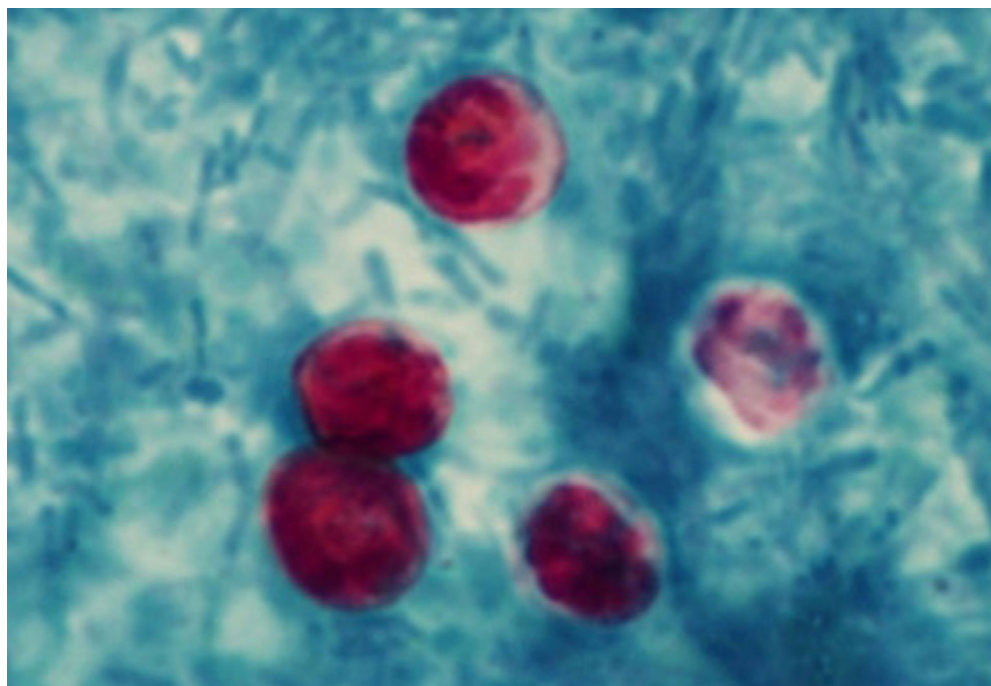


Giardia och Cryptosporidium i svenska ytvattentäcker

Smittskyddsinstitutet



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Management

SV-Utveckling styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg, ordförande	Göteborgs Stad
Carina Färm	Eskilstuna Energi & Miljö AB
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Margaretha Lindbäck	Luleå kommun
Charlotte Lindstedt	Göteborg Vatten
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Mats Rostö	Gästrik Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Lena Söderberg	Svenskt Vatten
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand, adjungerad	Norsk Vann

Smittskyddsinstitutet är ensamt ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Giardia och Cryptosporidium i svenska ytvattentäkter
Title of the report:	Giardia and Cryptosporidium in Swedish surface water sources
Rapportnummer:	2011-02 (2:a revidering)
Författare:	Smittskyddsinstitutet, Anette Hansen
Projektnummer:	28-104
Projektets namn:	Giardia och Cryptosporidium
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling
Rapportens omfattning	
Sidantal:	24
Format:	A4
Sökord:	Giardia, Cryptosporidium, ytvatten
Keywords:	Giardia, Cryptosporidium, surface water
Sammandrag:	Resultat från 200 analyser under åren 2003–2008 visar på en förekomst av Giardia i 4 procent och Cryptosporidium i 11,5 procent av undersökta prover från svenska ytvattentäkter.
Abstract:	Result from 200 analyses during 2003–2008 show an occurrence of Giardia in 4 % and Cryptosporidium in 11.5 % of investigated surface water samples from Swedish surface water sources.
Målgrupper:	Personal vid vattenverk, Hälso och Miljöinspektörer m.fl.
Omslagsbild:	Cryptosporidium oocystor. Foto: Marianne Lebbad, Smittskyddsinstitutet
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2011
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Både *Giardia* och *Cryptosporidium* sprids till miljön, de kan förorena vatten och orsaka vattenburna utbrott. Det stora utbrottet av *Giardia* i Bergen 2004 då tusentals människor blev sjuka efter att ha druckit förorenat dricksvatten satte verkligen fokus på vikten av fungerande barriärer i dricksvattenberedningen. Vi har idag bättre redskap än tidigare i form av riskvärderingsverktyg för att kunna bedöma risker och beredningseffekter i dricksvattenproduktion.

Cryptosporidium är ett av de agens som man tror kommer att öka i miljön till följd av den globala uppvärmningen. Detta kan leda till ett ökat behov av åtgärder för att inte risken för smittspridning via dricksvatten ska öka vid såväl vattenverk som avloppsreningsverk. Utbrottet i Östersund 2010-11 visar med tydlighet vilka konsekvenserna kan bli vid ett utbrott och behovet av att utveckla kunskapen inom detta område ytterligare. Utbrottet inträffade efter att rapporten huvudsakligen sammanställdes, varför endast en begränsad del av utbrottet behandlas i den här rapporten.

Vid Smittskyddsinstitutet (SMI) har vi sedan den första kartläggningsstudien 1996 utfört analyser av *Giardia* och *Cryptosporidium* i råvatten, dricksvatten, avloppsvatten, avloppsslam och även från bladgrönsaker. Genom åren har metodiken utvecklats och vi använder idag en ISO-standard för *Giardia* och *Cryptosporidium* i vatten. På SMI utvecklar vi även molekylära tekniker som verktyg för att om möjligt kunna spåra källor till förorening av vatten samt metoder för att mäta viabilitet.

Johan Carlson, Generaldirektör, Smittskyddsinstitutet

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	6
Summary	7
1. Bakgrund.....	8
1.1 Giardia och Cryptosporidium i människa och i djur.....	8
1.2 Förekomst och reduktion av Giardia och Cryptosporidium i avloppsvatten och i slam.....	10
1.3 Ytvattenpåverkan och indikation på förekomst av (oo)cystor.....	11
1.4 Klimatförändringar i relation till parasitära protozoer	12
1.5 Reduktion av Giardia och Cryptosporidium i dricksvattenbehandling	12
1.6 Hur spåras källor till spridning av (oo)cystor i vatten?.....	13
1.7 Vattenburna utbrott av Giardia och Cryptosporidium.....	13
1.8 Analysmetodik	14
1.9 Beskrivning av vattentäkterna.....	15
2. Resultat.....	16
2.1 Giardia- och Cryptosporidiumanalyser vid råvattenintag	16
2.2 Giardia- och/eller Cryptosporidium-positiva prover	16
2.3 Indikatororganismer i förhållande till förekomst av Giardia och Cryptosporidium.....	18
2.4 Giardia och Cryptosporidium i förhållande till turbiditet och nederbörd	19
3. Diskussion	21
Litteratur.....	23

Sammanfattning

En kartläggning utfördes i Sverige 1996 av Livsmedelsverket och Smittskyddsinstitutet (SMI). Både *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* detekterades i ytvatten vid 32 % av de undersökta ytvattentäkterna. Utifrån resultatet från denna kartläggning rekommenderades en fördjupad provtagning av ytvatten som används för dricksvattenproduktion. Ett antal svenska ytvattenverk utför därför regelbundet provtagningar för analys av dessa protozoer. Provtagningsfrekvensen har varierat mellan de olika vattenverken (vv), en del har valt regelbundna kontroller årligen medan andra har kontrollerat sitt råvatten för protozoer under en period men sedan avbrutit kontrollen. Förekomst/frånvaro av protozoer är också viktig indata till de riskvärderingsmodeller som används allt mer.

Analysresultat från år 2003 till 2008 har sammanställts för förekomst av *Giardia* och *Cryptosporidium* i råvatten vid sju svenska ytvattenverk (sammanlagt nio provpunkter). Kompletterande data i form av nederbörd, turbiditet och resultat från analyser av indikatororganismer har undersökts i förhållande till ev. förekomst av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium*.

Av totalt 200 prov var 48 % tagna i Göta älv (Lackarebäck vv, Alelyckan vv samt Lärjeholm), ytterligare 13,5 % vid Rådasjön. Sjöarna Vombsjön och Bolmen (Vombverket och Ringsjöverket) stod för 24 % av analysmängden och resterande 28 % av resultaten kom från provtagningar i Mälaren (Norsborgs vv, Lovö vv och Görväln vv).

Av sammanlagt 200 prov var 4 % (8/200) positiva för *Giardia* och 11,5 % (23/200) positiva för *Cryptosporidium*. I 3 % (6/200) av proven detekterades både *Giardia* och *Cryptosporidium*. Vid Lärjeholm skedde en fördjupad provtagning under 2004 med ett flertal positiva prov. Om dessa analyser räknas bort återstår 3 positiva prov för *Giardia* samt 16 positiva prov för *Cryptosporidium*.

Korrelation mellan förhöjda värden av *E. coli* och koliforma bakterier (35 °C) och förekomst av *Giardia/Cryptosporidium* kunde ses vid Lärjeholm, men inte vid andra råvattenintag. Ingen signifikant korrelation med förhöjda halter av de bakteriella indikatorerna *Clostridium perfringens* eller enterokocker kunde ses. Ökad nederbörds mängd två eller sex dygn innan provtagning visade inte på någon signifikant korrelation mellan förekomst av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* och ökade nederbörds mängder. En förhöjd turbiditet i ytvattnet visade inte heller på en ökad förekomst av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium*.

Sammanställningen har möjliggjorts tack vare att respektive ansvarig för resultaten vid vattenverken och ägare till resultaten har godkänt denna samlade publicering. Analyser av *Giardia* och *Cryptosporidium* har även gjorts vid ett annat ytvattenverk i Sverige, men de har valt att inte delta i denna sammanställning (alla prover var negativa för *Giardia* och *Cryptosporidium*).

Rapporten behandlar inte någon värdering av mikrobiologisk barriärverkan i beredning för varje specifikt vattenverk. Den behandlar inte heller riskvärdering generellt eller vilka riskreducerande åtgärder som kan anses lämpliga.

Summary

In 1996 an investigation was performed at the Swedish Institute for Communicable Disease Control (SMI) and National Food Administration in Sweden. The protozoan parasites *Giardia* and/or *Cryptosporidium* were detected in 32 % of investigated surface water from water works (ww) all around Sweden. The outcome resulted in recommendations for investigation of primarily surface water used for drinking water production. The sampling frequency varied between the waterworks, ranging from shorter test periods to yearly sampling.

The aim of this report is to present the outcome from these sampling investigations. In addition, we hope to increase the knowledge and highlight the specific problems connected/related to the presence of protozoan parasites in the production of drinking water. For the same reason the background information is relatively extensive.

Protozoan analysis results from seven Swedish surface water works (in total nine different sampling points) during 2003–2008 are included. Complementary data such as rainfall, turbidity and indicator organisms have been investigated in relation to presence/absence of *Giardia* and/or *Cryptosporidium*.

Of total 200 samples 48 % were sampled in Göta älv (Lackarebäck ww, Alelyckan ww and Lärjeholm), additional 13.5 % in Rådasjön. Further 24 % were sampled in Vombsjön and Bolmen (Vomberket and Ringsjöverket), additional 28 % in Mälaren (Norsborg ww, Lovö ww and Görvälnverket).

Out of 200 surface water/raw water samples investigated 4 % (8/200) were positive for *Giardia*, 11.5 % (23/200) were positive for *Cryptosporidium*, 3 % (6/200) were positive for both *Giardia* and *Cryptosporidium*. A more profound sampling was carried out during 2004 at the sampling site Lärjeholm. Apart from these samples from Lärjeholm, 3 *Giardia* positive and 16 *Cryptosporidium* positive samples remain.

There was a significant correlation between enhanced levels of *E. coli* and coliform bacteria (35 °C) and the presence of *Giardia/Cryptosporidium* at Lärjeholm but not at other sampling points. There was not a significant correlation between enhanced levels of *Clostridium perfringens* or *Enterococcus* with the presence of *Giardia/Cryptosporidium*. Heavy rainfall 2 or 6 days before sampling or higher turbidity did not show a significant correlation with the presence of protozoan *Giardia/Cryptosporidium*.

These results were/are presented with the permission from the owners of the results. Analyses of *Giardia* and *Cryptosporidium* have been performed at one other surface water work during 2003–2008, but they chose not to participate in this summary (all samples were negative for *Giardia/Cryptosporidium*).

The report does not consider any measurement of microbiological barriers for each specific water work. It does not either deal with risk assessment in general or what risk reducing measures that might be considered appropriate.

1. Bakgrund

Det är producentens ansvar att säkerställa dricksvattenkvaliteten hos konsumenten så att sjukdomsutbrott förhindras. Dricksvattnet ska vara hälsosamt och rent i tappkranen. Det är svårt att undersöka råvattnet för alla patogena mikroorganismer, därför används indikatororganismer generellt för att påvisa påverkan. Analyser av indikatororganismer är användbara och kostnadseffektiva och viktiga i många sammanhang men är inte alltid pålitliga indikatorer för organismer som exempelvis har en betydligt längre överlevnad än dessa.

När det gäller val av mikrobiologiska parametrar för analys inom gruppen sjukdomsframkallande mikroorganismer bör detta alltid föregås av en grundlig riskanalys. Här finns metoder för detta i Svenskt Vattens Handbok för Egentrollprogram med HACCP eller MRA (mikrobiell riskanalys). Det är viktigt att vattenverken har kännedom om variationerna i sitt råvatten för att kunna agera och sätta in tillräckligt bra barriärer. MRA är ett bra verktyg för att bedöma vilka barriärer som krävs för att upprätthålla god vattenkvalitet.

Enligt de nya kraven på råvattenkvalitet är det viktigt att skaffa sig kunskap om föroreningskällor i råvattentäkten och i tillrinningsområdet och kontinuerligt arbeta för att avlägsna dessa. Sjukdomsframkallande mikroorganismer härstammar från avlopp och naturgödsel och ett skydd av vattentäkterna är av avgörande betydelse för en bra råvattenkvalitet. Genom att säkerställa ett ”värsta fall” scenario och se till att barriärerna klarar detta ska ett bra skydd erhållas.

1.1 *Giardia och Cryptosporidium* i människa och i djur

Cryptosporidium och *Giardia* är två urdjur (s.k. protozoer) som orsakar diarré-sjukdom hos både djur och människor och dessa återfinns över hela världen. Flera faktorer bidrar till att de är hälsomässigt viktiga mikroorganismer relaterade till dricksvatten och badvatten. De utsöndras i formen cystor för *Giardia* och oocystor för *Cryptosporidium*.

- De kan utsöndras i mycket höga halter (upp till 10^8 /g avföring) i form av cystor (*Giardia*) och oocystor (*Cryptosporidium*) från infekterade djur och människor via avföringen.
- Otillräckligt renat avloppsvatten kan sprida främst *Giardia* men även *Cryptosporidium* till vattentäkter. Avrinning från betesmark och gödsel medför risk för spridning av fram för allt *Cryptosporidium* till potentiella vattentäkter.
- Vissa arter/genotyper är zoonotiska dvs. kan överföras mellan djur och människor.
- Överföringsformerna (oo)cystor har en lång överlevnad i vatten, speciellt i kallt vatten. Cystor och oocystor kan överleva längre än de indikatororganismer som normalt används för att kontrollera vattenkvaliteten.

- Infektionsdosen är låg, endast ett fåtal (oo)cystor kan orsaka sjukdom.
- De är okänsliga för klorbehandling i de doser som används vid dricksvattenbehandling.
- Det saknas effektiv behandling för cryptosporidios. Personer med nedsatt immunförsvar kan därför bli kroniskt sjuka.

Både *Giardia* och *Cryptosporidium* är globalt sett mycket vanliga intestinala protozoer. Det är framförallt människor och då främst barn i utvecklingsländer som drabbas. Dåliga sanitära förhållanden och direktsmitta mellan människor är mycket vanliga. Hiv och andra sjukdomar ökar också risken för att drabbas av parasitsjukdomar som av *Giardia* och *Cryptosporidium*. I Sverige är infektioner med *Giardia* och *Cryptosporidium* anmälningspliktiga sjukdomar. Cryptosporidios blev inte anmälningspliktig förrän 2004. Till Smittskyddsinstitutet (SMI) rapporteras ca 1 500 fall av giardiasis och 70–140 fall av cryptosporidios årligen.

Av cryptosporidiosfallen som rapporterats från 2004 har 90 % av anmälningarna kommit från Stockholm län (Svenungsen et al. 2009). Snedfördelningen i Sverige beror troligen på att endast vissa parasitlaboratorier i Stockholm screenar alla avföringsprov för *Cryptosporidium*-oocystor, men det kan också vara andra faktorer som påverkar som provhantering och frågeställning vilka kan skilja sig åt mellan olika delar av landet. Troligen är det en kraftig underdiagnostisering, framför allt för cryptosporidios. Det finns flera anledningar till detta, det krävs att proverna specialfärgas för att kunna urskilja *Cryptosporidium* oocystor vilket sällan görs och oftast bara när läkarna specificerar frågeställningen till *Cryptosporidium* vilket också är sällsynt. Det är troligt att förekomsten av *Cryptosporidium* är liknande den vi ser för t.ex. *Giardia* i Sverige (Svenungsen et al. 2009). De flesta smittas utomlands, 70 % av fallen, men inhemsk smitta förekommer också. I nuläget har 18 olika arter och ett 40-tal genotyper av *Cryptosporidium* identifierats. Hos människa förekommer främst *Cryptosporidium parvum*, där kopplingen mellan djur och människa är helt fastställd, samt *Cryptosporidium hominis* som är i huvudsak humanrelaterad. De övriga arterna är djurspecifika, men några av dem har påvisats även vid humaninfektion.

Tamboskap som får och nötkreatur (främst kalvar) kan vara infekterade av *C. parvum*. Ett fåtal studier över förekomsten av *Giardia* och *Cryptosporidium* hos olika djurslag har genomförts i Sverige. Silverlås et al. (2009) visar att *Cryptosporidium* detekterats i 96 % av 50 undersökta besättningar av mjölkkor. Denna studie likväl som ett flertal andra studier visar på en frekventare förekomst av *Cryptosporidium* oocystor hos yngre djur. Halterna av oocystor kan vara så höga som 10^8 oocystor/g utsöndrad avföring. I en senare studie visar samma författare (Silverlås et al. 2010) att det främst är *Cryptosporidium bovis* som förekommer men också *Cryptosporidium parvum* som är zoonotisk. Får och getter är också djurslag som kan sprida *Cryptosporidium* oocystor till människor, men här är kunskapen begränsad för svenska förhållanden.

Av de cirka 1 500 fallen av *Giardia* är de flesta (ca två tredjedelar) smittade utomlands, men inhemsk smitta förekommer också, som smitta i förskola, inom familjen eller via dricks- eller badvatten. När det gäller *Giardia* är

det arten *Giardia intestinalis* (även kallad *Giardia lamblia* och *Giardia duodenalis*) som infekterar människor. *Giardia intestinalis* förekommer också hos ett flertal andra djurarter, men med andra subgenotyper. Av sju kända genotyper av *Giardia intestinalis*, A till G, är det endast genotyperna A och B som är intressanta ur ett zoonotiskt perspektiv, då de kan infektera både djur och människa. Analys av över 100 isolat från olika djur i Sverige, innefattande boskap, sällskapsdjur och vilda djur, visade att den övervägande delen av djuren var infekterade med djurspecifika genotyper som inte infekterar människa, men också att genotyperna A och B förekom hos ett mindre antal djur (Lebbad et al. 2010). Man bör dock ha i åtanke att även om samma genotyper av *Giardia* påvisats hos både djur och människor, är zoonotisk smitta ännu inte helt fastställd och mera forskning krävs inom detta område.

I Norge har *Giardia intestinalis* detekterats hos både älgar och rådjur (Robertson et al. 2007) med humanpatogena genotyper och dessa djurarter kan möjligen vara en källa till spridning av *Giardia* i Norge. Med tanke på den geografiska närheten är det troligt att förhållandet för Sverige är likartat, åtminstone i närliggande län. Lebbad et al. 2010 visar att *Giardia* genotyp A som infekterar människor också har isolerats från flera får och katter samt från en hund, en dovhjort och en älg i Sverige.

1.2 Förekomst och reduktion av *Giardia* och *Cryptosporidium* i avloppsvatten och i slam

Avloppsvatten innehåller de mikroorganismer som utsöndras från infekterade människor och djur anslutna till avloppsnätet. I det inkommande avloppsvattnet kan på så sätt indirekt information fås och preliminära beräkningar göras på hur många människor som potentiellt är infekterade av olika mikroorganismer. Avloppsreningsverken reducerar partikulärt bundet material som i sin tur reducerar antalet mikroorganismer.

I studier från Italien (Caccio et al. 2000), Norge och Skottland (Robertson et al. 2006, 2000) samt även i Sverige (Ottoson et al. 2006) har undersökningar av förekomst och halter av *Giardia* och *Cryptosporidium* i avloppsvatten utförts. I de flesta fall har *Giardia* detekterats oftare och i högre halter än *Cryptosporidium*. I fem svenska avloppsreningsverk detekterades *Giardia* i samtliga undersökta avloppsreningsverk vid alla provtagningstillfällena i det inkommande avloppsvattnet (dvs. innan behandling). Halterna varierade och var som högst 4 000 *Giardia* cystor/l inkommande avloppsvatten. Ottoson et al. (2006) visade på en 2–3 log reduktion av *Giardia* och *Cryptosporidium* vid undersökta svenska avloppsreningsverk. Vid exempelvis bräddning efter kraftiga regn kan stora mängder orenat avloppsvatten passera ut till recipienter. Beräkningar kring detta, som har gjorts för Göta älv (Åström et al. 2009) visar att avloppsvatten troligen är den dominerande källan till mikrobiologisk förorening vid Göta älv.

Eftersom *Cryptosporidium* detekteras mer sällan och i lägre halter än *Giardia* i det inkommande avloppsvattnet vid svenska avloppsreningsverk kan det därför vara rimligt att anta att de *Cryptosporidium* oocystor som detekteras i ytvatten i Sverige kan komma från andra källor än från avlopps-

vatten. I en pågående studie vid Smittskyddsinstitutet undersöks närmare vilka arter/genotyper som förekommer i inkommande avloppsvatten till reningsverk i Sverige.

Diskussionerna kring huruvida avloppsslam bör spridas på åkrar som jordförbättringsmedel har varit ett omstritt och diskuterat ämne de senaste decennierna i Sverige, främst gällande den eventuella risken för spridning av tungmetaller, men även den eventuella smittspridningsrisken. I avloppsslammet koncentreras halterna av (oo)cystor genom sedimentering och vätskereducering. I en studie (Hansen et al. 2006) jämfördes termofil och mesofil behandling av avloppsslam vid två svenska avloppsreningsverk och dess effekter på *Giardia* och *Cryptosporidium* överlevnad. De flesta (oo)cystor inaktiverades snabbt men några få enstaka viabla cystor överlevde mesofil behandling medan samtliga detekterade cystor var avdödade vid termofil behandling.

Otillräckligt renat avloppsvatten kan också spridas från enskilda avlopp. I Sverige beräknas 1 miljon fastigheter inte vara anslutna till kommunal VA-anläggning (Naturvårdsverket 2010). Kommunerna bedömer att ca en fjärdedel av dessa inte har någon längre gående rening än slamavskiljning.

1.3 Ytvattenpåverkan och indikation på förekomst av (oo)cystor

Parasitära protozoer som *Giardia* och *Cryptosporidium* kan även spridas genom avrinning från betesmark och gödslade åkrar, från vilda djur eller från andra tamboskap. Direkt spridning från exempelvis strandbetande boskap kan vara en riskfaktor för spridning av humanpatogena *Cryptosporidium parvum* oocystor. Detta finns väl beskrivet av Rosén och Friberg (2003). I England har även får varit infekterade av *Cryptosporidium* och troligen orsakat vattenburen smitta vid ett flertal vattenburna utbrott (Robertson et al. 2009). Kunskapen om spridning från får och getter är begränsad för svenska förhållanden. Förutom nötkreatur kan hästar bära på *Giardia* av humanpatogena genotyper (Traub et al. 2005).

Indikatororganismer används för att mäta eventuell förekomst av sjukdomsframkallande mikroorganismer. *E. coli* och enterokocker finns i avföring och indikerar någon typ av fekal påverkan. *Clostridium perfringens* återfinns i lägre halter i avföring men har en betydligt längre överlevnad än *E. coli* och enterokocker. Som indikator för virus används bakteriofager som är enklare att analysera än direktanalys av virus. De indikatororganismer (*E. coli*, koliforma bakterier etc.) som används för att undersöka den mikrobiologiska kvaliteten hos ett ytvatten är ingen säker indikation på eventuell förekomst av *Giardia* eller *Cryptosporidium*. Avsaknad av indikatororganismer i råvattnet behöver inte med nödvändighet betyda frånvaro av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium*. Överlevnaden är betydligt förlängd för dessa parasiter jämfört med de flesta indikatororganismer. Både *Giardia* och *Cryptosporidium* (oo)cystor har förmåga att överleva längre än indikatororganismerna, framför allt i kallt vatten. Alternativa indikatorer som *Clostridium perfringens* som indikator för *Giardia* och *Cryptosporidium* har föreslagits men är inte heller en pålitlig indikator. En undersökning från Canada

(Wilkes et al. 2009) visar att det dock är sällan *Giardia* cystor och/eller *Cryptosporidium* oocystor påträffas när någon indikatororganism saknas. En ökning av turbiditet i det inkommande ytvattnet kan indikera förekomst av (oo)cystor på grund av en ökad avrinning eller annan typ av förhöjda halter organiskt material. I Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet (Svenskt Vatten 2008) finns kraven tydligt beskrivna.

Spridning av *Giardia* och *Cryptosporidium* kan också ske genom felkopplade rörledningar, intrång av avloppsvatten till grundvattentäkter etc.

1.4 Klimatförändringar i relation till parasitära protozoer

De pågående klimatförändringarna kommer troligen att leda till ökade nederbörds mängder och kraftigare regn i Sverige. Extremväder i form av kraftigt regn och följande översvämningar kan ge utsläpp av föroreningar genom avloppsvatten via bräddning, översvämning av betesmark samt utsläpp av avloppsförorenat dagvatten.

Förändringar av vattenflöden kan komma att ha en stor inverkan på vattenkvaliteten och därmed på infektionsläget i samhället.

De smittämnen som kan spridas på detta sätt är bland annat *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Salmonella*, *Campylobacter*, calicivirus och EHEC, som alla är vanliga orsaker till mag-tarminfektioner och därmed kan finnas i avloppsvatten. Via avrinning från betesmark kan smittämnen från djur tillföras ytvatten som används för rekreation och dricksvattenproduktion. De flesta av de ovan nämnda organismerna är zoonotiska agens som även kan utsöndras av djur och därefter infektera människor via miljön. Riskerna för infektioner är även kopplade till förändringar i vårt beteende. Med ett varmare klimat kommer badsäsongen att förlängas och människor kommer att bada oftare. I kombination med högre vattentemperaturer och en ökad avrinning från mark innebär detta att människor i högre grad kan exponeras för smittämnen som orsakar mag-tarminfektioner.

1.5 Reduktion av *Giardia* och *Cryptosporidium* i dricksvattenbehandling

Denna rapport avser inte att gå djupare in i dricksvattenbehandling och ämnet kommer bara att behandlas i korthet. Normalt är grundvatten skyddat från ytvattenintrång men kan i olyckliga fall förorenas av fekalier och i brist på övriga barriärer orsaka vattenburen smitta. Infiltration kan ge upp till 99,99 % reduktion av *Giardia* och *Cryptosporidium* (WHO, 2008). För ytvatten används oftast ett flertal barriärer som kemisk fällning, långsamfilter och desinfektion. Protozoer skiljer sig från andra patogena mikroorganismer, de påverkas exempelvis inte av den klorering som normalt används vid rening av dricksvatten för att oskadliggöra bakterier. I WHO:s riktlinjer för dricksvattenbehandling i ytvatten anges hur *Giardia* och *Cryptosporidium* normalt och som bäst reduceras vid olika behandlingar. För UV-behandling anges en inaktivering av *Giardia* med 99 % vid dosen 50 J/m² och för

Cryptosporidium 99,9 % inaktivering vid 100 J/m². I Sverige används vanligen högre UV-doser, vanligen 400 J/m², (ibland även 250 J/m²) vilket ger en högre inaktivering än dos i WHO:s riktlinjer. Genom behandlingar som koagulering/flockulering och filtrering kan *Giardia* och *Cryptosporidium* reduceras med 95 % och upp till 99,9 %. Fällning med aluminium- eller järnsalt avskiljer normalt 2 log av partiklar av storlek liknande *Giardia* cystor och *Cryptosporidium* oocystor men vid tillfälliga brister i fällning kan reduktionen bli mindre. Det är därför viktigt att bygga beredskap både reningstekniskt och informationsmässigt vid brister i reningseffekt kopplat med misstanke att råvattnet kan vara förorenat.

1.6 Hur spåras källor till spridning av (oo)cystor i vatten?

Humanprover kan ge viktig information vid ett misstänkt utbrott. En snabb och säker identifikation av agens är avgörande för epidemiologisk uppföljning. Molekylär analys av humanprover kan underlätta källspårning samt smitta mellan personer. Tyvärr är cryptosporidiosis en underdiagnostiserad sjukdom i Sverige. Att hitta orsakande agens direkt i dricksvattnet är som alltid mycket svårt i situationer med vattenburen smitta. Inkubationstiden (den tid det tar för en person att utveckla symtom) samt den tid det tar att diagnostisera patienter är oftast någon vecka och under denna tid har oftast den förorening som orsakat utbrott försvunnit och går inte längre att detektera i dricksvattnet.

För att undersöka källan till smitta samt infektionens smittvägar mellan människor är det viktigt att undersöka vilken typ av *Cryptosporidium* och/eller *Giardia* som förekommer. Detta görs med molekylära metoder (PCR, RFLP och sekvensering) där olika genfragment undersöks. Vid mikroskopisk analys är det omöjligt att avgöra om det exempelvis rör sig om en *Cryptosporidium parvum* oocysta eller en *Cryptosporidium hominis* oocysta, de ser identiska ut. Genom förfinade metoder som sekvensering; (avläsning av kända fragment av nukleotid serier) och multilokus sekvensering (jämförelse mellan flera lokus dvs. fragment) är det också möjligt att undersöka *Giardia* och *Cryptosporidium* isolat ner till skillnader mellan enskilda nukleotider. På så sätt kan man jämföra isolat från miljö och patient och se om det är samma art/genotyp och på så sätt kunna koppla isolaten till varandra.

1.7 Vattenburna utbrott av *Giardia* och *Cryptosporidium*

Både *Giardia* och *Cryptosporidium* har orsakat vattenburna utbrott internationellt, men även i Sverige. Det största kända utbrottet av *Cryptosporidium* inträffade i USA, i Milwaukee där över 403 000 människor infekterades av *Cryptosporidium* oocystor från dricksvattnet (Mac Kenzie et al. 1994). Ett flertal rapporterade utbrott av *Cryptosporidium* har rapporterats från Storbritannien (Smith et al. 2006). Ett stort vattenburet utbrott av *Cryptosporidium* inträffade i Östersund i november 2010 med uppskattningsvis

12 000 människor sjuka. I Sverige inträffade ett vattenburet utbrott av *Giardia* i Sälen efter att avloppsvatten trängt in i dricksvattenssystemet 1986. I ett bassängbad blev över 1 000 personer sjuka av *Cryptosporidium* efter en fekal olycka (avföring hamnade i vattnet) i en bassäng på Lidingö år 2002 (Insulander et al. 2005). Det finns också ett troligt mindre utbrott av *Cryptosporidium* efter att åvatten av misstag trängt in i dricksvatten i Jönköping. I Bergen i Norge drabbades cirka 6 000 människor efter att *Giardia* cystor förorenat ytvattnet under 2004. Vid denna tidpunkt var det mycket begränsad rening av ytvattnet. *E. coli* detekterades här innan utbrottet blivit känt och hade eventuellt kunnat indikera en utbrottssituation. Vid vattenverket installerades UV-rening strax efter utbrottet.

1.8 Analysmetodik

En ISO standard finns för analys av *Giardia* och *Cryptosporidium* från vattenprov (ISO 15553: 2006). Metoden är omfattande och består av en analyskedja med ett flertal steg. Partiklar och organismer från stora volymer vatten (10 l upp till 1 000 l beroende av typ av vatten) koncentreras. I ett prov med mycket organiskt material och partiklar kan endast en mindre mängd prov analyseras. Ytvatten (vanligen 10–100 l) som kontrolleras för förekomst av (oo)cystor filtreras genom ett stort membranfilter eller filterpatron. För analys av större volymer som dricksvatten används en filterpatron och filtreringen sker på plats varefter filtret skickas för analys. Från respektive filter koncentreras de partiklar och organismer som finns i vattnet. Koncentratet behandlas vidare med immunomagnetisk separation (IMS), en metod som separerar (oo)cystor från andra partiklar i vattnet. De separerade (oo)cystorna fästes sedan på objektglas och inkuberas med immunfluorescerande antikroppar specifika för *Giardia* och *Cryptosporidium*. Preparatet avläses mikroskopiskt efter storlek och formspecifika objekt som har infärgats på ytan samt efter DAPI infärgning (färgar kärnorna). När man kan se tydliga kärnor svaras provet ut som verifierad (oo)cysta, annars som presumtivt. Genom att kärnorna färgas in är det en ytterligare hjälp att identifiera eventuella (oo)cystor och indikerar att den detekterade (oo)cystan kan vara levande. Utbytet med ISO-metoden varierar mellan olika typer av vatten men ligger ofta runt ca 50–70 % vid försök med tillsatta (oo)cystor. Interna och externa kontroller med jämförelse mellan olika europeiska laboratorier genomförs med regelbundenhet vid SMI. Med denna ISO-metod går det inte att säga om de detekterade (oo)cystorna är humanpatogena och/eller levande.

För att undersöka om cystor och/eller oocystor är sjukdomsframkallande hos människa och/eller levande dvs. kan orsaka infektion, måste andra metoder användas. För artbestämning och/eller subgenotypning behövs andra molekylärbiologiska metoder. Etablering av molekylära metoder för *Giardia* och *Cryptosporidium* sker bl.a. vid SMI. I syfte att underlätta smittspårningsarbetet strävar SMI efter att använda samma metoder för human-, djur- och miljöprover. Ett problem med miljöproverna är att (oo)cystor som detekteras från vatten oftast är få och med försämrad kvalitet på det DNA som behövs. Provet är dessutom förbrukat och sitter fast på ett objektglas och måste först skrapas av för vidare analys.

1.9 Beskrivning av vattentäkterna

1.9.1 Göta älv

Från Vänerns utlopp till råvattenintaget vid Lärjeholm tar det två till fem dygn för vattnet att transporteras (beroende på tappningen i Trollhättan). Från råvattenintaget vid Lärjeholm fördelas råvattnet, hälften leds in till vattenverket Alelyckan medan resten leds via en tunnel i berget till en pumpstation. Här pumpas vattnet vidare till Lilla och Stora Delsjön från vilka vattnet förs vidare till Lackarebäcks vattenverk. Vattenkvaliteten i Göta älv övervakas kontinuerligt i sju mätstationer från Vänerns utlopp till Lärjeholm. Vid misstanke om störningar i vattenkvaliteten eller rapporter om utsläpp uppströms Lärjeholm stängs råvattenintaget och vattnet kan ledas i retur från Delsjöarna till Alelyckan. Delsjöarna kan på så sätt utgöra en reserv för Göteborgs råvattenförsörjning och båda vattenverken kan försörjas med vatten från Delsjöarna under tre till fyra veckor. Ytterligare en reservmöjlighet finns, nämligen Rådasjön. Via en pumpstation och en ledning kan vatten ledas över från Rådasjön, normalt till Delsjöarna. Överföring kan också ske direkt till tunneln mellan Stora Delsjön och Lackarebäcks vattenverk, men detta är mycket ovanligt. Rådasjön kan därmed utgöra en råvattenreserv för båda vattenverken och under förutsättning att tunnelnätet är intakt kan råvattenförsörjningen klaras under en lång tid.

1.9.2 Bolmen, Vombsjön och Ringsjön

Råvatten till västra Skåne hämtas bland annat från sjön Bolmen i Småland via Bolmentunneln (som togs i drift 1987) till Ringsjöverket i Skåne. Runt Bolmen finns inga större industrier eller städer. Vatten från Bolmen ger ett flertal kommuner och delar av Malmö dricksvatten. Vatten från Vombsjön i Skåne infiltreras och renas vid Vombverket och större delen av Malmö och Staffanstorp samt ett flertal övriga kommuner får sitt dricksvatten härifrån. Ringsjön som ligger mitt i Skåne används som reservvattentäkt om något skulle hindra användandet av vatten från Bolmen eller Vombsjön.

1.9.3 Mälaren

Mälaren, som är Sveriges tredje största sjö är vattentäkt för två miljoner människor i Stockholm, Västerås, Södertälje samt flera andra mindre städer. Mälaren har ett stort tillrinningsområde med god tillgång till vatten. Mälarens vattenkvalitet är dock sårbar med enskilda avlopp, industrier, renat avloppsvatten, båttrafik etc. Vid Mälaren och i anslutning till Stockholm ligger Lovö vattenverk, Norsborgs vattenverk samt Görvälnverket som tillsammans sörjer för Storstockholms dricksvatten.

2. Resultat

2.1 *Giardia*- och *Cryptosporidium*analyser vid råvattenintag

Mellan åren 2003–2008 har 200 råvattenprov från sammanlagt nio provpunkter i Sverige analyserats för *Giardia*/*Cryptosporidium*. Dessa prover är sammanställda i tabell 2-1. Ett fåtal analyser från några ytterligare vattenverk har utförts under samma tidsperiod, men representeras inte i denna sammanställning.

Tabell 2-1 Antal prov och procent av totalt analyserade prover från respektive vattenverk/råvattenintag mellan åren 2003–2008.

Vattenverk	Antal prover	% fördelning
Lackarebäck	40	20,0
Alelyckan	35	17,5
Rådasjön	27	13,5
Vombverket	26	13,0
Ringsjöverket	23	11,5
Lärjeholm	21	10,5
Lövö	13	6,5
Görvälnverket	2	1,0
Norsborg	13	6,5
Summa	200	100

2.2 *Giardia*- och/eller *Cryptosporidium*-positiva prover

Av sammanlagt 200 prover från ytvatten/råvatten undersökta mellan åren 2003–2008 var 4 % (8/200) positiva för *Giardia* och 11,5 % (23/200) positiva för *Cryptosporidium* (tabell 2-2).

Sex prover innehöll både *Giardia* och *Cryptosporidium*. Vid Lärjeholm skedde en utökad provtagning under 2004. Om prov därifrån borträknas återstår 3 positiva prov för *Giardia* samt 16 positiva prov för *Cryptosporidium*.

Konfirmering av detekterade (förkortat konf.) (oo)cystor har gjorts när det har varit möjligt vid den mikroskopiska provavläsningen. Med presumtiv *Cryptosporidium* eller *Giardia* menas ett fluorescerande och storleksspecifikt objekt men med avsaknad av kärnor. För de konfirmerade (oo)cystorna har kärnor detekterats vilket antyder att det kan röra sig om levande och/eller infektiösa cystor. Däremot säger det inget om vilken art eller underart de tillhör.

Göta älv är det ytvatten som provtagits mest och sex av de *Cryptosporidium*-positiva proverna är från Lärjeholm (som är intag till Alelyckans råvattenäkt) vilket provtogs intensivt under året 2004 i samband med en studie. Vid Alelyckans råvattenintag har *Cryptosporidium oocystor* påträffats vid tre provtagningstillfällen i halter mellan 2–3 oocystor/10 l råvatten och i

Tabell 2-2 *Giardia/Cryptosporidium* positiva prover i obehandlat råvatten/ytvatten.

År	Provplats	Antal prov analyserade	Antal positiva prover			Halt (oo)cystor/10 l	
			Giardia	Cryptosp	Giardia+ Cryptosp	Giardia	Cryptosp
2003	Lärjeholm	1	0	0	0		
	Alelyckan	6	1	1	1	1 (konf)	3 (konf)
	Lackarebäck	6	0	0	0		
	Rådasjön	4	0	0	0		
2004	Lärjeholm	14	5	6	3	1–3	1–10
	Alelyckan	6	0	1	0		2
	Lackarebäck	6	0	1	0		2
	Rådasjön	3	0	0	0		
	Ringsjöverket	4	0	0	0		
	Vombverket	4	1	1	1	2 (konf)	1 (konf)
2005	Lärjeholm	2	0	0	0		
	Alelyckan	4	0	0	0		
	Lackarebäck	6	0	0	0		
	Rådasjön	3	0	0	0		
	Ringsjöverket	5	0	0	0		
	Vombverket	7	0	0	0		
2006	Alelyckan	6	0	0	0		
	Lackarebäck	9	0	0	0		
	Rådasjön	7	0	1	1		4 (konf)
	Ringsjöverket	4	0	1	0		1 (konf)
	Vombverket	5	0	0	0		
	Lovö	10	0	5	0		1–20
	Norsborg	10	0	2	0		1–3
	Görvälnverket	2	0	1	0		3
2007	Lärjeholm	2	0	0	0		
	Alelyckan	7	1	1	0	1 (konf)	2
	Lackarebäck	7	0	1	0		2 (konf)
	Rådasjön	4	0	0	0		
	Ringsjöverket	5	0	0	0		
	Vombverket	5	0	1	0		1
	Lovö	3	0	0	0		
	Norsborg	3	0	0	0		
2008	Lärjeholm	2	0	0	0		
	Alelyckan	6	0	0	0		
	Lackarebäck	6	0	0	0		
	Rådasjön	6	0	0	0		
	Ringsjöverket	5	0	0	0		
	Vombverket	5	0	0	0		
Summa		200	8	23	6		

råvatten till Lackarebäcks vattenverk vid två tillfällen med halter på 2 oocystor/10 l råvatten. I Rådasjön har *Cryptosporidium* detekterats vid ett tillfälle i halter på 4 oocystor/10 l. *Cryptosporidium* har även detekterats i Mälaren vid både Görvälns vv, Norsborgs vv och Lovö vv. Vid två tillfällen har *Cryptosporidium* detekterats i obehandlat råvatten till Vombverket och vid ett tillfälle i obehandlat råvatten till Ringsjöverket i halter på 1 oocysta/10 l. I dessa fall har även prov tagits på dricksvatten veckorna efter och dessa prover var alla negativa för *Cryptosporidium*. *Giardia* cystor har detekterats i tre råvatten, vid Lärjeholm, Alelyckan och Vombverket i halter på 1–3 cystor/10 l. Vid tre provtillfällen detekterades både *Giardia* och *Cryptosporidium* vid Lärjeholm samt vid ett tillfälle i obehandlat råvatten till Vombverket och Alelyckan.

Tabell 2-3 Andel *Giardia*/*Cryptosporidium* positiva prov per råvattenintag/Vattenverk.

Vattentäkt	Antal prov	Positiva <i>Giardia</i> prov	Positiva <i>Cryptosporidium</i> prov	Positiva <i>Giardia</i> + <i>Cryptosporidium</i> prov
Lärjeholm	21	5 (24 %)	7 (33 %)	3 (14 %)
Alelyckan	35	2 (6 %)	3 (9 %)	1 (3 %)
Lackarebäck	40	0 (0 %)	2 (5 %)	0
Rådasjön	27	0 (0 %)	1 (4 %)	0
Ringsjöverket	23	0 (0 %)	1 (4 %)	0
Vombverket	26	1 (4 %)	2 (8 %)	1
Lövö	13	0 (0 %)	5 (38 %)	0
Görvälverket	2	0 (0 %)	1 (50 %)	0
Norsborg	13	0 (0 %)	2 (15 %)	0

Tabell 2-4 Antal *Giardia*/*Cryptosporidium* positiva prover fördelade per år.

År	Positiva <i>Giardia</i> prov	Positiva <i>Cryptosporidium</i> prov	Positiva <i>Giardia</i> + <i>Cryptosporidium</i> prov
2003	1	1	1
2004	6	9	4
2005	0	0	0
2006	0	10	0
2007	1	3	0
2008	0	0	0

2.3 Indikatororganismer i förhållande till förekomst av *Giardia* och *Cryptosporidium*

Indikatororganismer används för att undersöka förekomsten av eventuell avloppspåverkan och/eller övrig påverkan på ytvattnet. I många fall har en samtida analys av indikatorer och *Giardia*/*Cryptosporidium* analys utförts parallellt.

2.3.1 Bolmen, Vombsjön och Ringsjön

När det gäller data från sjöarna som försörjer Ringsjöverket och Vombverket med råvatten är indikatoranalyser inte utförda samtidigt som analyser av *Giardia* och *Cryptosporidium*. *E. coli* har inte påvisats i prover tagna veckan innan *Giardia*/*Cryptosporidium*-analys eller veckan efter vid dessa vattenverk. I obehandlat råvatten till Vombverket ligger halterna av *E. coli* mellan <1–240 CFU/100 ml (CFU = colony forming units). Det går inte att se att halterna av varken *E. coli* eller totala antalet koliforma bakterier i råvattnet vid tidpunkterna närmast före eller efter provtagning med positiva halter av *Cryptosporidium* skulle vara högre vid dessa tidpunkter. De *Cryptosporidium*-positiva proverna detekterades i oktober 2004 samt i juni 2007 i råvatten till Vombverket och i september 2006 i råvatten till Ringsjöverket. Även *Giardia* detekterades vid provtagningen i september 2004.

2.3.2 Göta älv

Vid Lärjeholm detekterades *Cryptosporidium* i tre prover efter varandra under år 2004 oktober månad och även *Giardia* i tre prover. I två prover

detekterades båda protozoerna samtidigt. Vid detta tillfälle var både halterna av *E. coli* och de koliforma bakterierna betydligt högre än medelhalten. Även halterna av *C. perfringens* var som högst vid dessa tillfällen med 50 CFU/100 ml. Under mars/april samma år var halterna av koliforma bakterier förhöjd medan både *E. coli* och *C. perfringens*-halterna fortvarande var låga. Om någon av dessa indikatorer visar på en förhöjd nivå är det möjligt att även *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* kan förekomma. I andra fall har *Cryptosporidium* detekterats utan någon som helst förhöjning av antalet andra indikatororganismer.

Prover positiva för *Giardia* var tagna under januari, april och oktober. De prover som var positiva för *Cryptosporidium* var tagna under månaderna januari, mars, april, augusti, september, och oktober det vill säga även här en spridning över året med en liten förskjutning till eftersommar/höst. Provan antalet är dock litet och det är svårt att se tydliga trender. De prover som innehöll både *Cryptosporidium* och *Giardia* provtogs under april och oktober vid Lärjeholm. Vid Lärjeholm skedde en fördjupad provtagning under 2004 med positiva *Giardia*/*Cryptosporidium* prover.

Signifikanta skillnader uppmättes med ensidig t-test gällande indikatorerna koliforma bakterier (35 °C) ($p=0,030$) samt *E. coli* ($p=0,038$) vid Lärjeholm men inte för enterokocker ($p=0,080$) eller *Clostridium perfringens*, ($p=0,163$) för frånvaro/närvaro av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium*. Samma statistiska analys har gjorts med *Giardia*- och/eller *Cryptosporidium*positiva prover respektive negativa och indikatororganismer vid Alelyckans intag. Ingen signifikant skillnad mellan höga halter av *E. coli* ($p=0,173$), enterokocker ($p=0,266$) och *Clostridium perfringens* ($p=0,197$) kunde ses vid dessa provanalyser.

Närvaro av höga halter av koliforma bakterier behöver inte innebära avloppspåverkan men kan indikera avrinning från mark etc. medan förhöjda halter av *E. coli* betyder tydlig avloppspåverkan i någon form.

2.3.3 Mälaren

Vid Norsborgs vattenverk ses inte förhöjda värden av varken *E. coli* (2 resp 1 *E. coli*/100 ml) eller koliforma bakterier (74 resp. 17 koliforma bakterier/100 ml) vid de två tillfällen som varit positiva för *Cryptosporidium*. *Clostridium perfringens* analys har inte utförts vid samma tidpunkt som *Giardia*/*Cryptosporidium* analys. Vid Lovö vattenverk har *Cryptosporidium* detekterats vid fem tillfällen under 2006. *E. coli* koncentrationer mellan 1–13 CFU/100 ml uppmättes i samband med dessa provtagningar. Dessa koncentrationer skiljer sig inte mellan parasitnegativa prover. Statistiska beräkningar har inte utförts för Mälaren pga. relativt få prover.

2.4 *Giardia* och *Cryptosporidium* i förhållande till turbiditet och nederbörd

Data för turbiditet vid provtagningsdagen samt nederbörd, två och sex dygn innan provtagning har bearbetats (regndata från SMHI, Norrköping) och

analyserats i förhållande till förekomst respektive icke-förekomst av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium*.

Under 2003 detekterades inga *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* i något råvattenprov från Göta älv. Under 2004 detekterades *Cryptosporidium* oocystor vid både Lackarebäck och Alelyckan. Prov som togs i september (6/9-2004) föregicks inte av regn varken två eller sex dygn innan provtagning, inte heller någon förhöjd turbiditet. Häftiga nederbörds mängder resulterade inte i förhöjda halter av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* under januari under samma år. I Alelyckan kan en förhöjd turbiditet ses efter en regnrik vecka med 43,4 mm regn 6 dygn innan provtagning, men inga (oo)cystor detekterades. Inga förhöjda värden av indikatororganismer kunde heller ses vid denna tidpunkt.

I Mälaren återfanns *Cryptosporidium* vid Lovö vattenverk (5 prover), vid Norsborg vattenverk (2 prover) och vid Görväln vattenverk vid ett tillfälle av sammanlagt 28 provtagningstillfällen. Inga *Giardia* cystor detekterades vid något provtillfälle. Vid Norsborgs vattenverk och vid Lovö vattenverk provtogs inte turbiditet samma dag som provtagning för *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* vid alla provtillfällen. Turbiditetsdata från Västra och Östra verket har slagits samman eftersom prov för *Giardia* och *Cryptosporidium* tagits från båda dessa ledningar. Turbiditetsdata för dagen efter alternativt dagen innan provtagning har använts för analys av dessa prover. I anslutning till de positiva proverna vid Norsborg kunde ingen förhöjd turbiditet ses (2,7 respektive 3,3 FNU) jämfört med medel (medel 3,25 FNU, STD 1,4 FNU). Skillnad i turbiditet mellan Västra och Östra verket var som störst 0,7 FNU. Inte heller vid Lovö vattenverk ses en förhöjd turbiditet vid de tillfällen som *Cryptosporidium* detekterats (medel 2,0 FNU, STD 0,7).

Vid två positiva *Cryptosporidium* prover vid Norsborgs vattenverk hade det regnat 15,2 mm respektive 2,2 mm de två föregående dygnet samt 32 mm och 5,9 mm de föregående sex dygnen. För de negativa proverna var nederbörden från 0–46,7 mm (medel 7,7 mm) för de föregående dygnen samt mellan 0–62,4 mm (medel 12,8 mm). Av de positiva proverna vid Lovö vattenverk var ett prov tagit i augusti 2006 som föregicks av kraftiga regn två dygn innan (36,4 mm) samt sex dygn innan (80,9 mm). *Cryptosporidium* detekterades sedan vid ytterligare tre tillfällen under de närmaste två månaderna men då var nederbörden lägre och jämnare fördelad.

3. Diskussion

Parasitära protozoer som *Giardia* och *Cryptosporidium* förekommer på alla kontinenter och orsakar sjukdom främst i form av diarré. De är mycket vanligt förekommande i utvecklingsländer med dåliga sanitära förhållanden och framför allt barn drabbas i hög utsträckning. I ett land som Sverige rapporteras årligen ca 1 500 fall av *Giardia* och ca 100 fall av *Cryptosporidium* till Smittskyddsinstitutet. Dessa siffror visar på en klar underdiagnostisering och då kanske främst för *Cryptosporidium*. Spridningen sker fekalt/oralt och kan smitta direkt via en annan människa eller djur eller också direkt via avföringspåverkat dricksvatten, badvatten eller förorenad mat. Kunskapen om förekomst i olika djurslag är relativt okänt i Sverige. Det är också *Cryptosporidium* som detekterats oftast av de båda parasiterna i de ytvattentäkter som sammanställts i denna rapport. Tyvärr är det ganska svårt att genom molekyllära analyser få information om vilka genotyper eller arter som finns i de undersökta vattnen. Vid ett eventuellt vattenburet utbrott är skadan oftast skedd och föroreningen kanske inte finns kvar i vattnet. Då kan det vara ytterst viktigt att få kännedom om art eller genotyp via patientproverna i stället. När det gäller *Giardia* vet vi att inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk runt om i Sverige innehåller halter på 40–4 000 cystor/l. *Cryptosporidium* förekommer mer sällan och i lägre halter i avloppsvatten. Vid bräddning av avloppsvatten finns därför en stor risk att höga halter av *Giardia* cystor kan spridas till potentiella råvattentäkter. När det gäller Göta älv beräknar Åström et al. (2009) att bräddning av avloppsvatten är den främsta orsaken till mikrobiologisk förorening.

Både *Giardia* och *Cryptosporidium* är mikrobiologiska agens som kan orsaka stora vattenburna utbrott både via dricksvatten och i samband med bad. Internationella studier har visat att även vid låga halter av (oo)cystor i råvattnet har vattenburna utbrott inträffat. Väl kontrollerade barriärer i vattenverken är nödvändigt för att förhindra att (oo)cystor kommer ut i dricksvattensystemet. Vid extraordinära händelser i drift och produktion av dricksvatten finns all anledning att väga risk för intrång av (oo)cystor och den potentiella risk för vattenburen smitta som då, likväl som för andra agens, kan inträffa. Vid utbrottet i Bergen 2004 insjuknade sammanlagt ca 4 000–6 000 människor av *Giardia* och ett trettiotal personer har fortfarande kroniska problem efter *Giardia* infektioner. I detta fall hade inte ytvattenverket någon egentlig barriär mot parasiter. Det stora vattenburna utbrottet av *Cryptosporidium* i Östersund i november 2010, då uppskattningsvis 12 000 människor blev sjuka av *Cryptosporidium* i dricksvattnet, har ytterligare satt fokus på fungerande barriärer för parasiter. Till följd av detta har nya rekommendationer för att minska risken för vattenburen smitta utarbetats (Livsmedelsverket 2011).

Livsmedelsverket har tidigare pekat på att kunskaperna om variationen i råvattnets mikrobiologiska kvalitet behöver ökas, speciellt viktigt är att ha kännedom om de sämsta förhållandena i råvattnet (Livsmedelsverket 2005). Under 2008 gav Svensk Vatten ut skriften Råvattenkontroll – krav på

råvattenkvalitet. Här beskrivs val av mikrobiologiska parametrar för analys, indikatorer samt patogena mikroorganismer. I rapporten finns förslag på provtagning väl beskrivet. Här anges utifrån andel personer som är anslutna till vattenverken hur ofta råvattnet bör analyseras för indikatororganismer. För de sjukdomsframkallande mikroorganismerna anges att dessa inte behöver analyseras vid varje analystillfälle utan en bedömning får göras från fall till fall förslagsvis utifrån en mikrobiologisk riskanalys för råvattentäktens tillrinningsområde. Vilka sjukdomsframkallande mikroorganismer som väljs bör alltid föregås av en grundlig riskanalys av vattentäktens hela tillrinningsområde. Exempel på metoder för riskanalys är Svenskt Vattens Handbok för Egenkontrollprogram med HACCP eller MRA. Här nämns att undersökningar för sjukdomsframkallande mikroorganismer ofta är kostsamma och tidskrävande, men i vissa fall nödvändiga. Oavsett vilken typ av råvatten som används för dricksvattenberedning är en god kännedom om råvattnets kvalitet nödvändig, och kvalitetsvariationer är av central betydelse för beredningsresultatet. Vilka parametrar som behöver följas upp är till viss del beroende av vilken typ av råvatten man har och av den lokala föroreningsituationen, men flera av de parametrar som ur berednings synvinkel är betydelsefulla behöver följas upp vid flertalet vattenverk.

Det har också visat sig att ytvatten från vattenverk med låga halter av *E. coli* och andra indikatorer har hög andel och högst halt av *Cryptosporidium* som exempelvis prover från Mälaren.

Denna sammanställning visar på svårigheten att förutspå när ett ytvatten har förorenats av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* som sedan ska användas för dricksvattenproduktion. Vid de högsta halterna av *Cryptosporidium* kunde inte en ökning i halter av indikatororganismer ses som exempelvis proverna från Mälarens olika vattenverk. De indikatororganismer som används kan inte med säkerhet indikera om cystor eller oocystor förekommer i ytvattnet, inte heller en förhöjd turbiditet. I denna sammanställning gick det inte heller att med hjälp av regndata kunna säga att risken för spridning av *Giardia* och/eller *Cryptosporidium* ökar efter perioder med regn. I framtiden tror man att till följd av klimatförändringar att detta kommer att innebära fler och kraftigare regn i Sverige med översvämningar som följd. Detta kommer att i sin tur att leda till mer avrinning från mark och högre flöden till avloppsreningsverken som kan tvingas brädda oftare. Det ställer ytterligare krav på vattenverkens barriärers kapacitet att reducera sjukdomsframkallande mikroorganismer och för att förhindra vattenburna utbrott av parasitära protozoer, virus och sjukdomsframkallande bakterier.

WHO anger i sina riktlinjer för att ur risksynpunkt klara målet < 1 smittad per 10 000 konsument och år bör halten *Cryptosporidium* vara < 3 per 100 000 liter vatten. I svenska ytvatten har som mest 4 konfimerade *Cryptosporidium*/10 liter råvatten detekterats vilket motsvarar 40 000 oocystor/100 000 liter. För att klara målet behöver vattenverken ha kapacitet att reducera *Cryptosporidium* oocystor fyra tiopotenser vilket många svenska ytvattenverk inte klarar.

Litteratur

Bergstedt O, Aleljung P, Lindqvist R, Olsson LG (2007) Vattenburet cryptosporidiosutbrott Galway 2007 – observatörsstudie Irland november 2007. Livsmedelsverket.

Brodin C (2002) Utgör *Cryptosporidium* och *Giardia* ett hot mot Norsborg- och Lovö vattenverk och deras ytvattentäcker – en identifiering av riskfaktorer. TRITA-LWR. Master Thesis ISSN 1651-064X LWR-EX-2002-30.

Cacciò S, De Giacomo M, Aulicino FA, Pozio E (2003) *Giardia* Cysts in Wastewater Treatment Plants in Italy. Appl. Environ. Microbiol. (69)6, 3393–3398.

Hansen A, Stenström TA (1996) *Giardia* och *Cryptosporidium* i svenska ytvattentäcker. Livsmedelsverket, Smittskyddsinstitutet.

Hansen A, Stenström TA, Schönning C (2006) Protozoan parasites in sewage sludge. Nordic Ministry of Council, Tema Nord 2006:596.

Insulander M, Lebbad M, Stenström TA, Svenungsson B (2005) An outbreak of cryptosporidiosis associated with exposure to swimming pool water. Scand. J. Infect. Dis. 37(5), 354–360.

Lebbad M, Mattson JG, Christensson B, Ljungström B, Backhans A, Andersson JO, Svärd SG (2010) From mouse to moose: Multilocus genotyping of *Giardia* isolates from various animal species. Vet. Parasitology 2010 25;168(3–4):231-9.

Lindberg T, Lindqvist R (2005) Dricksvatten och mikrobiologiska risker. Livsmedelsverket 28-2005.

Livsmedelsverket (2005) Krishantering för dricksvatten. Handböcker från Livsmedelsverket.

Livsmedelsverket (2008) Beredningsplanering för dricksvatten. Handböcker från Livsmedelsverket: uppdaterad version.

Livsmedelsverket (2011) *Cryptosporidium* och *Giardia* – rekommendationer om åtgärder för att minska risken för vattenburen smitta. http://www.slv.se/upload/dokument/2011/cryptosporidier_och_giardia_rekommendationer_om_atgarder_for_att_minska_risken_for_vattenburen_smitta.pdf

Länsstyrelsen Stockholm (2008) Renare avlopp ger friskare hav, Länsstyrelsen Stockholm, Västra Götaland och Skåne. Länsstyrelsen Stockholm Rapport nr 2008:19 ISBN 978-91-7281-316.

Mac Kenzie WR, Hoxie NJ, Proctor ME, Gradus MS, Blair KA, Peterson DE, Kazmierczak JJ, Addiss DG, Fox KR, Rose JB, et al. (1994) A massive outbreak in Milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply. N. Engl. J. Med. 21;331(3), 161–167.

Ottoson J, Hansen A, Westrell T, Johansen K, Norder H, Stenström TA (2006) Removal of noro- and enteroviruses, *Giardia* cysts, *Cryptosporidium* oocysts, and fecal indicators at four secondary wastewater treatment plants in Sweden. Water Environ. Res. 78(8), 828–834.

Robertson LJ, Paton CA, Campbell AT, Smith PG, Jackson MH, Gilmour RA, Black SE, Stevenson DA, Smith HV (2000) Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts at sewage treatment works in Scotland, UK. *Wat. Res.* (34)8, 2310–2322.

Robertson LJ, Hermansen L, Gjerde BK (2006) Occurrence of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in sewage in Norway. *Appl. Environ. Microbiol.* 72(8), 5297–5303.

Robertson LJ, Forberg T, Hermansen L, Hamnes S, Gjerde B (2007) Giardia duodenalis cysts isolated from wild moose and reindeer in Norway: Genetic characterization by PCR-RFLP and sequence analysis at two genes. *Journal of wildlife Diseases*, 43(4), 576–585.

Robertson LJ (2009) Giardia and Cryptosporidium infections in sheep and goats: a review of the potential for transmission to humans via environmental contamination. *Epidemiol Infect.* 137, 913–921.

Rosén L, Friberg J (2003) Påverkan på säkerheten i vattenförsörjningen från strandbetande nötkreatur - fallstudie Göta älv. VA-Forsk rapport 2003-36.

Silverlås C, Emanuelson U, de Verdier K, Björkman C (2009) Prevalence and associated management factors of Cryptosporidium shedding in 50 Swedish herds. *Preventive Veterinary Medicine* 90(3-4), 242–253.

Silverlås C, Näslund K, Björkman C, Mattsson JG (2010) Molecular characterization of Cryptosporidium isolates from Swedish dairy cattle in relation to age, diarrhea and region. *Vet Parasitol.* May 1169(3-4), 289–295.

Smith A, Reacher M, Smerdon W, Adak GK, Nichols G, Chalmers RM (2006) Outbreaks of waterborne infectious intestinal diseases in England and Wales 1992–2003. *Epidemiol. Infect.* 134(6), 1141–1149.

Svenskt Vatten. Handbok för Egenkontrollprogram med HACCP.
<http://www.svensktvatten.se/web/haccp.aspx>

Svenskt Vatten (2008). Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet.
<http://www.svensktvatten.se/web/ravattenkvalitet.aspx>

Svenungsson B, Insulander M, De Jong B, Lebbad M (2009) Kryptosporidiosis – kraftigt underdiagnostiserad diarréjukdom. *Läkartidningen* 106(28–29).

Traub R, Wade S, Read C, Thompson A, Mohammed H (2005) Molecular characterization of potentially zoonotic isolates of Giardia duodenalis in horses. *Vet. Parasitol.* 30;130(3-4), 317–21.

WHO (2008) WHO guidelines for drinking water quality (third edition). WHO.

Wilkes G, Edge T, Gannon V, Jokinen C, Lyautey E, Mederos D, Neumann N, Ruecker N, Topp E, Lapen D R. (2009) Seasonal relationships among indicator bacteria, pathogenic bacteria, Cryptosporidium oocysts, Giardia cysts, and hydrological indices for surface waters within an agricultural landscape. *Wat. Res.* 43, 2209–2223.

Åström J, Pettersson JR, Stenström TA, Bergstedt O (2009) Variability analysis of pathogen and indicator loads from urban sewer systems along a river. *Wat. Sci. Tech.* 59(2), 203–212.



Box 47607, 117 94 Stockholm

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se