

Riskprofil

Dricksvatten och mikrobiologiska risker

av Torbjörn Lindberg och Roland Lindqvist



**LIVSMEDELS
VERKET**

NATIONAL FOOD
ADMINISTRATION, Sweden

Innehåll

Innehåll.....	3
Sammanfattning	3
Summary	5
Bakgrund.....	7
Syfte	7
Avgränsningar.....	8
Dricksvattenförsörjning i Sverige	9
Vattenverk i Sverige.....	9
Säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening i vattenverket.....	10
Mikrobiologisk tillväxt i distributionsanläggningen.....	12
Mikroorganismer och händelser kopplade till vattenburen smitta.....	13
Mikrobiologiska orsaker till vattenburna utbrott i Sverige.....	13
Omfattningen av dricksvattenburen smitta i Sverige 1980 till 2003	14
Underrapportering och sporadiska fall.....	16
Omfattning och trender i Norden	16
Händelser som lett till vattenburen smitta i Sverige	17
Betydelsen av säkerhetsbarriärer i vattenverket	19
Kokningsrekommendationer	19
Beskrivning av mikrobiologiska faror och konsekvenser.....	21
Beskrivning av de viktigaste orsakande mikroorganismerna	21
Konsekvensen av ett vattenburen utbrott.....	23
Exponering och risk	25
Två sätt att uppskatta exponeringen.....	25
Förekomst av patogener i råvatten och dricksvatten.....	26
Utsöndrade halter patogener i avföring.....	28
Konsumtion av dricksvatten.....	28
Mikroorganismgruppernas förmåga att överleva och tillväxa	29
Dos och respons	30
Hur säkert är vattnet – hur stor är risken?.....	31
Analys utifrån svenska förhållanden.....	35
Problembeskrivning	35
Slutsatser	39
Farohändelser och riskhantering	39
Åtgärder i råvattenväkten.....	39
Åtgärder i vattenverken.....	40
Åtgärder i ledningsnätet	40
Utbildning av driftpersonal och tillsynsmyndigheter	41

Underlag för att uppskatta exponeringen och hälsokonsekvenser för svenska konsumenter	41
Riskvärdering	41
Utredning, smittspårning och rapportering.....	42
Litteratur	43
Bilaga 1. Beskrivning av utvalda mikrobiologiska faror i dricksvatten.....	47
Bakterier	47
Virus	50
Protozoer.....	51
Bilaga 2. Metoder att jämföra risker – Disability Adjusted Life Years (DALY)	53

Sammanfattning

Denna riskprofil fungerar som underlag för beslut om åtgärder för att förebygga och att minska risken att drabbas av vattenburen smitta. Årligen rapporteras i Sverige mellan 1 och 13 utbrott (medianvärde 5 utbrott) av vattenburen smitta som drabbar mellan 100 och över 10 000 personer (medianvärde 918 drabbade per år). Den årliga risken att drabbas av vattenburen smitta i Sverige är 1 på 10 000. I de flesta utbrott är den orsakande mikroorganismen okänd. De vanligaste kända är *Campylobacter* och norovirus (calicivirus, inkluderande Norwalk-liknande virus).

Av det totala antalet utbrott vid allmänna och förordnade dricksvattenanläggningar mellan 1995-2003 ägde knappt 70 % rum vid små vattenverk, framför allt vid små grundvattenverk, som saknar mikrobiologiska säkerhetsbarriärer och som är känsliga för försämringar av råvattenkvaliteten, t.ex. vid nederbörd. Trots att de små vattenverken orsakade många utbrott stod medelstora och stora vattenverk för mer än 90 % av antalet sjuka.

I stort sett alla vattenburna utbrott orsakades av att fekalt förorenat (gödsel- eller avloppspåverkat) vatten påverkade dricksvattnet, antingen från råvattentäkten eller genom korskoppling eller inträngning på ledningsnätet (cirka 60 % respektive 40 % av antalet utbrott). Förorenat råvatten, framför allt ytvatten, som trängde igenom vattenverket gav upphov till flest sjuka, cirka 80 % av sjukdomsfallen. I flera fall orsakades utbrotten av brister i konstruktion eller i beredning i vattenverket, brister som antingen var inbyggda eller som uppstod som en följd av dålig optimering eller misstag i den löpande driften.

Mellan 1998 och 2002 förekom det fler än en mikrobiologisk störning per vecka som ledde till att konsumenterna rekommenderas att koka sitt dricksvatten. Det innebär att var 10:e till 20:e svensk konsument i genomsnitt kokade sitt dricksvatten en dag per år.

Infektiösa sjukdomar orsakade av virus, bakterier och parasitära protozoer är den vanligaste och mest utbredda hälsoriskan knuten till dricksvatten. Patogenernas (de sjukdomsframkallande mikroorganismernas) egenskaper och förekomst beskrivs i riskprofilen. Kvantitativa riskvärderingar kan användas för att besvara praktiska frågor om vilka åtgärder som behöver vidtas för att minimera riskerna för vattenburen smitta. Det finns många osäkerhetsfaktorer och kunskapsluckor som försvårar sådan riskvärdering. Kunskapen om förekomst och överlevnad av patogener i rå- och dricksvatten i Sverige är bristfällig. För framför allt virus och protozoer hämmas kunskapsuppbyggnaden av bristen på enkla analysmetoder. Det saknas även metoder för att utvärdera hur effektiva de mikrobiologiska säkerhetsbarriärerna i vattenverken är. Uppgifterna om konsumtionen av dricksvatten är knapphändiga. Det finns dosrespons samband framtagna för flera av de patogener som är aktuella i dricksvattensammanhang, men dessa är i

varierande grad behäftade med samma generella begränsningar som andra dosresponsmodeller.

Konsekvenserna av en vattenburen smitta kan vara stora. Om 20-90 % av de anslutna till ett större vattenverk drabbas av sjukdom och är frånvarande från arbetet i en eller flera dagar innebär det stora kostnader för både den enskilde och samhället. Konsekvenserna av dricksvattenburen smitta kan även uppskattas på annat sätt än i monetära termer. En metod som beskrivs i riskprofilen är Disability Adjusted Life Years (DALY).

Siffror på rapporterad sjukdom representerar främst sjukdomsfall som uppmärksammas vid utbrott. I mindre grad fall speglar siffrorna den endemiska (bakomliggande) nivå av dricksvattenburen smitta som är resultatet av en ofta låggradig förorening av dricksvattnet. Den endemiska nivån är okänd men har föreslagits vara den viktigaste ur risksynpunkt.

För att säkerställa försörjningen av mikrobiologiskt säkert dricksvatten behövs både väl skyddade råvattentäkter och effektiva mikrobiologiska säkerhetsbarriärer i beredningen som förmår reducera halten av patogener i råvattnet till tolerabla nivåer. Dessutom måste distributionsanläggningen vara konstruerad och underhållas på ett sätt som förhindrar direkt kontaminering t.ex. genom baktryck eller läckage av förorenat vatten. Rutinerna för att åstadkomma detta bör så långt det är möjligt vara grundade på principerna för HACCP. I stort sett alla patogener som kan förekomma i avlopp och gödsel skulle också kunna dyka upp i råvattnet. Detta talar för att effektiva riskförebyggande åtgärder inte kan utlösas selektivt och vid misstanke, utan bör vara generella och kontinuerligt verkande.

Summary

This risk profile forms a basis for decisions on actions to prevent and reduce the risk for waterborne disease. Each year, between 1 and 13 outbreaks of waterborne disease (median 5 outbreaks) are reported in Sweden, affecting from 100 to over 10 000 persons (median 918 affected per year). The yearly risk to suffer a waterborne disease in Sweden is 1 in 10 000. The causative agent is unknown in the majority of outbreaks. The most commonly known agents are *Campylobacter* and norovirus (calicivirus, including Norwalk-like virus).

Between 1995 and 2003, a little less than 70 % of the total number of outbreaks in public water supplies occurred in small supplies, especially small groundwater supplies with waterworks lacking microbial barriers, therefore being sensitive to deteriorating raw water quality, for example after precipitation. In spite of the high number of outbreaks in small supplies, medium-sized and large supplies accounted for more than 90 % of the number of ill persons.

Basically, all waterborne outbreaks were caused by faecally contaminated (manure or sewage) water affecting the drinking water, either from the raw water source or by cross-connection or intrusion during distribution (approximately 60 % and 40 % of the number of outbreaks, respectively). Contaminated raw water, particularly surface water, which penetrated the waterworks caused approximately 80 % of the number of ill persons. The outbreaks were in several cases caused by imperfect construction or treatment in the waterworks, defects that were either built in or arose from bad optimization or mistakes in the running operation of the waterworks.

Between 1998 and 2002, there was more than one microbial disturbance per week that lead to a boil-water recommendation. That means that every 10th to every 20th Swede was recommended to boil the drinking water one day per year.

Infectious disease caused by virus, bacteria or parasitic protozoa is the most common and widely spread health risk connected to drinking water. The characteristics and occurrences of pathogenic (disease-causing) microorganisms are described in the risk profile. Quantitative risk assessment can be used to answer practical questions on measures needed to minimize the risk for waterborne disease. There are many uncertainty factors and knowledge gaps that complicate such risk assessments. The knowledge of occurrence and survival of pathogens in raw- and drinking water in Sweden is scarce. Especially for virus and protozoa, the collection of information is hampered by the lack of simple analytical methods. Also, methods are lacking for the evaluation of the effectiveness of the microbial barriers in the waterworks. Information about the consumption of drinking water is meagre. There are published dose-response associations for

several relevant drinking water pathogens. However, they are in varying extent afflicted with the same general limitations as other dose-response models.

The consequences of a waterborne outbreak can be serious. If 20–90 % of the people connected to a large waterworks are stricken with illness and absent from work for one or several days, the cost will be substantial for the individual as well as for society. The consequences of waterborne disease can be estimated in other ways than in monetary terms. One method described in the risk profile is Disability Adjusted Life Years (DALY).

The reported figures on disease mainly represent cases of illness connected to outbreaks. To a lesser extent do the figures represent the endemic (background) level of waterborne disease often caused by a low level of contamination of the drinking water. The endemic level is unknown, but has been proposed to be the most important from a risk point of view.

To ensure the provision of microbiologically safe drinking water, you need both well-protected raw water sources and effective microbiological barriers in the treatment with the ability to reduce the levels of pathogens in the raw water to tolerable levels. Moreover, the distribution system must be constructed and maintained in a way as to prevent direct contamination through for example backpressure or leakage. The routines to achieve this should as far as possible be based on the HACCP principles. Virtually all the pathogens that can be assumed to be present in sewage and manure could also turn up in the raw water. This indicates that effective, risk-preventing measures cannot be triggered selectively. Instead they should be general and continuously active.

Bakgrund

I sin egenskap av livsmedel hanteras dricksvatten lagstiftningsmässigt i Livsmedelslagen, Livsmedelsförordningen och i Livsmedelsverkets föreskrifter. Även om livsmedelslagstiftningen är viktig och central, täcker den inte alla aspekter av dricksvattenförsörjningen. Som exempel är dricksvattnets kvalitet central för Livsmedelsverkets myndighetsområde, medan tillgång och pris regleras av annan lagstiftning. Dricksvatten är inte bara vatten avsett att konsumeras utan används samtidigt som tvättvatten, duschvatten, släckvatten, badvatten, bärare av avlopp m.m. I sin egenskap av samhällsfunktion behandlas dricksvattenfrågor även i Miljöbalken och i VA-lagen. Antalet lagar och myndigheter som direkt eller indirekt behandlar vattenfrågor är avsevärt, vilket ofta ger dricksvattenfrågor en relativt stor komplexitet.

På Livsmedelsverket behandlas riskhanteringsaspekterna på T och R-avdelningarna medan de mikrobiologiska riskvärderings- och FoU-frågorna ingår i mikrobiologiska enhetens uppgifter. De senaste åren har ny lagstiftning i form av EU:s nya dricksvattendirektiv införlivats och bättre kunskap om nya sjukdomsframkallande mikroorganismer i dricksvatten, t.ex. virus och parasitära protozoer, växer fram. Mot denna bakgrund är det angeläget att göra en översyn av dricksvattenområdet vad gäller mikrobiologiska faror för att få ett underlag för Livsmedelsverkets fortsatta agerande.

Syfte

Riskprofilen innebär en genomgång av relevant litteratur för att sammanfatta kunskapsläget inom området ur ett svenskt perspektiv. Riksprofilen är tänkt som ett underlag för beslut om åtgärder för att förebygga och att minska risken för konsumenter att drabbas av sjukdom vid konsumtion av dricksvatten. Syftet är

- att identifiera viktiga mikrobiologiska faror,
- att identifiera befintligt underlag för att uppskatta exponeringen och hälsokonsekvenser för svenska konsumenter,
- att identifiera viktiga kunskapsluckor,
- att ge underlag till fortsatt agerande.

Avgränsningar

Riskprofilen omfattar de delar av dricksvattenförsörjningen där Livsmedelsverket har ett myndighetsansvar. Det innebär att profilen är inriktad på storskalig vattenförsörjning. Mellan 1,0 och 1,5 miljoner svenskar får sitt dricksvatten helt eller delvis från enskild vattenförsörjning. Sådan dricksvattenförsörjning ligger utanför Livsmedelsverkets myndighetsansvar och ingår inte i riskprofilen annat än som exempel. Riskprofilen omfattar problem och frågeställningar för dricksvatten som distribueras till användarna via ledningsnät. Det innebär att förpackat vatten (naturligt mineralvatten, källvatten, bordsvatten) inte ingår, trots att området är Livsmedelsverkets myndighetsansvar. Risker förknippade med terroristhandlingar ingår inte i riskprofilen.

Riskprofilen är begränsad till mikrobiologiska faror som kan ge upphov till sjukdom genom direkt konsumtion av dricksvatten, motsvarande Kategori A enligt Mara & Feachem (1999). Det innebär att mikroorganismer som Legionella (inhalation), svamp eller aktinomyceter (hudirritationer i sällsynta fall och vid mycket höga halter) inte ingår, trots att de problem som de orsakar kan betraktas som vattenburna. Sjukhuspatienter med nedsatt immunförsvar kan drabbas av infektioner orsakade av opportunistiska patogener (sjukdomsframkallande mikroorganismer), varav några även kan finnas i dricksvatten. Sådana risker behandlas inte i riskprofilen. Dricksvattnets kvalitet påverkar även andra livsmedel både i enskilda hushåll och vid yrkesmässig hantering och produktion av livsmedel. Ett dåligt dricksvatten kan kontaminera livsmedlet och, om förutsättningarna är de rätta, ge upphov till sjukdom. Denna smittväg ingår inte i riskprofilen.

Utformandet av en riskprofil över dricksvatten är naturligtvis en gigantisk uppgift även med dessa avgränsningar. Vi försöker ge tillräckligt djup i rapporten till de olika områdena som behandlas utifrån syftet med rapporten. Av nödvändighet blir detaljeringsnivån mycket varierande mellan olika områden då ett urval är nödvändigt.

Dricksvattenförsörjning i Sverige

I Sverige försörjs cirka 50 % av befolkningen med dricksvatten som bereds från ytvatten (sjöar och vattendrag) och cirka 50 % med dricksvatten från bereds från grundvatten. Ytvattenverken är färre än grundvattenverken, men i de flesta fall större. Som exempel försörjs Stockholm, Göteborg, Linköping och Norrköping med ytvatten, medan Uppsala och Malmö (delvis) försörjs med grundvatten.

Ytvatten innehåll mer organiskt material, fler mikroorganismer och uppvisar större och snabbare variationer i kvalitet än grundvatten. Därför har vattenverk som använder ytvatten som råvatten normalt mer komplicerade beredningsprocesser än vattenverk som använder grundvatten som råvatten. Bra råvattenkvalitet gör det lättare att producera ett bra dricksvatten genom att beredningen i vattenverket kan göras enkel.

Skyddet av vattentäkter är av avgörande betydelse för en bra råvattenkvalitet. I Sverige hade år 2000 cirka 60 % av vattentäkterna skyddsområden med skyddsområdesbestämmelser, men flera skyddsområden är gamla och inte ändamålsenliga (Christina Nordensten pers. medd. 2004).

Vattenverk i Sverige

I Sverige är de flesta större vattenverk allmänna (allmänförklarade enligt VA-lagen) och ägs och drivs av kommunen, antingen av en kommunal förvaltning eller i form av ett kommunägt bolag. Det blir emellertid allt vanligare att delar av dricksvattenförsörjning konkurrensutsätts, i första hand genom att privata entreprenörer anlitas för driften (produktionen av dricksvatten), medan vattenverk och distributionsanläggning fortfarande ägs av kommunen. I Norrköping har dock även anläggningarna sålts till en privat aktör, Sydkraft, som nu förser Norrköpingsborna med dricksvatten. I andra länder i Europa, framför allt i England och Frankrike, är den största delen av dricksvattenförsörjningen privat.

En bild av det totala antalet vattenverk i Sverige kan man få av kommunernas rapportering till Livsmedelsverket av dricksvattentillsynen. I rapporteringen ingår förutom allmänna vattenverk även så kallade förordnade vattenverk, det vill säga de vattenverk där kommunen i egenskap av tillsynsmyndighet förordnat om egen-tillsyn. Dricksvattenförsörjningen i Sverige karaktäriseras av många små anläggningar för dricksvattenförsörjning (Tabell 1). Cirka 80 % av antalet vattenverk är små grundvattenverk. Det största vattenverket i Sverige, Norsborg i Stockholm, försörjer cirka 600 000 människor. I andra länder i Europa förekommer det vattenverk som försörjer lika många personer som hela Sveriges befolkning.

Tabell 1. Allmänna och förordnade vattenverk i Sverige (Rosling 2002)

	Antal (%) vattenverk			Totalt
	Små (<1 000 försörjda)	Medelstora (1 000 - 4 000 försörjda)	Stora (>4 000 försörjda)	
Råvatten				
Grundvatten ^a	3 505 (82)	274 (6)	163 (4)	3 942 (92)
Ytvatten ^b	186 (4)	50 (1)	92 (2)	328 (8)
Totalt	3 691 (86)	324 (8)	255 (6)	4 270 (100)

^aInfiltrerat grundvatten ingår i grundvatten

^bBlandat yt- och grundvatten ingår i ytvatten

Säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening i vattenverket

Det viktigaste syftet med beredningen i vattenverket är att göra dricksvattnet hälsomässigt säkert vid alla tidpunkter under alla rimligt förutsägbara förhållanden. Beredningen är ofta utformad för att avskilja partikulärt material genom filtrering (ofta efter kemisk fällning), inklusive organiskt material och mikroorganismer associerade till organiskt material, samt för att inaktivera mikroorganismer genom kraftig oxidation (desinfektion). Filtrering och desinfektion fungerar därmed som säkerhetsbarriärer mot förorening av dricksvattnet med sjukdomsframkallande mikroorganismer i råvattnet. Däremot hjälper inte säkerhetsbarriärer i vattenverket mot föroreningar som tillförs eller uppstår i distributionsanläggningen (ledningsnät, reservoarer och liknande), det vill säga under transporten mellan vattenverk och användare.

En av målsättningarna med beredningen är att motverka mikrobiologiska föroreningar av olika karaktär och med olika egenskaper. Ett vattenverk med flera säkerhetsbarriärer fungerar därför bäst om avskiljning (t.ex. kemisk fällning) kombineras med inaktivering (desinfektion). Sverige har en lång tradition att använda fällning och filtrering i beredningen av ytvatten. En orsak är att Sverige har många ytvatten med höga halter organiskt material (humösa ytvatten). En effektiv avskiljning minskar desinfektionsbehovet. De halter klorbaserade desinfektionsmedel som används i Sverige är internationellt sett låga. Många dricksvatten som bereds från grundvatten distribueras utan desinfektion. Det finns en trend mot minskande eller ingen desinfektion, speciellt kemisk desinfektion med klorföreningar. Flera svenska vattenverk har dock börjat använda UV-belysning i stället för klor som desinfektion.

Antal säkerhetsbarriärer

I Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (nuvarande beteckning SLVFS 2001:30) finns sedan 15 år tillbaka ett krav på att beredningen ska vara försedd med ett tillräckligt antal mikrobiologiska säkerhetsbarriärer. I vägledningen till dricksvattenföreskrifterna finns schablonmässiga rekommendationer om hur många mikrobiologiska säkerhetsbarriärer som kan vara lämpligt vid vattenverk. Rekommendationerna utgår från typ av råvatten och råvattnets normala mikrobiologiska kvalitet. De tar alltså inte hänsyn till eventuella kortvariga händelser med dålig mikrobiologisk kvalitet.

Säkerhetsbarriärer vid större allmänna vattenverk i Sverige

Vattenproducenternas branschorganisation i Sverige, Svenskt Vatten (tidigare Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, VAV), samlar in och sammanställer statistik om större allmänna vattenverk. Den senaste sammanställningen gäller läget 1994 och omfattar 375 vattenverk (VAV 1996). För huvuddelen av vattenverken finns information om beredningsprocesserna. Trots att sammanställningen bara motsvarar knappt 10 % av det totala antalet vattenverk svarade de för 86 % av den totala vattenproduktionen från allmänna vattenverk. Det är rimligt att anta att de flesta av de cirka 3 500 små grundvattenverken saknar mikrobiologiska säkerhetsbarriärer (Tabell 1).

Avskiljningsbarriärer

Cirka hälften av dricksvattenproduktionen vid de större allmänna vattenverken ägde rum utan avskiljningsbarriärer (Tabell 2). Det beror huvudsakligen på att grundvattenverk inte använder avskiljningsbarriärer. Däremot använder de flesta ytvattenverk avskiljningsbarriärer, vanligtvis i form av kemisk fällning med åtföljande snabbfiltrering och/eller långsamfiltrering. Trots detta bereddes cirka 9 % av ytvattnet till dricksvatten utan någon avskiljningsbarriär.

Tabell 2. Mikrobiologiska säkerhetsbarriärer som baseras på avskiljning av sjukdomsframkallande mikroorganismer vid större allmänna vattenverk i Sverige (VAV 1996)

	Dricksvattenproduktion per år, Mm ³ (%)			Antal vattenverk
	Antal avskiljningsbarriärer		Totalt	
Råvatten	Ingen	En eller två	Totalt	
Grundvatten	328 (49)	0 (0)	328 (49)	217
Ytvatten	30 (4)	308 (46)	338 (51)	100
Totalt	358 (54)	308 (46)	666 (100)	317

Tabell 3. Mikrobiologiska säkerhetsbarriärer som baseras på inaktivering av sjukdomsframkallande mikroorganismer vid större allmänna vattenverk i Sverige (VAV 1996)

Råvatten	Dricksvattenproduktion per år, Mm ³ (%)			Antal vattenverk
	Antal inaktiveringsbarriärer			
	Ingen	En eller två	Totalt	
Grundvatten	208 (26)	120 (15)	328 (40)	217
Ytvatten	241 (30)	245 (30)	486 (60)	Okänt
Totalt	449 (55)	365 (45)	814 (100)	Okänt

Inaktiveringsbarriärer

Drygt hälften av dricksvattenproduktionen ägde rum utan inaktiveringsbarriärer i form av desinfektion, med ungefär lika fördelning mellan grundvatten- och ytvattenverk (Tabell 3). Det kan verka förvånande att så stor del av ytvattenproduktionen äger rum utan inaktiveringsbarriärer. En förklaring är att desinfektion med kloramin enligt tradition i Sverige har betraktats som en säkerhetsbarriär i paritet med desinfektion med t.ex. klorgas eller hypoklorit. I Livsmedelsverkets vägledning till dricksvattenföreskrifterna liksom i denna sammanställning, betraktas desinfektion med kloramin inte som en mikrobiologisk säkerhetsbarriär. I vägledningen rekommenderas att ytvattenverk ska vara försedda med 2-3 säkerhetsbarriärer, beroende på råvattnets kvalitet, och att både avskiljning och inaktivering ska användas.

Mikrobiologisk tillväxt i distributionsanläggningen

Mikrobiologisk tillväxt i distributionsanläggningen kan i sig ge lukt och smak, men orsakar även biofilmbildning som i sin tur kan förbruka desinfektionsmedel, påskynda korrosion eller sätta igen installationer. Biofilm kan också skydda sjukdomsframkallande mikroorganismer från desinfektion och från spolning/omsättning. Om dricksvattnet förorenats mikrobiologiskt t.ex. från råvattnet kan alltså en kraftig biofilmbildning i distributionsanläggningen göra det svårare att ta bort föroreningen. Viktiga förutsättningar för låg mikrobiologisk tillväxt är:

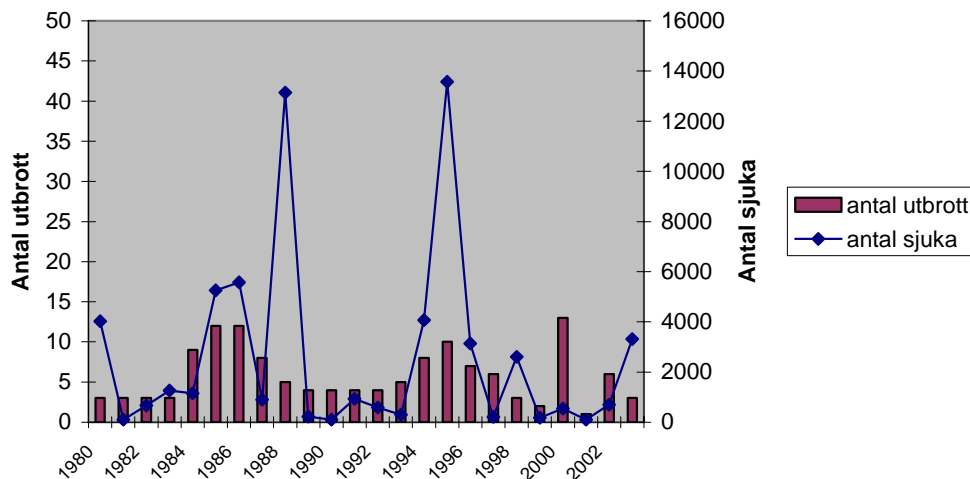
- låg temperatur,
- lågt innehåll av organiska och oorganiska ämnen,
- lågt innehåll av mikroorganismer.

Mikroorganismer och händelser kopplade till vattenburen smitta

Primärt görs utbrotsutredningar för att identifiera de tekniska och omgivningsmässiga orsakerna bakom ett utbrott. Syftet är att åtgärda och korrigera felaktigheter i det aktuella systemet. Men av lika stort värde är att kunna återföra dess kunskaper och erfarenheter till preventiva åtgärder i andra system (Anonym 1994). Därför är de utbrott som inträffar, utreds och rapporteras ett viktigt underlag för att förstå omfattningen av och orsakerna bakom utbrott av dricksvattenburen smitta idag.

Mikrobiologiska orsaker till vattenburna utbrott i Sverige

Antalet rapporterade utbrott och vilka som rapporteras varierar över tiden beroende på befintlig kunskap, graden av intresse hos de ansvariga myndigheterna och på de diagnostiska möjligheterna (Andersson 1992). Innan goda diagnostiska möjligheter fanns var det i första hand utbrott med allvarliga symptom och dödsfall som rapporterades. Vidare så avspeglar de mikrobiologiska orsakerna till vattenburna utbrott den hygieniska standarden och vilka typer av sjukdomsframkallande mikroorganismer som cirkulerar i samhället (Anonym 2001). Mellan 1880 och 1979 rapporterades 77 utbrott med sammanlagt 26 867 sjukdomsfall och 789 dödsfall. Vid de flesta utbrotten, 88 %, kunde orsakande agens identifieras. De vanligaste rapporterade sjukdomarna var tyfoidfieber (paratyfoidfieber), shigellos, hepatit A, och polio (Andersson 1992). I slutet av 1800-talet och början av 1900-talet orsakades de vattenburna utbrotten ofta av att man använde obehandlat ytvatten eller vatten från dåligt konstruerade grävda brunnar. I takt med den förbättrade hygien i samhället så har förekomsten av hepatit A och polio drastiskt minskat. Men trots den förbättrade hygien och den tekniska utvecklingen inom dricksvattenberedningen rapporteras fortfarande många vattenburna utbrott.



Figur 1. Antalet rapporterade vattenburna utbrott och drabbade personer per år mellan 1980 och 2003

Omfattningen av dricksvattenburen smitta i Sverige 1980 till 2003

Mellan 1980-89 rapporterades nästan lika många vattenburna sjukdomsutbrott sammanlagt, drygt 60 stycken, som under de tidigare 100 åren (Andersson 1992). Till skillnad från den tidigare perioden så var utbrotten 1980-89 lindrigare, inga dödsfall rapporterades, och orsakades oftare av nya eller okända agens. Mellan 1980 och 2003 rapporterades totalt 138 utbrott med sammanlagt 62 667 drabbade personer och två dödsfall. Årligen har mellan 1 och 13 utbrott rapporterats (medianvärde 5 utbrott per år) som har drabbat mellan 100 och 13 574 personer (medianvärde 918 drabbade per år, Figur 1). Incidensen av rapporterad vattenburen sjukdom kan från dessa siffror beräknas till 10 fall per 100 000 invånare och år (medianvärdet av drabbade och antagande en befolkning på 8,9 miljoner). Uttryckt på ett annat sätt så är den årliga risken att drabbas av en vattenburen sjukdom en på 10 000.

Vid utbrotten från 1980 och framåt har ett agens kunnat påvisas i lägre grad än vid utbrott från den tidigare 100-årsperioden. Den vanligaste kända orsaken under perioden 1980-89 var *Campylobacter* vilken utpekades i 6 utbrott med sammanlagt 2 264 fall (Tabell 4). Fyra parasitutbrott förekom där *Giardia intestinalis* (*lamblia*) kunde påvisas vid samtliga. Ett av dessa utbrott orsakades av flera agens då även *Entamoeba histolytica* påvisades (Andersson 1992). Vid flertalet av utbrotten med okänt agens var vattnet otjänligt (Andersson 1992). Vid några av dessa utbrott påvisades patogena, fakultativt patogena eller toxinbildade bakterier från vattnet. Då dessa inte kunde isoleras från de sjuka personerna eller då tveksamhet förelegat om deras sjukdomsframkallande förmåga ansågs de ändå ha en okänd etiologi. Vid några utbrott kunde rotavirus respektive Norwalk-virus isole-

Tabell 4. Mikrobiologiska orsaker till vattenburna utbrott åren 1980-89. Tabellen bygger på data från Andersson (1992)

Infektion/Agens	Antal utbrott	Antal sjuka
<i>Salmonella Enteritidis</i>	1	3
<i>Shigella</i>	1	4
<i>Campylobacter</i>	6	2 264
<i>Giardia intestinalis (lamblia)</i> ^a	4	1 591
<i>Entamoeba histolytica</i> ^a	1	106
Okänt	51	29 982
Totalt^a	63	32 310

^aVid ett utbrott påvisades fler än ett agens

ras från enstaka personer enbart och därför fördes dessa utbrott till gruppen okända (Andersson 1992).

Bilden av de mikrobiologiska orsakerna för utbrotten mellan 1992 och 2003 (Tabell 5) liknar i stort perioden före (Tabell 4). Den vanligaste kända orsaken för rapporterade utbrott är fortfarande *Campylobacter* med 13 utbrott och över 9 000 fall (Tabell 5). Den skillnad som kan utläsas är att norovirus (inkluderande Norwalk-liknande virus) nu förekommer som en orsak och dessutom som den näst vanligaste (Tabell 5). Detta kan spegla en reell förändring men hänger troligen samman med förbättrade metoder och resurser för att påvisa norovirus vid utbrott. Observationen att andelen utbrott med okänd etiologi är lägre för den senare ($41/68=0,60$) perioden än den tidigare ($51/62=0,82$; Tabell 2 och 3), stödjer den senare tolkningen.

Det går inte att utläsa någon långsiktig trend i antalet rapporterade utbrott och drabbade personer utan dessa uppvisar en stor variation mellan åren, särskilt vad gäller antalet drabbade personer (Figur 1).

Tabell 5. Mikrobiologiska orsaker till vattenburna utbrott åren 1992-2003

Agens	Antal utbrott	Antal sjuka
<i>Campylobacter</i>	13	9 291
Norovirus ^a	9	971
<i>Giardia</i>	2	43
Flera agens ^b	3	111
Okänt	41	18 906
Totalt	68	29 322

^aTidigare benämningar Norwalk-virus, Norwalk-liknande virus

^b*Campylobacter* och norovirus, flertal olika virus och *Campylobacter*, *Giardia* och presumtiv *E. coli*

Underrapportering och sporadiska fall

Hur många inträffade utbrott som av olika anledningar inte upptäcks eller rapporteras och därför inte representeras i tabellen är okänt. Gjorda uppskattningar om graden av underrapportering varierar mycket vilket förmodligen reflekterar olika övervaknings- och sjukvårdssystem likaväl som skillnader i förekomsten av utbrott (Andersson & Bohan 2001). Korrigeringsfaktorer på mellan 20 – 38 (livsmedelsrelaterade patogener i USA) och 200 (vattenburen smitta i Indien) har rapporterats (citerat i Andersson & Bohan 2001). Underrapporteringen av livsmedelsburen smitta i Sverige gällande fall relaterade både till utbrott och sporadiska fall, har i en studie uppskattats till en faktor 67 (Lindqvist et al. 2001).

Till de upptäckta utbrotten kommer de sporadiska fallen vilka endast undantagsvis rapporteras eller undersöks. De få uppskattningar som finns över omfattningen av dessa visar att de sporadiska fallen inte är försumbara. En kanadensisk studie visade att 35 % av episoderna av besvär från mag-tarmkanalen som drabbar folk beror på konsumtion av kranvatten som uppfyllde befintliga mikrobiologiska riktlinjer (Payment et al. 1991a). Andra studier har visat på betydligt lägre siffror. I den kanadensiska studien inträffade fler fall bland dem som konsumerade vanligt kranvatten jämfört med den grupp som fick vattnet filtrerat vid kranöppningen och ökningen berodde på att mottagliga personer ("susceptible") drabbades av fler episoder inte att fler personer drabbades. En svensk studie som teoretiskt undersökt hur olika typer av driftstörningar i ett hypotetiskt vattenverk påverkar risken för infektion visade att den större andelen av de potentiella infektionerna orsakas av de 345 dagarna med normal drift, inte de 20 dagarna med olika typer av driftstörningar (Westrell et al. 2003). Orsaken till den mindre betydelsen av driftstörningen förklarades av att dessa hade kort varaktighet och att det blev en kraftig utspädningseffekt i vattenverket.

Omfattning och trender i Norden

En internationell jämförelse ger främst information om vilka faktorer i dricksvattenberedningen som påverkar uppkomsten av sjukdom och vilka möjliga agens som kan bidra till gruppen utbrott orsakade av okända agens eftersom dricksvatten inte handlas över gränserna. I Norden rapporterades mellan 1975 och 1991, cirka 100 utbrott i allmänna vattensystem och ytterligare 40 i enskilda system. De mikrobiologiska orsakerna bakom de övriga nordiska ländernas utbrott skiljer sig inte från de svenska och inkluderar bakterier såsom *Campylobacter*, virus såsom norovirus och protozoer såsom *Giardia* och *Cryptosporidium* (Anonym 1994). Vid många av dessa utbrott anmäldes primärt få personer som sjuka men uppföljningar har visat att i 30 % av utbrotten i allmänna system och i 52 % i privata och enskilda system så drabbades mer än 60 % av de anslutna personerna av sjukdom. Frekvensen av utbrott i Norden som en enhet var likartad i system

Tabell 6. Antal utbrott och antal sjuka i vattenburen smitta vid allmänna och förordnade dricksvattenanläggningar i Sverige 1995-2003

Anläggningarnas storlek	Antal (%) vid olika råvatten					
	Grundvatten ^a		Ytvatten		Totalt	
	Utbrott	Sjuka	Utbrott	Sjuka	Utbrott	Sjuka
Små (<1000 försörjda)	22 (63)	1 582 (6)	1 (3)	215 (1)	23 (66)	1 797 (7)
Medelstora (1000-4000 försörjda)	2 (6)	1 800 (7)	1 (3)	400 (2)	3 (9)	2 200 (9)
Stora (>4000 försörjda)	4 (11)	7 315 (29)	5 (14)	13 485 (54)	9 (26)	20 800 (84)
Totalt	28 (80)	10 697 (43)	7 (20)	14 100 (57)	35 (100)	24 797 (100)

^aInfiltrerat grundvatten ingår i grundvatten

försörjda med ytvatten respektive grundvatten men skillnader förelåg mellan länderna. Få utbrott rapporterades från Danmark och Island med övervägande grundvatten, medan frekvensen på populationsbasis var likartad för Finland och Sverige (50/50 grund-/ytvatten) och Norge (ca 85 % ytvatten).

Händelser som lett till vattenburen smitta i Sverige

Vattenburen smitta vid olika typer av anläggningar 1980-1994

Enligt Andersson & de Jong (1995) orsakades drygt 70 % av antalet utbrott av vattenburen smitta 1980-1994 av anläggningar med grundvatten som råvatten. Små grundvattenverk (mindre än 100 personer anslutna) stod för cirka 45 % av antalet utbrott. Stora vattenverk orsakar sällan vattenburen smitta, mer när det sker påverkar det statistiken kraftigt eftersom många människor blir sjuka. Stora vattenverk (fler än 1 000 personer anslutna) stod för 20 % av utbrotten men 90 % av sjukdomsfallen 1980-1994.

Vattenburen smitta vid olika typer av anläggningar 1995-2003

För att undersöka om situationen har förändrats under senare år gjordes en genomgång av de utbrott av vattenburen smitta som kommunerna rapporterat till Livsmedelsverket 1995-2003. Kommunrapporteringen omfattar bara allmänna och förordnade dricksvattenanläggningar. Därför skiljer sig omfattningen något

Tabell 7. Orsaker till vattenburen smitta vid allmänna och förordnade dricksvattenanläggningar i Sverige 1995-2003

Orsak	Antal (%) ^a			
	Utbrott		Sjuka	
Förorening av råvattnet	20	(61)	19 959	(81)
Förorening under distribution	13	(39)	4 618	(19)
Totalt	33	(100)	24 577	(100)

^aFör två händelser gick det inte att avgöra vad som var orsaken

från sammanställningarna från Smittskyddsinstitutets statistik, där även en del enskilda täkter ingår. Den tillgängliga informationen skiljer sig från utbrott till utbrott. Av den anledningen kan underlaget skilja mellan de olika frågeställningar som behandlas nedan.

I överensstämmelse med tidigare undersökningar ägde knappt 70 % av det totala antalet utbrott rum vid små vattenverk, framför allt vid små grundvattenverk (mindre än 1 000 personer försörjda). Trots att de små vattenverken orsakade många utbrott stod de för mindre än 10 % av antalet sjuka. Medelstora och stora vattenverk (över 1 000 personer försörjda) stod alltså, som tidigare, för mer 90 % av antalet sjuka (Tabell 6).

Det största utbrottet under perioden drabbade Ringsjöverket 1995 (Wahren 1996). Vattenverket använder ytvatten och försörjer cirka 80 000 personer i flera kommuner i Skåne. Drygt 10 000 personer insjuknade, vilket gör att detta enda utbrott svarade för cirka 40 % av alla sjukdomsfall under perioden.

Tekniska orsaker till vattenburen smitta 1975-1991

Enligt Stenström (1994) orsakades cirka hälften av antalet vattenburna utbrott i de nordiska länderna av att avloppsvattenpåverkat råvatten förorenade dricksvattnet, antingen genom att det uppstod problem med desinfektionen på ytvattenverk, eller, på grundvattenverk med infiltration, att infiltrationen inte förmådde rena råvattnet. Cirka en fjärdedel av utbrotten orsakades av baksug, korskoppling, efterväxt och liknande problem på vägen mellan vattenverk och konsument, medan cirka en fjärdedel hade okänd orsak.

Tekniska orsaker till vattenburen smitta 1995-2003

Cirka 60 % av antalet vattenburna smittor orsakades av att fekalt (avlopps- eller gödselpåverkat) förorenat råvatten passerade vattenverket, medan cirka 40 % orsakades av att fekalt påverkat vatten rann eller trycktes in under distributionen (Tabell 7). Förorening av råvattnet var orsaken till cirka 80 % av sjukdomsfallen, beroende på några få stora utbrott, bland annat det stora ytvattenutbrottet i Skåne som nämnts ovan.

Tabell 8. Vattenburen smitta orsakad av förorenat råvatten vid allmänna och förordnade dricksvattenanläggningar i Sverige 1995-2003

Antal barriärer i vattenverket	Antal (%)			
	Utbrott		Sjuka	
Inga	16	(80)	6 637	(33)
En	3	(15)	3 440	(17)
Två	0	(0)	0	(0)
Tre	1	(5)	10 000	(50)
Totalt	20	(100)	20 077	(100)

Betydelsen av säkerhetsbarriärer i vattenverket

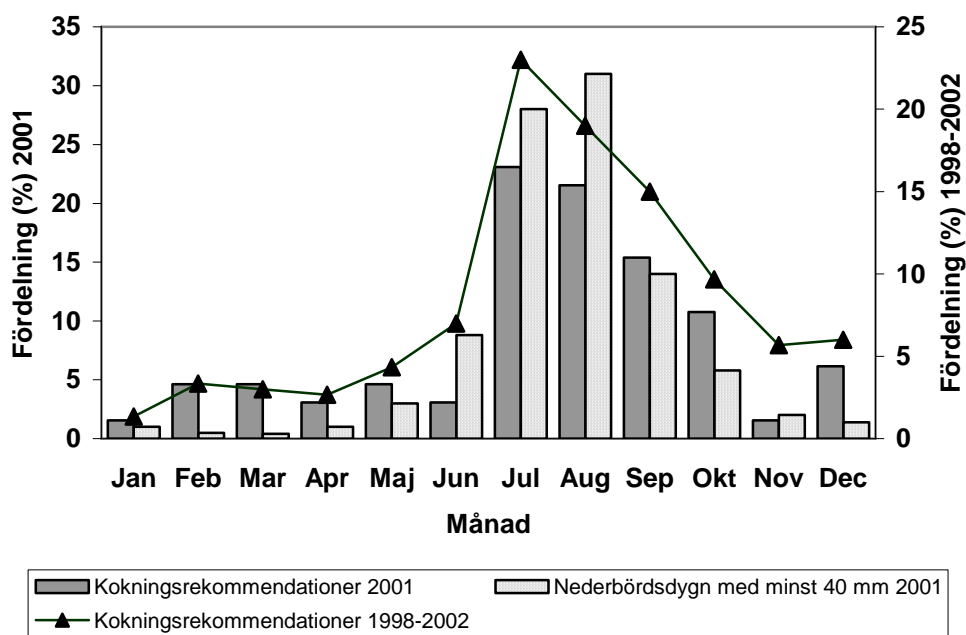
Dricksvattenföreskrifterna innehåller sedan 1990 ett krav på att beredningen i vattenverket ska innehålla ett tillräckligt antal säkerhetsbarriärer mot mikrobiologisk förorening, och att vissa säkerhetsbarriärer ska vara försedda med larm. De Jong (1994) beräknade att knappt 60 % av sjukdomsfallen på grund av vattenburen smitta under tio år före dricksvattenföreskrifterna orsakades av brister i säkerhetsbarriärer eller larmsystem i vattenverket.

Vattenverk utan säkerhetsbarriärer stod för 80 % av de utbrott under perioden 1995-2003 som orsakades av att förorenat råvatten passerade vattenverket (Tabell 8). Samtliga var grundvattenverk. Eftersom vattenverken var små var antalet sjuka proportionellt mindre än antalet utbrott, drygt 30 %.

Utbrottet vid Ringsjöverket med tre barriärer visar att även ett stort ytvattenverk med avancerad beredning kan råka ut för vattenburen smitta. Bakgrunden till utbrottet var att den ordinarie vattentäkten inte kunde användas. Därför användes reservvattentäkten, som har sämre mikrobiologisk kvalitet än den ordinarie täkten. Vid ett tillfälle kopplade man in en råvattenledning där råvattnet hade stått länge och försämrats ytterligare. Det ledde till att dricksvattnet fick dålig smak. För att motverka smakproblemet minskades kloreringen till cirka hälften (Wahren 1996). Det går inte i efterhand att avgöra om utbrottet hade kunnat undvikas om kloreringen hade behållits på den ordinarie nivån.

Kokningsrekommendationer

En kokningsrekommendation kan betraktas som en indikation på en allvarlig mikrobiologisk störning som nödvändigtvis inte leder till ett vattenburet utbrott. Van-



Figur 2. Fördelning av kokningsrekommendationer (n=65) och kraftig nederbörd (n=97) mellan olika månader 2001. Kokningsrekommendationer 1998-2002 (n=300) inlagda för jämförelse (SMHI 2001; Rosling 2003)

ligen utfärdas kokningsrekommendationer efter att koliforma bakterier upptäcks i dricksvattnet i samband med en rutinmässig analys. Eftersom analyserna utförs sällan är antalet kokningsrekommendationer ett konservativt mått på mängden mikrobiologiska störningar. Mellan 1998 och 2002 rapporterade kommunerna i genomsnitt 60 störningar årligen (dvs. fler än en i veckan) som ledde till kokningsrekommendationer på mellan 1 och 250 dagar. Antalet dagar multiplicerat med antalet berörda konsumenter för varje störning ger mellan 400 000 och 800 000 "kokdagar" årligen, vilket motsvarar att var 10:e till 20:e svensk konsument i genomsnitt kokar sitt dricksvatten en dag per år.

De flesta incidenterna ägde rum under juli till oktober. Det framgår av pressklipp att huvuddelen av incidenterna äger rum vid små grundvattenverk utan beredning. Under 2001 uppvisade incidenterna en tydlig korrelation med kraftig nederbörd (Figur 2). Den uppenbara slutsatsen är att många små grundvattentäkter är dåligt skyddade och löper risk att förorenas av ytvatten vid nederbörd. Små grundvattenverk innehåller vanligtvis inga säkerhetsbarriärer som kan motverka den försämrade råvattenkvaliteten (Tabell 2, Tabell 3).

Beskrivning av mikrobiologiska faror och konsekvenser

Internationellt är infektiösa sjukdomar orsakade av virus, bakterier och parasitära protozoer den vanligaste och mest utbredda hälsorisen knuten till dricksvatten (WHO 2004). Bland de orsakande mikroorganismerna uppträder också flera nya organismer, ”emerging” (WHO 2003). Bland de agens som uppmärksammats internationellt men där betydelsen under svenska förhållanden är mindre känd förekommer bakterier, virus och protozoer och dessa beskrivs också i Tabell 9 och i Bilaga 1. I ett längre perspektiv med eventuella klimatförändringar kan andra typer av problem och mikroorganismer också bli aktuella men detta scenario tas inte upp i riskprofilen. Det finns flera egenskaper hos sjukdomsframkallande mikroorganismer som skiljer dem från kemiska föroreningar. De följande egenskaperna är de viktigaste:

- mikroorganismer är diskreta enheter i vattnet och förekommer inte som lösningar,
- mikroorganismer är ofta hopklumpade eller associerade med suspenderat material, vilket innebär att sannolikheten att konsumera en infektiös dos inte kan förutsägas från deras genomsnittskoncentration i vattnet,
- mikroorganismer kan öka i antal som ett resultat av tillväxt i vattnet eller i världen,
- Varje exponering för en mikroorganism är en oberoende händelse och det sker i princip ingen ackumulering av dosen (tvärtom kan en immunitet byggas upp).

Beskrivning av de viktigaste orsakande mikroorganismerna

De sjukdomsframkallande mikroorganismerna kan finnas i tarmen hos både människor och djur och utsöndras via avföringen. Organismerna i Tabell 9 kan spridas via dricksvatten, men även via andra smittvägar, och de visar på den diversitet som finns bland kända patogener. Betydelsen av de listade mikroorganismerna för svenska förhållanden varierar, och tabellen innehåller organismer som är av historiskt intresse, potentiella eller hypotetiska faror såväl som reella faror. Så till exempel är kolerabakterien i dagsläget mer av historiskt intresse. För några andra är betydelsen av dricksvattenspridd smitta i Sverige mycket oklar. Hit hör *Aeromonas*, *Mycobacterium avium* komplexet (MAC), *Helicobacter pylori*, samt *Balantidium coli*. Medan andra utgör reella faromoment och har varit inblandade i utbrott t ex *Campylobacter*, norovirus och *Cryptosporidium parvum*. Mögelsvampar och aktinomyceter är två grupper av organismer utöver bakterier, virus och protozoer, där inte mycket är känt om hälsoeffekter och dricksvatten. Dessa organismgrupper och andra kan påverka dricksvattenkvaliteten vad gäller lukt och smak men dessa aspekter behandlas inte specifikt i riskprofilen.

Tabell 9. Några fekalt-oralt överförda sjukdomsframkallande organismers egenskaper. Urvalet är gjort för att spegla agens som är relevanta för svenska förhållanden, sådana med oklar betydelse, eller som är intressanta ur ett historiskt perspektiv. Tabellen är modifierad från WHO (2004) men bygger dessutom på många andra källor främst Stenström (1995, 1996), Dawson (2003), Kapikian (1994) och Smittskyddsinstitutets hemsida

Organism	Överlevnad i råvatten ^a	Resistens mot klor ^b	Relativ infektionsdos ^c	Storlek ^d µm = 1/1000 mm, nm = 1 miljondels mm
Bakterier				
<i>Campylobacter</i>	Måttlig	Låg	Måttlig	> 0,2 µm
Patogena <i>E. coli</i>	Måttlig	Låg	Låg (EHEC) till Hög	> 0,7 µm
<i>Salmonella Typhi</i>	Måttlig	Låg	Hög	> 0,7 µm
Andra salmonellor	Lång, kan växa	Låg	Hög	> 0,7 µm
<i>Shigella</i>	Kort	Låg	Låg till Måttlig	> 0,7 µm
<i>Vibrio cholerae</i>	Kort	Låg	Hög	> 0,5 µm
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Lång	Låg	Hög	> 0,5 µm
<i>Bacillus cereus</i>	Lång	Låg	Hög	> 1,0 µm
<i>Aeromonas</i>	?	?	?	> 1,0 µm
<i>Mycobacterium avium</i> complex	Hög, växer	Hög	Hög	?
<i>Helicobacter pylori</i>	Måttlig	Låg	?	> 0,2 µm
Cyanobakterier	Lång, växer	?	?	> 0,2 µm?
Virus				
Enterala adenovirus	Lång	Måttlig	Låg	80 nm
Enterovirus (polio, coxsackie, echo)	Lång	Måttlig	Låg	25-30 nm
Hepatit A	Lång	Måttlig	Låg	27 nm
Norovirus	Lång	Måttlig	Låg	27-40 nm
Rotavirus	Lång	Måttlig	Låg	70 nm
Astrovirus	?	?	?	28-30 nm
Protozoer				
<i>Entamoeba histolytica</i>	Måttlig	Hög	Låg	
<i>Giardia intestinalis</i>	Måttlig	Hög	Låg	8-12 µm
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Lång	Hög	Låg	4-6 µm
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Lång	Hög	Låg	8-10 µm
<i>Toxoplasma gondii</i>	?	Hög	?	11-12 µm
<i>Microsporidium</i>	Lång	Hög	?	< 10 µm
<i>Balantidium coli</i>	?	Hög	?	50 µm

? Inte känt eller osäkert

^aDetektionsperiod för infektiöst stadium i 20-gradigt vatten: **Kort**, upp till 1 vecka; **Måttlig**, 1 vecka till 1 månad; **Lång**, över 1 månad

^bResistens för det infektiösa stadiet, i suspenderat, frilevande, tillstånd vid normalbehandling vad gäller dos och kontakttid. Måttlig, inte säkert att organismen blir helt oskadliggjord

^cErforderlig dos för att orsaka infektion bland 50 % av friska vuxna frivilliga. Kan vara så lite som en organism för vissa virus

^dTypiska storlekar angivna för att ange möjligheten att avskilja organismerna genom filtrering

Konsekvensen av ett vattenburen utbrott

De vanligaste symptomen är diarré, kräkningar, ont i kroppen och feber. Allvarligare följsjukdomar, varierande från tillfälliga till kroniska besvär, kan uppträda hos i genomsnitt 1-3 % av fall orsakade av infektiösa mikroorganismer (Lindsay 1997). Om 20-90 % av de anslutna till ett vattenverk drabbas av sjukdom vid ett utbrott betyder det ändå att många människor kommer att vara frånvarande från arbetet i en eller flera dagar med stora kostnader som följd för både den enskilde och samhället (Anonym 2001). För en matförgiftning har dessa kostnader beräknats till i genomsnitt 500 kronor för den enskilde och 2 164 kronor för samhället (Lindqvist et al. 2001). Vid ett vattenburet utbrott som drabbade cirka 3 000 personer beräknades några av kostnaderna t ex sjukvårdskostnader, sjukfrånvaro, provtagning, utredningskostnader samt kostnader för extra utrustning till vattenverket mycket lågt räknat till 4.8 miljoner kronor (Andersson et al. 1997). Kostnader för produktionsbortfall, lidande och andra indirekta förluster ingick inte i dessa kostnader. *Campylobacterios* kan ge långvariga symptom. Till exempel så uppvisade 101 intervjuade fall symptom i mellan 1 och 60 dagar med en median-tid på 9 dygn och med en total frånvaro från arbete/skola/dagis på 429 dygn. Indirekta kostnader för sjukfrånvaro och vård av sjukt barn beräknades till 429 000 kronor (undersökning refererad i Anonym 2001).

Konsekvenserna av dricksvattenburna sjukdomar kan uppskattas på annat sätt än i monetära termer. En metod som bland andra WHO använder är Disability Adjusted Life Years (DALY) och den beskrivs i Bilaga 2.

Exponering och risk

Två sätt att uppskatta exponeringen

Två principiellt olika angreppssätt har använts för att uppskatta exponeringen för patogener genom dricksvattenkonsumtion; 1) att mäta förekomsten i dricksvatten respektive 2) att förutsäga förekomsten utifrån förekomst i råvatten och kända eller antagna reduktionsfaktorer vid beredningen i vattenverket.

Ett generellt problem vid bestämning av förekomsten och halten av olika patogener i dricksvatten är att de oftast är låga, även under ett vattenburet utbrott, i relation till vad som kan påvisas vid provtagning. Detta betyder att även vid utbrottssituationer så är de flesta prover negativa. De få proverna med höga halter påträffas sannolikt inte och halten av patogenen, och därmed risken, underskattas. En illustration till detta är ett simulerat utbrottsscenario där 15 infektioner orsakade av *Cryptosporidium* antas inträffa per 10 000 människor varje dag. I detta scenario skulle 33 % av 100-liters proven som analyseras ändå vara negativa, 76 % skulle innehålla färre än 10 oocystor, medan en liten andel av proven skulle innehålla klart högre halter, > 5 000 oocystor (Gale 1999).

Av betydelse för uppskattningen av exponeringen är också hur dessa mikroorganismer är fördelade i dricksvattnet och därmed hur mikroorganismerna fördelas mellan olika portioner, d v s dricksvattenglas. Denna beräkning kompliceras av att mätningarna baseras på provvolymen på 10-1 000 liter medan människor konsumerar mellan 0,1-2,0 liter per dag. Teoretiskt gäller att om mikroorganismerna är jämnt fördelade i vattnet och kvantifieras med en ideal metod så kommer organismerna i prov tagna från detta vatten att vara Poisson-fördelade (Haas & Rose 1996). I de flesta riskvärderingarna har en sådan fördelning antagits vilket betyder att under icke-utbrottssituationer så utsätts även den mest exponerade individen inte för fler än 2 patogener per dag (Gale 1998). I strid med detta antagande har flera studier visat att förekomsten av koliformer och aeroba bakteriesporer kan uppvisa en tidsmässig eller rumslig heterogenitet, åtminstone under vissa förhållanden, som inte kan beskrivas av en Poissonfördelning (Haas & Rose 1996, Gale 1998). Denna större heterogenitet i fördelningen av mikroorganismer i vattenvolymen betyder att trots att halten av mikroorganismer är låg i de flesta portioner så kan halten i några få portioner bli mångfalt större. Det kan också föreligga skillnader i fördelningen mellan olika mikroorganismer, mellan olika typer av vatten och mellan olika behandlingar av dricksvatten.

Alternativ 2 innebär att uppskatta exponeringen utifrån data över patogener i råvattnet och reduktionsfaktorer vid de olika beredningsprocesserna. I detta alternativ är det mycket viktigt för beräkningarna att den rumsliga och tidsmässiga

variationen i halter av patogenen i råvattnet beskrivs på ett riktigt sätt (Gale 1998). Förutom att variationen i råvattnet kan vara stor så kan beredningen bidra till en ökad heterogenitet genom en ökad aggregation av organismerna (Gale et al. 1997). Åtminstone för koliformer så verkar halterna uppvisa större variationer i dricksvatten jämfört med i råvatten (Gale 1998). En del av denna variation kan förklaras av variation i klorhalt, antal heterotrofer, och temperatur, och kan kanske bero på tillväxt av koliformer i distributionsnätet. Tillväxt är inte aktuellt för virus och protozoer och de flesta bakteriella patogener så variationen av dessa patogener kan förväntas vara lägre än för koliformer i dricksvatten (Gale 1998). Faktorer som kan ge tillfälliga toppar i patogenhalter är bland annat höga halter i råvattnet, varierande effektivitet i beredningsprocesserna, att delar av biofilmen slits loss samt inträngning av avloppsvatten i dricksvattensystemet.

Fördelningen av mikroorganismer i drickvattnet har också relevans för andra aspekter av riskvärdering och riskhantering och dessa behandlas i dos och responsavsnittet längre fram.

Förekomst av patogener i råvatten och dricksvatten

Generellt kan sägas att vår kunskap om förekomsten av patogener i rå- och dricksvatten i Sverige är bristfällig. Det finns några studier över förekomst av *Campylobacter* i råvatten (SLV 2002) och av *Cryptosporidium* och *Giardia* i råvatten (Hansen & Stenström 1998). I övrigt är vi hänvisade till slutsatser baserade på sjukdomsutbrott och epidemiologiska studier, indikatorer på förorenat vatten eller från internationella studier. Förekomst av indikatorer är inte direkt korrelerad med förekomst av patogener, men är ett viktigt mått på föroreningsgraden hos vatten.

I Livsmedelverkets riksprojekt 2000 undersöktes förekomsten av termofil *Campylobacter* i råvatten (SLV 2002). *Campylobacter* påvisades i 7 % av 660 prov från allmänt ytvatten och från enstaka grundvattenprov. Förekomsten av *Campylobacter* var spridd mellan olika vattenverk och bakterien påvisades i 38 % av råvattentäkterna tillhörande vattenverk som tog minst 5 prover. Förekomsten var högst i juni och i november. *Campylobacter* isolerades i många fall från råvatten med frånvaro av fekala indikatorer medan positiva grundvattenprover i de flesta fall var tydligt fekal påverkade.

En kartläggning av förekomsten av *Giardia intestinalis* och *Cryptosporidium parvum* bland ytvattentäkter tillhörande 26 olika vattenverk visade att 38 % (19 av 50) av proverna var presumtivt positiva för någon av dessa protozoer (Hansen & Stenström 1998). Presumtiva *Giardia* återfanns i 26 % av proverna i halter av 9-460 per 100 liter vatten och presumtiva *Cryptosporidium* i 32 % av proverna i halter mellan 12 – 460 per 100 liter vatten. Sex prover av dricksvatten vars råvatten varit positivt analyserades också och i ett av dessa påvisades presumtiv *Cryptosporidium* av en halt på 3 per 100 liter dricksvatten. I Norge har en liknande undersökning genomförts men med delvis annan metodik. I den undersökningen

påvisades *Giardia* eller *Cryptosporidium* i råvatten tillhörande 32 % av de undersökta vattenverken. I de 408 råvattenproverna återfanns *Giardia* eller *Cryptosporidium* i 103 (25 %) av proven (*Giardia* 48 prov, *Cryptosporidium* 65 prov). I de flesta prov hittades bara en organism per analyserat vattenprov och halterna låg mellan 1-4 cystor/oocystor per 10 liter. Ingen av dessa studier särskiljde mellan levande och döda (oo)cystor.

Även internationellt är det sparsamt med uppgifter om förekomst av patogener i rå- och dricksvatten. Uppgifter från några olika länder över förekomster av mikroorganismer som inte är alltför sporadiskt förekommande summeras i Tabell 10.

Tabell 10. Översikt av förekomsten av några mikroorganismer i olika typer av vatten rapporterade från andra länder än Sverige

Mikroorganism	Provvolym (liter)	Positiva prov (%)	Antal (per provvolym eller enhet) ^b	Typ av vatten ^d	Referens
<i>Bacillus spp.</i> ^a	0,1	100 (2 prov)	<38	DV	Østensvik et al. 2004
<i>Bacillus spp.</i> ^a	0,1	100	<1400	YV	”-
<i>Aeromonas</i>	?	0,6-18,2	0,1–3600 ml ⁻¹	Sötvatten	Rusin et al. 1997
<i>Aeromonas</i>	?	0,9-27	0,022 ml ⁻¹	DV	”-
Atypical mycobacteria	?	11-38	<48 cfu ml ⁻¹	RV	”-
MAC	?	< 50	<1000 cfu ml ⁻¹	RV, DV	”-
<i>Mycobacteria</i>	1	80	140 cfu l ⁻¹	NV	Torvinen et al. 2004
Norovirus	100-532	10	?	DV	Haramoto et al. 2004
Norovirus	10, 200-500	årsvariation	0-1700 ^c l ⁻¹	YV	Westrell et al. submitted
Enteriska virus	1000	7	<20	DV	Gale 1996
<i>Giardia</i> cystor	100	17	<64	”-	”-
<i>Cryptosporidium</i> oocystor	100	27	<48	”-	”-

? Ej angivet eller analyserat

^atoxinbildande

^bColoni forming units; kolonibildande enheter

^cMPN metod och påvisning med hjälp av PCR

^dDV= dricksvatten, YV= Ytvatten, RV= Råvatten, NV= dricksvatten i distributionsanläggningen

Utsöndrade halter patogener i avföring

Många av de aktuella organismerna utsöndras med avföringen från symptomatiska eller friska människor och djur. Mängden utsöndrade organismer kan variera inom ganska vida gränser beroende på om infektionen är inne i sin akuta fas, om det rör sig om en symptomlös bärare och vilken mikroorganism det är fråga om (Stenström 1996). Ett gram kan innehålla mer än 1 miljard viruspartiklar, i extremfallet så många som 100 miljarder, vilket överstiger normalhalterna av indikatororganismer i avföring. Även om bara en liten del av befolkningen i vårt land är infekterad så har t.ex. mer än 100 000 infektionsframkallande viruspartiklar upptäckts per liter obehandlat avloppsvatten (Stenström 1996). Vad gäller protozoer kan halter på över 10 miljoner oocystor/cystor per gram avföring utsöndras av infekterade människor och djur (Anonym 2003). Risken för smittspridning beror på halten man exponeras för vilken i sin tur beror på var vi kommer i kontakt med det förorenade vattnet eftersom detta påverkar graden av avdödning av organismen och hur stor utspädningen hunnit bli.

Konsumtion av dricksvatten

Det finns ganska knapphändiga uppgifter om konsumtionen av dricksvatten. I en svensk sammanställning från 1980-talet (Forhammar et al. 1986) kategoriserades livsmedel innehållande dricksvatten i tre grupper men inte i form av okokt dricksvatten. Då halterna av mikroorganismer påverkas starkt av graden av processning t.ex. värmebehandling, och i vilket slags livsmedel vattnet ingår är undersökningar där konsumtionen av icke värmebehandlat (okokt) kranvatten anges mer användbara. En genomgång av sådana studier visar att konsumtionen ofta varierar med kön och ålder, och ibland med andra socioekonomiska faktorer.

I USA används ofta en konsumtion av 2 liter per dag och person vid riskvärderingar av dricksvatten baserat på en genomgång av äldre data som sedan avrundats uppåt (Haas et al. 1993). En mer detaljerad analys som resulterade i en frekvensdistribution av konsumtionen visade att den var log-normalfördelad med ett geometriskt medelvärde av 1,7 liter per person och dag (Roseberry & Burmaster 1992). I en ny svensk studie visas att medelkonsumtionen av kallt kranvatten är 0,86 liter och att kvinnor konsumerar mer vatten än män (Westrell et al. in press). Detta överensstämmer med resultaten från en studentuppsats från Linköpings universitet som anger att kvinnor konsumerar i snitt 1,17 liter kallt kranvatten per dygn och män 1,54 liter (Berg & Viberg 2003). Konsumtionen av dricksvatten varierar också en hel del mellan olika länder (Tabell 11).

Vid en vattenburen smitta i Norge 2005 drabbades personer som motionerade ofta och drack stora mängder vatten, upp till 6 liter per dygn, i större omfattning än andra (Liv Fiksdal pers. medd.). Majoriteten av dessa var kvinnor.

Tabell 11. Dagligt vattenintag (liter) rapporterade från olika länder. Tabellen är modifierad från Westrell et al. (submitted)

Land	Kallt kranvatten	Upphettat kranvatten	Totalt kranvatten	Förpackat vatten	Totalt vattenintag
Kanada	0,39	0,80 ^a	1,10	0,37	1,62
USA	0,51	-	0,93	0,16	1,23
Frankrike vinter	0,77	-	1,58	0,84	1,87
Frankrike vår	0,90	-	1,79	1,08	2,23
England & Wales	0,19	0,93	1,14	-	1,56
Holland	0,15 ^b	-	-	-	-
Sverige	0,86	0,94	1,80	0,06	1,86
Sverige kvinnor	0,95	-	-	-	-
Sverige män	0,79	-	-	-	-

- Ej angivet

^aInkluderar också kranvatten som satts till kalla drycker

^bMedianvärdet. Övriga värden är medelvärden

Mikroorganismgruppernas förmåga att överleva och tillväxa

Sannolikheten för en hälsostörning beror på exponeringens storlek och frekvens. Bestämmande för mikroorganismernas förmåga att ge upphov till hälsostörningar är förutom deras besittande av specifika virulensfaktorer också deras förmåga att överleva beredningen i vattenverket och att överleva och eventuellt tillväxa i distributionsanläggningen. En del generella slutsatser i detta hänseende kan dras om de dominerade grupperna bakterier, virus och protozoer.

Bakterier

Inom gruppen bakterier finns hela spektrumet av egenskaper vad gäller överlevnad i dricksvatten och i infektionsdos. Generellt kan sägas att möjligheterna för tillväxt är dåliga för de flesta på grund av låga temperaturer och lite näring, även om några grupper kan tillväxa i biofilmer. Överlevnaden är generellt högre vid låga temperaturer, och de flesta är känsliga för desinfektion även om undantag finns (Tabell 9). Bakterier är generellt sett större än virus men mindre än protozoer. Cellernas storlek och laddning är egenskaper som påverkar möjligheten att avlägsna dem genom avskiljning i vattenverket.

Virus

Virus är små vilket försvårar avskiljning. Virus kan inte tillväxa utanför sin värd, men detta innebär ändå ett särskilt problem då flera arter har låg infektionsdos. Kunskapen om förekomst och överlevnad i råvatten och vid beredning av dricksvatten är bristfällig. Men även för virus är temperaturen en viktig faktor som ger högre överlevnad vid lägre temperaturer. Andra faktorer som påverkar överlevnaden i dricksvatten är närvaro av partikulärt material och övrig mikrobiell aktivitet. En förklaring till vår kunskapsbrist är avsaknaden av lämpliga metoder och att vissa virus t ex norovirus inte kan odlas *in vitro*.

Protozoer

Infektionsdosen är låg för flera av de viktiga protozoerna (Tabell 9) och överlevnaden i vattnet är också god, även om ingen tillväxt sker. Dessutom är de motståndskraftiga mot desinfektion. Nedfrysning har däremot en god avdödnings effekt. Protozoernas storlek gör att de är relativt lätta att avskilja i vattenverket. Vår kunskap om förekomsten av protozoerna i dricksvatten är bristfällig och även här är avsaknaden av metoder en förklaring. Nyare studier har visat att det vi tidigare trodde var en art många gånger är flera arter eller genotyper av samma art med varierande grad av förmåga att orsaka sjukdom vilket försvårar vår bedömning.

Mögelsvampar och aktinomyccer

Representanter från dessa grupper har påvisats i råvatten och distributionsnät. Deras förekomst har många gånger varit associerad med klagomål på lukt och smak, eller hudirritationer. Undersökningar som gjorts har visat att det finns förutsättningar för tillväxt av mögel och aktinomyccer särskilt vid reservoarer, ändledningar, filter och filtermassor inom ett distributionsnät (Åkerstrand 1997). Tillväxten gynnas av höga halter av organiskt material men även av vissa typer av material som ingår i ledningsnäten. Några av de organismer som påvisats är potentiella toxinproducenter. Sammanfattningsvis kan sägas att vår kunskap om hälsoeffekter av dessa grupper av organismer i dricksvatten är bristfällig.

Dos och respons

För att kunna översätta hur stor risk en exponering för en sjukdomsframkallande mikroorganism (en dos) innebär så behövs en dosresponsmodell. Den hälsoeffekt som man är intresserad av, responsen, behöver definieras och i princip behövs en modell för varje hälsoeffekt. I verkligheten begränsar sig modellerna dock vanligtvis till infektion (kolonisering av en värd vilken inte nödvändigtvis uppvisar symptom), morbiditet (värden uppvisar symptom, ofta flera olika), eller mortalitet.

Några mikroorganismer kan ge upphov till allvarliga och ibland livshotande infektioner medan andra oftast är förknippade med mindre allvarliga symptom. Konsekvenserna i form av till exempel personligt lidande, vårdbehov eller ekonomiska effekter både på individ- och på samhällsnivå är också väldigt varierande. Konsekvenserna kan också vara mycket olika beroende på vem som drabbas.

En mängd olika faktorer påverkar alltså om man blir sjuk och vilka symptom som man drabbas av. För att bättre strukturera alla faktorer som påverkar infektionsförloppet brukar man kategorisera faktorerna i form av en infektionstriangel. De tre hörnen i triangeln utgörs av faktorer relaterade till värden (individen), till mikroorganismen, och till livsmedlet som värden konsumerat. Responsen, dvs hälsoeffekterna, på individnivå efter exponeringen är resultatet av ett samspel mellan dessa tre grupper av faktorer.

Dosrespons sambandet beskriver kvantitativt samspelet mellan faktorerna i infektionstriangeln på populationsnivå. Vad är sannolikheten för en viss hälsoeffekt, respons (t. ex. infektion eller mortalitet), vid en given dos? På populationsnivå betyder att sambandet anger ett värde som gäller för hela populationen och att sambandet inte kan användas för att förutsäga utfallet för en viss individ. Det finns dosrespons samband för flera av de mikroorganismer som är aktuella i dricksvattensammanhang. Dessa är i varierande grad behäftade med samma generella begränsningar som andra dosresponsmodeller. Till exempel problemet med hur djurdata översätts till människor och hur relevanta data från humana frivilligstudier är. Ett annan viktig begränsning är hur resultaten ska extrapoleras från de av nödvändighet ganska höga doser som måste användas i experimentella studier till de låga doser som är relevanta för de flesta verkliga situationer. Olika modeller kan då ge mycket olika förutsägelser om riskens storlek i lågdosregionen (Gale 2001).

Till denna problematik ska läggas den variation i virulens som kan finnas mellan olika stammar av samma mikroorganism och möjligheten att exponering för låga doser kan ge upphov till förvärvat immunitet hos en del konsumenter. Två andra konsekvenser av resonemanget ovan är att det är viktigt att definiera vilken del av populationen (riskgrupp) som avses när en risk hanteras och att särskilja på individuell och samhällelig (populations) risk.

Hur säkert är vattnet – hur stor är risken?

I länder med en förhållandevis hög förekomst av vattenburen smitta kan effekten av åtgärder för att förbättra folkhälsan genom förbättringar i produktionen av dricksvatten vara tillräckligt tydlig för att kunna påvisas genom epidemiologiska data och studier. I länder med lägre incidens av sjukdom är detta svårare och där föreslås att relationen mellan folkhälsomål (health targets) och åtgärder utvärderas genom riskvärderingsmodeller (WHO 2004). Kvantitativa värderingar av risken

för vattenburen smitta behöver då utföras och ligga till grund för praktiska tillämpningar. Värderingarna kan användas för att besvara frågor såsom vilken övervakning är nödvändig av råvattentäkten, behöver vattnet filtreras, hur mycket desinfektion behövs, hur många log-enheters reduktion behöver barriärerna klara av för att filtrera bort protozoer.

Ett bra exempel på hur riskvärderingskonceptet kan användas till att utifrån en given risknivå besvara frågor som de ovan ges i en uppsats av Regli et al. (1991). Under antagande om en tolerabel infektionsrisk av 1 person per 10 000 personer och år, att mikroorganismerna är Poissonfördelade, en daglig konsumtion av 2 liter, och att varje dag räknas som en exponering, beräknades utifrån dosresponsmodeller beskrivna i uppsatsen den acceptabla medelhalten av mikroorganismer till mellan 10^{-6} och 10^{-8} per liter (1 organism per 1 000 till 100 000 m^3 , Regli et al. 1991). Det var stora skillnader mellan olika organismer. Så var till exempel den acceptabla halten av rotavirus 2.2×10^{-7} , *Giardia* 6.8×10^{-6} , och echovirus 6.8×10^{-5} per liter. Författarna visade sedan på konsekvenserna av hur ett provtagningsprogram behöver implementeras utifrån dessa värden där antalet prov, provvolym och önskad signifikansnivå ingick. Ett viktigt antagande för beräkningen är återigen hur mikroorganismerna är fördelade. Antagande Poissonfördelning och att 500 prover var och ett på en volym av 2 000 liter undersöks så blir gränsvärdet för *Giardia* 6 cystor i denna totala provmängd (1 000 m^3). För en signifikansnivå på 5 % justeras värdet till 2 cystor vilket betyder att om 2 eller fler cystor påvisas sammanlagt i de 500 proven så är vattnet oacceptabelt. Beräkningarna kan korrigeras utifrån känsligheten i den analytiska metoden, andelen levande cystor och så vidare. Detta är en tydlig illustration till att övervakning av dricksvattnet genom provtagning och analys i efterhand skulle vara extremt arbetskrävande och orimligt dyrt.

Ett alternativ är att övervaka råvattnet och sedan utifrån effekterna av beredningen se om behandlingen kan förväntas vara tillräckligt effektiv. Omvänt kan ett sådant här förfarande användas för att utifrån given risk och kvalitet på råvattnet för olika mikroorganismer beräkna den reduktion som behövs i vattenverket. Om ett vattenverk har barriärer som ger en 3-logreduktion (1 000 gånger) så behöver den genomsnittliga råvattenhalten vara mindre än 6.3×10^{-3} cystor av *Giardia* per liter för att den årliga risken ska vara mindre än 1 på 10 000 (Regli et al. 1991). Om ett vattenverk bestämmer att ta 20 slumpvis utvalda prov under året på vardera 100 liter så skulle med en 5-procentig signifikansnivå och antagande Poissonfördelning det acceptabla antalet cystor påvisade i dessa 20 prov vara totalt 7 organismer. Även dessa beräkningar kan korrigeras för metodsensitivitet etc. Regli et al. (1991) ger också i uppsatsen sambandet mellan olika medelhalter av rotavirus respektive *Giardia* och nödvändig reduktion i vattenverket för att ligga under en årlig risk på 10^{-4} .

Beräkningarna ovan har alla antagit en Poissonfördelning. Hur mikroorganismerna faktiskt är fördelade i vattenvolymen är tillsammans med dosrespons sambandet mycket viktigt för uppskattningen av risken ur flera aspekter (Gale 2001). En rumslig och tidsmässig variation i fördelningen av mikroorganismerna kan upp-

stå både på grund av variationer i råvattenkvalitet och i effektiviteten av beredningen. För en organism med en linjär dosresponskurva och där mikroorganismerna inte samverkar är variationer i intagen dos mellan konsumenter inte viktiga för att uppskatta risken utan denna bestäms enbart av medeldosen (Gale 2001). Omvänt så skulle varje faktor som leder till att medelhalten av mikroorganismer i vattnet underskattas leda till en underskattning av risken (Gale 1999). För mycket infektiösa mikroorganismer med infektionsdoser på någon eller några organismer, samt för mikroorganismer som samverkar vid infektionen så skulle en ignorering av fördelningen av mikroorganismerna leda till en överskattning av risken (Gale 2001).

Analys utifrån svenska förhållanden

Problembeskrivning

Rapporterad sjukdom orsakad av dricksvatten drabbar i snitt 1 av 10 000 personer i Sverige varje år. Dessa siffror representerar främst sjukdomsfall som uppmärksammas vid utbrott. I mindre grad fall speglar siffrorna den endemiska nivån av dricksvattenburen smitta.

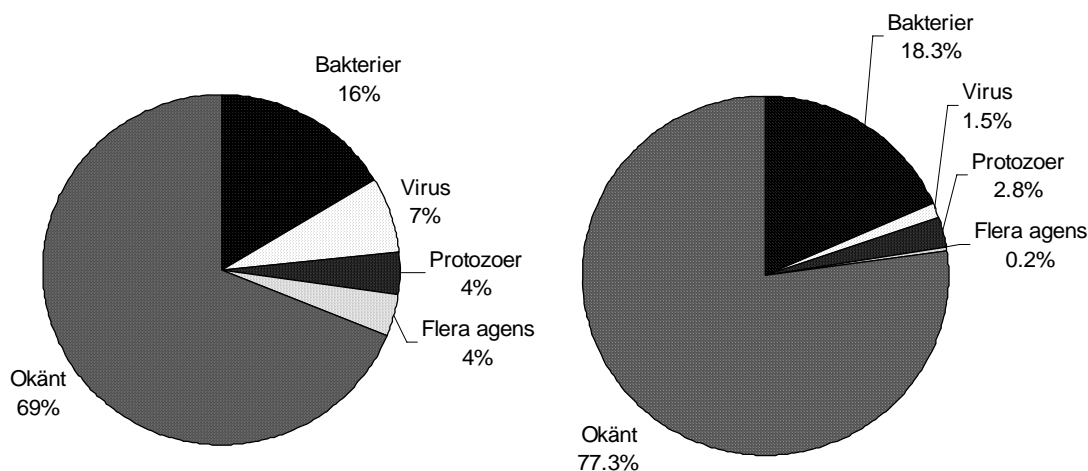
Den endemiska nivån utgörs av de fall där inga uppenbara misstag kan identifieras utan är resultatet av en ofta låggradig förorening av dricksvattnet på grund av den stora heterogeniteten i förekomsten av mikroorganismen i tid och rum, beredning, samt skiftande mottaglighet vilket gör att endast några få konsumenter drabbas. När man talar om tolerabla risker så är det den endemiska nivån som borde diskuteras. Vår kännedom om den endemiska nivån är okänd men har föreslagits vara den viktigaste ur risksynpunkt (Westrell et al. 2003).

I de utbrott som upptäcks verkar mellan 20-90 % av de anslutna till vattenverket drabbas. Dessa siffror kan också tolkas så att vårt övervakningssystem inte förmår upptäcka utbrott som drabbar färre än omkring 20 % av befolkningen även att det förmodligen kan vara mycket olika för stora och små samhällen. Detta talar för att de rapporterade utbrottsfallen representerar en lägre gräns för omfattningen av problemet.

Olika agens har olika möjligheter att överleva och sprida sig, men framförallt har de olika konsekvenser om utbrott uppstår. I de flesta utbrott så är den orsakande mikroorganismen okänd (Figur 3), vilket gör det osäkert att peka ut någon grupp som viktigare än andra. Trots det framstår *Campylobacter*, norovirus, och kanske *Giardia* som särskilt relevanta på grund av det relativt stora antalet utbrott de orsakat. Säkert är dock att alla de tre stora grupperna av mikroorganismer bakterier, virus och protozoer utgör ett problem och har orsakat utbrott (Figur 3).

Identifiering av riskhanteringsåtgärder

På samma gång som de olika farorna beskrivna i riskprofilen är mycket olika så finns det konceptuella likheter mellan smittvägar och de platser i försörjningen av dricksvatten där de ställer till problem. Figur 4 är en schematisk sammanfattning av några vägar mellan faran och negativa hälsoeffekter i dricksvattensammanhang och som kan användas som utgångspunkt för en diskussion över hur dessa risker kan hanteras.

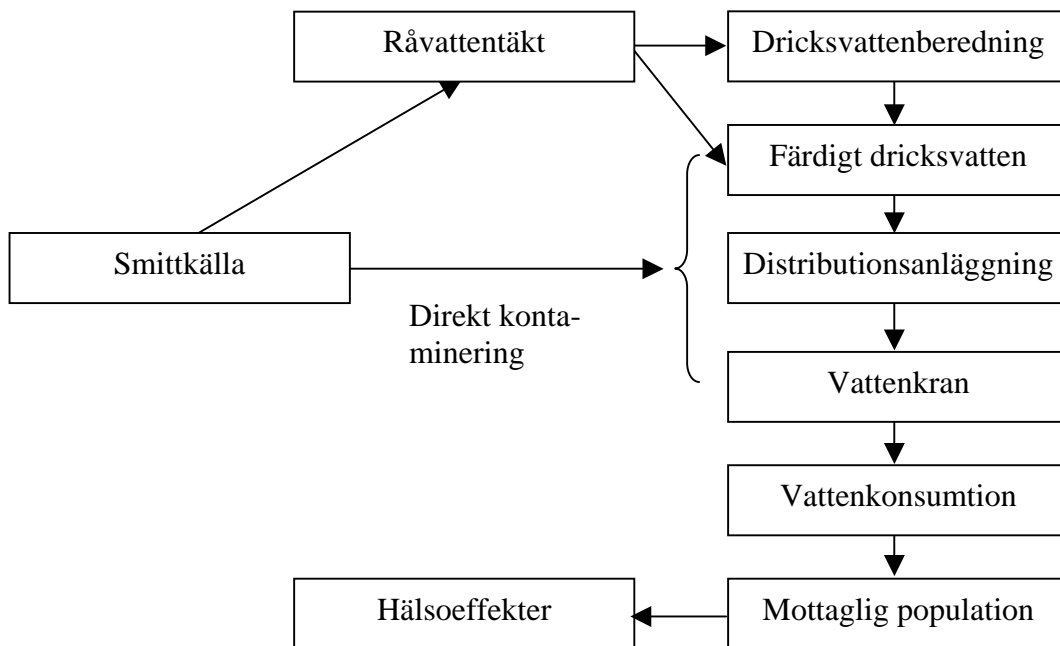


Figur 3. Sammanställning av andelen vattenburna utbrott (vänster) och fall (höger) orsakade av olika grupper av etiologiska agens under perioderna 1980-89 och 1992-2003 i Sverige

För att säkerställa försörjningen av mikrobiologiskt säkert dricksvatten behövs antingen väl skyddade råvattentäkter eller ett användande av mikrobiologiska säkerhetsbarriärer i beredningen som förmår reducera halten av patogener i råvattnet till tolerabla nivåer. Det är viktigt att skaffa sig kunskap om föroreningskällor i råvattentäkten och i råvattentäktens tillrinningsområde och kontinuerligt arbeta för att avlägsna dessa. Det är bättre att motverka en förorening av tälten än att införa en beredningsmetod med syfte att ta bort föroreningen. Dessutom måste distributionsanläggningen vara konstruerad och underhållas på ett sätt som förhindrar direkt kontaminering genom intryckning eller inrinning av förorenat vatten. Rutinerna för att åstadkomma detta bör så långt det är möjligt vara grundade på principerna för HACCP (Havelaar 1994, WHO 2004).

Skydd av råvattentäkt är en viktig förebyggande åtgärd som normalt innebär långsiktigt arbete med att upprätta relevanta skyddsområden, utforma skyddsområdesbestämmelser och sedan löpande övervaka att bestämmelserna efterlevs. Det är svårt att se hur detta skulle kunna utnyttjas som en CCP (kritisk styrpunkt). Samma tveksamhet gäller det förebyggande arbete med att motverka direkt förorening av distributionsanläggningen genom t.ex. långsiktigt löpande underhåll. Det är därför mycket som talar för att HACCP-principerna i första hand bör tillämpas på de processer i vattenverken som är möjliga att övervaka kontinuerligt.

Om man däremot innefattar alla relevanta åtgärder från råvattentäkten till kranen ("från brunn till mun") som behövs för att garantera konsumenterna säkert dricksvatten, inklusive skyddsområden samt konstruktion och underhåll av distri-



Figur 4. Schematisk figur över smittvägar för faror aktuella i dricksvattensammanhang och uppkomsten av negativa hälsoeffekter (modifierad efter Macgill et al. 2000).

butionsanläggningar och VA-installationer, talar vi om att upprätta och genomföra ”Water Safety Plans” (WHO 2004). Ett uttryck som branschen använder som ett ännu vidare begrepp för dricksvattenarbete är ”Drinking Water Quality Management Plans” (IWA 2004). I både ”Water Safety Plans” och ”Drinking Water Quality Management Plans” är förebyggande arbete som baseras på HACCP-principerna viktiga moment (men inte de enda momenten). Det innebär att både WHO och branschen ställer upp på ändrad fokus från slutproduktkontroll till riskbaserat förebyggande arbete.

Livsmedelslagstiftningen i Sverige ställer redan i dag krav på att den som producerar eller tillhandahåller dricksvatten ska arbeta riskförebyggande enligt vissa föreskrivna principer. Detta har inte gjorts på ett systematiskt sätt när det gäller dricksvatten. Orsaken är att kraven finns i föreskrifter som producenter av dricksvatten (och även tillsynsmyndigheterna) av tradition inte har uppfattat som deras ansvar att leva upp till. Även i dricksvattenföreskrifterna, som är väl kända hos dricksvattenproducenter och –tillhandahållare, finns det dock moment som i praktiken innebär riskförebyggande arbete, t.ex. krav på processövervakning och larm för desinfektion i vattenverk.

Livsmedelsverket har klargjort att även egenkontrollen av dricksvatten ska innehålla de moment av riskbaserat förebyggande arbete som föreskrivs för alla andra livsmedel. Tillsynsavdelningens strategi innebär att det är branschen själv som ska ta ansvar för att ta fram de HACCP program som behövs. Branschorganisationen Svenskt Vatten har under 2004 tillsatt en HACCP-grupp, där en

deltagare från Livsmedelsverket ingår. Gruppens uppgift är att ta fram ett generiskt HACCP-program som sedan kan anpassas till det enskilda fallet. De olika kritiska leden och möjliga styrpunkter i produktion av dricksvatten torde vara relativt lätta att identifiera. De mesta diskussionerna torde handla om metoder för övervakning, åtgärdsgränser och åtgärder. Eftersom produktion av dricksvatten är kontinuerlig är det kontinuerliga on-line mätningar som är effektiva. Det är inte effektivt att vänta på svaret på laboratorieanalyser, eftersom dricksvattnet då redan har distribuerats och använts.

I stort sett alla sjukdomsframkallande mikroorganismer som kan förekomma i avlopp och gödsel skulle också kunna dyka upp i råvattentäkten. Allt detta talar för att effektiva riskförebyggande åtgärder inte kan utlösas selektivt och vid misstanke, utan bör vara generella och kontinuerligt verkande.

Slutsatser

Inledning

Slutsatserna i detta avsnitt pekar samtidigt på olika möjliga åtgärder för att förebygga och att minska risken för konsumenter att drabbas av sjukdom vid konsumtion av dricksvatten. De möjliga åtgärderna innebär dels framtagande av ny kunskap, dels utveckling av olika aktörers åtgärder baserade på redan befintlig kunskap.

Farohändelser och riskhantering

I stort sett alla vattenburna smittor orsakas av att fekalt förorenat vatten påverkar dricksvattnet, antingen från råvattentäkten eller genom korskoppling eller inträngning på ledningsnätet. Förorenat råvatten, framför allt ytvatten, som tränger igenom vattenverket ger upphov till flest sjuka, medan flest utbrott äger rum vid små grundvattenverk som saknar mikrobiologiska säkerhetsbarriärer och som är känsliga för försämringar av råvattenkvaliteten, t.ex. vid nederbörd. I många fall orsakas utbrotten av brister i konstruktion eller i beredning i vattenverket, brister som antingen är inbyggda eller som uppstår som en följd av dålig optimering eller misstag i den löpande driften.

Logiska åtgärder för att motverka riskerna för vattenburen smitta bör alltså innebära att minska riskerna för fekal påverkan på dricksvattnet genom åtgärder i råvattentäkten, i vattenverket och i distributionsanläggningen. För att minska *antalet utbrott* är det viktigt att komma till rätta med systematiska brister på små grundvattenverk. För att minska *antalet sjuka* gäller det att motverka enskilda felbeslut eller misstag som begås på stora ytvattenverk.

Åtgärder i råvattenväkten

Effektiva åtgärder i vattentäkten innebär t.ex. att upprätta skyddsområden med effektiva skyddsområdesbestämmelser och sedan se till att de efterföljs. Lagstiftning om skyddsområden finns i Miljöbalken, med Naturvårdsverket som central föreskrivande myndighet.

Kunskaperna om variationer i råvattnets mikrobiologiska kvalitet på kort och lång sikt samt förekomsten av patogener behöver ökas. Sådana kunskaper är förutsättningar för att kunna utforma beredningen i vattenverket. Det är speciellt viktigt att ha kännedom om de sämsta förhållandena i råvattnet.

Åtgärder i vattenverken

Under 1994 bereddes sammantaget 63 % av grundvattnet vid de större allmänna vattenverken till dricksvatten utan någon form av mikrobiologisk säkerhetsbarriär, varken avskiljnings- eller inaktiveringsbarriär. Under samma år bereddes 30 % av ytvattnet utan någon effektiv inaktiveringsbarriär (Tabell 2 och 3). Sedan uppgifterna samlades in för 10 år sedan har det blivit vanligare att använda UV-ljus som inaktiveringsbarriär. UV-belysning är dock relativt oprövat för desinfektion på humösa ytvatten av den typ som är vanlig i Sverige. Det behövs mer information om UV-belysningens effektivitet och eventuell bildning av skadliga desinfektionsbiprodukter.

Det är rimligt att anta att fler och effektivare säkerhetsbarriärer skulle leda till minskad vattenburen smitta. Dricksvattenföreskrifterna innehåller i dag inga specifika och kvantitativa krav på hur effektiva de mikrobiologiska säkerhetsbarriärerna ska vara att avskilja eller inaktivera sjukdomsframkallande mikroorganismer. Det behövs metoder för att mäta säkerhetsbarriärernas effektivitet.

Allvarliga mikrobiologiska föroreningar kan vara av kortvarig natur (timmar, minuter). Det behövs bättre kunskap om kortvariga variationer i dricksvattenkvalitet i relation till olika driftsituationer i vattenverk. Sådan kunskap ger underlag för driftoptimering och för riskvärderingar.

Åtgärder i ledningsnätet

Enligt VAV (1999) ligger ledningsnätets förnyelsetakt (det antal år som skulle åtgå för att byta ut eller renovera nätet med nuvarande takt) på drygt 200 år. Huvuddelen av näten i Sverige har relativt låg ålder, men om förnyelsetakten inte ökar kan det på sikt innebära mer läckage med åtföljande ökade risker för förorening, dels direkt vid läckorna, dels indirekt vid reparationerna. Enligt Svensson (2004) anser cirka hälften av de VA-ansvariga i västsvenska kommuner att investeringarna i underhåll av ledningsnätet är otillräckliga i deras respektive kommuner.

Löpande åtgärder som motverkar risker vid reparationer av ledningsnätet är hygieniska försiktighetsåtgärder och mikrobiologiska undersökningar.

Löpande åtgärder som motverkar mikrobiologisk tillväxt i ledningsnätet och reservoarer är omsättning, spolning och rengöring (desinfektion) som i sin tur förhindrar att det byggs upp avlagringar och sediment. En viktig åtgärd i samband med beredningen är att minimera förekomsten av mikrobiologiskt nedbrytbart kol och fosfor som kan ge upphov till mikrobiologisk tillväxt i distributionsanläggningen. Beredningsmetoder som avskiljer organiskt material avskiljer även sådana ämnen, men med olika effektivitet. Det behövs en enkel och allmänt accepterad metod för att mäta förekomst eller verkan av sådana näringsämnen. Mätningar i olika svenska dricksvattenanläggningar under olika förutsättningar kan ligga till

bas för nationella regler eller rekommendationer om mikrobiologiskt nedbrytbara ämnen.

De åtgärder som minskar riskerna med vattenburen smitta på grund av korskoppling är huvudsakligen tekniska, till exempel inspektioner av installationer, återströmningsskydd och liknande.

Utbildning av driftpersonal och tillsynsmyndigheter

Många vattenverk, framför allt mindre sådana, lider ofta brist på personal, och den driftpersonal som finns har i allmänhet låg utbildning. Det finns begränsade resurser att handla upp tjänster av externa konsulter. Det expertstöd som tidigare lämnades av kommersiella analyslaboratorier har minskat kraftigt i takt med att marknaden för analyser strukturrationaliserats och kommersialiserats. Av den anledningen är det svårt att få till ett systematiskt förebyggande arbete, säkerhetstänkande och avancerade mikrobiologiska undersökningar på sådana anläggningar. Det behövs ett effektivt program för löpande kompetensutveckling av driftpersonal.

Inspektörer på tillsynsmyndigheterna behöver bättre kunskap i dricksvattenproduktion. Sådan kunskap behövs för att kunna utöva effektiv myndighetstillsyn, speciellt på större och mer komplicerade vattenverk.

Underlag för att uppskatta exponeringen och hälsokonsekvenser för svenska konsumenter

Vår uppskattning av omfattningen av vattenburen smitta i Sverige baseras på de rapporterade utbrotten, vilken har begränsningar. De rapporterade utbrotten verkar drabba mellan 20 – 90 % av de anslutna till distributionsnätet och man kan därför anta att mindre utbrott sällan upptäcks. Det är till exempel svårt att upptäcka utbrott som orsakas av reparationer av ledningsnätet och som bara drabbar en mindre del av de anslutna konsumenterna. Dessutom har bakgrundsnivån av vattenburen sjukdom föreslagits vara den ur risksynpunkt viktigaste och den är förmodligen inte alls representerad i rapporteringen. Detta sammantaget innebär att vår kunskap om omfattningen av problemen behöver förbättras.

Riskvärdering

Med en bättre kunskap om förekomsten av sjukdomsframkallande mikroorganismer i dricksvatten och råvatten skulle exponeringen och därmed riskerna under

svenska förhållanden bättre kunna uppskattas med hjälp av modeller för riskvärdering.

Riskvärderingsmodellerna kan också vara verktyg för att resonera kring riskhanteringsåtgärder, t ex risknivåer och storleken på säkerhetsbarriärernas reduktion.

Utredning, smittspårning och rapportering

Som beskrivits ovan inträffar många av utbrotten vid uppkomna driftstörningar i beredningen eller genom förorening under distributionen. I en litteraturstudie för att beskriva och identifiera riskhändelser i urbana VA-system, betonades bristen på statistik över sådana händelser (Olofsson et al. 2001). Av de 23 riskhändelser som identifierades ansågs ”mikrobiell eller kemisk förorening av råvatten och infiltrationsbassäng för konstgjord grundvattenbildning” som de allvarligaste riskhändelserna eftersom varaktigheten av konsekvensen kan bli lång, hela vattenförsörjningen drabbas och händelserna kan ge direkta hälsoeffekter. Även ”processstörning vid beredning av dricksvatten” ansågs som en allvarlig riskhändelse eftersom den har hög frekvens jämfört med övriga riskhändelser inom vattenförsörjningen. Olofsson et al. (2001) betonade vikten av att inträffade riskhändelser inom Sveriges VA-verksamhet dokumenteras på ett konsekvent sätt. En del av ett förbättrat system för rapportering skulle kunna vara en tydligare beskrivning och kategorisering av styrkan av de indikationer som pekar på dricksvatten som utbrottsorsak (Tillett et al. 1998).

Ett tydligt och öppet informationsutbyte mellan producenter, tillhandahållare och myndigheter om orsaker till och erfarenheter från vattenburna smittor är en grundförutsättning i det ständigt pågående arbetet med att minska riskerna.

Litteratur

1. Andersson Y. Dricksvattenburna sjukdomsutbrott i Sverige – i ett historiskt, hygieniskt och tekniskt perspektiv. Avhandlingsarbete i Folkhälsovetenskap; 1992 MPH 1992:7. Nordiska Hälsovårdshögskolan, Göteborg.
2. Andersson Y, de Jong B. Dricksvattenburna sjukdomsutbrott ökar. VAV-nytt 1995; 95:26-29.
3. Andersson Y, de Jong B, Studahl A. Waterborne *Campylobacter* in Sweden: the cost of an outbreak. *Water Science and Technology* 1997; 35(11-12):11–14.
4. Andersson Y, Normann, B, Tideström, L. Fakta om smittsamma sjukdomar från A till Å; 1999. SMI & Smittskyddsläkarföreningen.
5. Andersson, Y & Bohan, P. Disease surveillance and waterborne outbreaks; 2001. Chapter 6, p 115-133. In WHO. *Water Quality: Guidelines, Standards, and Health*. Fewtrell, L & Bartram, J. (Eds.). IWA Publishing, London, UK.
6. Anonym. Vattenburna infektioner i Norden. Rapport TemaNord 1994:585. Köpenhamn.
7. Anonym. Miljöhälsorapport. Kapitel 4, sidan 67-72. Socialstyrelsen, Institutet för miljömedicin och miljömedicin Stockholms Läns Landsting 2001.
8. Anonym. Parasites in water – a Nordic seminar. Rapport TemaNord 2003:552. Nordiska Rådet. Köpenhamn.
9. Berg T, Viberg U. Konsumtionsmönster av dricksvatten – vilket och varför? Praktikuppsats, Internationella ekonomiprogrammet, Ekonomiska institutionen. Linköpings Universitet 2003.
10. Burke V, Robinson J, Gracey M, Peterson D, Patridge K. Isolation of *Aeromonas hydrophila* from a metropolitan water supply: seasonal correlation with clinical isolates. *Applied and Environmental Microbiology* 1984; 48: 361-366.
11. Dawson D. Foodborne protozoan parasites. Report. ILSI Report Series 2003.
12. de Jong B. Lagstiftningens betydelse för vattenburna sjukdomsutbrott. *Livstecknet* 1994:20-21.
13. Fan XG, Chua A, Li TG, Zeng QS. Survival of *Helicobacter pylori* in Milk and Tap Water. *Journal of Gastroenterology & Hepatology* 1998; 13:1096-1098.
14. Forhammar M, Bruce Å, Erlandsson B. Dricksvattenkonsumtion i olika åldrar. *Vår Föda* 1986; 38:86-91.
15. Gale P. Developments in microbiological risk assessment models for drinking water – a short review. *J. Appl. Microbiol.* 1996; 81:403-410.

16. Gale P, van Dijk PAH, Stanfield G. Drinking water treatment increases micro-organism clustering: the implications for microbiological risk assessment. *J. Water SRT – Aqua* 1997; 46(3):117-126.
17. Gale P. Simulating Cryptosporidium exposures in drinking water during an outbreak. *Wat. Sci. Tech.* 1998; 38(12):7-13.
18. Gale P. Assessing the risk of cryptosporidiosis. *J. AWWA.* 1999; 91(3):4 och 116.
19. Gale P. Developments in microbiological risk assessment for drinking water. *J. Appl. Microbiol.* 2001; 91:191-205.
20. Gerba CP, Rose JB, Haas CN, Crabtree KD. Waterborne Rotavirus: a risk assessment. *Water Res.* 1996; 30: 2929-2940.
21. Haas CN, Rose JB, Gerba C, Regli S. Risk assessment of virus in drinking water. *Risk Anal.* 1993; 13(5):545-52.
22. Haas, CN, Rose JB. Distribution of Cryptosporidium oocysts in a water supply. *Wat. Res.* 1996; 30(10):2251-2254.
23. Hansen A, Stenström TA. Kartläggning av Giardia och Cryptosporidium i svenska ytvattentäkter. Rapport SMI & SLV 1998.
24. Havelaar AH. Application of HACCP to drinking water supply. *Food Control* 1994; 5:145-152.
25. Havelaar AH, Melse JM. Quantifying public health risk in the WHO guidelines for drinking-water quality. RIVM Report 734301022/2003.
26. Hultén K, Enroth H, Nyström T, Engstrand L. Presence of Helicobacter Species DNA in Swedish Water. *Journal of Applied Microbiology* 1998; 85:282-286.
27. IWA. The Bonn Charter for Safe Drinking Water. International Water Association, London 2004
28. Kapikian AZ (editor). *Viral infections of the gastrointestinal tract.* 2nd edition. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. 1994
29. Lindqvist R, Andersson Y, Lindback J, Wegscheider M, Eriksson Y, Tideström 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.
30. Lindsay JA. Chronic sequelae of foodborne disease. *Emerg Infect Dis.* 1997; 3(4):443-52.
31. Macgill SM, Fewtrell L, Kay D. Towards quality assurance of assessed waterborne risks. *Wat. Res.* 2000; 34(3):1050-1056.
32. Mara DD, Feachem RGA. Water- and Excreta-related Diseases: Unitary Environmental Classification. *Journal of Environmental Engineering* 1999; 125:334-339.
33. Mena KD, Gerba CP, Haas CN, and Rose JB. Risk assessment of waterborne coxsackievirus. *Journal AWWA* 2003; 95:122-131.
34. Murray CJL, Lopez AD (Eds). *The global burden of disease; a comprehensive assessment of mortality and disability from disease, injury and risk factors in 1990 and projected to 2020.* Global Burden of disease and injury series, volume 1. WHO/Harvard University Press 1996.

35. O'Connor DR. Report of the Walkerton Inquiry: The events of May 2000 and related issues. Part 1: A summary. Ontario Ministry of the Attorney General. Queen's Printer for Ontario 2002.
36. Olofsson B, Tideström H, Willert J. Riskidentifiering av urbana VA-system. Rapport 2001:2 från Forskningsprogrammet Urban Water. Chalmers Tekniska Högskola 2001.
37. Payment P, Richardsson 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* 1991a; 81:703-708.
38. Payment P, Franco E, Richardson L, Siemiatycki J. Gastrointestinal health effects associated with the consumption of drinking-water produced by point-of-use domestic reverse-osmosis filtration units. *Applied and Environmental Microbiology* 1991b; 57: 945-948.
39. Regli S, Rose JB, Haas CN, Gerba CP. Modeling the risk from Giardia and Viruses in drinking water. *Journal AWWA* 1991. November: 76-84.
40. Reynolds KA 2000. Microsporidia Outbreak linked to water. On Tap. Available at: <http://www.wcp.net/archives/jan00ontap.htm>.
41. Roseberry AM, Burmaster DE. Lognormal distributions for water intake by children and adults. *Risk Anal.* 1992; 12:99-104.
42. Rosling D. Rapportering av dricksvattentillsynen 2001. Rapport nr 24 2002. Livsmedelsverket, Uppsala.
43. Rosling D. Rapportering av dricksvattentillsyn 2002. Rapport nr 15 2003. Livsmedelsverket, Uppsala.
44. Rusin PA, Rose JB, Haas CN, Gerba CP. Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking water. *Rev. Environm. Contam. Toxicol.* 1997; 152:57-83.
45. SLV. Campylobacter i kött och vatten. Kartläggning av Campylobacter i rått kött och råvatten till dricksvatten i Sverige år 2000. Rapport 10 2002. Livsmedelsverket, Uppsala.
46. SMHI. KLAR Faktablad nr 4 2001. SMHI, Norrköping.
47. Stenström TA. A Review of Water-borne Outbreaks of Gastroenteritis in Scandinavia. I: Golding AMB, Noah N, Stanwell-Smith R (eds) *Water and Public Health*. Smith-Gordon, London, sid 137-143. 1994.
48. Stenström TA. Vattenburna sjukdomar – retrospektivt och i framtiden. *Vatten* 1995; 51:1, 1-9.
49. Stenström TA. Sjukdomsframkallande mikroorganismer i avloppssystem. Riskvärdering av traditionella och alternativa avloppslösningar. Rapport 4683 1996. Naturvårdsverket, SMI och Socialstyrelsen, Stockholm.
50. Svensson B. Bristande underhåll av ledningsnäten. *Svenskt Vatten* 2004; 4:16-17.
51. Svenungsson B, Lagergren A, Ekwall E, Evengard B, Hedlund KO, Karnell A, et al. Enteropathogens in adult patients with diarrhea and healthy control

- subjects: a 1-year prospective study in a Swedish clinic for infectious diseases. *Clin. Infect. Dis.* 2000; 30:770-8.
52. Tillett HE, Delouvois J, Wall PG. Surveillance of Outbreaks of Waterborne Infectious Disease - Categorizing Levels of Evidence. *Epidemiology & Infection* 1998; 120(1):37-42.
 53. Torvinen E, Suomalainen S, Lehtola MJ, Miettinen IT, Zacheus O, Paulin L, Katila ML, Martikainen PJ. Mycobacteria in water and loose deposits of drinking water distribution systems in Finland. *Appl. Environ. Microbiol.* 2004; 70(4):1973-81.
 54. Wahren H. Stort vattenburet utbrott i Skåne 1995. Rapport 3 1996. Livsmedelsverket.
 55. VAV. Analysdata 1994. Uppgifter över bakteriologisk och kemisk beskaffenhet hos råvatten och dricksvatten vid kommunala vattenverk. VAV AD94. VAV AB, Stockholm. 1996.
 56. VAV. VA-verk 1997. Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsverk. VAV S97. VAV AB, Stockholm. 1999.
 57. Westrell T, Bergstedt O, Stenström TA, Ashbolt NJ. A theoretical approach to assess microbial risks due to failures in drinking water systems. *Int. J. Environm. Health Res.* 2003; 13(4):181-197.
 58. Westrell T, Teunis P, van den Berg H, Lodder W, Ketelaars H, Stenström, TA, et al. Short and long term fluctuations of norovirus concentrations in surface water and their implications for public health. Submitted.
 59. Westrell T, Andersson Y, Stenström TA. Drinking water consumption patterns in Sweden. *Journal of Water and Health*. In press.
 60. WHO. Emerging Issues in Water and Infectious Disease. World Health Organization, Geneva. 2003.
 61. WHO. Guidelines for drinking-water quality. Volume 1. Recommendations, 3 ed. World Health Organization, Geneva. 2004.
 62. Von Reyn CF, Maslow JN, Barber TW, Falkinham III, JO, Arbeit RD. Persistent colonization of potable water as a source of *Mycobacterium avium* infection in AIDS. *Lancet* 1994; 343: 1137-1141.
 63. Åkerstrand K. Mikrosvamp och aktinomyceter i dricksvatten. *Vatten* 1997; 53:371-379.
 64. Østensvik O, From C, Heidenreich B, O'Sullivan K, Granum PE. Cytotoxic *Bacillus* spp. belonging to the *B. cereus* and *B. subtilis* groups in Norwegian surface waters. *J Appl Microbiol.* 2004; 96(5):987-93.

Bilaga 1. Beskrivning av utvalda mikrobiologiska faror i dricksvatten

Bakterier

Campylobacter

Ett stort antal vattenburna utbrott har rapporterats över hela världen. Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 1 856-2 839 inhemskt smittade fall i Sverige.

Patogena *E. coli*

Vattenburen smitta av olika typer av patogena *E. coli* är väldokumenterade både från dricksvatten och från badvatten. Ett exempel är utbrottet med *E. coli* O157:H7 (EHEC) som inträffade år 2000 i ett jordbrukssamhälle, Walkerton i Kanada, där 7 personer dog och mer än 2 300 personer insjuknade (O'Connor 2002). Detta utbrott illustrerar inte bara hälsoriskerna med EHEC och dricksvatten utan också ansvarsfrågorna vid utbrott och de ekonomiska och juridiska konsekvenser dessa kan få.

Salmonella

S. Typhi och *S. Paratyphi*, förekommer till skillnad från de flesta andra salmonellor bara hos människor. Spridningen av dessa arter är därför via person till person smitta eller via fekalt förorenat mat eller vatten. De flesta vattenburna utbrott har varit associerade med *S. Typhi*, mindre ofta med andra Salmonellaserotyper. Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 0-7 respektive 0-2 inhemskt smittade fall av paratyfoidfeber respektive tyfoidfeber.

Shigella

Infektion med *Shigella* är oftast inte spridd via dricksvatten även att det har förekommit i Sverige. Människan är den huvudsakliga bäraren av *Shigella*. Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 56-98 inhemskt smittade fall.

Vibrio cholerae

Kolera är för Sveriges del främst av historiskt intresse. En del serogrupper av *V. cholerae* kan utgöra en naturlig del av bakteriepopulationerna i havsvatten. Det är patogena *V. cholerae* av serogrupp O1 och O139 som främst utgör ett hälsoproblem. *Vibrio cholerae* är känslig för desinfektion och utbrott kan förhindras genom kokning och klorering av vatten.

Yersinia enterocolitica

Patogena stammar av *Y. enterocolitica* kan spridas till dricksvatten via avlopps-kontaminerade vattentäcker. *Yersinia* kan inaktiveras genom klorbehandling om det behandlade vattnet har låg turbiditet. En halt av 0,2 – 0,5 mg liter⁻¹ fritt klor i 10 minuter vid pH 7 dödar bakterierna. Ozon (0,05 mg liter⁻¹) dödar bakterien efter 1 minut oberoende av pH. *Y. enterocolitica* infektion länkat med konsumtion av vatten förorenad med serotyp O:3 har rapporterats och konsumtion av obe-handlat vatten är en av riskfaktorerna för sporadiska fall av infektion med serotyp O:3. Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 310-586 inhemskt smittade fall.

Bacillus cereus

Payment et al. (1991a) visade att 35 % av sjukdomsfallen med symptom från mag-tarmkanalen orsakades av konsumtion av dricksvatten som uppfyllde gällande mikrobiologiska krav. I en uppföljande studie visades att en oproportionerligt stor andel av bakterieisolaten från vattnet tillhörde släktet *Ba-cillus*. Det postulerades att dessa organismer kunde tillväxa i distributionssystemet och sedan resultera i en låg nivå av sporadiska fall av gastroenterit (Payment et al. 1991b). En ny norsk undersökning har visat att toxinbildande *B. spp.* inklusive *B. cereus* kan påvisas i både ytvatten och i dricksvatten (Østensvik et al. 2004). Filt-rering och klorering avlägsnar alltså inte säkert sporer av *B. cereus* och vatten av drickvattenkvalitet kan vara en smittkälla för denna bakterie.

Aeromonas

Trots att *Aeromonas* ofta kan isoleras från dricksvatten så saknas det klara epi-demiologiska bevis för samband mellan organismen och sjukdom, även om en-staka studier har påvisat *Aeromonas* med liknande egenskaper i dricksvatten och hos patienter med diarré (Burke et al. 1984). WHO föreslår därför en strategi som bygger på att begränsa möjligheten till växt i distributionssystemet genom att maximera borttagandet av organiskt kol, kortare omloppstider i distributionssy-stemet och kontroll av resthalter av klor (WHO 2004).

Mycobacterium Avian Complex (MAC) och atypiska Mycobakterier

Det finns ett flertal arter förutom *Mycobacterium tuberculosis* i detta släkte som uppmärksammas. Särskilt kan arter inom *Mycobacterium avium* komplexet, MAC, uppmärksammas. MAC består av arterna *M. avium* och *M. intracellulare*. MAC kan orsaka infektioner på ett flertal olika ställen hos människor och djur, t ex i lungor, lymfknutor, huden, och mag-tarmkanalen. Infektionerna drabbar sär-skilt personer med sänkt immunförsvar och är den näst vanligaste dödsorsaken hos HIV-patienter. MAC är heterotrofa bakterier som tillväxer i lämpliga vattenmiljöer, särskilt i biofilmer. Höga halter kan förekomma i distributionssystemet på grund av att biofilmer har lossnat efter till exempel

kraftig spolning eller förändring av flödesriktningen i ledningsnätet. MAC är exceptionellt motståndskraftiga mot desinfektion och kan påvisas i välskötta system med vatten innehållande mindre än 500 cfu ml⁻¹ (colony forming units; kolonibildande enheter ml⁻¹) av heterotrofa bakterier och en total halt av aktivt klor på upp till 2.8 mg liter⁻¹. Betydelsen av dricksvattensmitta är oklar men en prospektiv epidemiologisk studie implicerade vatten som möjlig källa för infektionerna (von Reyn et al. 1994). Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 247-415 inhemskt smittade fall.

Helicobacter pylori

De flesta infektioner är asymptomatiska men *H. pylori* är starkt associerad med kronisk gastrit och magsår. Patienter med magsäckscancer har i högre frekvens antikroppar mot *Helicobacter* vilket trots det statistiska sambandet inte är ett bevis för att bakterien är den direkta orsaken till cancer. Hos vuxna verkar det som om *H. pylori* är känslig för gallsalter vilket betyder att det inte är troligt att den utsöndras med faeces. Möjlig spridning till miljön är via barn som har diarré eller via uppkastningar från barn och vuxna. Det kommer allt fler rapporter som föreslår att dricksvatten kan sprida *H. pylori*. Bakterien växer förmodligen inte i miljön men kan överleva bra i biofilmer. *H. pylori* är känslig för klorbehandling men kan överleva om kloreringen misslyckas. Fekal-oral spridning anses vara mer betydelsefull i länder med dålig allmänhygien, som Peru, medan en oral-oral spridningsväg anses, relativt sett, vara mer betydelsefull i ett land som Sverige som har god allmänhygien (Hultén et al. 1998). Noteras kan att *H. pylori* även kan överleva i mjölk under lång tid; i en undersökning mer än dubbelt så lång tid som i vatten (Fan et al. 1998).

Cyanobakterier

Toxinförgiftning utlöses av gifter som produceras bland annat av cyanobakterier, t.ex. vid blomningar (Andersson et al. 1999). Dessa sker främst vid vattentemperaturer mellan 15-23 °C och är vanligast i juli-september. Toxiner som bildas i sötvatten är av tre typer; nervtoxin (kan påverka nervimpulserna till andningen), levertoxin (leverpåverkan) och tarmtoxin (mag/tarmsymptom). Symptomen kan uppträda efter bad i vatten med pågående blomning, efter konsumtion av påverkat vatten eller fisk (speciellt fisklever) från dessa sjöar. Det finns inga säkra belägg på att det förekommit dricksvattenutbrott i Sverige. Vattenburna utbrott har förekommit i andra delar av världen. Latenstiden varierar beroende på typ av toxin men symptomen brukar uppträda inom några timmar.

Virus

Enterala adenovirus

Tillhör ett undersläkte inom de humana adenovirusen och ger till skillnad från traditionella adenovirus inte upphov till symptom från näsa-hals eller ögon utan är en vanlig orsak till gastroenterit hos barn. Betydelsen av vattenburen spridning av humana adenovirus illustreras av att US Environmental Protection Agency har med den som en av bara fyra virus på sin "Candidate Contaminant List" (CCL). Detta dokument listar de kontaminanter som är av högsta prioritet för forskning som syftar till att utveckla detektionsmetoder och vattenkvalitets-specifikationer. Denna höga prioritering för adenovirus grundar sig på deras potentiella hälsobetydelse och på data som visar att de förekommer i stora mängder i vattenmiljöer och är mycket resistenta mot desinfektion och berednings.

Enterovirus (polio, coxsackie, echo)

Epidemiologiska data antyder att icke försumbara antal av enteriska infektioner inträffar trots att dricksvatten uppfyller ställda krav på behandling, desinfektion och halter av indikatororganismer. En vetenskaplig arbetsgrupp inom WHO drog slutsatsen att närvaron av endast några få enteriska virus i en stor volym dricksvatten kan utgöra en hälsorisk. Vad gäller enterovirus är barn yngre än 5 år mest mottagliga på grund av bristande immunitet och bristande hygienvanor. En riskvärdering av vattenburen coxsackievirus i USA har publicerats (Mena et al. 2003).

Hepatit A

Fekalt förorenat vatten har utpekats som orsak till många utbrott av hepatit A i världen. Hepatit A virus inaktiveras av UV strålning och en resthalt av fritt klor på 2,0-2,5 mg liter⁻¹ rekommenderas för inaktivering av viruset. Barn under förskoleåldern blir sällan sjuka trots att de smittats men utgör ändå en smittrisk. Inkubationsperioden är 2-6 veckor och virus utsöndras 7-10 dygn före symptomen uppträder och ca en vecka efter symptomen uppträtt. Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 27-189 inhemskt smittade fall.

Norovirus

Norovirus har implicerats i ett otal vattenburna utbrott. Viruset utsöndras i avföring eller uppkastningar från infekterade människor och kan spridas till grund- och ytvatten via avloppsläckage. (Se Riskprofil för virus för mer information).

Rotavirus

Påvisning av rotavirus i dricksvatten och utbrott på grund av rotavirus i dricksvatten har visats i flera studier. Rotavirus är den vanligaste orsaken till akut gastroenterit bland barn i både utvecklade- och industrialiserade länder. Inkubations-

tid 1-3 dygn. En riskvärdering av vattenburen rotavirus i USA har publicerats (Gerba et al. 1996).

Astrovirus

Astrovirus kan ge upphov till diarré och olika typer har återfunnits i avföring hos människor och olika djurarter. Vattenspridning är möjlig som en av många spridningsvägar.

Protozoer

Entamoeba histolytica

Dricksvatten kan och har spelat en roll i spridning av *E. histolytica* efter förorening av vatten med avloppsvatten. Endast cystorna som utsöndras med avföringen är infektiösa. Dessa kan inte med ljusmikroskopi skiljas från cystor av *E. dispar* som är en icke sjukdomsframkallande amöba, varför en icke oväsentlig feldiagnostisering kan förekomma. Cystorna är resistent mot desinfektionsmedel och kan överleva upp till tre månader i vattenmiljön, men är känsliga för temperaturer över 40 °C och under -5 °C. Inkubationstiden är vanligen 2-4 veckor. Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 20-42 inhemska smittade fall.

Giardia intestinalis (G. lamblia)

Vattenburen smitta av *Giardia* är väldokumenterad. Inaktivering av cystorna kräver lång kontakttid och hög koncentration av klor. Cystorna är känsliga för intorkning men kan överleva temperaturer mellan 0 och 60 °C, Inkubationstid vanligen 7-10 dygn. Mellan 1997-2003 rapporterades årligen 143-419 inhemska smittade fall. Molekylärgenetiska studier har de senaste åren visat att "arten" består av åtminstone 8 grupper av genotyper, där några grupper verkar vara humanspecifika, några specifika för olika djurarter och några potentiellt zoonotiska.

Cryptosporidium parvum

Vattenburen smitta av *C. parvum* är väl känt. Ett dricksvattenutbrott i Sverige är känt då avloppspåverkat vatten från en å hade tryckts in i distributionsanläggningen. Det största inträffade 1993 i Milwaukee, USA då uppskattningsvis 400 000 personer insjuknade, varav cirka 100 personer med nedsatt immunförsvar avled. Oocystor av *Cryptosporidium* är resistent mot klor och de flesta andra desinfektionsmedel såsom jod och brom, vid de koncentrationer som används för att behandla dricksvatten. Inkubationstiden är inte säkert känd men har angivits till 1-12 dygn. Arten *C. parvum* har visats innefatta åtminstone två genotyper, den ena humanspecifik (genotyp 1, nu arten *C. hominis*) och den andra zoonotisk (genotyp 2). Dessa genotyper är oftast orsak till sjukdom hos människor men även

andra arter inom släktet har påvisats hos människor, särskilt hos människor med sänkt immunförsvar. Före den 1 juli 2004 rapporterades fall inte enligt smittskyddslagen utan efter en frivillig laboratorierapportering. Mellan 1997 och 2002 rapporterades årligen mellan 30 – 145 fall per år (Anonym 2003). I en studie av *Cryptosporidium* hos människor i Sverige påvisade organismen hos 2 % av de undersökta fallen med diarré (Svenungsson et al. 2000).

Cyclospora cayetanensis

C. cayetanensis verkar företrädesvis spridas genom förorenade vegetabilier men dricksvatten är en potentiell smittkälla. Det finns endast två utbrott som associerats med förorenat dricksvatten. Oocystor av *Cyclospora* har isolerats från avloppsvatten vilket ger en möjlighet till förorening av vattenkällor. Inkubationstiden är ca 1 vecka.

Toxoplasma gondii

Det finns ingen information om förekomsten i dricksvatten men de motståndskraftiga oocystorna kan hittas i fekalt förorenat vatten. Få utbrott av toxoplasmos associerade med dricksvatten har rapporterats. Ett utbrott inträffade i Kanada 1995 och troddes bero på att en ytvattentäkt hade kontaminerats av faeces från kattdjur. Filtrerings-, fällnings- och sedimentationsprocesser vid dricksvattenbehandlingen är viktiga för att ta bort de klorresistenta oocystorna. I Sverige rapporteras få fall årligen.

Microsporidium

Djur är reservoar för organismen, t ex svin. Brist på detektionsmetoder gör att betydelsen är oklar. Sommaren 1995 utpekades *Microsporidium* som orsak till ett vattenburet utbrott i Lyon, Frankrike (Reynolds 2000). Under utbrottet infekterades 200 personer men ingen smittkälla eller tecken på fekal kontaminering kunde utpekas. Dessa organismer har placerats högt på prioriteringslistan hos flera amerikanska myndigheter. Sporer av *Microsporidium* överlever bra i miljön och är motståndskraftiga mot klorering.

Balantidium coli

Den enda kända humanpatogena ciliaten, *B. coli*, förekommer speciellt hos råttor och grisar (Stenström 1996) och förekommer i låg frekvens hos svin i Sverige. Betydelsen av dricksvattensmitta är okänd. Enligt WHO finns endast ett utbrott rapporterat och incidensen av balantidiasis hos människor är låg.

Bilaga 2. Metoder att jämföra risker – Disability Adjusted Life Years (DALY)

En mikrobiologisk riskprofil över dricksvatten innefattar en mångfald olika faror och av varierande grad av allvarlighet. Ett konsekvent hanterande av dessa olika risker kräver på sikt ett verktyg där olika faror och olika konsekvenser kan jämföras. Tre hittills använda verktyg med olika tyngdpunkt och tillämpning är WTP (willingness-to-pay), QALY (Quality Adjusted Life Years) och DALY (Disability Adjusted Life Years). Beslutsfattande i fråga om risker är mycket komplext och innefattar fler dimensioner än sannolikhet och allvarligheten av en fara, och dessa tre verktyg har naturligtvis olika styrkor och svagheter (se Havelaar & Melse 2003 för en diskussion). Vi väljer här att presentera DALY lite närmare trots att metoden är under utveckling då det har fått en hel del uppmärksamhet inom WHO och i andra sammanhang.

De flesta använda mått på risk lyckas inte omfatta den diversitet som finns i fråga om hälsoeffekter. Måtten är mer inriktade på sannolikheter än på typen och storleken av hälsostörningen, till exempel fall per 100 000 invånare, sannolikheten för sjukdom per portion. DALY användes ursprungligen av Murray & Lopez (1996) inom Global Burden of Disease projektet som ett integrerat mått på hälsostörningar med den gemensamma enheten tid. Hälsobördan sammanfattades genom att kombinera antalet år av livet som förloras och antalet år som levs med nedsatt förmåga (disability) viktat för allvarligheten av nedsättningen. DALY har anpassats för användning till kontaminanter i dricksvatten genom möjligheten att inkludera agens som ger upphov till en mångfald effekter (Havelaar & Melse 2003). Denna anpassning tar hänsyn till de tre dominerande aspekterna av folkhälsa nämligen kvantitet av liv (mätt som förväntad livslängd och varaktighet av hälsostörningen), livskvalitet (uttryckt genom en viktning för den avsedda hälsoeffekten), och samhällsbetydelse (mätt som antalet människor som berörs). Hälsoförlusten definieras alltså som tiden tillbringad med nedsatt livskvalitet summerad för den aktuella populationen. Häri inkluderas både tidsförlust genom mortalitet (kombination av mortalitet och åldern vid dödsfallet) och tid levt med nedsatt livskvalitet viktat för allvarligheten. I princip kan hälsoförlusten beräknas baserat på

- data över antalet drabbade människor (N)
- Uppskattningar av varaktigheten av varje negativ hälsoeffekt och minskad förväntad livslängd till följd av för tidig död (D)

Tabell B1. Uppskattad "sjukdomsbörda" (disease burden) för några olika patogener i dricksvatten. Modifierad från Havelaar & Melse 2003. Detta är en illustration till hur begreppet används och hur beräkningarna kan göras under holländska förhållanden. Korrektheten och relevansen för Sverige är inte undersökt. Se rapporten för närmare detaljer

Patogen	Sjukdomsbörda per 1000 fall		
	YLD	YLL	DALY
<i>Cryptosporidium parvum</i>	1,34	0,13	1,47
<i>Campylobacter spp.</i>	3,2	1,4	4,6
EHEC O157	13,8	40,9	54,7
Rotavirus (i-land)	2,0	12	14
Hepatit A (i-land, 15-49 år)	5	250	255

YLD = Years lived with disability

YLL= Years of life lost

DALY = YLD + YLL

- Uppskattning av en viktningsfaktor för varje negativ hälsoeffekt (S, finns en hel del viktningskoefficienter tabellerade)
- Beräkning av hälsoförlusten i DALY enligt ekvationen: $DALY = N * D * S$

När man gör beräkningarna brukar man skilja på mortalitets- (Years of life lost, YLL) respektive morbiditetsfraktionen (Years of life with Disability, YLD) så att $DALY = YLL + YLD$. De största problemen med att använda detta begrepp som Havelaar & Melse (2003) identifierar är inte så mycket de grundläggande principerna utan mera tillgängligheten av data, främst epidemiologiska och exponeringsdata och i mindre grad viktningsmått och varaktighet av hälsostörningarna. I Tabell B1 visas några DALY uppskattade för holländska förhållanden med enheten per 1 000 fall. Detta ger en jämförelse per agens medan den samhälleliga betydelsen fås genom att multiplicera med de faktiska antalet fall i Holland.

1. Utvärdering av Livsmedelsverkets Riksprojekt 2002–2003 av R Lindqvist och E Hay.
2. Interkalibrering av laboratorier. Mikrobiologi – Livsmedel, januari 2004 av C Normark.
3. Proficiency Testing – Food Chemistry, Nutritional Components, Round 33, March-April 2004 by L Merino.
4. Examination of Residues in Live Animals Products – Results of the Control 2003 by I Nordlander.
5. Proficiency Testing – Food Chemistry, Trace Elements in Food, Round T–9 by C Åstrand and L Jorhem.
6. Riksprojekt 2002. Salmonella i frukt och grönsaker.
7. Projektinriktad kontroll 2003–2004. Granskning av salmonellaförekomst i köttberedningar införda till Sverige från annat EU-land av A Brådenmark.
8. Proficiency testing. Food microbiology – April 2004 – by Å Rosengren and C Normark.
9. Proficiency Testing. Drinking water microbiology – 2004:1, March – by T Šlapokas and M Ljunge.
10. Rapportering om livsmedelstillsyn 2003 – Kommunernas rapportering om livsmedelstillsyn av D Rosling.
11. Rapportering av dricksvattentillsyn 2003 – Kommunernas rapportering om dricksvattentillsyn av D Rosling.
12. The Swedish Monitoring of Pesticide Residues in Food of Plant Origin: 2003, EC and National Report by A Andersson, A Jansson and G A Eskhult.
13. Mat och hälsa i undervisningen – skolan och lärarutbildningen av M Rosén.
14. Riksprojekt 2003 – Temperaturer i storhushåll och butik av M Lindblad och M Boysen.
15. Synen på tillsyn – utvärdering av tillsyn vid anläggningar med Livsmedelsverkets som tillsynsmyndighet av M Ljung.
16. Dioxins and PCBs in fish oil – a survey of fish oils and fish liver oils sold on the Swedish market in February 2003 by S Wallin, P O Darnerud, R Bjerselius, A Glynn, M Aune and A Andersson.
17. Proficiency Testing – Food Chemistry, Nutritional Components, Round 34, September–October 2004 by L Merino.
18. Nationella mål och strategier för nutrition 1999–2004 – utvärdering av P Hagling och M Ljung.
19. Du blir *var* du äter – studie om hur den socioekonomiska vardagsmiljön påverkar barns förhållningssätt till mat av M Jansson.
20. Proficiency Testing – Food Chemistry, Vitamins in Foods, Round V-2 by H S Strandler and A Staffas.
21. Validitet av enkätfrågor om kost och fysisk aktivitet bland vuxna – underlag till urval av frågor i befolkningsinriktade enkäter av H Sepp, U Ekelund och W Becker.
22. Risk profile. Virus in food and drinking water in Sweden – Norovirus and Hepatitis A virus by F Lund and R Lindqvist.
23. Interkalibrering av laboratorier. Mikrobiologi – Dricksvatten 2004:2, september av T Šlapokas, C Gunnarsson och A Gidlund.
24. Interkalibrering av laboratorier. Mikrobiologi – Livsmedel oktober 2004 av C Normark.

1. Verksamhetsplan 2005.
2. Collaborative study of method for detection of *Escherichia coli* O157 in food – NMKL no 164, 1999, by C Normark.
3. Proficiency Testing – Food Chemistry, Trace Elements in Food, Round T-10 by C Åstrand and L Jorhem.
4. Utvärdering av första etappen av projektet God livsmedelskvalitet i Västernorrland av H Nordenfors och U Fäger.
5. Lunchmat i Uppsala 2001 – Undersökning av matens energi- och fettinnehåll av H Karlén Nilsson, M Arnemo och W Becker.
6. Projektinriktad kontroll 2004. Ursprung och identitet av kött infört från annat EU-land av U Evans Cederlund.
7. Interkalibrering av laboratorier. Mikrobiologi – Livsmedel, januari 2005 av C Normark och C Gunnarsson.
8. Proficiency Testing – Food Chemistry, Nutritional Components in Food, Round N-35, by L Merino.
9. Normerande inspektioner av storhushåll 2002–2003. Resultat från normerande inspektioner av storhushåll i samband med kommuninspektion av U Lantz och D Rosling.
10. A Risk Assessment of Uranium in Drinking Water by K Svensson, P O Darnerud and S Skerfving.
11. The Component Aspect Identifier – A Tool for Handling Food Component Information in a Food Database Management System by I Unwin and W Becker.
12. Rapportering om livsmedelstillsyn 2004 – Tillsynsmyndigheternas rapportering om livsmedelstillsyn av D Rosling.
13. Interkalibrering av laboratorier. Mikrobiologi – Dricksvatten 2005:1, mars av T Šlapokas och C Gunnarsson.
14. Interkalibrering av laboratorier. Mikrobiologi – Livsmedel, april 2005 av C Normark, K Mykkänen och C Gunnarsson.
15. Campy-SET, Campylobacter: Smittspårning, epidemiologi och typning.
16. Kontroll av rests substanser i animalier och animaliska livsmedel av I Nordlander och H Green.
17. The Swedish Monitoring of Pesticide Residues in Food of Plant Origin: 2004, EC and National Report by A Andersson and A Jansson.
18. Riksprojekt 2004: Patogen *Yersinia enterocolitica* – i obehandlade och behandlade fläskprodukter av S Thisted Lambertz.
19. Rapportering av dricksvattentillsyn 2003 – Tillsynsmyndigheternas rapportering om dricksvattentillsyn av D Rosling.
20. Swedish Nutrition Recommendations Objectified (SNO) – Basis for general advice on food consumption for healthy adults by H Enghardt Barbieri and C Lindvall.
21. Proficiency Testing – Food Chemistry, Trace Elements in Food, Round T-11 by C Åstrand and L Jorhem.
22. Proficiency Testing – Food Chemistry, Nutritional Components in Food, Round N-36, by L Merino and M Åström.
23. Comparative hazard characterization in food toxicology by Annika Tallsjö, Ulf Hammerling, Roland Grafström and Nils-Gunnar Ilbäck.
24. Proficiency Testing – Food Chemistry, Vitamins in Foods, Round V-3 by H S Strandler and A Staffas.
25. Intagsberäkningar av dioxin (PCDD/PCDF), dioxinlika PCBer och metylkvicksilvver via livsmedel av E Ankarberg och K Petersson-Grawé.
26. Normerande inspektioner av livsmedelsbutiker 2003–2005. Resultat från normerande inspektioner av livsmedelsbutiker i samband med kommuninspektion av D Rosling.
27. Normerande inspektioner av storhushåll 2004–2005. Resultat från normerande inspektioner av storhushåll i samband med kommuninspektion av D Rosling.
28. Riskprofil – Dricksvatten och mikrobiologiska risker av T Lindberg och R Lindqvist.

