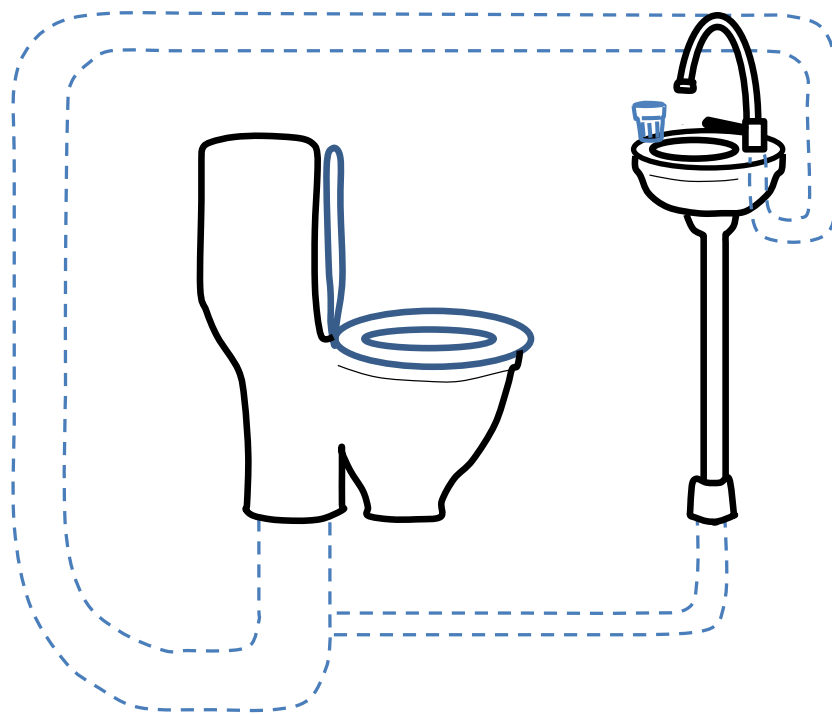


# Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder

av Rikard Dryselius



# Innehåll

Innehåll.....	1
Sammanfattning .....	2
Bakgrund.....	4
Syfte och målgrupp .....	4
Avgränsningar .....	5
Dricksvattenburna mikrobiologiska risker.....	6
Viktiga mikrobiologiska patogener i Sverige .....	8
Uppskattning av patogenförekomst i vatten.....	10
Indirekt bedömning av patogenförekomst i vatten.....	12
Dricksvattnets kretslopp.....	14
Råvatten .....	15
Beredning .....	20
Distribution .....	24
Konsumtion och smitta .....	30
Mikrobiologisk förorening.....	37
Klimat effekter .....	43
Klimat effekter på råvatten.....	44
Klimat effekter på beredning .....	45
Klimat effekter på distribution .....	45
Klimat effekter på konsumtion och smitta.....	46
Klimat effekter på mikrobiologisk förorening .....	46
Att göra-lista .....	47
Referenser .....	49
Bilaga 1 .....	54
Bilaga 2 .....	55
Bilaga 3 .....	56
Bilaga 4.....	60

# Sammanfattning

Många sjukdomsframkallande mikroorganismer (patogener) sprids via dricksvattnet och orsakar stor ohälsa i form av såväl akut som kronisk sjukdom och även dödsfall. Sverige är inte förskonat från dricksvattenburen smitta, vilket inte minst de stora utbrotten i Östersund och Skellefteå har tydliggjort. Utredningar av utbrott har visat att norovirus, bakterier av typen *Campylobacter* och parasiterna *Giardia* och *Cryptosporidium* är särskilt relevanta för svensk del. Proaktivt skyddsarbete genom riskvärdering av dessa och andra patogener begränsas dock av dagens dyra och komplicerade analysmetodik. Detta motiverar satsningar på förbättrad diagnostik och på att undersöka hur väl olika indikatororganismer representerar risk för förekomst av specifika patogener.

Dricksvattenförsörjningen är komplex och det finns en mängd faktorer som påverkar huruvida patogener når dricksvattnet och slutligen konsumenten. Dessa faktorer åskådliggörs lättare om man ser dricksvattenproduktionen som ett kretslopp med stegen 1) råvatten, 2) beredning, 3) distribution, 4) konsumtion och smitta samt 5) mikrobiologisk förorening.

1. God kännedom om råvattenkvalitet avseende förekomst av patogena mikroorganismer och hur denna varierar över tid är nödvändig för val av lämpliga barriärer och dimensionering av dessa. En i projektet gjord enkätundersökning visar att vattenproducenternas kunskaper om råvattnets mikrobiologiska kvalitet ofta är bristfällig. Detta föranleder bredare och mer frekventa analyser och kartläggningar av både indikatorer och patogener med fokus på att bedöma de sämsta förhållandena. För att få trovärdiga och kostnadseffektiva patogenanalyser är det nödvändigt att analysmetodiken utvecklas och standardiseras.
2. Väl fungerande beredning av råvatten är en förutsättning för produktion av mikrobiologiskt säkert dricksvatten. För detta behövs bättre kunskap om olika beredningsprocessers reduktionsförmåga. En nationell sammanställning och utvärdering av råvatten-, berednings- och dricksvattendata kan här vara till hjälp. Det är också angeläget att utveckla beredningsmetoder som effektivare reducerar risken för parasiter och virus, liksom att ta fram metoder som snabbt och effektivt kan visa om mikrobiologiska föroreningar passerar beredningen.
3. En betydande del dricksvattenburna sjukdomsutbrott beror på störningar under distribution. Ökad kunskap krävs om förekomst, frekvens och hälso-mässig relevans av olika typer av störningar, för att man ska kunna bedöma vad som är viktigt och kostnadseffektivt att åtgärda. Kunskapen om biofilmstillväxt på distributionsnätet är dessutom begränsad, liksom kännedomen om patogeners förmåga att överleva och tillväxa där. För att täcka

detta behov är storskalig molekylärbiologisk analys ett möjligt verktyg.

4. Allvarliga problem med råvattenkvalitet, beredning och distribution synliggörs tydligast av sjukdomsfall och sjukdomsutbrott. Sannolikt upptäcks och rapporteras bara en liten del av sjukdomsfallen till myndigheterna. Därför behöver känsligare metoder för detektion av utbrott introduceras och rutinerna för övervakning och inrapportering förbättras. Interventions- och kohortstudier kan bidra till att bedöma relevanta riskfaktorer och antalet människor som blir smittade av dricksvatten.
5. Råvatten som förorenats med människors eller djurs avföring är den främsta orsaken till att patogener hamnar i dricksvattnet. Många olika typer av föroreningskällor är vanliga runt svenska ytråvattentäkter och det behövs kartläggningar av dessa avseende lokalisering, vilka typer av patogener som förknippas med dem, utsläppens omfattning liksom hur ofta de förorsakar dricksvattenburen smitta.

Sammantaget visar genomgången av dricksvattnets kretslopp en rad risker och problem och att det krävs kraftfulla åtgärder för att göra dricksvattenförsörjningen säkrare. De pågående klimatförändringarna som successivt förväntas leda till högre temperatur, större nederbörds mängd och ökad frekvens extremväder gör dessa åtgärder än mer önskvärda.

# Bakgrund

Denna rapport härrör från projektet ”Dricksvatten – klimatrelaterade kemiska och mikrobiologiska risker” som via fördelningsbeslut från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) har finansierats av regeringens 2:4 anslag för krisberedskap och delfinansierats av EU Interreg IV, som en del av projektet Virus i vatten Skandinavisk Kunskapsbank (VISK). En övergripande målsättning med projektet har varit att skapa underlag för strategier och analysmetoder som kan användas för att göra dricksvattenproduktion säkrare, både generellt och vid påfrestningar kopplade till exempelvis extremväder och ett klimat i förändring. Arbetet har varit inriktat på de tre områdena (i) algtoxiner i vattentäkter och metodutveckling för att analysera dessa, (ii) toxiska biprodukter som bildas vid desinfektion av dricksvatten och (iii) sjukdomsframkallande (patogena) mikroorganismer som kan spridas via dricksvatten. Här behandlas endast det tredje av dessa områden.

## Syfte och målgrupp

Det specifika syftet med rapporten är att utifrån en samlad bild av aktuell kunskap och pågående forskning runt dricksvattenproduktion beskriva var nuvarande och framtida mikrobiologiskt relaterade brister och risker finns samt, att i möjligaste mån, lägga fram förslag på hur dessa kan bearbetas och åtgärdas. Rapporten pekar också på kunskapsbrister som kan tjäna som underlag för bedömning av framtida forskningsbehov. Kunskapsinhämtningen har ett fokus på svenska förhållanden men då förutsättningarna för dricksvattenproduktion är likartad i skandinaviska grannländer har även information från dessa inhämtats liksom från internationella studier då detta har varit relevant. En så bred kunskapsinhämtning som möjligt har eftersträvat och den huvudsakliga informationsinsamlingen har skett via:

- Inläsning av relevant vetenskaplig och branschriktad litteratur samt till viss del även riktlinjer och regelverk.
- Kontakter och diskussioner med branschpersonal, forskare och andra sakkunniga.
- Resultatet från en enkät riktad till landets ytvattenverk med frågor rörande analysfrekvens av råvatten, störningsfrekvens under beredning och distribution samt kännedom om förekomst av potentiella mikrobiologiska föroreningskällor i anslutning till råvattentakten.
- Information från kurser, konferenser och möten

Målgruppen för den här rapporten är beslutsfattare, hanterare och forskare som arbetar med vattenproduktion, med dricksvattenrelaterade frågor eller i övrigt har ett fördjupat intresse för dricksvattenproduktion och särskilt de mikrobiologiska risker som är kopplade till denna

## **Avgränsningar**

I Sverige får en överväldigande majoritet av befolkningen kommunalt dricksvatten medan endast mellan 1,0 och 1,5 miljoner invånare får sitt vatten helt eller delvis från enskilda brunnar (1). Denna rapport är främst inriktad på den kommunala vattenförsörjningen. Av de drygt 1 750 kommunala vattenverken i landet är cirka tio procent ytvattenverk och dessa står för ungefär hälften av den sammanlagda vattenvolymen som produceras. Resterande vattenvolymer härrör till ungefär lika delar från vattenverk som använder grundvatten och så kallat konstgjort grundvatten där ytvatten infiltrerats i sand eller grus innan det fyller på grundvattenmagasinen ([www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)). Denna rapport fokuserar i något högre grad på ytvatten då detta generellt sett har en mikrobiologiskt sämre kvalitet än (infiltrerat) grundvatten. En mängd olika mikroorganismer kan orsaka sjukdom i samband med dricksvattenkonsumtion, men denna rapport är främst inriktad på de som via infektion i mag- och tarmsystemet leder till magsjuka och eventuellt andra följsymtom. Rapporten begränsar sig dessutom till att närmare beskriva endast de mikroorganismer som bevisligen har orsakat dricksvattenburna utbrott i Sverige i modern tid.

# Dricksvattenburna mikrobiologiska risker

Vattnets enorma förmåga att transportera och överföra smittämnen och andra hälsofarliga substanser har i allra högsta grad inverkan på vårt dricksvatten. Både mikrobiologiska och kemiska föroreningar når oss via konsumtion av dricksvatten, om än i varierande omfattning och med väldigt olika hälsoeffekter som följd (2). Mikrobiologisk smitta kännetecknas ofta av kort inkubationstid och akuta sjukdomsbesvär som illamående, feber och magsjuka. Ibland uppstår även besvär av mer kronisk karaktär som exempelvis förlamning, bestående tarmproblem samt njur- och leverskador. I fattiga länder med sämre sanitära förutsättningar och otillräckligt fungerande sjukvård är dödsfall inte ovanligt, särskilt i samband med större epidemier. Effekterna av kemiska föroreningar däremot visar sig oftast inte förrän efter många år vilket gör det betydligt svårare att koppla samman orsak och verkan. Trots att kemiska substanser i vissa fall kan innebära mycket allvarliga konsekvenser som nedsatt mental förmåga och cancer så är de sammanlagda hälsoeffekterna sannolikt små i jämförelse med dem som beror på mikrobiologisk smitta (2).

Det är en mängd olika typer av sjukdomsframkallande mikroorganismer som sprids via dricksvatten och bland dessa återfinns en lång rad virus, bakterier, protozoer (vardagligt kallade parasiter) och parasitära maskar. Ur svenskt hänseende är det bakterier som historiskt ansetts utgöra den stora faran. En ökad mikrobiologisk kunskap kombinerad med förbättrade detektionsmetoder har efter hand lett fram till insikt om att även virus och protozoer (hädanefter refererade till som parasiter) utgör reella hot mot vår dricksvattenförsörjning. Framförallt är det sentida och mycket omfattande utbrott i Bergen (3), Lilla Edet (4) samt Östersund och Skellefteå (5) som har tydliggjort virus och parasiters relevans för nordisk dricksvattensäkerhet. I Tabell 1, som baseras på information från WHO (2) och en tidigare rapport från Livsmedelsverket (1), presenteras en rad bakteriella, virala och parasitära mikroorganismer som bevisligen kopplats samman med dricksvattenburen smitta. Flera av dessa är redan eller kan bli problematiska för svensk dricksvattenproduktion.

I tabellen presenteras flera parametrar som är viktiga för bedömning av risk för dricksvattenburen smitta orsakad av de olika mikroorganismerna. Överlevnadsförmåga i råvatten, infektionsdos och huruvida även djur utgör en smittkälla är av central betydelse i detta hänseende och vissa generella slutsatser rörande de olika organismgrupperna kan uttydas. Exempelvis framgår det att virus har både god överlevnadsförmåga i råvatten och att det ofta är relativt få organismer som krävs för att orsaka sjukdom men att djur oftast inte ses som någon betydande källa till smittspridning. Liksom virus uppvisar även de flesta parasiter god överlevnad i råvatten och en relativt låg infektionsdos och för dessa är djur i högre grad en

**Tabell 1.** Egenskaper hos några infektiösa mikroorganismer av relevans för dricksvattenproduktion. Listan är långt ifrån komplett och baserar sig på ett urval av de mikroorganismer som presenteras av WHO (2) samt av Lindberg och Lindqvist (1).

Organism	Överlevnad och tillväxt i råvatten <sup>#</sup>	Infektionsdos <sup>§</sup>	Djur möjlig smittkälla	Symptom /Sjukdom	Konfirmerad vid dricksvattenburet sjukdomsutbrott i Sverige efter 1980
<b>Bakterier</b>					
<i>Bacillus cereus</i>	Lång	Hög	Nej	GE	Nej
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	Lång, kan tillväxa	Hög	Nej	Lunginflammation	Nej
<i>Campylobacter</i>	Måttlig	Låg	Ja	GE	Ja
Patogena <i>E. coli</i>	Måttlig	Låg	Ja	GE	Ja
<i>Francisella tularensis</i>	Lång	Låg	Ja	Varierande	Nej
<i>Legionella</i>	Lång, kan tillväxa	Måttlig	Nej	Lunginflammation	Nej
<i>Leptospira</i>	Lång	Låg	Ja	Varierande	Nej
Mycobakterier (ej tuberkulösa)	Lång, kan tillväxa	?	Nej	Varierande	Nej
<i>Salmonella</i>	Lång, kan tillväxa	Hög	Ja	GE, varierande	Ja
<i>Shigella</i>	Kort	Låg	Nej	GE	Ja
<i>Vibrio cholerae</i>	Lång	Hög	Nej	GE	Nej
<b>Virus</b>					
Adenovirus	Lång	Låg	Nej	GE, varierande	Nej
Astrovirus	Lång	Låg	Nej	GE	Nej
Enterovirus	Lång	Låg	Nej	Varierande	Nej
Hepatit A-virus	Lång	Låg	Nej	Gulsot	Nej
Hepatit E-virus	Lång	Låg	Ja	Gulsot	Nej
Norovirus	Lång	Låg	Kanske	GE	Ja
Rotavirus	Lång	Låg	Nej	GE	Nej
Sapovirus	Lång	Låg	Kanske	GE	Nej
<b>Protozoer</b>					
<i>Acanthamoeba</i>	Lång, kan tillväxa	Låg	Nej	Varierande	Nej
<i>Cryptosporidium</i>	Lång	Låg	Ja	GE	Ja
<i>Cyclospora cayentanensis</i>	Lång	Låg	Nej	GE	Nej
<i>Entamoeba histolytica</i>	Måttlig	Låg	Nej	GE	Ja
<i>Giardia</i>	Måttlig	Låg	Ja	GE	Ja
<i>Naegleria fowleri</i>	Lång, kan tillväxa	Måttlig	Nej	Hjärnhinneinflammation	Nej

<sup>#</sup>Detektionsperiod för infektiösa mikroorganismer i 20°C där ”Kort” är upp till en vecka, ”Måttlig” är en vecka till en månad och ”Lång” är över en månad.

<sup>§</sup>Infektionsdosererna för de olika mikroorganismerna är inte några absoluta värden och kan variera stort beroende på flera faktorer som genotyp hos den specifika mikroorganismen samt immunstatus och ålder hos personen som exponeras. En infektionsdos definierad som ”Låg” kräver 1-100 mikroorganismer för att orsaka infektion hos 50 procent frivilliga friska vuxna personer medan en ”Måttlig” kräver 100-10 000 och en ”Hög” över 10 000 mikroorganismer.



dokumenterat viktig reservoar. Bakterier utgör den mest heterogena gruppen där överlevnad och infektionsdos varierar stort inom och mellan arter liksom vad gäller förekomsten hos djur. Rörande symptom som vanligen förknippas med infektion är variationen stor mellan olika smittämnen och inte heller kan någon distinktion mellan de olika patogengrupperna göras. Den klart vanligaste typen av symptom är dock gastroenterit (GE) eller, med ett mer vardagligt namn, magsjuka. Intressant i sammanhanget är att samtliga mikrobiologiska patogener som figurerat vid dricksvattenburna sjukdomsutbrott i Sverige efter 1980 inkluderar gastroenterit i symptombilden (Tabell 1).

## Viktiga mikrobiologiska patogener i Sverige

Vid de 131 dricksvattenburna sjukdomsutbrotten som registrerades i Sverige under perioden 1980-1989 och 1992-2003 förblev de mikrobiologiska orsakerna till smittan okända i 70,2 procent av fallen (1). Sett till antalet sjuka vid dessa utbrott var det hela 79,3 procent som smittades av en okänd agens. Mot bakgrund av detta är det därför mycket svårt att på ett korrekt sätt avgöra vilka mikrobiologiska patogener som har störst relevans för svensk dricksvattenförsörjning eller ens vilka som är relevanta. Från de förhållandevis få fall där en specifik mikroorganism har kunnat knytas till utbrott framträder bakterier av släktet *Campylobacter*, norovirus samt parasiterna *Giardia* och *Cryptosporidium* som de största hoten. Nedan följer en närmare presentation av dessa mikroorganismer med utgångspunkt från information från WHO (2) samt Smittskyddsinstitutets hemsida ([www.smi.se](http://www.smi.se)).

### *Campylobacter*

*Campylobacter* är en av de absolut vanligaste orsakerna till magsjuka överhuvudtaget både i världen och i Sverige. Vad gäller dricksvattenburen smitta har bakterien kunnat kopplas till runt 20 sjukdomsutbrott i Sverige sedan 1980, vilket därmed gör den till den oftast påvisade orsaken. Även sett till antalet smittade personer är *Campylobacter* mycket framträdande och var fram till utbrotten i Östersund och Skellefteå den mikroorganism som orsakat flest sjukdomsfall vid dricksvattenburna utbrott efter 1980 (1). Djur är en viktig smittkälla och framförallt kyckling men även nötdjur och annan boskap samt vilda fåglar är vanliga bärare. Av den handfull arter som orsakar sjukdom hos människa är *Campylobacter jejuni* i särklass vanligast. Kännetecknande är en, för bakterier, ganska låg infektionsdos där färre än 1 000 organismer kan orsaka sjukdom. Inkubationstiden på 1-4 dagar följs av symptom som magsmärtor, diarré, frossa, feber och ibland kräkningar. Normalt klingar symptomen av efter 3-7 dagar men i vissa fall kan även följdkomplikationer som ledinflammation, hjärnhinneinflammation och till och med förlamning inträffa.

## **Norovirus**

Norovirus tillhör liksom även sapovirus gruppen calicivirus som orsakar den så kallade vinterkräksjukan. Norovirus har uppskattats stå för runt 90 procent av alla icke-bakteriella epidemier av magsjuka i världen (6) och för nästan 60 procent av alla inrapporterade livsmedelsrelaterade utbrott av gastroenterit i USA (7). Inom dricksvattenområdet är norovirus en relativt nyupptäckt orsak till smittspridning och före 1990 hade det i Sverige aldrig rapporterats någon koppling till utbrott. Under perioden 1992-2003 hade norovirus näst efter *Campylobacter* blivit den mest rapporterade orsaken till dricksvattenburna sjukdomsutbrott och kunde sammankopplas med sammanlagt nio stycken (1). Den troliga förklaringen till detta plötsligt stora antal norovirusorsakade utbrott är sannolikt inte att norovirus är en ny företeelse vad gäller dricksvattenburen smitta utan snarare att förmågan att detektera smittämnet har förbättrats. Såvitt är känt idag är människa den enda relevanta källan till smittspridning även om laboratorieexperiment har indikerat att gris kan vara en potentiell reservoar (8) och att norovirusförekomst har påvisats i avföringen hos tamhundar (9). Med tanke på den mycket höga insjukningsgraden vid epidemier är infektionsdosen sannolikt väldigt låg. Inkubationstiden är normalt mellan 12-48 timmar och sjukdomssymptomen varierar mycket, sannolikt beroende både på typ av norovirus och känslighet hos den smittade. Symptomen pågår sällan längre än några dagar och inkluderar i varierande grad illamående, kräkningar, magsmärtor och diarré, men också ofta feber, frossa, huvudvärk och muskelvärk. I Sverige inträffade 2008 ett stort dricksvattenburet utbrott i Lilla Edet där uppskattningsvis 2 400 personer insjuknade till stor del på grund av norovirusinfektion (4, 10).

## ***Cryptosporidium***

*Cryptosporidium* är en tarmparasit som har fått mycket stor uppmärksamhet genom de även internationellt sett mycket omfattande dricksvattenburna sjukdomsutbrotten i Östersund och Skellefteå (5). Dessa utbrott är de största dricksvattenburna utbrotten som rapporterats i Europa i modern tid. Faktum är att *Cryptosporidium* även ligger bakom det största enskilda dricksvattenburna utbrottet som överhuvudtaget rapporterats i världen då runt 400 000 människor insjuknade i Milwaukee i USA 1993 (11). Ett flertal arter av *Cryptosporidium* kan infektera människa, men det är främst *C. hominis* som är humanspecifik och genotyper av *C. parvum* som är särskilt vanliga hos ungdjur som förknippas med utbrott. Livscykeln hos *Cryptosporidium* är komplex och omfattar både sexuell och asexuell förökning i tarmarna hos värden samt en mycket stresstolerant och långlivad sporfas (så kallade oocystor) som både infekterar tarmen och utsöndras med avföringen. Infektionsdosen kan vara lägre än tio oocystor och inkubationstiden är normalt runt en vecka. Symptomen är främst diarré samt även illamående, kräkningar, huvudvärk och feber som håller i någon vecka och ibland upp till någon månad.

### ***Giardia***

*Giardia* är en tarmparasit som kan förekomma hos de flesta däggdjur och det är främst två genotyper av arten *Giardia lamblia* (även kallad *Giardia duodenalis* och *Giardia intestinalis*) som smittar människor. Betydelsen för svensk dricksvattenproduktion har åskådliggjorts av en handfull utbrott sedan 1980 men det är kanske framförallt det stora utbrottet i Bergen i Norge 2004 där så många som 6 000 människor insjuknade som har fungerat som en ögonöppnare inför denna parasit (3). Livscykeln består av två stadier där cyststadiet är vilande, infektiöst och stresstolerant medan trofozoitstadiet är vegetativt, förökande och sjukdomsframkallande. Infektionsdosen kan vara lägre än tio cystor och en relativt lång inkubationstid på 1-3 veckor åtföljs av symptom som diarré, magsmärtor och hämrat näringsupptag. Normalt klingar symtomen av efter 1-2 veckor men det förekommer fall där symtomen kvarstår i över ett år.

## **Uppskattning av patogenförekomst i vatten**

För att nå kännedom om den mikrobiologiska kvaliteten på ett vatten kan man antingen fokusera på att direkt undersöka förekomsten av patogena mikroorganismer eller uppskatta risken för patogenförekomst via mätningar av indikatororganismer. Att direkt mäta förekomst av mikrobiologiska patogener kan tyckas vara den mest uppenbara strategin eftersom man därigenom även konfirmerar en fara. Olyckligtvis föreligger flera svårigheter med detta som dels är relaterade till att många vattenburna patogener uppvisar låg och ojämnt fördelad förekomst (1, 2) samtidigt som de fortfarande utgör en direkt fara på grund av sin låga infektionsdos (se ovan). Dessutom kan analysmetodiken vara tidskrävande, komplicerad och dyr samt även sakna tillräcklig känslighet. Sammantaget innebär detta att analyser där inga patogener detekteras långtifrån garanterar att vattnet är fritt från sjukdomsframkallande mikroorganismer. Ett sätt att bättre illustrera problematiken runt direkt mätning av patogenförekomst är att titta närmare på analysmetoder för några specifika organismer.

### **Analys av *Campylobacter***

Vid tidigare och pågående undersökningar på Livsmedelsverket har man utgått från provvolymen på 100 ml till en liter råvatten som i ett första steg filtreras genom ett membran (12). Därpå anrikas eventuella *Campylobacter* som fastnat på membranet via två dygns inkubation i näringsbuljong som följs av ytterligare två dygns tillväxt på selektiv näringsplatta i en noggrant reglerad atmosfär. Efter renstryk av eventuella *Campylobacter* följer ytterligare två dygns tillväxt innan biokemiska analyser och mikroskopi används för att konfirmera förekomst. För att slutligen göra en artbestämning krävs molekylärbiologiska metoder. Svårigheterna och begränsningarna med detta analysförlopp är flera och inkluderar (i) en lång och tidskrävande analyskedja på över en vecka, (ii) att en rad olika substrat och speciell utrustning måste finnas till hands och kunna hanteras, (iii) att provresultatet är icke-kvantitativt utan bara talar om ifall *Campylobacter* fanns i provet eller inte, (iv) att bakterier som har gått in i ett vilostadium (så kallat "viable but

non-culturable state” eller VBNC) eventuellt inte tillväxer under analysproceduren och därför missas trots att de fortfarande kan vara infektiösa.

### **Analys av norovirus**

Standardiserade metoder för analys av norovirus i vattenprover saknas helt vilket försvårar jämförelser av resultat från olika laboratorier. Ett analysförfarande som används på Livsmedelsverket inkluderar ett första steg där 10-100 liter vatten reduceras ner till 100-500 ml genom ultrafiltrering. Därpå sker en sekundär koncentration av provet via en ny filtrering som sedan följs av extraktion av arvs massa. I ett avslutande steg används molekylärbiologiska metoder för att kvantifiera mängden arvs massa som härrör från norovirus. Utöver att avsaknaden av en standardiserad metodik – och till och med standardiserade delsteg av en sådan – begränsar värdet av norovirusanalyser föreligger även andra problem och svårigheter. Till dessa hör att (i) metodiken är dyr och arbetsintensiv (ii) hantering av provmaterial och apparatur förutsätter stor erfarenhet (iii) delar av provmaterialet går förlorat vid filtreringsprocesserna, (iv) analysförmågan är till mycket stor del styrd av vattenprovets kvalitet, (v) material som förekommer naturligt i vatten, som exempelvis humussyror, i varierande men oftast mycket hög grad hämmar de molekylärbiologiska analyserna och (vi) andelen infektiösa viruspartiklar förblir okänd.

### **Analys av *Cryptosporidium* och *Giardia***

Beroende på den totala partikelmängden i provet utgår man från volymer på 10-1 000 liter vatten som i ett första steg koncentreras via filtrering. I ett andra steg fångas eventuella (oo)cystor upp från koncentratet med hjälp av specifika antikroppar kopplade till magnetiska kulor genom så kallad immunomagnetisk separation (IMS). Efter frigörning från magnetkulorna fästs proverna på objektsglas och eventuella (oo)cystor märks med målspecifika fluorescerande antikroppar som möjliggör mikroskopisk avläsning. Slutligen studeras även infärgning av parasiternas arvs massa i mikroskop vilket används för att bekräfta förekomst av presumtiva (oo)cystor. Inom detta analysförlopp ryms flera begränsningar i och med att (i) stora provvolymerna krävs, (ii) analysmaterial och analysutrustning är dyr, (iii) analysgången är komplicerad och mikroskopisk avläsning och bedömning baseras på tolkning och kräver erfarenhet, (iv) detektionsnivån av (oo)cyster är inte 100 %-ig och varierar dessutom mellan olika vattentyper och (v) metoden avslöjar inte om påvisade (oo)cyster kan infektera människa eller ens är levande.

Sammanfattningsvis är analys av patogena mikroorganismer en ofta dyr, omständlig och komplicerad process som i många fall kräver lång erfarenhet och specialistkunskaper. Generellt sett är metodiken för vattenanalyser av sjukdomsframkallande bakterier bäst utvecklad och dessutom billigast. Exempelvis erbjuder de stora kommersiella laboratorierna möjligheter att analysera flera av de viktigaste bakteriella patogenerna utifrån mer eller mindre standardiserade metoder. Även för parasitanalyser finns en välutvecklad metodik och analyser av både *Cryptosporidium* och *Giardia* utförs kommersiellt, i alla fall på mindre vattenvolymer.

Analysgången är dock både mer komplicerad och dyrare än för de flesta patogena bakterierna vilket skulle kunna vara en begränsande faktor vad gäller analysfrekvenser. För virus saknas, som redan nämnts, i dagsläget enhetliga analysmetoder och dessutom möjlighet att via de stora kommersiella laboratorierna få vattenprover undersökta. Därmed är möjligheterna att få kännedom om virusförekomst i vatten ytterst begränsade och ett mycket angeläget område för metodutveckling och kunskapsförbättring.

## **Indirekt bedömning av patogenförekomst i vatten**

Analys av indikatororganismer kringgår många av de problem som är förknippade med direkta patogenanalyser eftersom de generellt sett är billigare, enklare, snabbare, standardiserade och dessutom oftare leder till kvantifierbara resultat. Den stora begränsningen ligger i att de istället för att direkt påvisa en mikrobiologisk risk bara indikerar en möjlig. Beroende på vilket sätt indikatororganismer antyder möjliga risker kan man dela upp dem i tre till viss del överlappande typer (13, 14).

1. *Generella mikrobiologiska indikatorer*. Indikerar effektiviteten hos en viss beredningsprocess eller generella förutsättningar för mikrobiologisk tillväxt.
2. *Fekala indikatorer*. Antyder närvaro av fekal förorening och att fekala patogener därmed kan förekomma.
3. *Index- och modellorganismer*. Antyder mer direkt risken för förekomst av specifika patogener på grund av egenskaper som liknar dessa.

Exempel på generella mikrobiologiska indikatorerna är ”Odlingsbara mikroorganismer vid 22°C” och ”Långsamväxande bakterier” (15). Ingen av dessa båda parametrar har någon särskild koppling till fekal påverkan av vattnet utan förekommer naturligt i miljön. Parametern ”Odlingsbara mikroorganismer vid 22°C” anses lämplig för att bedöma ifall beredning och desinfektion av råvattnet fungerar ändamålsenligt och kan därför ses som en indikator på risk för att andra mikroorganismer (däribland patogener) slipper igenom beredningen. Parametern ”Långsamväxande bakterier” å sin sida påvisar möjligheten hos mikroorganismer att tillväxa i distributionssystemet vilket är relevant för de patogener som kan tillväxa utanför sin värd (se Tabell 1 och kolumnen ”Överlevnad i råvatten”). Parametern är också relevant för att bedöma potential för tillväxt av exempelvis biofilmer som beskrivs närmare nedan i avsnittet om distribution.

För indikation av fekal förorening finns flera organismer som i olika grad antyder sådan (2, 15). Parametern ”Koliforma bakterier” är den fekala indikator som kanske sämst återspeglar sådan förorening eftersom det är en mycket heterogen grupp varav bara vissa organismer förekommer i avföring hos djur och människa. ”*E. coli*” däremot lämpar sig betydligt bättre för indikation av fekal påverkan och är på grund av sin delvis begränsade överlevnadstid i miljön användbar för indi-

kation av nyare fekal förorening. ”*E. coli*” är givetvis en mycket passande index- och modellorganism för patogena *E. coli*-stammar och till viss del även för andra bakterier som *Salmonella* och *Campylobacter*. ”Enterokocker” är också en lämplig parameter för indikation av fekal förorening och påvisar genom sin längre överlevnad i miljön också äldre och även mer långväga fekala föroreningar. En förutsättning för att dra eventuella slutsatser om ålder på en förorening är dock att parallella mätningar av exempelvis *E. coli* görs så att haltmätningar kan jämföras dem emellan. Även ”*Clostridium perfringens*” kan användas som indikation på mer avlägsen fekal förorening i tid och rum och denna indikator har dessutom förmåga att bilda sporer som är extra långlivade och motståndskraftiga mot yttre stress. Detta gör dem till den bakteriella indikator som lämpar sig bäst som indexorganism för virus och parasiter. Tyvärr återfinns ”*Clostridium perfringens*” även naturligt i förmultnande växter och jord vilket försvårar en direkt koppling till fekal förorening. En icke-bakteriell indikator som ibland omnämns är ”Kolifager”. Detta är ett vanligt förekommande virus som infekterar *E. coli* och till dessa närbesläktade bakterier och följaktligen finns i tarmarna hos djur och människor. Vad som gör dessa intressanta är dels att de lämpar sig betydligt bättre som indexorganism för patogena virus än vad övriga indikatorer gör och dels att de på ett relativt enkelt och dessutom helt riskfritt sätt både kan odlas och kvantifieras i ett analyslaboratorium. Information om ytterligare några indikatororganismer samt även vilka gränsvärden som gäller för utgående dricksvatten från vattenverk, dricksvatten hos användare och förpackat dricksvatten för olika indikatorer finns beskrivet i Livsmedelsverkets dricksvattenföreskrifter (16) samt vägledningen till dessa (15).

Användning av indikatororganismer som instrument för att bedöma risk för förekomst av mikrobiologiska patogener har många gånger kritiserats på grund av en dålig eller ibland obefintlig korrelation (13, 17, 18). Skillnader i exempelvis överlevnadstid, förmåga att tillväxa, stresstålighet, transporteringsmönster, utsöndringsmängder från värden samt avskiljnings- och inaktiveringsgrad i både reningsverk och vattenverk har omnämnts som viktiga orsaker till att det brister i korrelationen mellan indikatororganismer och patogener. Följaktligen finns ett stort intresse för att komplettera befintliga indikatorer med nya som bättre representerar risk för patogenförekomst (14, 17, 19). Även om det råder en bred enighet om ett sådant behov är det viktigt att lyfta fram att befintliga indikatorer har en viktig roll för riskbedömning. Exempelvis visade en nyligen gjord sammanställning baserad på 540 olika undersökningar av korrelation mellan indikatorer och patogener att det faktiskt finns goda överensstämmelser men att dessa ofta förbises på grund av ett otillräckligt antal prover med för små provvolymen samt ett för lågt antal positiva patogenprover (20).

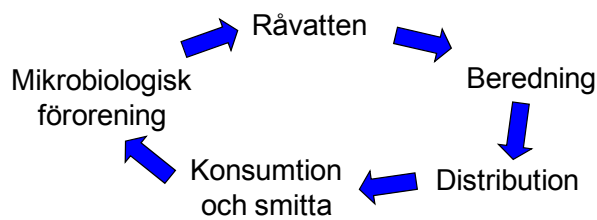
# Dricksvattnets kretslopp

Av inledningen framgår att beredskapen mot sjukdomsspridning via dricksvatten bygger på en detaljerad kännedom om art och egenskaper hos dricksvattenburna patogener samt en god förmåga att detektera dessa faror. Vad som dessutom är av central betydelse är kunskap om hur sjukdomsframkallande mikroorganismer kan nå vårt dricksvatten. I litteraturen kan man finna en uppsjö faktorer som antingen enskilt eller i samverkan orsakar mikrobiologisk förorening av dricksvattnet. En del av dessa presenteras i Figur 1. Som synes är kontamineringsmöjligheterna mycket mångskiftande vilket både vittnar om ett stort antal sårbarhetspunkter inom dricksvattenförsörjningen och dessutom återspeglar den komplexitet som vattenproduktionen omfattar.

I de följande avsnitten är syftet att mer i detalj åskådliggöra en del av de brister och behov som föreligger inom dricksvattenområdet. För att underlätta detta beskrivs problematiken utifrån de fem efter varandra följande stegen: Råvatten, Beredning, Distribution, Konsumtion och smitta samt Mikrobiologisk förorening (Figur 2). Denna indelning är inte helt oproblematisks eftersom områdena till viss del överlappar och interagerar men samtidigt synliggörs det viktiga faktum att produktion av dricksvatten är en del av ett obrutet kretslopp. Kretsloppstanken är betydelsefull för att på ett adekvat sätt kunna hantera mikrobiologiska risker inom dricksvattenförsörjningen.



**Figur 1.** Några faktorer som kan leda till mikrobiologisk förorening av dricksvattnet varav flera hänger samman och är beroende av varandra.



**Figur 2.** Huvudsakliga områden i dricksvattnets kretslopp.

## Råvatten

Råvattnet är råvara för vad som via förädling i form av olika beredningssteg omvandlas till dricksvatten. Kvaliteten på råvattnet är alltså av avgörande betydelse för vilket reningsbehov som finns för framställning av ett mikrobiologiskt säkert dricksvatten. Svenskt råvatten har av tradition ansetts hålla en relativt hög mikrobiologisk kvalitet, mycket beroende på god tillgång, relativt låg nedsmutsning och en föreställning om att vårt kalla klimat skulle hämma spridning, tillväxt och överlevnad av sjukdomsframkallande mikroorganismer. Stora vattenburna utbrott som de i Östersund och Skellefteå har ställt denna uppfattning på kant.

För att förbättra säkerhetsutrymmet runt dricksvattenproduktionen står det i Livsmedelsverkets vägledning till dricksvattenföreskrifterna att det är särskilt viktigt att ”kartlägga de sämsta förhållandena i råvattnet” samt att ”se till att beredningen klarar dessa med marginaler” (15). Ett liknande förhållningssätt, om än mindre strikt, återfinns i Svenskt Vattens branschriktlinjer som uttrycker att en förutsättning för framgångsrik beredning är ”att känna råvattnets kvalitet och dess variationer” (21). Ur riskhänseende är detta en lovvärd ambitionsnivå eftersom den omfattar en bred generell kunskap om råvattenkvaliteten och dessutom kännedom om tillfälliga föroreningar orsakade av exempelvis extremväder, misstag eller olyckor. Den grundläggande frågan blir sedan hur vägledning och rekommendationer efterlevs eller kanske snarare i vilken grad dessa är möjliga att följa för vattenproducenterna?

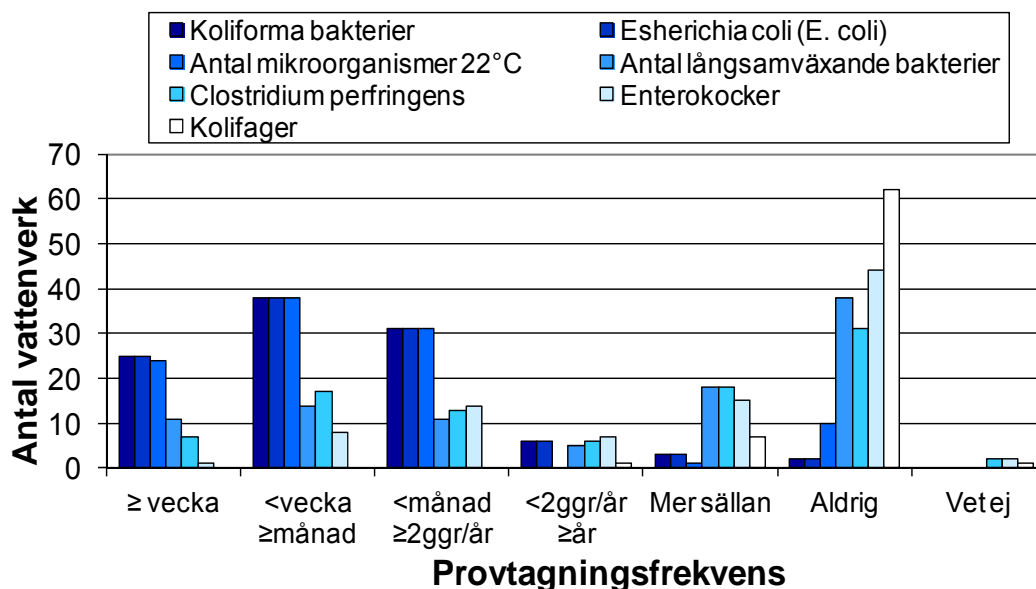
Efter det att Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten (SLV-FS 1993:35) upphävts 2003 saknas föreskrifter gällande analys av mikrobiologiska parametrar i råvatten. Istället ligger ansvaret hos producenterna att både besluta vilka parametrar som ska analyseras och hur ofta detta ska göras. Som stöd finns Svenskt Vattens branschriktlinjer där det ges rekommendationer om provtagningsfrekvenser, vilka mikrobiologiska parametrar som bör analyseras samt även riktvärden för dessa (21), (se även Bilaga 1). De rekommenderade provtagningsfrekvenserna är dessutom anpassade efter vattenproducenternas produktionsvolym och innebär att mindre producenter bör göra provtagningar 1-2 gånger per år medan de allra största bör analysera sitt råvatten 8-32 gånger per år (21) (se även Bilaga 2). Provtagningsfrekvenserna är även anpassade efter råvattentyp och fler provtagningar förespråkas för ytråvatten som generellt har en sämre och mer vari-



erande mikrobiologisk kvalitetsnivå än för grundråvatten. Ifall dessa eller eventuellt andra rekommendationer följs är okänt och huruvida de är tillräckliga för att man ska känna till de sämsta förhållandena är tveksamt.

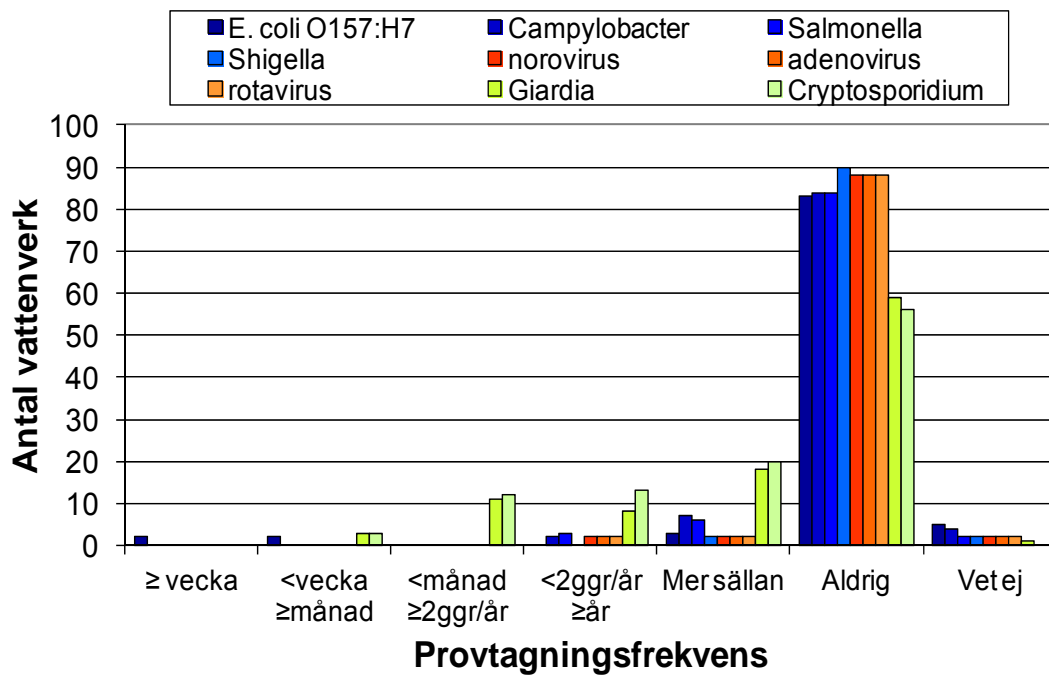
Bland annat med syftet att skapa en översiktlig bild över provtagningsfrekvens för en rad mikrobiologiska parametrar genomfördes under sommaren 2011 en enkätundersökning riktad till landets 98 kommuner med ytråvattenverk (Bilaga 3). Av kommunerna var det 70 (71,4 %) som lämnade svar och dessa omfattade sammanlagt 105 ytvattenverk. I enkäten efterfrågades analysfrekvensen på råvatten av både mikrobiologiska indikatororganismer där generella, fekala samt index- och modellorganismer ingick, och av patogena mikroorganismer.

Figur 3 beskriver analysfrekvenser för sju olika indikatororganismer som finns beskrivna i inledningen samt även i Livsmedelsverkets vägledning till dricksvattenföreskrifterna och/eller Svenskt Vattens branschriktlinjer (15, 21). Av figuren framgår att det är parametrarna ”Koliforma bakterier”, ”*Escherichia coli*” och ”Antal mikroorganismer 22°C” som analyseras oftast i råvattnet. En knapp fjärdedel av de 105 ytvattenverken analyserade dessa parametrar minst en gång i veckan, 60 procent gjorde det minst en gång i månaden medan 90 procent gjorde det minst en gång om året. En orsak till att just dessa parametrar analyseras oftare än



**Figur 3.** Analysfrekvens för sju olika mikrobiologiska indikatororganismer på råvattnet för 105 ytvattenverk.

andra kan vara att de rekommenderas vid mikrobiologisk kontroll av utgående vatten från vattenverk (16) samt att de stora analyslaboratorierna tillhandahåller färdiga analyspaket för dessa. Parametrarna ”Antal långsamväxande bakterier”, ”Enterokocker” och ”*Clostridium perfringens*” ingår bara i vissa utökade analyspaket och det är kanske detta samt att de inte finns med i normalkontrollen av utgående dricksvatten som gör att bara var tredje till varannat vattenverk utför dessa analyser på råvatten varje år eller oftare. För indikatorn ”Kolifager” görs knappt några analyser alls vilket kan förklaras av att metoden varken finns omnämnd i dricksvattenföreskrifter eller erbjuds av de större analyslaboratorierna. Analysfrekvenser av förekomst av mikrobiologiska patogener i ytvatten finns presenterade i Figur 4. Med i enkäten fanns frågor om fyra bakteriella (*Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella*), tre virala (norovirus, adenovirus, rotavirus) och tre parasitära (*Giardia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba*) patogener, alla med sannolik och i de flesta fall även via sjukdomsutbrott bekräftad relevans för svensk dricksvattenproduktion. Av resultaten framgår att endast mycket sporadiska analyser av patogener förekommer samt att en överväldigande majoritet av vattenproducenterna inte gör sådana analyser över huvud taget. Gällande bakterier är det endast ett fåtal som gör mätningar och då endast någon gång per år eller ännu mer sällan.

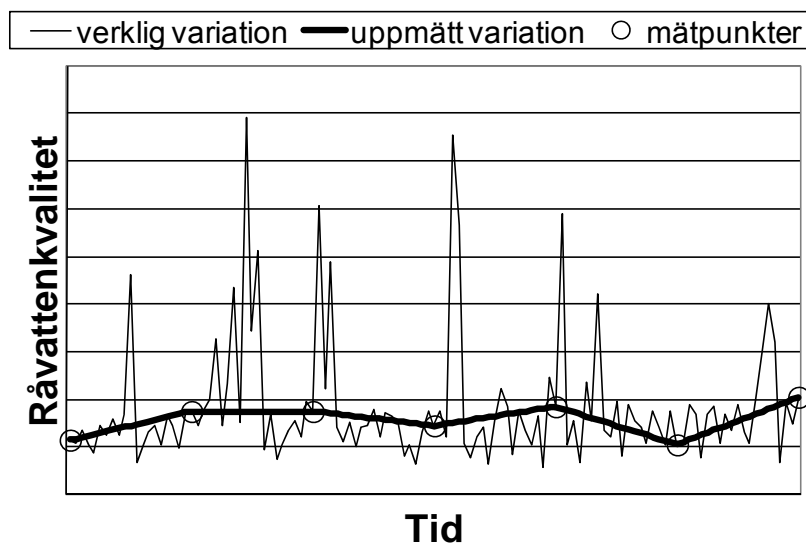


**Figur 4.** Analysfrekvens för nio olika mikrobiologiska patogener hos 105 ytvattenverk.

Ett undantag är den knappa handfull vattenverk som uppgett att de gör analyser av Enterohemorragisk *E. coli* O157:H7 (EHEC) minst en gång varje månad. Då denna magsjukesframkallande stam av *E. coli* ofta felaktigt likställs med arten *E. coli*, som främst omfattar symbiotiska eller kommensalistiska tarmlevande stammar och dessutom används som indikator för fekal påverkan, är det dock sannolikt att frågan kan ha misstolkats. Analys av patogena virus har gjorts eller görs på årlig basis endast i enstaka fall medan parasitförekomst verkar undersökas något oftare. De parasitanalyser som görs är nästan uteslutande av *Giardia* och *Cryptosporidium* för vilka prover tas varje år eller oftare vid åtminstone 20 procent av ytvattenverken. Denna siffra kan tyckas anmärkningsvärt hög om man jämför med analysfrekvensen av mer lättanalyserade patogena organismer som bakterier. Sannolikt är det de stora parasitorsakade utbrotten i Östersund och Skellefteå som har väckt en medvetenhet och ett intresse för provtagning av dessa. Sammantaget ger enkät-svaren bilden av en ganska låg analysfrekvens av råvatten på Sveriges ytvattenverk. Den veckovisa provtagningen av ”Koliforma bakterier”, ”*E. coli*” och ”Antal mikroorganismer 22°C” som sker i runt en fjärdedel av landets ytvattenverk kan ändå förväntas ge en någorlunda god uppfattning om kontinuerliga variationer gällande generell råvattenkvalitet. Störst betydelse av dessa parametrar har *E. coli* som även ger en indikation om åtminstone nytillkommen fekal påverkan. Den i stort sett obefintliga kunskapen om patogenförekomst är oroväckande och antaganden om patogenrisker härrör nästan uteslutande från provtagning av indikatorer. Med dessa medräknade är kunskapsläget kanske bäst för bakterier eftersom man kan utgå från *E. coli* som indexorganism för patogena *E. coli* och i viss mån även för andra sjukdomsframkallande bakterier. Vad gäller parasiter finns det, som visats ovan, en tendens till ett ökat analysintresse och för dessa kan möjligtvis även de sporadiska mätningarna av *Clostridium perfringens* och Enterokocker användas som en viss riskindikation. För virus är förmågan att bedöma risker kanske sämst då varken direkta patogenanalyser eller mätningar av kolifager görs i någon nämnvärd utsträckning över huvud taget. Hur kunskapsläget är för grundråvatten framgår inte av enkätundersökningen men med tanke på att en lägre analysfrekvens förespråkas (Bilaga 2) och att grundvattenverk dessutom generellt sett har färre anslutna konsumenter kan man anta att kännedomen om den mikrobiologiska kvaliteten är sämre.

### **Behov och åtgärder rörande råvatten**

Av enkätundersökningen framgår det tydligt att kunskapsläget om den mikrobiologiska kvaliteten på landets råvatten är bristfälligt. De generellt sett få mätningarna av indikatororganismer kan knappast anses tillräckliga som underlag för att känna till ”variationer” eller ”de sämsta förhållandena” vilket Svenskt Vattens branschriktlinjer och Livsmedelsverkets vägledning till dricksvattenföreskrifter rekommenderar (Figur 5). Inkluderar man även kännedom om patogena mikroorganismer i dessa rekommendationer blir kunskapen om råvattenkvaliteten mycket svag.



**Figur 5.** Hypotetisk kännedom om variationer i råvattenkvalitet då ett otillräckligt antal analyser görs.

För att förbättra situationen krävs en kraftfull satsning på bredare och mer frekventa råvattenanalyser. Möjligheterna att genomföra en sådan begränsas dock av att provtagning och analys är både resurskrävande och, särskilt vad gäller mikrobiologiska patogener, kostsamma. Frågan är ifall det inte bara är de allra största vattenproducenterna som har möjlighet att intensifiera analyserna av sitt råvatten. En alternativ väg för att utöka kunskapen om kvaliteten på landets råvatten som för närvarande undersöks på Livsmedelsverket är att använda befintlig råvattensdata som finns sammanställd i Statens Geologiska Undersöknings (SGUs) Vattentäktsarkiv. I denna databas finns många års analysdata från landets vattenverk samlad med sammanlagt 100 000-tals mikrobiologiskt relaterade analysvärden. Istället för att försöka bedöma enskilda vattentäckers kvalitet utifrån ett fåtal mätningar som görs nu ger detta möjligheter till samlade bedömningar av råvattenstatus utifrån gemensamma fysiska, geografiska och klimatrelaterade förhållanden. Genom att koppla samman analysvärden från Vattentäktsarkivet med samtida väderdata från SMHI kan man även få en bild av hur exempelvis värmeböljor, snösmältning och häftiga regn påverkar råvattenkvaliteten, vilket är viktigt för att få en uppfattning om sämsta förhållanden. Utifrån denna information kan sedan kategorier skapas för olika typer av råvatten vilket kan vara till stor hjälp för vattenproducenterna i sitt arbete att förse konsumenterna med ett mikrobiologiskt säkert dricksvatten. Slutligen bör nämnas att det pågår diskussioner mellan Livsmedelsverket och flera andra myndigheter om eventuella myndighetsbaserade regler eller riktlinjer för provtagning på råvatten. En detaljerad inventering av befintliga råvattenanalysdata skulle även kunna vara av värde för dessa diskussioner.

Vad som också är betydelsefullt för att nå en bättre kännedom om mikrobiologisk råvattenkvalitet är kartläggningar av patogenförekomst i råvattentäkter. Det har gjorts några undersökningar av exempelvis *Campylobacter* (12) samt *Giardia* och *Cryptosporidium* (22, 23). För virus finns pågående projekt inriktade på detektion av norovirus i vattendragen Göta älv (<http://visk.nu/>), Ume älv (<http://viroclimate.org/>) och Mälaren (SVU-projekt 29-125 och förprojektet (24)). Alla dessa undersökningar är av central betydelse för en förbättrad kännedom om förekomst och utbredning av mikrobiologiska faror, men än så länge är datamaterialet, som synes, väldigt begränsat. Fler och mer omfattande undersökningar och kartläggningsstudier av patogenförekomst i råvattentäkter är alltså ytterst angeläget och sådana bör gärna kombineras med haltmätningar av mikrobiologiska indikatororganismer för att bättre befästa eventuella samband mellan dessa. Ett viktigt initiativ i sammanhanget är Smittskyddsinstitutets introduktion av vattenanalyspaket inriktade på bland annat patogena mikroorganismer som med hjälp från branschorganisationen Svenskt Vatten nyligen har lanserats ([www.smi.se/diagnostik/vatten-och-miljoprover/](http://www.smi.se/diagnostik/vatten-och-miljoprover/)). Eftersom analysresultaten från dessa mätningar förväntas inkorporeras i SGUs Vattentäcksarkiv är förhoppningen att detta ska innebära ett rejält lyft för den samlade kunskapen om patogenförekomst i råvattnet.

En annan viktig fråga för patogeninriktade analyser och kartläggningsprojekt är begränsningar kopplade till metodiken. Som har nämnts ovan är patogenanalyser ofta förknippade med höga kostnader, låg känslighet och kvantifieringsproblem. Detta medför att undersökningar hämmas av både ekonomi och bristande tillförlitlighet vilket i sin tur understryker ett stort behov av metodutveckling. Med tanke på den osäkerhet som råder runt metodik och analysresultat och i avvaktan på förbättrade och förfinade metoder är det också mycket viktigt att olika analyslaboratorier, så långt det är möjligt, samordnar och standardiserar sina analyser. Detta är nödvändigt för att möjliggöra jämförelser mellan de relativt få patogenundersökningar som faktiskt görs vilket i sin tur underlättar en fortsatt kunskapsuppbyggnad om patogenförekomst i råvatten.

## Beredning

Att bereda råvatten innan det används som dricksvatten har inte alltid varit en självklarhet och länge var råvattnet detsamma som det distribuerade dricksvattnet. Först vid 1800-talets slut började man på allvar se en koppling mellan dricksvattenberedning och minskad smittspridning i samhället. På bara några decennier hade införandet av beredningsmetoder som filtrering och klorering eliminerat epidemier av både kolera och tyfoidfieber som tidigare varit vanligt förekommande i Europa (25). Idag har beredningsmetoderna förbättrats åtskilligt och dessutom har flera nya typer av beredningsmöjligheter tillkommit. Trots detta är otillräcklig eller fallerande beredning en starkt bidragande orsak vid en majoritet av dagens dricksvattenburna utbrott i Nordamerika, Europa och Sverige (25-27).

En huvudsaklig drivkraft bakom införande av råvattenberedning är alltså att motverka spridning av vattenburen mikrobiologisk smitta. I detta sammanhang brukar

man tala om mikrobiologiska säkerhetsbarriärer som antingen avskiljer eller inaktiverar mikroorganismer. Till de avskiljande säkerhetsbarriärerna räknas (i) konstgjord infiltration där ytvatten leds ned i marken för infiltrering under en kortare tid än 15 dagar, (ii) kemisk fällning med efterföljande filtrering där kemiskt inducerad sammanslagning av partiklar i vattnet följs av grovavskiljning och en snabbare filtrering, (iii) långsamfiltrering där uppehållstiden i filterbädden är förlängd via större filterbädd och ett lägre vattentryck samt (iv) membranfiltrering med porstorlek som är mindre än eller lika med 0,1 µm (15). Till de inaktiverande säkerhetsbarriärerna räknas desinfektion med (i) klor och klordioxid, (ii) ozon samt (iii) UV-ljus (15). Vid svenska vattenverk används samtliga dessa säkerhetsbarriärer, dock i varierande omfattning vilket återspeglar råvattens skiftande kvalitet och reningsbehov samt sannolikt även ekonomiska förutsättningar hos enskilda vattenproducenter. Generellt sett är råvattenkvaliteten sämre för ytvatten än för grundvatten vilket därmed föranleder en längre och mer komplicerad reningsprocess för ytvatten ([www.svenskvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/Vattenverk-och-reningsprocesser/Reningsprocesser/](http://www.svenskvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/Vattenverk-och-reningsprocesser/Reningsprocesser/)). Detta styrks av en sammanställning av beredningsdata från 1994 som bland annat visar att det inte var ett enda av 217 större grundvattenverk som använde någon avskiljande barriär medan en överväldigande majoritet av 100 större ytvattenverk gjorde det (1).

Av Livsmedelsverkets dricksvattenföreskrifter (SLV FS 2001:30) framgår att beredningen av dricksvatten ska ta hänsyn till råvattnets beskaffenhet och vara försedd med ett tillräckligt antal säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening. Detta förutsätter inte bara en gedigen kunskap om råvattnets mikrobiologiska kvalitet, som har diskuterats i det föregående avsnittet, utan även att effektiviteten hos enskilda beredningssteg är känd. Att på ett rättvisande sätt bedöma förmågan hos olika typer av säkerhetsbarriärer att avskilja och inaktivera sjukdomsframkallande mikroorganismer är dock mycket komplicerat. Först och främst gör skillnader i storlek, ytegenskaper, överlevnadstid och desinfektionskänslighet hos patogener att olika typer av säkerhetsbarriärer har mycket varierande förmåga att avskilja dem. Dessutom påverkar temperatur, pH, partikelhalter och mängd organiskt material i råvattnet effektiviteten hos och igensättningsgraden av filter och membran samt inaktiveringsförmågan hos desinfektionsmedel. Därtill beror säkerhetsbarriärernas reduktionsförmåga på produktionsflöde, frekvenser backspolning av filter, doseringsprogram för desinfektionskemikalier samt ordningsföljd av de olika beredningsstegen (25, 28). Sammantaget bidrar detta till att effektiviteten hos olika beredningsprocesser kan variera kraftigt över tid och dessutom är mycket plats-specifik. Att som enskild vattenproducent sedan bedöma ifall säkerhetsbarriärerna är tillräckliga för att rena ett råvatten av mer eller mindre okänd kvalitet blir en nästan omöjlig uppgift.

Med syftet att få bättre förståelse för säkerhetsbarriärers förmåga att avskilja och inaktivera olika typer av mikrobiologiska patogener görs en mängd undersökningar av barriäreffektivitet i laboratorieskala, på pilotanläggningar och i fullskaleförsök. Värdet av dessa undersökningar är till stor del beroende av hur väl de förmår att efterlikna verkliga förhållanden, men av framförallt praktiska skäl är

inskränkningar ofta nödvändiga. En svårighet är att mycket få av de mikroorganismer som traditionellt undersöks kan detekteras efter passage genom en väl fungerande säkerhetsbarriär, även om man utgår från halter som förekommer i starkt förorenade råvatten. En annan rör problem med att direkt studera avskiljning och avdödning av vattenburna patogener eftersom både hantering och kvantifiering av dessa är komplicerad, kostsam och dessutom direkt olämplig ur riskhänseende. Följden blir att många undersökningar utgår från tillsatser av höga halter av indikatororganismer eller storleksdefinierade partiklar med egenskaper som kan skilja sig betydligt från de sjukdomsframkallande mikroorganismer de avser att efterlikna. Med dessa begränsningar samt även de tidigare nämnda källorna till osäkerhet i åtanke är det därför föga förvånande att en sammanställning som gjorts inom EU-projektet MICRORISK ([www.microrisk.com](http://www.microrisk.com)) visade att samma typ av barriärer hade mycket varierande avskiljnings- och inaktiveringseffektivitet i olika studier (25). En slutsats är att det därför inte är lämpligt att förlita sig för mycket på resultat från enskilda undersökningar. I sammanställningen visades ändå att det är möjligt att dra vissa generella slutsatser om hur väl säkerhetsbarriärer förmår att reducera halterna av sjukdomsframkallande virus, bakterier och parasiter. Exempelvis framkom att avskiljande barriärer generellt fungerar bäst för parasiter följt av bakterier och slutligen virus. För de inaktiverande barriärerna var både klorbehandling och ozonering effektiv mot de flesta bakterierna medan verkan på virus och särskilt parasiter var mycket begränsad. UV-ljus, däremot, var effektivast mot parasiter och även mot de flesta typer av bakterier samtidigt som flera virustyper uppvisade större motståndskraft (25).

I avsaknad av aktuell samlad information om vilka mikrobiologiska säkerhetsbarriärer som används på landets vattenverk är det svårt att dra övergripande slutsatser om beredskapen mot olika typer av mikrobiologisk smitta. Det traditionella sättet att bereda vatten har varit anpassat till att inaktivera bakterier med klorbehandling och därför kan skyddet mot dessa förmodas vara bäst. På senare tid har en mer frekvent användning av UV-ljus (som troligtvis påskyndats av de stora Cryptosporidium-utbrotten i Östersund och Skellefteå) även ökat skyddet mot parasiter (1, 29). Det kanske sämsta skyddet föreligger för virus eftersom effektiva inaktiverande barriärer saknas för flera virustyper. Ett sätt att bemöta detta problem är att ytterligare förbättra avskiljningen med hjälp av ultrafilter där porstorleken är så pass liten att passage av viruspartiklar inte medges. Metodiken, som innebär relativt höga driftskostnader och kan störas av igensättning av filtret, är på väg att införas vid de stora vattenverken i Göteborg (29).

Mot bakgrund av de svårigheter som förekommer vid bedömning av råvattnets reningsbehov och osäkerheten runt förmågan hos säkerhetsbarriärerna att tillfredställa detta behov har olika hjälpverktyg utvecklats. De två verktyg som kanske bäst lämpar sig för nordiska/svenska förhållanden är GDP (God DesinfektionsPraxis, tidigare ODP) och MRA (Mikrobiologisk RiskAnalys) vilka utvecklats av/för Norsk Vann (30) respektive Svenskt Vatten (31). Båda metoderna går ut på att värdera barriärverkan mot sjukdomsframkallande mikroorganismer, men till skillnad från GDP, som bidrar med en mer allmän rekommendation om

barriärhöjd, tillåter funktionerna i MRA mer specifika analyser och riskbedömningar där även scenarier och mer specifika förhållanden kan testas. I sammanhanget är det viktigt att understryka att verktygen grundar sig på uppskattningar om effektiviteten hos enskilda barriärer och beredningssteg vilket, som redan diskuterats ovan, innebär stor osäkerhet. Dessutom är tillförlitlig indata rörande råvattenkvalitet central för en trovärdig analys vilket sannolikt ofta saknas. Trots dessa, i dagsläget, ofrånkomliga problem är det sammantagna värdet av analysverktygen ändå stort eftersom de dels bidrar med en skattning av effektiviteten hos beredningen och dels åskådliggör eventuella säkerhetsbrister både vid normala och extrema förhållanden. De väcker också en medvetenhet hos användaren som noggrant måste tänka igenom vilka reella och potentiella mikrobiologiska risker som föreligger runt vattentäkten och i råvattnet.

En intressant funktion hos MRA-verktyget är att hänsyn tas till driftssäkerhet och felfrekvens hos de olika beredningsstegen (31). Detta är en mycket viktig aspekt eftersom störningar i beredningen och särskilt kombinationer av sådana kan medföra att i stort sett obehandlat råvatten når ut på distributionsnätet (information från kurs i GDP och MRA organiserad av Svenskt Vatten hösten 2011). Om störningar i beredningen uppträder är det viktigt att så snart som möjligt få kännedom om dessa så att de kan åtgärdas. På grund av detta står det i dricksvattenföreskrifterna att det ska finnas ”utrustning som varnar när fel uppkommer vid pH-justering och desinfektion” samt ”larm som utlöses vid förhöjd turbiditet” (16). En annan viktig del i övervakningen av att beredningen fungerar ändamålsenligt, som också regleras av dricksvattenföreskrifterna, är analyser av den mikrobiologiska kvaliteten på det utgående vattnet. Dessa analyser omfattar samma indikatororganismer som har beskrivits i introduktionen och avsnittet om råvatten och är den tydligaste indikationen på ifall beredningen inte fungerar optimalt. Att förlita sig på dessa för att bedöma förekomst av störningar vid beredningen är dock inte optimalt eftersom provtagningen inte är kontinuerlig och därmed riskerar att missa kortvariga förändringar i den mikrobiologiska vattenkvaliteten. En annan begränsning är den flera dagar långa analysgången mellan provtagning och resultat som innebär att stora mängder förorenat dricksvatten redan kan ha konsumerats innan åtgärder sätts in (32).

### **Behov och åtgärder rörande beredning**

Som redan nämnts ovan saknas det i dagsläget en samlad och detaljerad kunskap om hur beredningen av dricksvatten är utformad samt vilka säkerhetsbarriärer som används på landets vattenverk. Därtill finns det behov av att ytterligare stärka kunskapen om barriärverkan både utifrån svenska förhållanden generellt och även mer lokalt och platsspecifikt. Branschorganisationen Svenskt Vatten har under hösten 2011 påbörjat en insamling av information om beredningsprocesser vid landets vattenverk. Detta initiativ kommer leda till kraftigt förbättrade möjligheter att överblicka säkerhetsläget runt svensk vattenförsörjning och dessutom tydliggöra var brister finns. Enligt Svenskt Vatten pågår diskussioner om att införliva information om beredningsprocesserna i SGUs Vattentäktsarkiv där omfattande



data från både rå- och dricksvattenkvalitetsanalyser redan finns samlad. Att på detta sätt sammanföra information om vattenkvalitet före och efter passage genom vattenverken med beredningsmetoderna som används däremellan ger möjligheter att studera barriäreffektivitet i stor skala och dessutom under verkliga förhållanden. En begränsning är den ofta knapphändiga information om mikrobiologisk kvalitet som genereras av analyser på färdigt dricksvatten. Sannolikt vägs denna begränsning upp av den stora mängd och bredd av de mikrobiologiskt relaterade analysresultaten som finns i Vattentäktsarkivet (33, 34).

Givna mottagare av resultaten från en omfattande utvärdering av barriäreffekter är analysverktygen GDP och MRA. För båda dessa pågår ett kontinuerligt utvecklings- och optimeringsarbete och ett mer gediget underlag om säkerhetsbarriärernas avskiljnings- och inaktiveringsförmåga skulle innebära en förhöjd träffsäkerhet. Om man dessutom inkorporerar välgrundad information om råvattenkvalitet, som exempelvis skulle kunna erhållas via den föreslagna nationella kartläggningen (se avsnittet om Råvatten), kan användbarheten hos dessa analysverktyg ökas markant.

Andra tydliga behov som har med beredning att göra är dels utveckling av strategier för att på ett effektivt sätt reducera parasiter och, framförallt, virus och dels att metoder för snabbdetektion av föroreningar i det beredda vattnet tas fram. Ett alternativ för snabbare detektion av mikrobiologiska föroreningar i det utgående dricksvattnet är att ta fram nya biomarkörer och utveckla molekylära metoder som kringgår den långsamma analysgång som dagens övervakningsmetoder innebär.

## **Distribution**

Efter beredning ska dricksvattnet transporteras ut till konsumenterna via de cirka 67 000 km vattenledningar vi har i Sverige ([www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Rornat/](http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Rornat/)). Detta enorma distributionsnät är sårbart för mikrobiologisk förorening både via intrång från omgivningen och via det skydd och möjligheter till tillväxt som miljön inuti ledningsnätet erbjuder. Gällande intrång av föroreningar har en tydlig koppling kunnat göras till sjukdomsutbrott medan information om hur mikrobiologisk tillväxt påverkar vår hälsa är mindre känd.

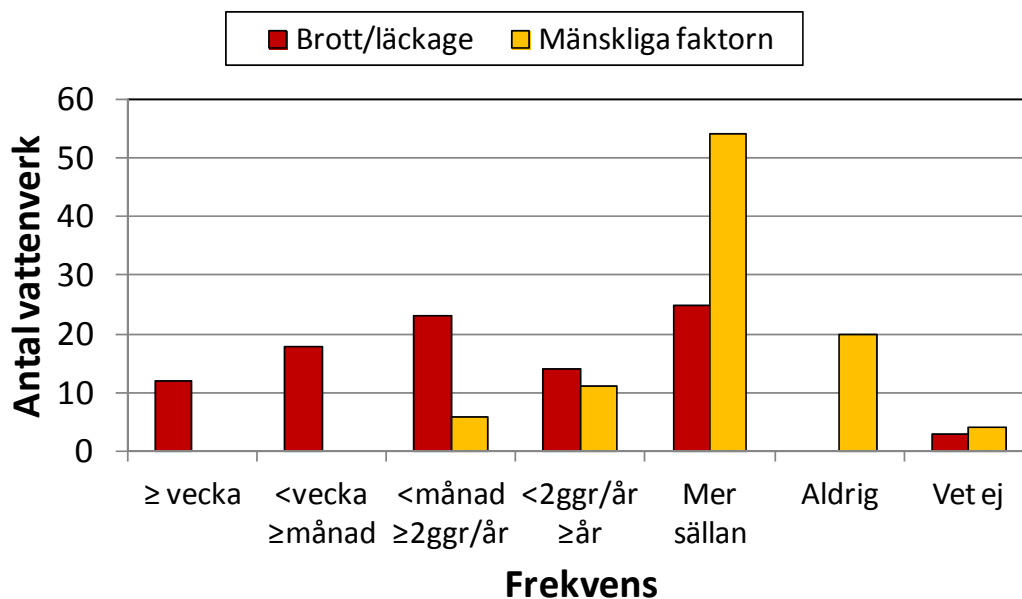
### **Intrång av föroreningar på distributionsnätet**

Dricksvattenburen smitta har ofta sitt ursprung i flera olika händelser både före och under beredning samt vid distribution och det kan därför vara svårt att bedöma vikten av enskilda parametrar. I ett försök att kartlägga orsakssamband vid 61 dricksvattenburna utbrott som lett till magsjuka i Europa under perioden 1990-2004 framkom att problem vid distributionen var bidragande och oftast huvudkälla till 19 (31 %) av utbrotten (27). Som viktiga och i vissa fall överlappande delorsaker angavs främst korskoppling/backflöde, utbyggnad/reparation, ledningsbrott/läckage, lågt ledningstryck samt spolning/rengöring. I enstaka fall angavs även dåligt vattenflöde, kontaminering av vattenreservoar och tillväxt på led-

ningsnätet som bidragande faktorer vid sjukdomsutbrott. Andra undersökningar har visat att föroreningar som tillkommit på distributionssystemet stått för 18-20 procent av utbrotten i Norden mellan 1975 och 1991 och 26 procent av utbrotten i Storbritannien under perioden 1911-95 (35). Svensk statistik för åren 1995-2009 visar att 38 procent av utbrotten berott på att fekalt förorenat vatten kommit in i distributionssystemet och att detta orsakat 19 procent av det sammanlagda antalet sjuka av dricksvatten för denna period (Torbjörn Lindberg personlig kommunikation). Sammantaget belyser detta att mikrobiologiska föroreningar på distributionsnätet är en relativt vanlig källa till smittoutbrott samt att anledningarna till dessa kan vara mångskiftande.

Vid några tillfällen har undersökningar gjorts i syfte att tydligare bedöma vilken relevans specifika problem vid distribution har för magsjuka. Exempelvis påvisade en fall-kontrollstudie genomförd i Wales och nordvästra England att det fanns ett starkt samband mellan magsjuka och tryckbortfall vid dricksvattenkran i hemmet (36). Beräkningar visade att så många som 15 procent av det totala antalet fall av magsjuka skulle kunna härledas till detta. Orsakerna till tryckbortfallen angavs dock inte specifikt men bl a brott på ledningsnätet omnämndes. En kohortstudie genomförd i Norge syftade också till att undersöka sambandet mellan händelser under distribution och magsjukesfrekvens (37). Resultaten indikerade 37 procent ökad frekvens av magsjuka hos personer anslutna till distributionssystem där ledningsbrott och underhållsarbeten förekommit jämfört med referenspersoner anslutna till system där inga störningar hade skett. Intressant i sammanhanget är att man även fann att magsjukesfrekvensen var högre i hushåll med en högre genomsnittlig dricksvattenkonsumtion (37).

För att få ett begrepp om hur vanligt förekommande det är med oplanerade störningar vid dricksvattenproduktion och distribution i Sverige ställdes frågor i den ovan nämnda enkäten riktad till landets ytvattenverk om dels brott på ledningsnät och läckage och dels om den mänskliga faktorns inverkan i form av felkopplingar, öppning/stängning av ventil mm. Resultatet finns sammanställt i Figur 6 och visar att ledningsbrott och läckage förekommer minst ett par gånger per år i en majoritet av vattenproducenternas distributionsnät. Störningar orsakade av ”den mänskliga faktorn” var betydligt mindre vanliga då endast var sjätte respondent angav att det inträffade på årlig basis eller oftare. Även om det inte framgår hur många som påverkas visar enkätsvaren att störningar på distributionsnätet är vanliga och att det därmed är relativt ofta som konsumenter utsätts för omedelbar risk. Det är dock viktigt att understryka att enkätsvaren härstammar från vattenproducenter där ytvatten utgör råvatten. Eftersom ytvattenverk generellt sett har fler personer anslutna än grundvattenverk och därmed även större distributionsnät blir resultaten inte representativa för dricksvattenproduktionen som helhet.



**Figur 6.** Frekvensen ledningsbrott/läckage och störningar orsakade av den mänskliga faktorn hos 105 ytvattenverk.

### Tillväxt på distributionsnätet

Trots omsorgsfull avskiljning, beredning och desinfektion är miljön i vattenledningsnätet långt ifrån steril. En mängd studier har påvisat en riklig mikrobiologisk förekomst, aktivitet och mångfald i det strömmande vattnet och, framförallt, i så kallade biofilmer som kan täcka i stort sett all tillgänglig fast yta i ett vattenledningssystem. Undersökningar har visat att det i det fria vattnet ofta finns  $10^4$ - $10^6$  mikroorganismer per ml vilket är 100-10 000 gånger fler än vad odlingsbaserade standardmätningar av heterotrofer detekterar (38). I biofilmer är ”trängseln” normalt ännu större med miljontals mikroorganismer per  $\text{cm}^2$  röryta (39). En grov uppskattning har angett att runt 95 procent av distributionsnätets totala biomassa återfinns i biofilmer medan endast fem procent återfinns i vattenfasen (40). Att dessutom upp till 95 procent av mikroorganismerna i dricksvattenprover härstammar från biofilmer och inte från vattenverk eller via tillväxt i vattenfasen (38) understryker att biofilmer spelar en mycket betydelsefull roll för vattenkvaliteten. En god kunskap om biofilmers sammansättning och deras förmåga att härbärgera och släppa ifrån sig sjukdomsframkallande mikroorganismer är därför central.

Biofilmers dominans av den mikrobiologiska aktiviteten på vattenledningsnätet beror framförallt på att de genererar förbättrade möjligheter att tillgodogöra sig näring i en i övrigt mycket näringsfattig miljö (41). Dessutom ger de skydd mot yttre stress och exempelvis har en 200-faldig ökning i klortålighet påvisats hos mikroorganismer i biofilm jämfört med de frilevande (42). Uppbyggnaden av biofilmer sker successivt och går från att till en början vara relativt lik det fria vattnet till sin artsammansättning för att med tiden (ofta på flera års sikt) nå en betydligt större variation och komplexitet (43). En mycket viktig faktor som styr utveckling

och tillväxtpotential för biofilmer är förekomsten av för mikroorganismerna tillgängligt organiskt kol (39) som vanligtvis definieras som halten av AOC (=Assimilable Organic Carbon) eller BDOC (=Biodegradable Dissolved Organic Carbon). För svenskt vidkommande är detta särskilt relevant eftersom svenskt råvatten ofta är mycket humusrikt vilket i sin tur leder till höga halter organiskt kol i det distribuerade dricksvattnet. En annan faktor som är starkt kopplad till biofilmers tillväxtpotential är mängden fosfor (42, 44), som utgör en central byggsten i alla organismers arvsmassa. Dessutom har det framkommit att flera desinfektionsmetoder som exempelvis ozonering och klorering kan bidra till en ökad tillväxtpotential genom att de gör att svårnedbrytbara organiska substanser sönderdelas till mer lättillgänglig näring (44). I detta avseende är relevansen störst vad gäller klorbehandling eftersom detta både är vanligare som desinfektionsmetod och ofta sker vid slutet av reningsprocessen i samband med att vattnet ska ut på distributionsnätet (44).

Den mikrobiologiska sammansättningen hos biofilmer liksom även förmågan hos sjukdomsframkallande mikroorganismer att uppehålla sig och tillväxa i dessa är relativt dåligt undersökt. Detta hänger dels samman med höga kostnader för adekvat analysmetodik och dels med svårigheter att studera biofilmer under naturliga förhållanden (40). Förekomst och tillväxt av sjukdomsframkallande bakterier har ändå påvisats och det mest kända exemplet är *Legionella* som via inandning av aerosoler kan orsaka lunginflammation. Även andra opportunistiska och i vatten naturligt förekommande organismer som exempelvis Mycobakterier och *Pseudomonas aeruginosa* påträffas regelbundet i biofilmer (45). För fekalt utsöndrade patogena bakterier som exempelvis *Salmonella*, *Shigella*, sjukdomsframkallande *E. coli* och *Campylobacter* är kunskapen betydligt mer begränsad, men det finns indikationer på att samtliga har potential att integreras i biofilmer (45). Dessutom har ett flertal av dessa bakterier visat sig kapabla att infektera samt även överleva och tillväxa inuti amöbor. Detta är av intresse eftersom amöbor utgör en naturlig del av biofilmer på distributionsnätet och därför skulle kunna fungera både som reservoar och tillväxtplats för dessa bakterier (46, 47). Kunskap om hur enteriska virus och parasiter överlever i biofilmer på distributionsnätet är mycket begränsad men tillsatsexperiment har visat att norovirus, rotavirus, *Cryptosporidium* och *Giardia* kan överleva och uppehålla sig i biofilmer under längre tidsperioder (45). Sammantaget visar detta att biofilmer via sin potentiella egenskap av fristad och i vissa fall även tillväxtplats för sjukdomsframkallande mikroorganismer kan utgöra en allvarlig risk för spridning av vattenburen smitta.

### **Behov och åtgärder rörande distribution**

Intrång av föroreningar på dricksvattnenätet är bevisligen ett betydelsefullt problem som har direkta kopplingar till sjukdomsutbrott. Det sammantagna kunskapsläget är ändå dåligt och framförallt saknas ett tydligt orsakssamband mellan enskilda typer av störningar och dricksvattenburen smitta. Sådana samband är av central betydelse för att bedöma vilka typer av förbättrande och säkerhetshöjande

åtgärder som är viktiga att genomföra. För att öka kunskapen skulle ett tänkbart tillvägagångssätt kunna omfatta:

1. *Upprättande av en förteckning över störningar som har en möjlig koppling till smitta.* För att nå en så komplett förteckning som möjligt krävs det att den baseras på god praktisk, teknisk och vetenskaplig grund som nås via kunskap från vattenproducenter, branschpersonal, sakkunniga och forskare.
2. *Kartläggning av förekomst och frekvens av dessa störningar hos landets vattenproducenter.* Idag finns nationell data om ett begränsat antal störningar på kommunal nivå samlad i branschorganisationen Svenskt Vattens VA-statistiksystem VASS. Det rör sig om antal rapporterade klagomål och anmärkningar på lukt, smak, missfärgning och mikrobiologisk kvalitet samt antalet reparerade rörbrott/vattenläckor på huvudledningsnät och serviser. Eftersom informationen är generell och inte särskiljer på exempelvis mindre vattenläckor och ledningsbrott är en möjlighet är att vidareutveckla VASS så att mer detaljerad och vattenverksspecifik information samlas in. Sådan information kan sedan användas i fördjupade undersökningar.
3. *Undersökning av i vilken omfattning enskilda störningar påverkar konsumenternas hälsa.* Den tydligaste informationskällan som finns idag är dricksvattenburna utbrott. Då det under tidsperioden 1995-2009 i snitt bara registrerats drygt ett utbrott per år som orsakats av fekalt förorenat vatten som direkt trängt in i distributionssystemet (Torbjörn Lindberg, personlig kommunikation) är det viktigt att även internationella data används. I första hand bör information från våra nordiska grannländer komma i fråga men även andra länder med jämförbar uppbyggnad på vattenförsörjning och liknande geografiska och klimatologiska förutsättningar måste beaktas. För att få en mer detaljerad bild av enskilda störningstypers påverkan på hälsan kan även riktade så kallade kohortstudier göras. Sådana studier går ut på att man i samband med en störning på en viss del av distributionsnätet jämför sjukdomsfrekvensen hos hushåll som drabbats med den hos hushåll som inte har haft någon störning. En central utgångspunkt är information om frekvens av olika störningstyper hos landets dricksvattendistribuenterna och för detta skulle exempelvis en utvecklad VASS-databas kunna vara lämplig.
4. *Bedömning av kostnader för tänkbara åtgärder samt vägning av dessa mot den samhällsliga nyttan i form av minskad smitta.* En sådan bedömning skulle kunna fungera som underlag för allmänna rekommendationer och föreskrifter och även kunna användas av vattenproducenterna vid prioritering av olika förbättringsåtgärder. Tidigare har ett poängbedömnings-system utvecklats för att bland annat värdera kvalitet, service och miljö för vattenledningsnätet som baserats på information som finns i VASS (48). En vidareutveckling av detta system där mer detaljerad störningsdata ingår

och som dessutom är sammankopplad med reell smittorisk skulle kunna vara av stort värde.

De undersökningar av biofilmer som gjorts hittills har mestadels baserats på odling, där i bästa fall någon procent av organismerna detekteras (49), eller på enzymatiska reaktioner, analyser med specifika fluorescerande antikroppar och prover samt PCR (för en närmare beskrivning se exempelvis (38, 42, 45)), där det oftast bara är någon eller ett fåtal mikroorganismer som undersöks åt gången. Ingen av dessa metoder har förmåga att tillnärmelsevis bidra med en heltäckande bild av vilka mikroorganismer som ingår i biofilmer. Det finns följaktligen ett stort behov av att bättre karaktärisera biofilmers sammansättning för att få en bättre uppfattning om deras relevans för dricksvattenburen smitta. En möjlighet som helt nyligen har blivit ekonomiskt tillgänglig är att använda storskalig molekylärbiologisk analys av organismers arvsmassa via så kallad metagenomisk analys. I korta drag grundar sig metagenomisk analys på att arvsmassa från samtliga organismer i ett miljöprov, som exempelvis en biofilm, i ett första steg framrenas. I ett andra steg identifieras ett mycket stort antal fragment av den sammanlagda arvsmassan via slumpmässig sekvensering och i ett tredje steg kopplas de identifierade bitarna ihop med vilka organismer de hör till. Den främsta vinsten med att använda metagenomisk analys är att det, till skillnad från de traditionella metoderna, i ett slag går att identifiera tusentals olika arter i ett enskilt prov (50).

Om man applicerar metodiken på biofilmsstudier i dricksvattennätet är det centralt att välja provtagningsplatser med omsorg. Som nämnts ovan kan det ta många år innan en biofilm mognar och når sin maximala artrikedom. Med tanke på att medianåldern på Sveriges distributionsnät är 40 år (51) är det därför angeläget att fokusera på väl etablerade och representativa biofilmer. Vad som också kan vara relevant är de i svenska miljöprover vanligtvis höga koncentrationerna av organiskt material och humussyror som kan inhibera molekylärbiologiska reaktioner (52). Detta kan påverka både detektion och kvantifiering av mikroorganismer i exempelvis en biofilm vilket gör det viktigt att komplettera metagenomisk analys med traditionella icke molekylärbiologiskt relaterade analysmetoder. Kompletterande metoder kan också visa sig nödvändiga för validering av resultat samt vid noggrannare bedömning av huruvida specifika mikroorganismer i biofilmer är levande.

Slutligen är det viktigt att poängtera att metagenomisk analys inte bara lämpar sig för biofilmsstudier. Även undersökningar av rå- och dricksvattenkvalitet samt beredningseffektivitet är möjliga tillämpningsområden. Andra områden där metagenomisk analys skulle kunna vara särskilt väl lämpad är identifiering av nya indikatororganismer samt karaktärisering av föroreningskällor och källspårning vilket är områden som diskuteras mer utförligt i andra avsnitt.

## Konsumtion och smitta

Den mest påtagliga indikationen på att beredning och dricksvattendistribution fungerar ändamålsenligt och att ett mikrobiologiskt säkert dricksvatten levereras är konsumenternas hälsa. En god kunskap om antalet utbrott och sjukdomsfall relaterade till dricksvattenkonsumtion och spridningen av dessa i tid och rum innebär därför ett viktigt underlag för bedömning av var brister finns och, inte minst, hur dessa brister kan och bör åtgärdas. I dagsläget är dock kunskapen om omfattningen av dricksvattenburna smitta i Sverige bristfällig. Detta hör samman med svårigheter att detektera och avgöra omfattningen av dricksvattenburna sjukdomsutbrott samt med att frekvensen av bakgrundssmitta (så kallad endemisk smitta) i stort sett är okänd.

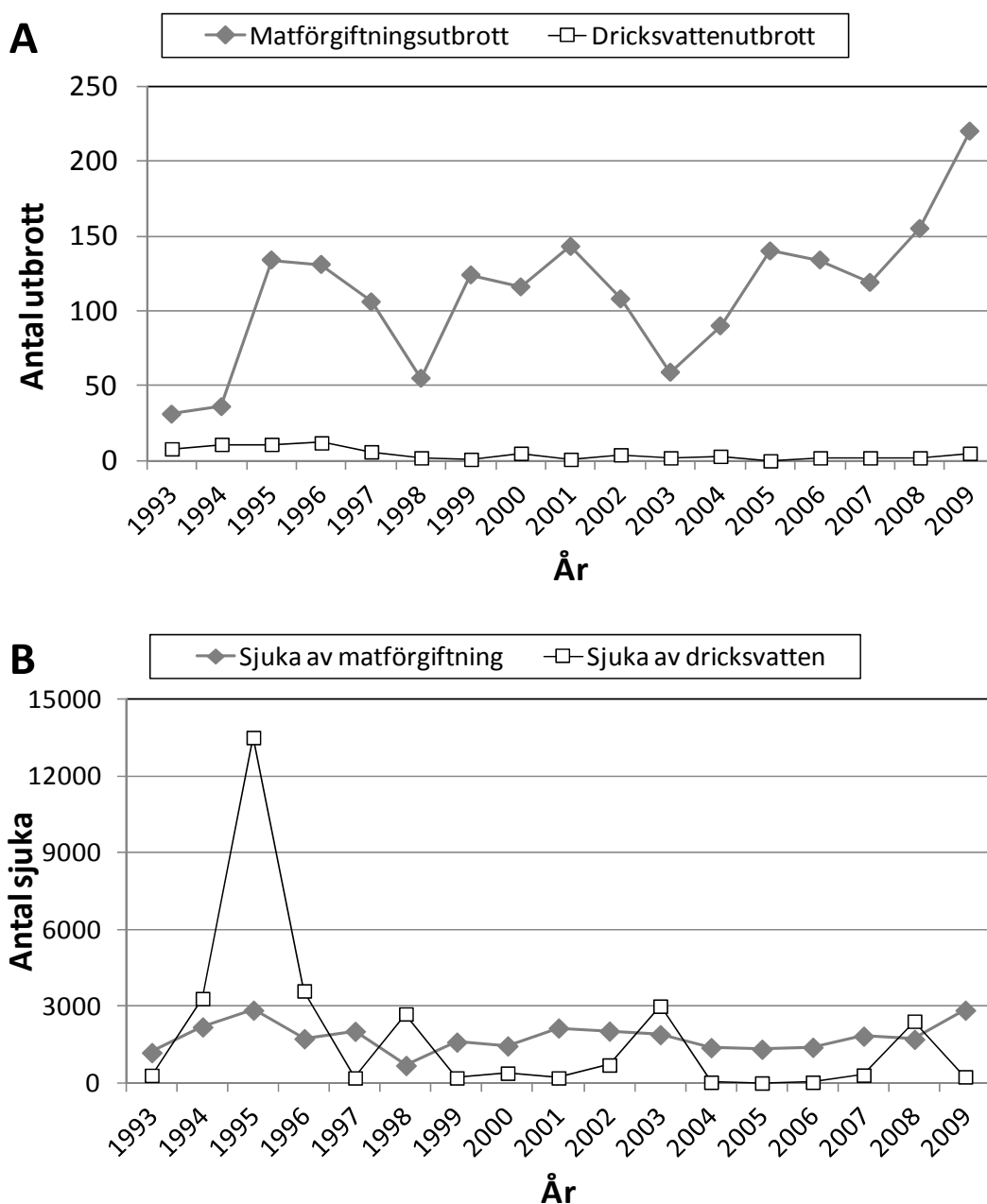
### Dricksvattenburna sjukdomsutbrott

Dricksvattenburna sjukdomsutbrott signalerar på ett uppenbart sätt att det råder brister i dricksvattenkvaliteten. En vanlig definition på ett utbrott som även återfinns i Livsmedelsverkets föreskrifter (LIVSFS 2005:7) är ”en incidens av två eller flera fall av sjukdomar eller infektioner hos människor som är kopplade till samma livsmedelskälla” (53). Med händelserna i Östersund och Skellefteå i färskt minne (5) betyder detta att omfattningen av vattenburna utbrott kan variera starkt från att beröra endast ett par personer till att tiotusentals människor blir sjuka. Noterbart är att det i modern tid kanske största enskilda dricksvattenburna sjukdomsutbrottet drabbade så många som 400 000 personer (11).

Sedan 1993 samlar Livsmedelsverket in uppgifter om dricksvattenburna utbrott från ansvariga kontrollmyndigheter (kommunerna) som sedan bearbetas och sammanställs i årliga rapporter (Livsmedelsverkets årliga rapportering av dricksvattenkontrollen, (54)). Motsvarande sammanställningar görs även för matförgiftningar genom samarbete mellan Livsmedelsverket och Smittskyddsinstitutet (55). Eftersom samtida data från dessa rapportserier finns tillgänglig för åren 1993-2009 kan dessa jämföras för att därigenom skapa en uppfattning om dricksvattnets relativa betydelse för livsmedelsburna smitta i samhället. I Figur 7 presenteras både årlig frekvens av matförgiftnings- och dricksvattenutbrott och det samlade antalet årliga sjukdomsfall kopplade till dessa utbrott. Innan en alltför stringent tolkning och jämförelse av sammanställningarna görs är det viktigt att ha i åtanke att utbrottsstatistik sällan är heltäckande och ofta underskattar det verkliga antalet sjuka (1). Andra saker som är viktiga att beakta är att insamlingsmetodik och rapporteringssystem för matförgiftning och vattenburna utbrott skiljer sig åt samt att förutsättningarna för källspårning och detektion av orsakande agens är miljöberoende och möjligheterna att härleda dem till specifika livsmedel varierar.

Med ovanstående begränsningar i åtanke framgår det från Figur 7A ändå på ett tydligt sätt att matförgiftningarna, med en genomsnittlig frekvens på runt 110 utbrott/år, klart dominerar över de dricksvattenburna utbrotten som endast förekommer i snitt 4,5 gånger/år. Ser man istället till antalet sjukdomsfall relaterade

till matförgiftnings- respektive dricksvattenburna utbrott kommer en delvis annorlunda bild fram (Figur 7B). Visserligen är det under de flesta åren av perioden (11 av 17) fler som blir sjuka i matförgiftningsutbrott. Samtidigt framgår det att antalet sjuka vid dricksvattenburna utbrott varierar betydligt mer över tid och att det genomsnittliga årliga antalet sjuka vid matförgiftnings- och dricksvattenutbrott är



**Figur 7.** (A) Årlig frekvens av mat- och dricksvattenburna utbrott under perioden 1993-2009 samt (B) det totala antalet årliga sjukdomsfall för dessa typer av utbrott. I sammanhanget är det viktigt att nämna att skattning av antalet sjuka vid utbrott saknar konsensus och kan ibland baseras på laboratoriekonfirmerade fall och ibland på mer eller mindre välgrundade uppskattningar.



mycket likartad med 1 780 respektive 1 830 personer. Den stora variationen av antalet sjuka på grund av mikrobiologiskt förorenat dricksvatten förklaras av att enskilda utbrott ibland kan vara relativt omfattande där exempelvis toppåret 1995 domineras av ett stort utbrott i sydvästra Skåne med drygt 10 000 insjuknade. Det höga antalet drabbade vid detta tillfälle skulle kunna antas vara unikt, men faktum är att ännu fler har blivit sjuka vid enskilda utbrott i Boden 1988 (ca 11 000) (56), Östersund 2010 (minst 27 000) och Skellefteå 2011 (nära 20 000) (5). Det är därför sannolikt att det totala antalet rapporterade sjukdomsfall kopplade till dricksvattenburna utbrott klart överstiger de som härrör från matförgiftning om dataserien utökas några år bakåt eller ett par år framåt i tiden.

Sammanfattningsvis visar statistiken att dricksvattenburna utbrott förefaller vara relativt ovanliga, vilket kan tyckas glädjande med tanke på att dricksvatten är vårt mest konsumerade livsmedel. Att dricksvatten samtidigt intar en särställning gällande antalet sjuka vid enskilda utbrott och därför står för en betydande del av det totala antalet sjuka på grund av livsmedelsburen smitta är dock oroväckande. Det belyser vilken potential dricksvatten har att sprida sjukdom i samhället och understryker dessutom hur viktigt det är att ett mikrobiologiskt säkert dricksvatten levereras.

### **Endemisk smitta**

Att använda utbrottsstatistik för att bedöma det totala antalet sjuka av mikrobiologiskt kontaminerat dricksvatten kan vara mycket missvisande. En anledning är att det krävs att samtliga utbrott upptäcks och registreras, vilket sannolikt ligger långtifrån verkligheten (26). Bland annat har en tidigare genomgång av svensk utbrottsstatistik från åren 1980-2003 visat att av de 138 utbrott som registrerats under tidsperioden var det inget som orsakade sjukdom hos färre än 20 procent av befolkningen som utsattes för risk (1). En inte alltför radikal tolkning av detta är att utbrott där en femtedel eller färre av befolkningen smittas är mycket svåra att upptäcka. En annan slutsats är att det förmodligen även är många utbrott som förblir oupptäckta där en större andel av befolkningen blir sjuka eftersom det inte är realistiskt att det skulle finnas en skarp gräns för detekterbarhet.

Andra mycket talande exempel på att utbrottsstatistik inte är lämplig för bedömning av total sjukdomsfrekvens återfinns i internationella jämförelser. En sammanställning av vattenburna sjukdomsutbrott under perioden 2000-2007 som inrapporterats till nationella organisationer och myndigheter i 14 europeiska länder visar exempelvis att lika många eller fler blir sjuka av dricksvatten i Sverige, Norge och Finland jämfört med i Storbritannien, Spanien och Italien trots mångfalt mindre befolkningsstorlekar (57). Samma undersökning visar dessutom att det på årlig basis oftast är fler som blir sjuka i våra nordiska grannländer Norge och Finland än i Sverige som har en nästan dubbelt så stor folkmängd. En förklaring skulle kunna vara skillnader i dricksvattenkvalitet mellan länderna, men med tanke på att vattenförsörjningen, åtminstone i dessa tre länder, är likartad avseende både råvattentyper och beredningsstrategier förefaller detta mindre sannolikt.

En mer trolig slutsats blir därför att det är olikheter i övervakning och inrapportering som främst orsakar de stora skillnaderna i statistiken (57). Något som stärker detta resonemang är den långa och ofta komplicerade utrednings- och rapporteringskedja som föregår registrering av ett utbrott hos en nationellt ansvarig myndighet eller organisation. För detta fordras bland annat 1) att en smittad person får symptom som gör att denne kontaktar sjukvården eller alternativt kommunen, 2) att sjukvården utför analyser och lyckas bestämma smittoorsak, 3) att smittofallet registreras, 4) att det sker en sammankoppling med ett eller fler andra smittofall och 5) att händelsen inrapporteras till en central myndighet. Sammantaget visar detta att brister i detektionsförmåga och/eller inrapportering av utbrott underminerar trovärdigheten hos utbrottsstatistik som grund för bedömning av antalet smittade. Därmed är det inte sagt att information om utbrott saknar relevans eftersom denna ger viktig kunskap om smittoorsaker och smittvägar som är essentiell för riskreducering och förbättringsåtgärder.

Förutom bristerna i detektionsförmåga och registrering så begränsas värdet av utbrottsstatistik för bedömning av det totala antalet smittade även av att den endemiska sjukdomsbelastningen, i form av bakgrundssmitta med sporadiska sjukdomsfall, utelämnas. Med syfte att bedöma frekvensen av dricksvattenrelaterad endemisk smitta i samhället har en handfull så kallade interventionsstudier genomförts i Kanada, Australien och USA (sammanfattat i (58)). Upplägget för dessa studier har liknat det för kliniska prövningar där verkan hos en medicinsk substans utvärderas genom jämförelser med placebo. Den typiska metodiken har varit att över tid jämföra magsjukefrekvensen hos hushåll som fått en speciell vattenreningssystem installerad på sin dricksvattenkran med den hos hushåll där en skenanordning (placebo) kopplats in. Resultaten har varit mycket skiftande och visat alltifrån att ingen endemisk smitta alls har kunnat kopplas till dricksvattenkonsumtion (59) till att så många som 35-40 procent av samtliga fall av magsjuka kan bero på kontaminerat dricksvatten (60, 61). De stora skillnaderna i resultaten kan på grund av komplexiteten hos undersökningarna ha en lång rad olika förklaringar. Den kanske enskilt viktigaste är kvaliteten på dricksvattnet där exempelvis extra rening av ett från början rent vatten knappast har någon betydelse för magsjukefrekvensen.

I Sverige har det inte gjorts några undersökningar av endemisk smitta direkt kopplad till dricksvatten. Däremot har Livsmedelsverket vid ett par tillfällen genomfört intervjuundersökningar för att bedöma antalet svenskar som årligen drabbas av magsjuka i samband med intag av mat och dricksvatten (62, 63). I båda undersökningarna uppgav runt 7-8 procent av 1 000 respondenter att de under de senaste tolv månaderna misstänkte att de blivit magsjuka av inhemsk mat- eller vattenkonsumtion. Omräknat till hela befolkningen innebär detta runt 500 000 personer vilket kan tyckas uppseendeväckande med tanke på de 1 780 och 1 830 sjukdomsfall som i snitt detekteras vid matförgiftnings- respektive dricksvattenburna utbrott varje år (se Figur 7). Det innebär att det endast skulle vara ett av nästan 140 sjukdomsfall som omfattas av registrerade utbrott vilket är hisnande lågt med tan-

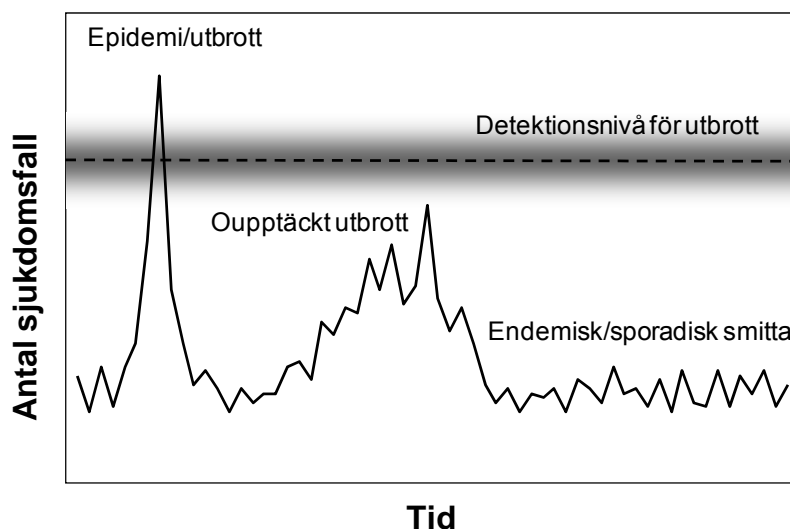
ke på att utbrotten utgör grund för en stor del av säkerhetsarbetet runt mat- och dricksvattenproduktion samt hantering. Trovärdigheten bakom siffran stärks åtminstone delvis av tidigare redogörelser om kraftig underrapportering (56, 64) och exempelvis uppskattade en studie av livsmedelsburen smitta i Uppsala att endast ett av 67 incidenter av magsjuka anmäldes (65). Att underrapporteringsfrekvensen i Uppsalastudien är ungefär hälften så stor skulle kunna tyda på att 500 000 sjuka per år är en överskattning och att det egentliga antalet istället bör vara 250 000. Skillnaden skulle också kunna förklaras av regionala olikheter i utbrottsregistrering eller av det faktum att det både före och under Uppsalastudien genomfördes informationskampanjer om vikten av att anmäla sjukdomsincidenter.

Om man utgår från att det är 250 000-500 000 personer som blir magsjuka av mat och dricksvatten varje år i Sverige och dessutom förutsätter att detektionsförmågan av mat- respektive dricksvattenburna utbrott är likvärdig innebär det att mellan 125 000 och 250 000 människor årligen drabbas av magsjuka till följd av dricksvattenkonsumtion. Siffrorna är ytterst spekulativa och kan på goda grunder ifrågasättas men samtidigt innebär de en referenspunkt för förfinade bedömningar och jämförelser. Beräkningar baserade på resultat från de tidigare nämnda interventionsstudierna i Kanada, Australien och USA antyder att de sannolikt är mellan 1,3 och 3,8 procent av USA:s befolkning som årligen blir smittad av mikrobiologiskt förorenat dricksvatten (58). Översätter man dessa värden till Sveriges befolkning innebär det 130 000-356 000 sjuka årligen vilket är fullt jämförbart med uppskattningen ovan.

### **Behov och åtgärder rörande konsumtion och smitta**

Den sammantagna bilden blir att det finns brister både i förmågan att detektera utbrott och gällande kunskap om frekvensen endemisk och sporadisk smitta orsakad av mikrobiologiskt kontaminerat dricksvatten. Problematiken har diskuterats flitigt tidigare och sammanfattas i Figur 8 som är något omarbetad utifrån en publikation av Craun med flera (66). Figuren visar ett fiktivt antal sjukdomsfall över tid där både utbrott/epidemier och endemisk/sporadisk smitta åskådliggörs. Av figuren framgår att förmågan att detektera ett utbrott är beroende av hur stor del av befolkningen som smittas samt hur utdragen smittspridningen är över tid. I exemplet detekteras det utbrott som har den högsta sjukdomstoppen medan det andra mer utdragna utbrottet som dessutom totalt sett drabbar fler inte uppmärksammas. Det tonade området runt detektionsnivån illustrerar att förmågan att upptäcka utbrott inte kan ses som en konstant. En viktig orsak är att det kan förekomma varierande effektivitet och bristande kontinuitet i övervakningssystemet. Detta är inte endast beroende av strukturella skillnader utan kan även påverkas av hur sjuka människor blir vid ett utbrott. En annan orsak till variationer i detektionsförmågan är att endemisk smitta till viss del maskerar utbrotten. En sak som förstärker denna maskering är att frekvensen av endemisk smitta kan förväntas variera över tid på grund av årstid, klimat och plats. Den faktor som kanske mest försvårar utbrottsdetektion och även kan påverka bedömningar av endemisk smittofrekvens är parallell endemisk och epidemisk smitta med liknande symptombild

men med ett annat ursprung. Exempelvis kan det vara mycket svårt att detektera ett magsjukesutbrott orsakat av kontaminerat dricksvatten mitt under en pågående epidemi av vinterkräksjuka. Med detta i åtanke kan sjukdomsfrekvenskurvan i Figur 8 tyckas idealiserad med sina tydliga utbrottstoppar och relativt stabila bakgrundsnivå av endemisk smitta.



**Figur 8.** Fiktiv sjukdomsfrekvens omfattande en upptäckt epidemi, ett upptäckt utbrott samt endemisk bakgrundssmitta.

Gedigen kunskap om dricksvattenrelaterad mikrobiologisk smitta är av central betydelse för att både åskådliggöra och kvantifiera brister och risker inom dricksvattenområdet. Detta är i sin tur nödvändigt för prioritering av riktade säkerhetsförbättrande åtgärder. För att möjliggöra detta krävs flera kunskapsförhöjande initiativ som omfattar:

1. *Förbättrad förmåga att detektera utbrott.* Dagens detektionssystem förmår inte upptäcka utbrott som drabbar en mindre andel av en befolkning och förmodligen inte heller omfattande men mer utdragna utbrott (se Figur 8). Därför krävs det känsligare metoder som lyckas fånga upp fler sjukdomsfall och även avvikelser från endemisk bakgrundssmitta och därmed sänker gränsen för detektion. I en tidigare studie från Livsmedelsverket kartlades konsumenternas beteende vid magsjuka rörande konsumtion av specifika livsmedel och apoteksprodukter, samt informationssökning via internet och kontakter med sjukvården (63). Utfallet av denna undersökning mynnade i en fördjupad undersökning av möjliga verktyg för tidig utbrottsvarning där bland annat försäljning av antidiarrémedicin och samtalsfrekvens rörande magsjuka till Sjukvårdsrådgivningens nummer 1177 utvärderades (67). Retrospektiv undersökning av flera sedan tidigare kända utbrott framhöll samtalsfrekvensen till Sjukvårdsrådgivningens 1177 som den effektivaste indikatorn av utbrott och att denna dessutom

lyckades påvisa en ökande sjukdomsfrekvens hos befolkningen i Skellefteå flera månader innan utbrottet uppmärksammades i april 2011. En vidareutveckling av denna metod till ett verktyg för att i realtid åskådliggöra sjukdomsfall pågår inom projektet ”System för utbrottsbevakning och modellering” (SUMO) som drivs vid SMI.

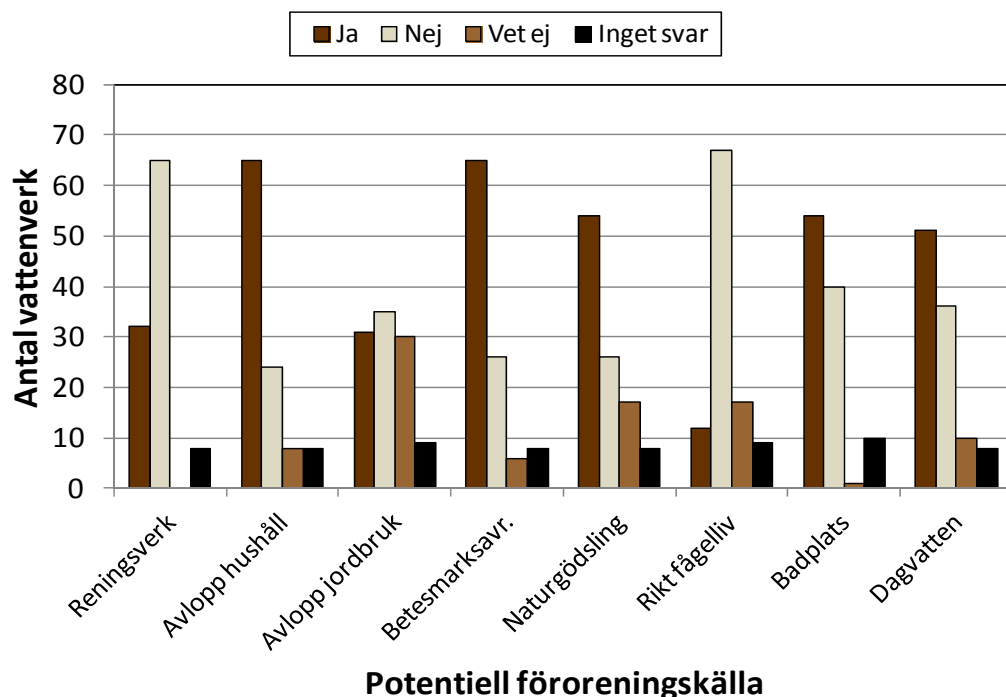
2. *Förbättrade rutiner runt inrapportering av utbrott.* Som diskuterats ovan är antalet inrapporterade dricksvattenburna utbrott mycket varierande i olika delar av Europa vilket sannolikt beror på skillnader i inrapporteringsfrekvens (57). Den betydligt högre frekvensen inrapporterade utbrott i Norge och Finland påkallar en utvärdering om varför så är fallet och vad vi har att lära därifrån. En möjlig delorsak till brister i inrapportering av utbrott är att det idag är upp till enskilda kommuner att besluta om hur system för inrapportering av incidenter ska fungera och marknadsföras. I ett myndighetsövergripande initiativ kallat SLV24 undersöks för närvarande möjligheterna att utveckla ett nationellt rapporterings- och insamlingsystem av livsmedelsrelaterade incidenter.
3. *Bedömning av frekvensen endemisk smitta och bakomliggande orsaker till sådan.* Att veta hur många det egentligen är som drabbas av dricksvattenburn smitta är helt grundläggande för att kunna få en uppfattning om betydelsen av kvalitetsproblem med dricksvattnet. Några metoder för att utreda detta har kort omnämnts i tidigare avsnitt och handlar om interventionsstudier (sammanfattat i (58)) och kohortstudier (36, 37) där exempelvis grupper som fått extra renat dricksvatten eller alternativt haft störningar i sin dricksvattendistribution jämförs med kontrollgrupper. Denna typ av undersökningar har inte tidigare genomförts i Sverige, men i de två pågående projekten ”Klimatförändringar, råvattenkvalitet, rening och distribution – bedömning av mikrobiella risker genom hälsostudier” och ”VISK-AleH2O” som drivs vid Umeå universitet respektive Livsmedelsverket är syftet att via sjukvårdsdata och enkäter undersöka dricksvattenrelaterade hälsoeffekter från bland annat nederbörd, råvattentyp, råvattenkvalitet, driftstörningar, konsumtionsmängder mm. Denna typ av undersökningar kan komma att bli mycket betydelsefulla för uppbyggnaden av ett kunskapsunderlag runt mikrobiologiska risker med dricksvattenkonsumtion. Med syftet att både förstärka och framförallt bredda ett sådant kunskapsunderlag driver Livsmedelsverket projektet ”Dricksvattenrisker – en förberedande studie”. I detta projekt är tanken att via information från nationella databaser som exempelvis Vattentäcksarkivet och VASS samt med hjälp av dricksvattenproducenter, berörda myndigheter och forskare systematiskt kartlägga tänkbara riskfaktorer som påverkar dricksvattenkvalitet och människors hälsa. I ett andra steg ska riktade kohortstudier genomföras och hälsopåverkan från riskfaktorer med bred nationell relevans bedömas.

## Mikrobiologisk förorening

Uttrycket ”från tåkt till kran” används ibland för att beskriva verksamheten runt dricksvattenproduktion. Liksom termen ”dricksvattenkedja” antyder detta att dricksvattenproduktionen består av efter varandra följande steg med en början och ett slut. Avser man mikrobiologiska risker blir dessa båda begrepp missvisande eftersom dricksvattenburen smitta nästan uteslutande härrör från avföring från människa eller djur samt att spridningsvägarna oftast går via råvattentäkter. I detta sammanhang kanske ett uttryck som ”till tåkt till kran” eller rentav ”från tåkt till tåkt” skulle vara mer beskrivande.

Idag saknas generell kunskap om omfattningen av mikrobiologiska föroreningar av råvattentäkter och därmed även kännedom om hur dessa påverkar råvattenkvaliteten. Detta kan ha sin grund i att det dels är många olika myndigheter som ansvarar för frågor rörande förorening och skydd av vattentäkter (68) och dels i att myndigheternas generella intresse för mikrobiologiska föroreningar och utsläpp inte är tillräckligt starkt. Med syftet att skapa en lägesöverblick ställde vi i den tidigare nämnda enkätundersökningen frågor om förekomst av potentiella källor till mikrobiologisk förorening i anslutning till råvattentäkterna.

I enkäten fanns frågor om tolv möjliga föroreningskällor (se Bilaga 3), men eftersom flera av dem inte visade sig ha någon bredare relevans är endast åtta redovisade i Figur 9. De potentiella föroreningskällor som förekommer oftast i anslutning till råvattentäkterna är ”Avlopp från hushåll”, ”Avrinning från betesmark”

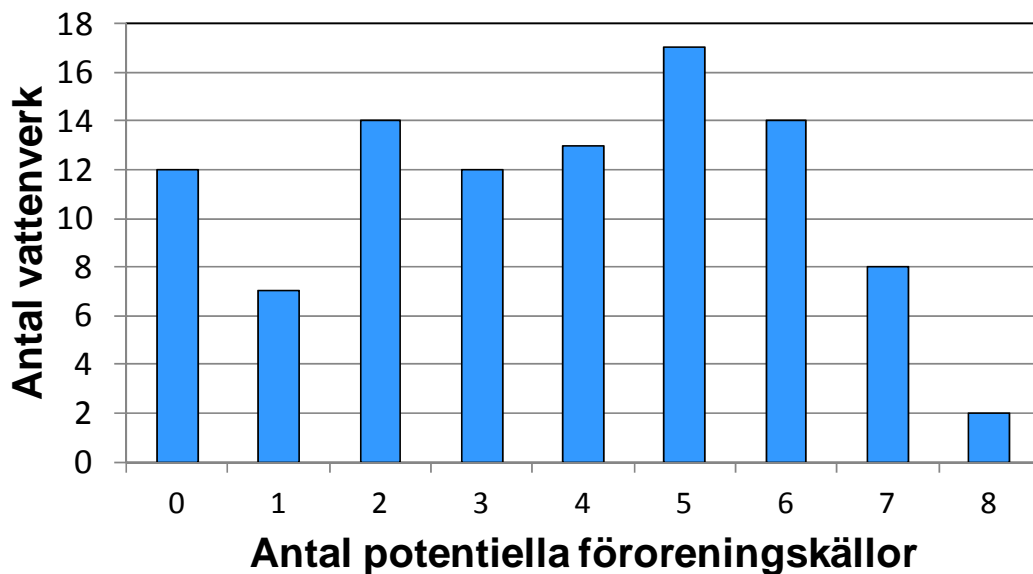


**Figur 9.** Förekomst av åtta potentiella källor till mikrobiologisk förorening vid 105 ytvattenverk.

och ”Naturgödning”. För var och en av dessa var det mer än dubbelt så många av respondenterna som svarade att de finns i anslutning till råvattentäkten än som svarade att de inte gör det. Även för parametrarna ”Badplats” och ”Dagvattenutlopp” uppgav en majoritet av de svarande att de finns som potentiella källor till förorening medan det var fler respondenter som uppgav frånvaro än närvaro av ”Reningsverk”, ”Avlopp från jordbruk” och ”Särskilt rikt fågelliv”. Den låga andelen tveksamma (”Vet ej”-svar) eller uteblivna svar (se även Bilaga 4) vittnar om en generellt sett god kännedom om potentiella föroreningskällor. Detta är positivt eftersom det i vägledningen till dricksvattenföreskrifterna och även en nyligen publicerad skrivelse från Smittskyddsinstitutet, Svenskt Vatten och Livsmedelsverket understryks hur viktigt det är att i det förebyggande arbetet ”skaffa sig kunskap om föroreningskällor i råvattentäkten och i råvattentäktens tillrinningsområde” med syftet att ”kontinuerligt arbeta för att avlägsna dessa” (15, 69).

Dagens kunskapsunderlag medger inte någon gradering av risker med olika föroreningskällor, varken med avseende på mängderna potentiellt farliga mikroorganismer de bidrar med eller i vilken utsträckning föroreningarna når (och har förmåga att passera) vattenverken. Tidigare sammanfattningar har ändå visat att avloppspåverkat råvatten varit en mycket vanlig orsak till dricksvattenburna utbrott (1, 56). Vilken typ av avlopp det i dessa fall har varit fråga om framgår dock inte men det är sannolikt reningsverk som via stora punktutsläpp står för de största riskerna. Att så verkligen är fallet betonas av att reningsverk ofta fungerar som uppsamlingsplats för tusentals och ibland tiotusentals avlopp samt att reningen förmår avlägsna långt ifrån samtliga fekala mikroorganismer (70) inklusive patogener (71). Om man återgår till enkäten och ser till ja- och nej-svaren däri var det en tredjedel av vattenproducenterna som uppgav att det fanns reningsverk i anslutning till vattentäkten (Figur 9) och så många som 86,5 procent som meddelade att deras råvatten potentiellt påverkas av minst en typ av avloppsutsläpp (ej visat i figuren).

I Figur 10 åskådliggörs hur många av de åtta potentiella föroreningskällorna som finns i anslutning till vattentäkterna för de enskilda vattenverken. Eftersom figuren baseras på bekräftelser och inte tar hänsyn till betydelsen av tveksamma eller uteblivna svar är det verkliga antalet föroreningskällor sannolikt underskattat. Det är ändå tydligt att multipla typer av föroreningskällor är vanligt. Över hälften av respondenterna uppgav att det fanns fyra eller fler potentiella föroreningskällor och i två vattentäkter var samtliga åtta efterfrågade källor närvarande. Samtidigt var det tolv vattenproducenter som inte uppgav närvaro av någon av de efterfrågade föroreningskällorna och av dessa tolv var det tio som gav enhälliga nej-svar. Medelvärde för antalet potentiella föroreningstyper ligger på 3,7 per vattentäkt (4,8 om tveksamma och uteblivna svar istället för nekande räknas som jakande) vilket belyser att bedömning av betydelsen hos enskilda mikrobiologiska faror ofta kan vara komplicerat.



**Figur 10.** Antalet potentiella föroreningskällor per ytråvattentäkt vid de 99 ytvattenverk som svarat på någon av delfrågorna.

Från enkätsvaren ovan framgår det att potentiella föroreningskällor, ofta av multipel typ, är vanligt förekommande i anslutning till svenska ytråvattentäkter. Kännetecknet om dessa föroreningskällor verkar vara relativt god vilket vittnar om en viss medvetenhet om möjliga faror. Om man som ansvarig för vattenproduktion sedan ska arbeta för att avlägsna föroreningskällorna, vilket vägledningen till dricksvattenföreskrifterna understryker (15), är det viktigt att känna till farornas art och allra helst vilken relevans de har för människors hälsa. Viktigt i sammanhanget är exempelvis omfattningen av föroreningarna, vilka specifika patogener de kan sprida, huruvida det praktiskt går att avlägsna eller i alla fall minimera en föroreningskälla och ifall detta är ekonomiskt försvarbart. Detta är ytterst komplexa bedömningar som på grund av en rad variabler inte låter sig göras utifrån en specifik mall. Några exempel på sådana variabler är:

1. *Variationer i omfattning hos enskilda typer av föroreningskällor.* Exempel på vad som kan vara betydelsefullt är vilka avloppsmängder som når ett visst reningsverk samt hur väl reningen fungerar där, hur stora strandbetande boskaphjordar är, hur stor jordbruksarealen är i ett tillrinningsområde och vilken mängd naturgödsel som sprids på denna.
2. *Variationer i utsläppsmängder över tid hos enskilda typer av föroreningskällor.* Exempel på faktorer som kan spela in är årstid som påverkar antalet betande djur och häckande fåglar, nederbördsmängder och snösmältning som påverkar markavrinning och även har betydelse för översvämningar samt bräddning av avlopp.



3. *Variationer av patogentyper från olika typer av föroreningskällor.* Ut-söndringen av humanpatogena mikroorganismer varierar beroende på fö-roreningskälla. Att föroreningar med mänskligt ursprung innebär en risk för närvaro av samtliga typer av mikrobiologiska patogener är självklart. Kun-skapsläget om vilka typer av djur som kan vara eller ofta är bärare av för oss farliga mikroorganismer är dock inte helt tydligt. Till stor del beror detta på frågans vidd och komplexitet och dessutom saknas en gedigen sammanställning av befintlig information. Det finns ändå vissa generella slutsatser som kan dras om olika typer av föroreningskällor som exem-pelvis att risken för virusmitta ofta är starkt sammankopplad med fekal förorening från människa samt att den huvudsakliga källan till sjuk-domsframkallande *E. coli* O157:H7 är nötkreatur.
4. *Variationer av patogenkoncentrationer över tid hos enskilda typer av för-oreningskällor.* Utöver orsaker som omnämns i punkt 2 kan även epidemi-er av exempelvis vinterkräksjuka som orsakas av norovirus innebära mycket stora temporära tillskott av mikrobiologiska patogener.
5. *Variationer i avstånd och transportvägar mellan föroreningskällor och råvattenintag.* Transportvägar, avstånd och uppehållstider spelar stor roll för hur stor del av föroreningarna som når vattenverken. Vad som också är betydelsefullt är spädningsgraden i vattentäkten som beror på exempelvis volym, flöde och omsättningstider.
6. *Variationer av hur olika typer av patogener når råvattenintaget i vatten-täkten.* Mikrobiologiska patogener har olika förmåga att överleva under de skiftande miljöbetingelser som transporten till råvattenintaget innebär.

Sammantaget belyser detta att det föreligger en rad svårigheter med att skapa en bild av betydelsen med enskilda föroreningskällor i vattentäkter. Samtidigt är en fördjupad kunskap om i vilken omfattning olika källor bidrar till kontaminering av råvatten viktig för att förebygga spridning av vattenburen smitta. Exempelvis skulle sådan kunskap kunna användas som underlag då beslut om vattenskydds-områden fattas.

### **Behov och åtgärder rörande mikrobiologisk förorening**

Det finns flera strategier för att förbättra kunskapen om relevansen av varje speci-fik typ av mikrobiologisk förorening vid råvattentäkter. En är att undersöka mängden mikroorganismer som släpps ut från olika typer av föroreningskällor. En annan är att via källspårande analyser vid råvattenintag bedöma varifrån en föroreningskälla härstammar. En tredje metod är att utgå från effekten av en för-orening i form av sjukdomsfall och utbrott för att sedan via utredning sluta sig till orsaken. Förutsättningarna för de olika angreppssätten skiljer sig åt liksom även deras förmåga att specificera betydelsen av enskilda föroreningskällor. Ingen av

metoderna är heller på något vis färdig och det finns ett stort utvecklings- och förbättringsbehov.

Att undersöka mängden fekala mikroorganismer som släpps ut har inte genomförts i någon större utsträckning utom när det gäller kommunala avlopp. Haltbedömningar av indikatororganismer och flera typer av mikrobiologiska patogener har gjorts på både renat och orenat avloppsvatten och dessutom har effektivitet för olika typer av reningsstrategier bedömts (70, 71). Dessa studier har exempelvis visat att så mycket som en procent av mikroorganismerna passerar under väl fungerande rening (70) samt att reduktionen av specifika patogener som norovirus och oocystor av parasiten *Cryptosporidium* fungerar betydligt sämre än så (71). För att denna typ av information ska bli värdefull ur ett riskvärderingsperspektiv krävs det dessutom kunskap om lägen, antal anslutna och driftstörningsstatistik från aktuella avloppsreningsverk. Sådan information finns att tillgå via exempelvis Svenskt Vattens statistikdatabas VASS, Svenska miljörapporteringsportalen (SMP) som Naturvårdsverket ansvarar för eller hos enskilda kommuner. Vad gäller utsläppshalter från och patogenförekomst i andra typer av föroreningskällor är kunskapsunderlaget betydligt sämre. En anledning kan vara att de flesta av dessa är av betydligt mer diffus art än vad utsläpp från avloppsreningsverk är. Dessutom kan stora tids- och rumsmässiga variationer i utsläppsmängder och patogenhalter från exempelvis vilda och tama djur, badplatser och enskilda avlopp göra dessa föroreningskällor betydligt svårare att undersöka. Med tanke på den i enkäten påvisade frekventa förekomsten av föroreningskällorna gödsling och betesmark i anslutning till vattentäkter (Figur 9) skulle det ändå kunna vara av värde med en mer samlad och utförlig information om föroreningsmängder från och patogenhalter i boskapsdjurs avföring samt i gödsel.

Att källspåra föroreningskällor vid råvattenintaget möjliggörs av att den mikrobiologiska och kemiska sammansättningen hos avföring skiljer sig åt mellan människa och djur och även mellan olika djurslag. Detta öppnar för möjligheten att utifrån mätningar av värdspecifika mikroorganismer och kemiska substanser bedöma föroreningars ursprung. Ett antal både biologiska och kemiska värdspecifika markörer har föreslagits och utvärderats och det har rört sig om allt från bakterier och virus till hormoner, kolesterol och koffein (17). Ett par markörer som ansetts ha god värdspecificitet är bakterier av arterna *Bacteroides* och *Bifidobacterium* som exempelvis har använts för mikrobiell källspårning i Mölndals råvattentäkt Rådasjön (72). I denna studie påvisades vissa svårigheter gällande detektion och även specificitet för avföringspåverkan vilket understryker ett behov av att källspårningsmetoderna förfinas och förbättras. Att detta kommer att ske råder det inga tvivel om eftersom mikrobiologisk källspårning är ett relativt nytt och expansivt område där utveckling och utvärdering av nya och förbättrade metoder ständigt pågår. En möjlighet är att med hjälp av metagenomik (se avsnittet om distribution) ta fram mikrobiologiska profiler hos olika typer av föroreningskällor och utifrån dessa identifiera indikatorer som är lämpliga att analysera vid råvattenintag. Mikrobiologisk och även kemisk källspårning är viktig eftersom metodiken har potential att bedöma vikten av enskilda föroreningskällor. Detta gäller inte

minst förhållanden där komplexa multipla källor till förorening föreligger vilket uppenbarligen är fallet för svenska ytvattentäkter.

Den tredje vägen för att bedöma relevansen hos olika typer av mikrobiologiska föroreningar är att utgå från kända sjukdomsfall och utbrott. Olyckligtvis är sådan information mycket knapphändig i dagsläget eftersom smittspårning är mycket komplicerad och det är sällan man lyckas härleda sjukdomsfall eller utbrott till en specifik källa. För att bredda bedömningsunderlaget är det därför viktigt att både inhämta kunskap från andra länder och utveckla metoder som underlättar smittspårningsarbetet. Ett sätt är att på ett mer övergripande plan kartlägga förekomst av patogena mikroorganismer hos patienter, andra potentiella värdar och i miljön för att via noggrann typning, där inte bara art och underart utan även stam identifieras, synliggöra smittkällor och smittvägar. Ett exempel på en sådan undersökning är det nu pågående SVA-ledda projektet "Källattribution av fall av human campylobacterinfektion som verktyg för riktade åtgärder". I detta projekt typas humanisolat av *Campylobacter* parallellt med isolat från nio olika sorters djur- och miljöprover med syftet att få en bättre uppfattning om varifrån smitta härstammar. Provtagning av råvatten ingår som en del i detta. Ett annat viktigt initiativ för att öka kunskapen om mikrobiologisk smittospridning i samhället är det myndighetsövergripande projektet "Zoonossamverkan". Ett syfte med detta projekt är utveckla handlingsplaner för att minska smittspridning av en rad sjukdomsframkallande bakterier, varav *Campylobacter*, patogena *E. coli* och *Salmonella* har relevans för dricksvattenområdet. I detta arbete ingår bland annat planer på att upprätta gemensamma databaser där exempelvis förekomst och typningsinformation ska samlas. Sådan samlad information kan vara mycket betydelsefull vid smittspårning - vilket i allra högsta grad inkluderar fall där smitta sprids via dricksvatten - och det skulle vara önskvärt med motsvarande initiativ för fler av de mikroorganismer som är av relevans för dricksvattenburen smitta.

# Klimateffekter

Regeringens ”Klimat- och sårbarhetsutredning” från 2007 (73) är den hittills mest omfattande bedömning som har gjorts om klimatförändringarnas sannolika betydelse för det svenska samhället i stort och även med avseende på dricksvattenförsörjningen. En grundpelare för denna typ av utredningar är de globala utsläppsscenarioer som FNs klimatpanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tar fram som sedan används som utgångspunkt för beräkningar av klimateffekter på både global och regional nivå. Några av de mest centrala parametrarna som ofta lyfts fram är förändringar i temperatur, nederbördsmängder, nederbördsmonster och extremvädresfrekvenser samt hur förändringarna ser ut för olika säsonger. Många av scenarierna berör tiden fram till år 2100 och använder sig av perioden 1961-1990 som referens- och kontrollperiod.

Bedömningar av framtida klimatförändringar är mycket komplexa och uppdateras och omarbetas ständigt utifrån hur utvecklingen i världen ser ut samt efter ny kunskap som tas fram. Underlaget för klimat och sårbarhetsutredningen består av regionala klimatscenarier framtagna av Rossby Center vid SMHI som återfinns på SMHIs hemsida ([www.smhi.se/klimatscenarier/scenariekartor](http://www.smhi.se/klimatscenarier/scenariekartor)). Sedan dess har nya regionala scenarier utarbetats och även metajämförelser av dessa genomförts vilket har tillfört både en större stabilitet och en högre tillförlitlighet (se [www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/klimatanalyser/Sveriges-lans-framtida-klimat-2.1115](http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/klimatanalyser/Sveriges-lans-framtida-klimat-2.1115) och (74, 75)). De generella slutsatserna från underlaget till klimat- och sårbarhetsutredningen är ändå till stor del fortfarande giltiga i de uppdaterade scenarierna och omfattar:

1. Ett successivt varmare klimat där temperaturhöjningen blir som störst på vintern, framförallt i de norra delarna av landet.
2. En generellt sett ökad nederbörd med större ökning på vintern än på sommaren. Undantaget är de sydöstra delarna av landet som under somrarna inte får någon nederbördsökning.
3. En ökad frekvens extremväder som omfattar fler dagar med kraftig nederbörd och fler värmeböljor. Samtidigt kommer perioder med extrem kyla i stort sett försvinna.

Att detta kommer ha betydelse för den mikrobiologiska kvaliteten på dricksvattnet är uppenbart och en rad både positiva och, framförallt, negativa följder är att vänta. Nedan följer en genomgång av några effekter som klimatförändringarna kan ha på de olika stegen i dricksvattnets kretslopp.

## Klimat effekter på råvatten

En sannolik konsekvens av klimatförändringarna är en generellt sett sämre råvattenkvalitet (SOU). För ytvattentäkter leder en rikligare och mer kraftfull nederbörd till ökad avrinning och därmed större tillförsel av humusämnen, partiklar och närsalter. Detta bidrar till både ett grumligare vatten och utökade förutsättningar för mikrobiologisk tillväxt. Även en förhöjd temperatur stärker möjligheterna till tillväxt och försämrar därmed den generella råvattenkvaliteten ytterligare. En effekt, som framförallt beror på ökade halter av humussyror, är en sänkt förmåga att på molekylärbalogisk väg detektera patogena mikroorganismer, vilket framförallt får konsekvenser för virusanalyser. Vad gäller överlevnaden för mikrobiologiska patogener är klimatförändringarnas påverkan mindre självklar. För mikroorganismer som inte förökar sig utanför sin värd, dit virus och de mest relevanta parasiterna hör, innebär ett varmare klimat sannolikt en kortare överlevnad vilket också understryks av Waller med fler (29). För patogena bakterier är situationen mer svåranalyserad då somliga av dessa har möjlighet att tillväxa i miljön, antingen självständigt eller associerade med andra mikroorganismer, medan andra inte har det. En annan faktor som gör bedömningar mer komplicerade är många bakteriers förmåga att försätta sig i levande men icke odlingsbart tillstånd (VBNC) som gynnar överlevnad under stressande förhållanden. Samtliga av de, för svenskt vidkommande, viktiga dricksvattenburna patogena bakterierna har förmåga att försätta sig i VBNC och exempelvis är temperatur och näringstillgång miljöfaktorer som antas påverka detta (76).

Vad gäller grundvattentäkter är storleken på den omättade markzonen mellan grundvattennivå och markyta av avgörande betydelse för avskiljning av mikroorganismer och därmed föroreningsrisk. Klimatförändringarna innebär två motsatta effekter i och med en ökad nederbörd som höjer grundvattennivåerna och en högre temperaturer som förlänger växtsäsongen och därmed sänker nivåerna. De största förändringarna av grundvattennivåerna förväntas dock främst bero på säsong där (i) varmare vintrar leder till minskad ackumulering av snö och en minskad vårflood som kan fylla på grundvattenmagasinen och (ii) en längre växtsäsong generellt förväntas sänka grundvattennivåerna innan en kraftigare höst- och vinternederbörd i form av regn ger en viss höjning av grundvattennivåerna jämfört med idag (77). De största mikrobiologiska hoten mot grundvattentäkter i ett framtida klimat är kanske främst en ökad frekvens extremnederbörd som temporärt eliminerar den omättade skyddszonen i marken och dessutom skapar översvämningar som leder till att förorenat ytvatten kan tränga in i brunnar. En annan möjlig effekt av klimatförändringarna är att lokala förändringar och förskjutningar av grundvattennivåer och grundvattenmagasin förflyttar de mikrobiologiska riskerna och möjligheterna till råvattenuttag. Detta sätter etablerade kunskaper om råvattentillgång och kvalitet ur spel och kan innebära stora kostnader i de fall där nya uttagsplatser krävs.

## **Klimat effekter på beredning**

En förväntad försämring av råvattnets kvalitet ställer givetvis högre krav på beredningen och leder till ett större behov av avskiljande och desinficerande säkerhetsbarriärer. Samtidigt motverkas effektiviteten hos barriärerna av de stora mängder organiskt material som finns i vårt råvatten som bland annat kan medföra snabbare mättning av filterbäddar, frekventare igensättning av ultrafilter, minskad effekt av UV-ljus och sämre desinfektionskapacitet vid klorbehandling. Att mängderna av organiskt material har ökat under de senaste decennierna är väl belagt (78). Vad som debatterats desto mer är orsakerna till denna ökning. En huvudsaklig förklaring skulle kunna vara den sedan några decennier tillbaka påbörjade reduktionen av sulfatutsläpp som har minskat försurningen av vattendrag och därmed samtidigt ökat lösligheten av organiskt material (79). Även klimatrelaterade förklaringar har angetts eftersom man har funnit vissa kopplingar mellan exempelvis ökad tillrinning och högre halter organiskt material samt även mellan högre temperatur och ökad löslighet av det organiska materialet (78-80). Även om stor osäkerhet råder finns det därför signaler om att klimatförändringarna kan medföra ökade mängder organiskt material i råvattnet vilket i sin tur försvårar beredningen av ett mikrobiologiskt säkert dricksvatten.

I kombination med en generellt sett försämrade råvattenkvalitet kan den förutspådda högre frekvensen av extremväder komma att öka kraven på beredningsprocessen ytterligare. Fler och mer kraftfulla oväder inte bara försämrar råvattenkvaliteten utan gör den dessutom mer föränderlig. Detta föranleder större säkerhetsmarginaler runt beredningen om målet är att denna även i framtiden ska vara anpassad efter sämsta förhållanden.

## **Klimat effekter på distribution**

En tidigare studie har visat att en betydande del av det organiska materialet i råvattnet passerar beredningen samt att koncentrationerna i rå- och dricksvattnet samvarierar (38). En förmodad ökning av organiskt material i råvattnet tillsammans med den temperaturhöjning av vattnet som klimatförändringarna bidrar med leder därför till ökade möjligheter till tillväxt och därmed ett dricksvatten av mikrobiologiskt sämre kvalitet. Distributionsnätet kan också förväntas påverkas av kraftig nederbörd, översvämningar och förändringar i grundvattennivåerna som kan leda till ras och skred. Vid översvämningar och förhöjda grundvattennivåer ökar dessutom riskerna för intrång av både förorenat ytvatten och från avloppsledning där gemensamma rörgravar förekommer. När grundvattennivåerna sjunker kan istället sättningar öka risken för ledningsbrott. Samtidigt är en uppenbart positiv effekt av ett varmare klimat att risken för tjälskador reduceras.

## **Klimateffekter på konsumtion och smitta**

För att undvika dricksvattenburen smitta krävs både en effektiv rening av råvattnet och en opåverkad distribution av dricksvattnet. I och med klimatförändringarna är det sannolikt att grundförutsättningarna för att klara av detta kommer att försämraras. Om inga större anpassnings- och förbättringsåtgärder inom beredning och distribution görs är det därför troligt att mer frekventa dricksvattenburna utbrott kommer inträffa och att fler blir smittade av mikrobiologiskt förorenat dricksvatten.

Om man förutsätter att beredningen blir bättre i framtiden genom att mer effektiva säkerhetsbarriärer införs kvarstår ändå faktorer som kan innebära höjda risker för dricksvattenburen smitta. En generellt försämrad råvattenkvalitet kommer visserligen inte att ha någon negativ inverkan på dricksvattenkvaliteten under normaldrift. Däremot riskerar konsekvenserna att bli desto allvarigare då störningar i beredningen inträffar och ett orenat vatten når konsumenterna. Annat som kan leda till en ökad sjukdomsfrekvens är de förhöjda riskerna för tillväxt på ledningsnätet samt att ett varmare klimat ökar konsumtionen av dricksvatten, vilket i sin tur innebär en ökad exponeringsrisk för sjukdomsframkallande mikroorganismer.

## **Klimateffekter på mikrobiologisk förorening**

Det finns starka skäl att misstänka att klimatförändringar i form av ökad nederbörd, förhöjd frekvens extremväder och högre temperaturer kommer innebära ökad mikrobiologisk förorening av råvattentäkterna. Ovan nämndes att en ökad och kraftigare nederbörd kan förväntas påverka råvattenkvaliteten negativt med avseende på humusämnen, partiklar och närsalter. Förändringar i nederbörds-mönstret kan även innebära en parallell ökning i tillförseln av sjukdomsframkallande mikroorganismer via exempelvis avrinning från betesmark och gödslad jordbruksmark. I detta fall är förhöjda temperaturer ytterligare en faktor som spelar in eftersom utesäsongen förlängs för boskapsdjur och ett mer intensivt användande av jordbruksmark medges. Inte bara mikrobiologiska föroreningar från jordbruk kan förväntas öka i ett framtida klimat eftersom mer frekventa skyfall och översvämningar ökar belastningen på dagvatten och avloppssystem med läckage och bräddningar som följd. Slutligen kan ökade vattenflöden och kraftigare tillrinning även underlätta och skynda på transport av mer avlägsna mikrobiologiska föroreningar vilket därmed utökar antalet potentiella föroreningskällor för de enskilda vattenproducenterna.

# Att göra-lista

Det huvudsakliga syftet med den här rapporten har varit att sammanfatta de mikrobiologiska riskerna inom dricksvattenförsörjningen samt att lyfta fram olika behov som föreligger för att öka säkerheten inom området. En rad problem och åtgärdsbehov har berörts och diskuterats och för att tydligare åskådliggöra dessa följer en sammanfattande punktlista. En del av punkterna är under behandling, medan andra utgör en ren ”önskelista”.

- Utveckla känsligare, snabbare, billigare, enklare och mer kvantitativa metoder för patogenanalyser i vatten som möjliggör frekventare analyser och därmed mer pålitliga bedömningar av förekomst och spridning.
- Grundligt undersöka samvarians mellan etablerade indikatororganismer och specifika patogener via omfattande jämförelser med stora provvolymer.
- Utöka bredden hos och frekvensen av indikatoranalyser på råvatten med särskilt fokus på tillfällen då den mikrobiologiska kvaliteten är som sämst.
- Utöka kartläggningen av olika typer av patogener i råvatten och samordna analyserna mellan olika laboratorier både vad gäller upplägg och analysmetodik.
- Gå igenom och sammanfatta befintlig analysdata för att göra breda nationella utvärderingar av råvattenkvalitet.
- Se över möjligheterna att ta fram lämpliga regler eller riktlinjer för mikrobiologiska analyser av råvatten.
- Utöka kunskapen vad gäller effektiviteten att avskilja och avdöda olika typer av mikroorganismer vid beredning med särskilt fokus på riktiga fullskalesystem via genomgång av råvatten- och dricksvattenanalyser samt beredningsinformation.
- Använda storskalig molekylärbiologisk analys (metagenomik) på råvatten och dricksvatten för att identifiera alternativa markörer för bedömning av vattenkvalitet och beredningseffektivitet.
- Ytterligare förfina och utveckla analysverktögen GDP och MRA.
- Utveckla beredningsstrategier för att mer effektivt avlägsna och/eller avdöda parasiter och virus.



- Utveckla metoder för snabbdetektion av mikrobiologiska föroreningar i det utgående dricksvattnet.
- Upprätta en detaljerad förteckning över distributionsstörningar med sannolik koppling till dricksvattenburen smitta, kartlägga frekvensen av dessa störningar hos landets dricksvattenproducenter, undersöka i vilken omfattning enskilda störningstyper påverkar konsumenters hälsa samt väga åtgärdskostnader mot samhällsnytta i form av minskad smitta.
- Bättre karaktärisera sammansättning av biofilmer på distributionsnätet, exempelvis med hjälp av metagenomik, samt skapa en tydligare bild av patogeners förekomst, överlevnadsförmåga och möjligheter till tillväxt i biofilmer.
- Förbättra förmågan att detektera utbrott genom att utveckla och införa känsligare övervakningsmetoder som exempelvis samtalsstatistik till Sjukvårdsrådgivningens 1177.
- Förbättra rutiner runt inrapporteringen av utbrott via utveckling av nationella rapporterings- och insamlingssystem samt genom att dra lärdom från länder där inrapporteringen förefaller mer effektiv.
- Utredda hur många som årligen drabbas av dricksvattenburen smitta i Sverige samt undersöka vilken betydelse enskilda riskfaktorer har för detta via konsumtionsundersökningar och kohortstudier.
- Sammanställa kunskap om vilka källor till mikrobiologisk förorening som finns och vilka typer av patogena mikroorganismer som förknippas med dem.
- Bedöma relevansen hos enskilda typer av föroreningskällor genom förbättrad kunskap om utsläppsvolymer och patogenkoncentrationer.
- Utveckla den kemiska och molekylärbiologiska metodiken för fekal källspårning och därigenom bedöma vikten av enskilda föroreningskällor.
- Sammanställa nationell och internationell information från utbrottsutredningar för att skapa en bild av relevansen hos olika typer av föroreningskällor.
- Utveckla nationella databaser där detaljerad spridnings- och typningsinformation rörande dricksvattenburna patogener samlas för att underlätta smittspårningsarbete.

# Referenser

1. Lindberg T, Lindqvist R. Dricksvatten och mikrobiologiska risker. 2005. SLV Rapport 28-2005.
2. WHO. Guidelines for Drinking-water Quality. 2011.
3. Bergstedt O, Norberg P. Må leve med giardia en stund. Observationer från Bergen hösten 2004. Livsmedelsverkets VAKA-grupp. 2004.
4. Ekvall A. Utbrott av calicivirus i Lilla Edet - händelseförlopp och lärdomar. 2010. SVU-Rapport 2010-13.
5. Smittskyddsinstitutet. Cryptosporidium i Östersund. Smittskyddsinstitutets arbete med det dricksvattenburna utbrottet i Östersund 2010-2011. 2011. Rapport 2011-15-4.
6. Lindesmith L, Moe C, Marionneau S, Ruvoen N, Jiang X, Lindblad L, et al. Human susceptibility and resistance to Norwalk virus infection. *Nat Med*. 2003 May;9(5):548-53.
7. Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, Tauxe RV, Widdowson MA, Roy SL, et al. Foodborne illness acquired in the United States--major pathogens. *Emerg Infect Dis*. 2011 Jan;17(1):7-15.
8. Takanashi S, Wang Q, Chen N, Shen Q, Jung K, Zhang Z, et al. Characterization of emerging GII.g/GII.12 noroviruses from a gastroenteritis outbreak in the United States in 2010. *J Clin Microbiol*. 2011 Sep;49(9):3234-44.
9. Summa M, von Bonsdorff CH, Maunula L. Pet dogs--a transmission route for human noroviruses? *J Clin Virol*. 2012 Mar;53(3):244-7.
10. Nenonen NP, Hannoun C, Larsson CU, Bergstrom T. Marked genomic diversity of norovirus genogroup I strains in a waterborne outbreak. *Appl Environ Microbiol*. 2012 Mar;78(6):1846-52.
11. Mac Kenzie WR, Hoxie NJ, Proctor ME, Gradus MS, Blair KA, Peterson DE, et al. A massive outbreak in Milwaukee of cryptosporidium infection transmitted through the public water supply. *N Engl J Med*. 1994 Jul 21;331(3):161-7.
12. Livsmedelsverket. Campylobacter i kött och vatten - Kartläggning av Campylobacter i rått kött och råvatten till dricksvatten i Sverige år 2000. 2002. SLV Rapport 10-2002.
13. Ashbolt NJ, Grabow WOK, Snozzi M. Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell LB, J., editor. *Water quality: Guidelines, standards and health*: IWA Publishing; 2001.
14. Figueras MJ, Borrego JJ. New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. *Int J Environ Res Public Health*. 2010 Dec;7(12):4179-202.
15. Vägledning dricksvatten. Vägledning till Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten, (2006).
16. Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten, SLVFS 2001:30 (omtryck i LIVSFS 2011:3) (2001).

17. Savichtcheva O, Okabe S. Alternative indicators of fecal pollution: relations with pathogens and conventional indicators, current methodologies for direct pathogen monitoring and future application perspectives. *Water Res.* 2006 Jul;40(13):2463-76.
18. Dechesne M, Soyeux E. Assessment of source water pathogen contamination. *J Water Health.* 2007;5 Suppl 1:39-50.
19. Field KG, Samadpour M. Fecal source tracking, the indicator paradigm, and managing water quality. *Water Res.* 2007 Aug;41(16):3517-38.
20. Wu J, Long SC, Das D, Dorner SM. Are microbial indicators and pathogens correlated? A statistical analysis of 40 years of research. *J Water Health.* 2011 Jun;9(2):265-78.
21. Råvattenkontroll - Krav på råvattenkvalitet, (2008). Tillgänglig via: [www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)
22. Hansen A, Stenström TA. Giardia och Cryptosporidium i svenska ytvattentäkter. Smittskyddsinstitutet, Livsmedelsverket. 1996.
23. Smittskyddsinstitutet. Giardia och Cryptosporidium i svenska ytvattentäkter. 2011. Rapport 2011-1-6.
24. Dalin E, Ansker J, Häggström P, Dahlberg B, Pott BM, Ericsson P, et al. Analysmetoder för norovirus i ytvatten. Utveckling av molekylärbiolegisk metodik för detektion och kvantifiering i vatten och slam. 2010. SVU-Rapport 2010-09.
25. Smeets P, Rietveld L, Hijnen W, Medema G, Stenström TA. Efficacy of water treatment processes. Microrisk Research Project. 2006. Tillgänglig via: [www.microrisk.com](http://www.microrisk.com)
26. Risebro H, Doria MF, Yip H, Hunter PR. Intestinal illness through drinking water in Europe. Microrisk Research Project. 2005. Tillgänglig via: [www.microrisk.com](http://www.microrisk.com)
27. Risebro HL, Doria MF, Andersson Y, Medema G, Osborn K, Schlosser O, et al. Fault tree analysis of the causes of waterborne outbreaks. *J Water Health.* 2007;5 Suppl 1:1-18.
28. Petterson S, Signor R, Ashbolt N, Roser D. QMRA methodology. Microrisk Research Project. 2006. Tillgänglig via: [www.microrisk.com](http://www.microrisk.com)
29. Waller E, Tornevi A, Rocklöv J, Forsberg B. Vägledning för bedömning av dricksvattenrisker vid ett förändrat klimat. 2012. Rapport nr FOI-R --3390--SE.
30. NorskVann. Veiledning til bestemmelse av god desinfeksjonspraksis. Sluttrappreport fra prosjektet Optimal desinfeksjonspraksis. 2009. Norsk Vann Rapport 170-2009.
31. Abrahamsson JL, Ansker J, Heinicke G. MRA - Ett modellverktyg för svenska vattenverk. 2009. SVU Rapport 2009-05.
32. Hedström A, Jönsson R, Mäki A. Tidiga förvarningssystem - Är det någonting för våra kommuner? 2009. SVU-rapport 2009-03.
33. Thunholm B, Whitlock H. Egenskaper hos vattenanalydata i Vattentäktsarkivet (DGV). 2009. SGU-rapport 2009:19.
34. Tunemar L, Whitlock H. Lägesrapport Vattentäktsarkivet (DGV) december 2010. 2011. SGU-rapport 2011:7.

35. van Liverloo JHM, Blokker EJM, Medema G, Hamsch B, Pitchers R, Stanfield G, et al. Contamination during distribution. Microrisk Research Project. 2006. Tillgänglig via: [www.microrisk.com](http://www.microrisk.com)
36. Hunter PR, Chalmers RM, Hughes S, Syed Q. Self-reported diarrhea in a control group: a strong association with reporting of low-pressure events in tap water. *Clin Infect Dis*. 2005 Feb 15;40(4):e32-4.
37. Nygard K, Wahl E, Krogh T, Tveit OA, Bohleng E, Tverdal A, et al. Breaks and maintenance work in the water distribution systems and gastrointestinal illness: a cohort study. *Int J Epidemiol*. 2007 Aug;36(4):873-80.
38. Stenström TA, Szewzyk U. Mikrobiell tillväxt från råvatten till kran i dricksvattensystemet. 2004. VA-Forsk rapport 2004-07.
39. Rubulis J, Juhna T, Henning L, Korth A. Methodology of modeling bacterial growth in drinking water systems. Techneau Research Project. 2007. Tillgänglig via: [www.techneau.org](http://www.techneau.org)
40. Berry D, Xi C, Raskin L. Microbial ecology of drinking water distribution systems. *Curr Opin Biotechnol*. 2006 Jun;17(3):297-302.
41. Flemming HC, Wingender J. The biofilm matrix. *Nat Rev Microbiol*. 2010 Sep;8(9):623-33.
42. Långmark J. Biofilms and microbial barriers in drinking water treatment and distribution. Stockholm: Royal Institute of Technology (KTH); 2004. Avhandling.
43. Martiny AC, Jorgensen TM, Albrechtsen HJ, Arvin E, Molin S. Long-term succession of structure and diversity of a biofilm formed in a model drinking water distribution system. *Appl Environ Microbiol*. 2003 Nov;69(11):6899-907.
44. Olsson J. Desinfektion på ledningsnätet - effekten på dricksvattenkvaliteten. 2005. VA-Forsk rapport 2005-15.
45. Wingender J, Flemming HC. Biofilms in drinking water and their role as reservoir for pathogens. *Int J Hyg Environ Health*. 2011 Nov;214(6):417-23.
46. Thomas V, McDonnell G, Denyer SP, Maillard JY. Free-living amoebae and their intracellular pathogenic microorganisms: risks for water quality. *FEMS Microbiol Rev*. 2009 Aug 12.
47. Loret JF, Greub G. Free-living amoebae: Biological by-passes in water treatment. *Int J Hyg Environ Health*. 2010 Jun;213(3):167-75.
48. Stahre P, Mellström G, Adamsson J. Värdering av vatten- och avloppsnät. 2007. SVU-Rapport 2007-13.
49. Hugenholtz P. Exploring prokaryotic diversity in the genomic era. *Genome Biol*. 2002;3(2):REVIEWS0003.
50. Wooley JC, Godzik A, Friedberg I. A primer on metagenomics. *PLoS Comput Biol*. 2010 Feb;6(2):e1000667.
51. Malm A, Svensson G. Material och åldersfördelning för Sveriges VA-nät och framtida förnyelsebehov. 2011. SVU-Rapport 2011-13.
52. Jiang J, Alderisio KA, Singh A, Xiao L. Development of procedures for direct extraction of *Cryptosporidium* DNA from water concentrates and for relief of PCR inhibitors. *Appl Environ Microbiol*. 2005 Mar;71(3):1135-41.

53. Livsmedelsverkets föreskrifter om epidemiologisk utredning av livsmedelsburna utbrott, LIVSFS 2005:7 (H 8) (2005).
54. Rosling D. Rapportering av dricksvattenkontrollen 2009. 2010. SLV-Rapport 11-2010.
55. Lindblad M, Karnehed N, Lindqvist R, Hjertqvist M. Rapporterade misstänkta matförgiftningar 2009: Livsmedelsverket, Smittskyddsinstitutet. 2010.
56. Andersson Y, Bohan P. Disease surveillance and waterborne outbreaks. In: Fewtrell LB, J., editor. Water quality: Guidelines, standards and health: IWA Publishing; 2001.
57. WHO. Outbreaks of waterborne disease. Fact sheet 1.1. December 2009. 2009. Tillgänglig från:  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/96885/1.1.-Outbreaks-of-waterborne-diseases-EDITED\\_layout\\_V03.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/96885/1.1.-Outbreaks-of-waterborne-diseases-EDITED_layout_V03.pdf).
58. Colford JM, Jr., Roy S, Beach MJ, Hightower A, Shaw SE, Wade TJ. A review of household drinking water intervention trials and an approach to the estimation of endemic waterborne gastroenteritis in the United States. *J Water Health*. 2006;4 Suppl 2:71-88.
59. Hellard ME, Sinclair MI, Forbes AB, Fairley CK. A randomized, blinded, controlled trial investigating the gastrointestinal health effects of drinking water quality. *Environ Health Perspect*. 2001 Aug;109(8):773-8.
60. Payment P, Richardson L, Siemiatycki J, Dewar R, Edwardes M, Franco E. A randomized trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to consumption of drinking water meeting current microbiological standards. *Am J Public Health*. 1991 Jun;81(6):703-8.
61. Payment P, Siemiatycki J, Richardson L, Gilles R, Franco E, Prevost M. A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *Int J Environ Health Res*. 1997;7(1):5-31.
62. Norling B. Matförgiftningar i Sverige - resultat av en intervjuundersökning. 1994. Livsmedelsverkets rapportserie.
63. Toljander J, Karnehed N. Vad gör de som drabbas av magsjuka och matförgiftningar? - Resultat från en nationell intervjuundersökning. 2010. SLV Rapport 6-2010.
64. Payment P, Hunter PR. Endemic and epidemic infectious intestinal disease and its relationship to drinking water. In: Fewtrell LB, J., editor. Water quality: Guidelines, standards and health: IWA Publishing; 2001.
65. Lindqvist R, Andersson Y, Lindback J, Wegscheider M, Eriksson Y, Tidestrom L, et al. A one-year study of foodborne illnesses in the municipality of Uppsala, Sweden. *Emerg Infect Dis*. 2001;7(3 Suppl):588-92.
66. Craun GF, Calderon RL, Wade TJ. Assessing waterborne risks: an introduction. *J Water Health*. 2006;4 Suppl 2:3-18.
67. Andersson T. Early Warning Systems (EWS): Livsmedelsverket. 2012. Tillgänglig via: [www.slv.se](http://www.slv.se)
68. Livsmedelsverket. Dricksvatten - en överblick av den rättsliga regleringen i vardag och vid kris. 2009. Tillgänglig via: [www.slv.se](http://www.slv.se)

69. Livsmedelsverket, Smittskyddsinstitutet, Svenskt Vatten. *Cryptosporidium* och *Giardia* - rekommendationer om åtgärder för att minska risken för vattenburen smitta. 2011.
70. Stenström TA. Kommunalt avloppsvatten från hygienisk synpunkt. Mikrobiologiska undersökningar. 1987. SNV PM 1956.
71. Ottoson J. Comparative analysis of pathogen occurrence in wastewater: management strategies for barrier function and microbial control: Royal Institute of Technology (KTH); 2005. Avhandling.
72. Åström J, Bergstedt O, Sokolova E, Kjellberg I, Pettersson T, Borell-Lövstedt C, et al. Värdering av risker för en relativt opåverkad ytvattentäkt. 2011. SVU-rapport 2011-18.
73. Miljödepartementet. Klimat- och sårbarhetsutredningen. Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter. 2007. SOU 2007:60
74. Kjellström E, Nikulin G, Hansson U, Strandberg G, Ullerstig A. 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations. *Tellus A*. 2011;63(1):24-40.
75. Nikulin G, Kjellström E, Hansson U, Strandberg G, Ullerstig A. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus A*. 2011;63(1):41-55.
76. Oliver JD. Recent findings on the viable but nonculturable state in pathogenic bacteria. *FEMS Microbiol Rev*. 2010 Jul;34(4):415-25.
77. Sundén G, Maxe L, Dahné J. Grundvattennivåer och vattenförsörjning i ett förändrat klimat. 2010. SGU-rapport 2010:12.
78. Jennings E, Järvinen M, Allott N, Arvola L, Moore K, Naden P, et al. Impacts of climate on the flux of dissolved organic carbon from catchments. In: George G, editor. *The impact of climate change on European lakes*: Springer; 2010.
79. Erlandsson M, Buffam I, Fölster J, Laudon H, Temnrud J, Weyhenmeyer GA, et al. Thirty-five years of synchrony in the organic matter concentrations of Swedish rivers explained by variation in flow and sulphate. *Global Change Biology*. 2008;14(5):1191-8.
80. Matilainen A, Gjessing ET, Lahtinen T, Hed L, Bhatnagar A, Sillanpää M. An overview of the methods used in the characterisation of natural organic matter (NOM) in relation to drinking water treatment. *Chemosphere*. 2011 Jun;83(11):1431-42.

# Bilaga 1

Mikrobiologiska parametrar med enheter och riktvärden som enligt Svenskt Vattens branschriktlinjer bör analyseras i råvatten (21).

<b>Parameter</b>	<b>Enhet</b>	<b>Riktvärde</b>
Antal mikroorganismer 22°C, 3d	cfu/ml	var uppmärksam på förändringar
Antal långsamväxande bakterier, 7d	cfu/ml	var uppmärksam på förändringar
Koliforma bakterier	cfu/100 ml	<5000 (ytvatten), ej påvisad (grundvatten)
<i>E. coli</i>	cfu/100 ml	<500 (ytvatten), ej påvisad (grundvatten)
Enterokocker	cfu/100 ml	<500 (ytvatten), ej påvisad (grundvatten)
<i>Clostridium perfringens</i>	cfu/100 ml	var uppmärksam på förändringar
Kolifager	pfu/100 ml	var uppmärksam på förändringar

## Bilaga 2

Svenskt vattens förslag på provtagningsfrekvens av råvatten (21).

<b>Antal an- slutna per- soner</b>	<b>Producerad volym dricks- vatten per dygn (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Antal råvattenprov per år YTVATTEN</b>	<b>Antal råvattenprov per år GRUNDVATTEN</b>
≤ 2000	≤ 400	2	1
> 2000 till ≤ 5000	> 400 till ≤ 1000	4	2
> 5000 till ≤ 50000	> 1000 till ≤ 10000	8	4
> 50000 till ≤ 500000	> 10000 till ≤ 100000	16	8
> 500000	> 100000	32	16



# Bilaga 3

Enkät med mikrobiologiskt relaterade frågor som under 2011 skickades ut till landets kommuner med ytvattenverk.

## Mikrobiologiskt relaterade frågor riktade till ytvattenverk

Ifyllt svarsformulär skickas till [Rikard.Dryselius@slv.se](mailto:Rikard.Dryselius@slv.se)

Vattenverkets namn:	
Hemkommun:	

Nedan markeras önskade svarsalternativ med bokstaven x och eventuella kommentarer ges efter varje enskild fråga

1. Hur ofta undersöks förekomsten av följande (fekala) indikatorer i ert obehandlade råvatten vid intaget?

Typ av indikator	Varje vecka	Varje månad	Ett par/några ggr per år	Varje år	Mer sällan	Aldrig	Vet ej
Antal mikroorganismer 22°C							
Antal långsamväxande bakterier							
Koliforma bakterier							
<i>Escherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> )							
Enterokocker							
<i>Clostridium perfringens</i>							
Kolifager							
Annan (Specificera nedan)							

Eventuell kommentar:

--

2. Hur ofta undersöks förekomsten av följande patogena mikroorganismer i ert obehandlade råvatten vid intaget?

Typ av patogen	Varje vecka	Varje månad	Ett par/några ggr per år	Varje år	Mer sällan	Aldrig	Vet ej
<i>Esherichia coli</i> <i>O157:H7</i>							
<i>Campylobacter</i>							
<i>Salmonella</i>							
<i>Shigella</i>							
Norovirus							
Adenovirus							
Rotavirus							
<i>Giardia</i>							
<i>Cryptosporidium</i>							
<i>Entamoeba</i>							
Annan (Specificera nedan)							

Eventuell kommentar:

3. Finns följande potentiella källor till förorening i anslutning till er råvatten-täkt?

Möjlig föroreningskälla	Ja	Nej	Vet ej
Reningsverk			
Avrinning från betesmark			
Naturgödsling			
Särskilt rikt fågelliv			
Badplats			
Ofta förekommande översvämningar			
Avlopp från hushåll			
Avlopp från jordbruk			
Dagvattenutlopp			
Slakteri			
Massaindustri			
Bryggeri			
Annat (Specificera nedan)			

Eventuell kommentar:

4. Hur ofta förekommer oplanerade driftstörningar i samband med vattenproduktion och distribution?

Orsak	Varje vecka	Varje månad	Ett par/några ggr per år	Varje år	Mer sällan	Aldrig	Vet ej
Bristande råvattenkvalitet							
Störning/avbrott i barriärverkan/beredningsprocessen							
Brott på ledningsnät/läckage							
Mänskliga faktorn (ex felkoppling, öppning/stängning av ventil etc)							
Annat (Specificera nedan)							

Eventuell kommentar:

# Bilaga 4

Sammanställning av resultaten från de 70 kommuner och 105 vattenverk som besvarat enkäten i Bilaga 3.

## Fråga 1: Hur ofta undersöks förekomsten av följande indikatororganismer i ert obehandlade råvatten vid intaget?

Typ av indikator	Minst varje vecka	Minst varje månad	Minst ett par ggr per år	Minst varje år	Mer sällan	Aldrig	Vet ej	Inget svar
Antal mikroorganismer 22°C	24	38	31	-	1	10	-	1
Antal långsamväxande bakterier	11	14	11	5	18	38	-	8
Koliforma bakterier	25	38	31	6	3	2	-	-
<i>Esherichia coli</i> ( <i>E. coli</i> )	25	38	31	6	3	2	-	-
Enterokocker	1	8	14	7	15	44	2	14
<i>Clostridium perfringens</i>	7	17	13	6	18	31	2	11
<b>Kolifager</b>	-	-	-	1	7	62	1	34

## Fråga 2: Hur ofta undersöks förekomsten av följande patogener i ert obehandlade råvatten vid intaget?

Typ av patogen	Minst varje vecka	Minst varje månad	Minst ett par ggr per år	Minst varje år	Mer sällan	Aldrig	Vet ej	Inget svar
<i>Esherichia coli</i> O157:H7	2	2	-	-	3	83	5	10
<i>Campylobacter</i>	-	-	-	2	7	84	4	8
<i>Salmonella</i>	-	-	-	3	6	84	2	10
<i>Shigella</i>	-	-	-	-	2	90	2	11
Norovirus	-	-	-	2	2	88	2	11
Adenovirus	-	-	-	2	2	88	2	11
Rotavirus	-	-	-	2	2	88	2	11
<i>Giardia</i>	-	3	11	8	18	59	1	5
<i>Cryptosporidium</i>	-	3	12	13	20	56	-	1
<i>Entamoeba</i>	-	-	-	-	3	88	3	11

**Fråga 3: Finns följande potentiella källor till förorening i anslutning till er råvattentäkt?**

Möjlig föroreningskälla	Ja	Nej	Vet ej	Inget svar
Reningsverk	32	65	-	8
Avrinning från betesmark	65	26	6	8
Naturgödsling	54	26	17	8
Särskilt rikt fågelliv	12	67	17	9
Badplats	54	40	1	10
Ofta förekommande översvämningar	4	76	9	16
Avlopp från hushåll	65	24	8	8
Avlopp från jordbruk	31	35	30	9
Dagvattenutlopp	51	36	10	8
Slakteri	1	84	5	15
Massaindustri	5	83	3	14
Bryggeri	-	86	4	15

**Fråga 4: Hur ofta förekommer följande oplanerade driftstörningar i samband med vattenproduktion och distribution?**

Orsak	Minst varje vecka	Minst varje månad	Minst ett par ggr per år	Minst varje år	Mer sällan	Aldrig	Vet ej	Inget svar
Bristande råvattenkvalitet	2	-	10	11	46	26	-	10
Störning/avbrott i barriärverkan/beredningsprocessen	-	-	14	14	51	15	2	9
Brott på ledningsnät/läckage	12	18	23	14	25	-	3	10
Mänskliga faktorn (ex felkoppling, öppning/stängning av ventil etc)	-	-	6	11	54	20	4	10

1. Lunch och lärande – skollunchens betydelse för elevernas prestation och situation i klassrummet av M Lennernäs.
2. Kosttillskott som säljs via Internet – en studie av hur kraven i lagstiftningen uppfylls av A Wedholm Pallas, A Laser Reuterswärd och U Beckman-Sundh.
3. Vetenskapligt underlag till råd om bra mat i äldreomsorgen. Sammanställt av E Lövestram.
4. Livsmedelssvinn i hushåll och skolor – en kunskaps-sammanställning av R Modin.
5. Riskprofil för material i kontakt med livsmedel av K Svensson, Livsmedelsverket och G Olafsson, Rikisendurskodun (Environmental and Food Agency of Iceland).
6. Kompetensprovning av laboratorier: Mikrobiologi – Livsmedel, Januari 2011 av C Normark, och I Boriak.
7. Proficiency Testing – Food Chemistry, Nutritional Components of Food, Round N 47.
8. Proficiency Testing – Food Chemistry, Trace Elements in Food, Round T-22 by C Åstrand and Lars Jorhem.
9. Riksprojekt 2010. *Listeria monocytogenes* i kyld ätferdig mat av C Nilsson och M Lindblad.
10. Kontroll av rests substanser i levande djur och animaliska livsmedel. Resultat 2010 av I Nordlander, Å Kjellgren, A Glynn, B Aspenström-Fagerlund, K Granelli, I Nilsson, C Sjölund Livsmedelsverket och K Girma, Jordbruksverket.
11. Kompetensprovning av laboratorier: Mikrobiologi – Livsmedel, April 2011 av C Normark, I Boriak, M Lindqvist och I Tillander.
12. Bär – analys av näringsämnen av V Öhrvik, I Mattisson, A Staffas och H S Strandler.
13. Kompetensprovning av laboratorier: Mikrobiologi – Dricksvatten, 2011:1, mars av T Šlapokas C Lantz och M Lindqvist.
14. Kontrollprogrammet för tvåskaliga blötdjur – Årsrapport 2009-2010 – av av I Nordlander, M Persson, H Hallström, M Simonsson, Livsmedelsverket och B Karlsson, SMHI.
15. Margariner och matfetsblandningar – analys av fettsyror av R Åsgård och S Wretling.
16. Proficiency Testing – Food Chemistry, Nutritional Components of Food, Round N 48.
17. Kontroll av bekämpningsmedelsrester i livsmedel 2009 av A Jansson, X Holmbäck och A Wannberg.
18. Klimatpåverkan och energianvändning från livsmedelsförpackningar av M Wallman och K Nilsson.
19. Klimatpåverkan i kylkedjan – från livsmedelsindustri till konsument av K Nilsson och U Lindberg.
20. Förvara maten rätt så håller den längre – vetenskapligt underlag om optimal förvaring av livsmedel av R Modin och M Lindblad.
21. Råd om mat för barn 0-5 år. Vetenskapligt underlag med risk- och nyttovärderingar och kunskapsöversikter.
22. Råd om mat för barn 0-5 år. Hanteringsrapport som beskriver hur risk- och nyttovärderingar, tillsammans med andra faktorer, har lett fram till Livsmedelsverkets råd.
23. Proficiency Testing – Food Chemistry, Trace Elements in Food, Round T-23 by C Åstrand and L Jorhem.
24. Proficiency Testing – Food Chemistry, Vitamins in Food, Round V-9 by A Staffas and H S Strandler.
25. Nordiskt kontrollprojekt om nyckelhålmärkning 2011 av I Lindeberg.
26. Rapport från GMO-projektet 2011. Undersökning av förekomsten av GMO i livsmedel av Z Kurowska.
27. Fat Quality – Trends in fatty acid composition over the last decade by I Mattisson, S Trattner and S Wretling.
28. Kompetensprovning av laboratorier: Mikrobiologi – Dricksvatten, 2011:2, september av T Šlapokas och M Lindqvist.
29. Kontrollen roll skiljer sig mellan livsmedelsbranscherna av T Ahlström, G Jansson och S Sylvén.
30. Kommuners och Livsmedelsverkets rapportering av livsmedelskontrollen 2011 av C Svärd och L Eskilsson.
31. Kompetensprovning av laboratorier: Mikrobiologi – Livsmedel, Oktober 2011 av C Normark och I Boriak.

1. Fisk, skaldjur och fiskprodukter – analys av näringsämnen av V Öhrvik, A von Malmborg, I Mattisson, S Wretling och C Åstrand.
2. Normerande kontroll av dricksvattenanläggningar 2007-2010 av T Lindberg.
3. Tidstrender av tungmetaller och organiska klorerade miljöföroreningar i baslivsmedel av J Ålander, I Nilsson, B Sundström, L Jorhem, I Nordlander, M Aune, L Larsson, J Kuivinen, A Bergh, M Isaksson och A Glynn.
4. Kompetensprovning av laboratorier: Mikrobiologi – Livsmedel, Januari 2012 av C Normark, I Boriak och L Nachin.
5. Mögel och mögelgifter i torkad frukt av E Fredlund och J Spång.
6. Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder av R Dryselius.