, mängden oocystor av *Cryptosporidium* med 99,98% och mängden bakterier med över 80 %. Elliott et al. (2008) visade i en annan studie en minskning av *E. coli* med 98,7%. I samma studie minskade mängden echovirus med 99,2%, medan mängden bakteriofager reducerades med 70%. Biosandfiltrets förmåga att reducera mängden virus tycks alltså bero på vilket virus det gäller. Det minskar även vattnets grumlighet avsevärt (Tiwari et al. 2009).

Fältstudier har visat ett samband mellan användning av Biosandfiltret och en minskning av antalet fall av diarrésjukdom med ca 50% (Stauber et al. 2009; Tiwari et al. 2009).

Fördelarna med Biosandfiltret är att det har en hållbar design och kan tillverkas lokalt av lättillgängliga material som betong, sand och grus vilket innebär att det kan bli relativt billigt beroende på var och hur det tillverkas. Det är enkelt att använda och underhålla och några nya kostnader tillkommer inte när filtret väl är producerat. Det har ett flöde på 0,25-1 l/ minut och kan rena tillräckligt mycket vatten för att tillgodose hushållsbehovet (Sobsey et al. 2008; Tiwari et al. 2009). Nackdelarna är att kostnaden för filtret (vanligen 25-100 dollar) kan anses vara hög och att effekten mot virus varierar (Sobsey et al. 2008).

## Jämförelse

Sobsey et al. (2008) har jämfört de olika POU-behandlingarna utifrån hur väl de uppfyller olika kriterier (Tabell 1). Kriterierna är med viss förenkling följande:

- Tillräckligt med vatten ska kunna renas på kort tid och utan större ansträngning
- Vatten av olika kvalitet ska kunna renas utan att metoden förlorar i effektivitet
- Metoden bör vara enkel och inte alltför tidskrävande
- Metoden bör vara billig
- Metoden bör inte kräva en försörjningskedja (reservdelar eller liknande) för att kunna användas

Tabell 1. Jämförelse av POU-behandlingar (efter Sobsey et al. 2008)

Metod	Mängd	Kvalitet	Enkelhet	Kostnad	Försörjningskedja	Summa
Klorering	+	-	+	+	-	+
SODIS	-	-	-	+	+	-
Keramiska filter	0	+	0	+	0	++
Biosandfilter	+	+	0	0	+	+++

## DISKUSSION

Jämförelsen av Sobsey et al. (2008) antyder att Biosandfilter är den bästa lösningen, tätt följt av keramiska filter. En annan jämförelse av Hunter (2009) visar att keramiska filter är den effektivaste metoden, med Biosandfilter på andra plats. Den senare jämförelsen tar dock inte hänsyn till kriterierna som anges i tabellen ovan. Båda tycks vara överens om att SODIS är den ineffektivaste metoden, följt av klorering. Nackdelarna med SODIS är som nämnts att det krävs jämförelsevis mycket arbete för att rena en liten mängd vatten, bl.a. för att grumligt vatten måste förbehandlas. Metoden har dessutom inte visat sig reducera antalet fall av diarré i samma utsträckning som de andra POU-behandlingarna. Klorering är en enkel och billig metod som snabbt desinficerar stora mängder vatten, men den har dålig effekt mot parasiter, kräver en fortsatt tillgång till kemikalier och är inte lika effektiv om vattnet är grumligt.

Biosandfilter och keramiska filter är effektiva men skulle kunna ses som mer komplicerade åtgärder, det är ett större steg att köpa och installera ett filter än att köpa en flaska klorin och en vattendunk. Kostnaden är också högre för filtreringsmetoderna, men när det gäller Biosandfiltret är det en engångskostnad, och när det gäller de keramiska filtren kan de användas under lång tid innan de behöver bytas ut.

Det optimala skulle kunna vara en kombination av olika metoder, t.ex. filtrering genom keramiska filter följt av klorering, men POU-behandlingen blir då genast omständligare vilket ökar risken för att människor ska återgå till att dricka obehandlat vatten. Den minskade immuniteten och plötsliga exponeringen för patogener skulle då kunna få allvarliga konsekvenser (Hunter et al. 2009).

Problemet med studier av POU-behandling är att de av praktiska och etiska skäl sällan är blindade (Mäusezahl et al. 2009; Brown et al. 2008; du Preez et al. 2008; Hunter 2009). Dels

är det svårt att tillverka exempelvis ett placebofilter som minskar vattnets grumlighet utan att reducera mängden patogener, dels har man velat undvika att studiedeltagare ändrar sina vanor när det gäller behandling av dricksvattnet i tron att de har fått prova en metod som fungerar. Exempelvis skulle studiedeltagare kunna sluta koka sitt dricksvatten då de tror att de har ett filter som renar vattnet, vilket skulle öka risken för att de drabbas av diarré (Clasen et al. 2004).

Schmidt & Cairncross (2009) hävdar att det finns en klar risk att de stora effekterna man ser i oblindade studier beror på olika typer av bias, dock finns inte klara bevis för detta. Bias skulle enligt dem t.ex. kunna komma av att deltagarna själva rapporterar sina GI-symptom, att det finns kommersiella intressen inblandade och att studier med oönskade resultat inte publiceras. Ett exempel på problemen är att flera oblindade studier har visat en minskning av fallen av diarréjukdom trots att deltagarna inte har använt sig av POU-metoden ifråga i någon större utsträckning. Det finns även en stor heterogenitet i den visade effekten av studierna, från ingen effekt alls till en reduktion av sjukdomsfallen med 85%. Anledningar till skillnaderna kan bl.a. vara studiens design och utförande och deltagarnas compliance.

Dricksvattnets roll i smittöverföringen är också intressant; om det allmänna sanitära och hygieniska läget är dåligt blir smittvägarna så många att det inte spelar någon roll om dricksvattnet är rent eller inte (Schmidt & Cairncross 2009). Därför borde en kombination av åtgärder som hygienkampanjer, förbättrad tillgång till vatten m.m. ha en större effekt än de olika åtgärderna var för sig, men en studie av Fewtrell et al. (2005) visar att så inte är fallet.

Schmidt & Cairncross (2009) anser vidare att det krävs starkare bevis för att POU-behandling faktiskt är effektivt innan man satsar fullt ut på metoden. Studierna som har gjorts hittills har varit relativt korta och det krävs längre studier av högre kvalitet för att kunna göra en riktig utvärdering. Även om POU-behandling inte utgör någon hälsorisk eller på något sätt är skadligt är det onödigt att metoden tar fokus och resurser från andra åtgärder som syftar till att förbättra tillgången till vatten och fungerande sanitära faciliteter, vilket alla människor har rätt till i första hand. Dock anser de att POU-behandling skulle kunna vara ett alternativ i exempelvis katastrofområden eller som en tillfällig lösning vid epidemier av vattenburen sjukdom som kolera, eftersom man ändå kan förvänta sig en viss effekt.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Arnold, B.F. & Colford, J.M., 2007. Treating Water With Chlorine At Point-Of-Use To Improve Water Quality And Reduce Child Diarrhea In Developing Countries: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Am J Trop Med Hyg*, 76(2), 354-364.
- Bielefeldt, A.R., Kowalski, K. & Summers, R.S., 2009. Bacterial treatment effectiveness of point-of-use ceramic water filters. *Water Research*, 43(14), 3559-3565.
- Boyle, M. et al., 2008. Bactericidal effect of solar water disinfection under real sunlight conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(10), 2997-3001.
- Brown, J., Sobsey, M.D. & Loomis, D., 2008. Local drinking water filters reduce diarrheal disease in Cambodia: a randomized, controlled trial of the ceramic water purifier. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 79(3), 394-400.
- Clasen, T.F. et al., 2004. Reducing diarrhea through the use of household-based ceramic water filters: a randomized, controlled trial in rural Bolivia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 70(6), 651-657.
- EAWAG (2002). Solar water disinfection - A guide for the Application of SODIS. SANDEC report No 06/02. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology, Dübendorf.
- Elliott, M. et al., 2008. Reductions of E. coli, echovirus type 12 and bacteriophages in an intermittently operated household-scale slow sand filter. *Water Research*, 42(10-11), 2662-2670.
- Fewtrell, L. et al., 2005. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, 5(1), 42-52.
- Gómez-Couso, H. et al., 2009. Efficacy of the solar water disinfection method in turbid waters experimentally contaminated with *Cryptosporidium parvum* oocysts under real field conditions. *Tropical Medicine & International Health: TM & IH*, 14(6), 620-627.
- Hijnen, W., Beerendonk, E. & Medema, G., 2006. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Research*, 40(1), 3-22.
- Hunter, P.R., 2009. Household Water Treatment in Developing Countries: Comparing Different Intervention Types Using Meta-Regression. *Environmental Science & Technology*, 43(23), 8991-8997.
- Hunter, P.R., Zmirou-Navier, D. & Hartemann, P., 2009. Estimating the impact on health of poor reliability of drinking water interventions in developing countries. *Science of The Total Environment*, 407(8), 2621-2624.
- Joyce, T. et al., 1996. Inactivation of fecal bacteria in drinking water by solar heating. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62(2), 399-402.
- Mäusezahl, D. et al., 2009. Solar Drinking Water Disinfection (SODIS) to Reduce Childhood Diarrhoea in Rural Bolivia: A Cluster-Randomized, Controlled Trial. , 6(8).
- Méndez-Hermida, F. et al., 2007. Disinfection of drinking water contaminated with *Cryptosporidium parvum* oocysts under natural sunlight and using the photocatalyst TiO<sub>2</sub>. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 88(2-3), 105-111.
- du Preez, M. et al., 2008. Use of Ceramic Water Filtration in the Prevention of Diarrheal Disease: A Randomized Controlled Trial in Rural South Africa and Zimbabwe. *Am J Trop Med Hyg*, 79(5),

696-701.

Schmidt, W. & Cairncross, S., 2009. Household Water Treatment in Poor Populations: Is There Enough Evidence for Scaling up Now? *Environmental Science & Technology*, 43(4), 986-992.

Sobsey M, Handzel T & Venczel L, 2003. Chlorination and safe storage of household drinking water in developing countries to reduce waterborne disease. Tillgänglig: <http://www.iwaponline.com/scripts/dtSearch/dtisapi6.dll?cmd=getdoc&DocId=5404&Index=E%3a%5cdtIndex%5cIW%5fWST&HitCount=14&hits=1ce+1d0+1d1+1d2+1d3+1d4+1d5+1d6+1d7+1d8+1d9+1da+1db+1dc+&SearchForm=D%3a%5ciwaponline%5csearch%5csearch%2ehtm> [2010-03-13].

Sobsey, M.D. et al., 2008. Point of Use Household Drinking Water Filtration: A Practical, Effective Solution for Providing Sustained Access to Safe Drinking Water in the Developing World. *Environmental Science & Technology*, 42(12), 4261-4267.

Stauber, C.E. et al., 2009. A Randomized Controlled Trial of the Concrete Biosand Filter and Its Impact on Diarrheal Disease in Bona, Dominican Republic. *Am J Trop Med Hyg*, 80(2), 286-293.

Tiwari, S.K. et al., 2009. Intermittent slow sand filtration for preventing diarrhoea among children in Kenyan households using unimproved water sources: randomized controlled trial. *Tropical Medicine & International Health*, 14(11), 1374-1382.

WHO (2004). Water, sanitation and hygiene links to health. Tillgänglig: [www.who.int](http://www.who.int) [2010-06-24]

WHO (2010). Water Sanitation and Health (WSH). Tillgänglig: [www.who.int](http://www.who.int) [2010-06-27]