

HANDBOK

DRICKSVATTENRISKER

Mikrobiologiska risker i ytråvatten



Serien för dricksvattenrisker
Ett samarbetsprojekt

ISBN 978-91-7714-249-2

Förord

När Livsmedelsverket fick samordningsansvaret för dricksvatten år 2009 påbörjades ett mer omfattande arbete med att långsiktigt säkerställa ett säkert och bra dricksvatten. I en av de första rapporterna ”Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder” från 2012 identifieras behovet av att ”grundligt undersöka samvarians mellan etablerade indikatororganismer och specifika patogener via omfattande jämförelser med stora provvolymmer”. Även behovet av att ”utveckla den kemiska och molekylärbiologiska metodiken för fekal källspårning och därigenom bedöma vikten av enskilda föroreningskällor” påtalas i rapporten.

Tillsammans med andra myndigheter, universitet och dricksvattenproducenter samt med finansiellt stöd av 2:4-anslag för krisberedskap har två större projekt genomförts. Det första med syftet att öka kunskapen om förekomst av sjukdomsframkallande mikroorganismer i ytråvatten och vilken korrelation det finns till olika mikrobiella och kemiska indikatorer. Det andra projektets syfte var att ta fram verktyg för fekal källspårning som hjälp till att härleda fekaliers ursprungskälla.

Kunskapen från dessa projekt ligger som grund till denna handbok med vars hjälp jag hoppas att de mikrobiella dricksvattenriskerna i våra ytvattentäkter ska bli bättre kartlagda. Förhoppningsvis sker i förlängningen en minskning av de fekala föroreningarna och en bättre dimensionering av dricksvattenbarriärerna och därmed ett säkrare dricksvatten.

Detta är den första handboken i en serie om dricksvattenrisker. Framöver kommer handböcker om barriärverkan, sjukdom kopplat till dricksvatten och anpassning av dricksvattenproduktion till ett förändrat klimat.

Hans Lindmark

Avdelningschef

Livsmedelsverket

Innehåll

Om handboken.....	3
1. Inledning.....	4
Vad säger lagstiftningen?	4
HACCP – en systematisk metod för riskkontroll	5
2. Finns det möjliga föroreningskällor i eller kring vattentäkten?.....	7
Källor till mikrobiologisk förorening	7
Inventering av föroreningskällor och andra faktorer som kan påverka råvattenkvaliteten.....	9
Bedömning av föroreningskällans påverkan på råvattenkvaliteten	11
3. Är råvattnet fekalt förorenat?.....	15
Indikatororganismer	15
Provtagningsfrekvens för indikatororganismer	19
Fysikalisk-kemiska parametrar.....	20
On-line-mätning av mikrobiologiska parametrar	21
4. När är råvattenkvaliteten som sämst?.....	23
Generella variationsmönster i råvattenkvalitet	24
Variationer i råvattenkvalitet med avseende på säsong.....	24
Variationer i råvattenkvalitet med avseende på råvattentyp och klimat.....	25
Tid på året då råvattenkvaliteten är som sämst.....	27
Koppling mellan nederbörd och råvattenkvalitet	27
När är råvattenkvaliteten i den egna täkten som sämst?.....	29
Betydelsen av samarbete för övervakning av råvattenkvaliteten	29
5. Vilka risker innebär föroreningen?.....	31
Vad bör analyseras?.....	31
Var kan man få analyser utförda?.....	35
När bör man analysera?	35
Finns det någon korrelation mellan förekomst av indikatororganismer och sjukdomsframkallande mikroorganismer?	36
6. Hur spårar man föroreningskällor?	39
Påverkan från olika typer av föroreningskällor	39
Fekal källspårning med hjälp av indikatororganismer	39
Fekal källspårning baserad på patogenförekomst.....	40
Alternativa metoder för fekal källspårning.....	42
Jämförelse av alternativa källspårningsmetoder.....	44
Vilken alternativ metod för källspårning ska jag välja?	45
Bilaga 1	45
Bilaga 2.....	50
Bilaga 3.....	51

Om handboken

Handbokens syfte är att bidra till vattenverkens arbete för mikrobiologiskt säkert dricksvatten. Mer specifikt utgör den ett stöd vid övervakning och bedömning av mikrobiologisk kvalitet på ytråvatten. Innehållet är främst riktat till dricksvattenproducenter men även kontrollmyndigheter kan ha nytta av handboken för att bistå dricksvattenproducenterna i sin strävan att förbättra råvattenkvaliteten. Också verksamhetsutövare i och kring vattentäkter samt lokala och centrala kontrollmyndigheter som stödjer och vägleder dessa kan ha användning av informationen i handboken.

Handboken inleds med ett kapitel som kort redogör för betydelsen av en noggrann mikrobiologisk råvattenövervakning samt vad det ställs för krav i föreskrifter, direktiv och rutiner för egenkontroll (Kapitel 1). Detta åtföljs av fem kapitel som i tur och ordning beskriver

- metodik för hur man inventerar fekala föroreningskällor (Kapitel 2)
- hur man bedömer ifall råvattnet är fekal förorenat (Kapitel 3)
- hur man kartlägger den mikrobiologiska råvattenkvaliteten samt bedömer när den är som sämst (Kapitel 4)
- hur man bedömer risker med föroreningar (Kapitel 5) och
- hur man kan spåra och påvisa fekala föroreningskällor (Kapitel 6)

Innehållet i texten understöds av fördjupningsrutor och i slutet av varje kapitel återfinns en kort sammanfattning med de viktigaste budskapen. Sist i handboken finns tre bilagor med stöd för inventering av föroreningskällor (Bilaga 1) samt beslutsstöd rörande råvattenövervakning (Bilaga 2) och motverkan av förorening av råvattnet (Bilaga 3). Stöden baserar sig på hela handbokens innehåll och är avsedda för regelbunden översyn av råvattenkvalitet och identifiering av föroreningskällor.

Handboken har tagits fram som en del i projekten ”Mikrobiologiska dricksvattenrisker – riskklassning av svenska ytråvatten” samt ”Verktygslåda för fekal källspårning på laboratorium och i fält” som finansierats med 2:4-anslag för Krisberedskap från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap under åren 2013-2016. Projekten har genomförts i samarbete mellan Livsmedelsverket, Folkhälsomyndigheten, Statens Veterinärmedicinska Anstalt, Totalförsvarets Forskningsinstitut, Sveriges Lantbruksuniversitet och Umeå Universitet samt i nära samverkan med vattenverken i Borås, Härnösand, Motala, Stockholm, Trollhättan, Östersund, Linköping, Norrköping, Partille, Uppsala och Järfälla. Mer om resultaten från dessa projekt återfinns i ”Rapport om mikrobiologiska dricksvattenrisker – ytråvatten” som publiceras på Livsmedelsverkets hemsida.

Handboken är sammanställd av Rikard Dryselius och Karin Jacobsson

1. Inledning

Dricksvatten intar på flera sätt en särställning bland våra livsmedel. Det är utan jämförelse det som konsumeras mest och även det livsmedel som når och har störst antal konsumenter. Därtill används dricksvatten i stor utsträckning för tillredning av andra livsmedel. Detta ställer höga krav på att dricksvattnet som levereras till våra kranar håller hög kvalitet och är mikrobiologiskt säkert.

Under perioden 1993-2009 registrerades i snitt 4,5 dricksvattenburna sjukdomsutbrott per år i Sverige¹. Detta är lågt i jämförelse med de ca 110 matförgiftningsutbrott per år som registrerats för samma tidsperiod och med tanke på att den genomsnittliga dricksvattenkonsumtionen ligger på ungefär en liter per dag² antyder det att dricksvattensäkerheten är förhållandevis god. Samtidigt visar statistiken att antalet personer som rapporteras sjuka av dricksvatten är jämförbart med antalet rapporterade fall av matförgiftning samt att större livsmedelsburna utbrott nästan uteslutande beror på förorenat dricksvatten¹. Detta belyser att dricksvattnet är särskilt sårbart och understryker att säkerheten runt produktion och distribution behöver stärkas.

Den vanligast kända orsaken till dricksvattenburna sjukdomsutbrott är att förorenat råvatten passerar vattenverkens barriärer. Att förhindra förorening av råvattnet och kontinuerligt sträva efter en förbättrad kvalitet är därför en av de viktigaste uppgifterna för att förebygga ohälsa kopplad till dricksvatten. Detta är ett ansvarsfyllt uppdrag som i många fall försvåras av en komplex föroreningsbild där förorenarna sällan är eller kan vara medvetna om riskerna.

Vad säger lagstiftningen?

Enligt EUs dricksvattendirektiv (98/83/EG)³ får 100 ml dricksvatten inte innehålla några *Escherichia coli* (*E. coli*) eller enterokocker. I Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten, SLVFS 2001:30⁴, anges även gränsvärdet 10 koliforma bakterier per 100 ml för att klassas som tjänligt med anmärkning och <1 för att det ska vara tjänligt. Tidigare innehöll Livsmedelsverkets föreskrifter även instruktioner om provtagningsfrekvens samt riktvärden för kvalitet på ytråvatten. Dessa togs bort 2003 för att harmonisera med kraven på övriga livsmedelsområden där det istället är branschen som ska ta fram riktlinjer. I Svenskt Vattens dokument ”Råvattenkontroll – Krav på kontroll av råvatten” från 2008⁵ beskrivs gällande branschriktlinjer. Råd om provtagning av råvatten

¹ Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Livsmedelsverkets rapportserie nr 6/2012.

² Risken att bli magsjuk av dricksvatten – en svensk kohortstudie. Livsmedelsverkets rapportserie nr15/2016.

³ Rådet Direktiv 98/83/EG av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten

⁴ Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten SLVFS 2001:30 (med ändringar till 2015)

⁵ Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet, Svenskt Vatten 2008-12-08

finns både i branschriktlinjerna och i Livsmedelverkets vägledning till föreskrifterna om dricksvatten⁶, men det är alltid dricksvattenproducentens ansvar att säkerställa dricksvattenkvaliteten. I båda dokumenten ställs krav på goda kunskaper om råvattnets kvalitet, både normaltillståndet, hur det varierar under året och vid olika väderförhållanden. Dokumenten understryker också betydelsen av att ha kännedom om föroreningskällor i vattentäkten och dess tillrinningsområde för att kunna förebygga påverkan från dessa. Kännedom om den sämsta råvattenkvaliteten som kan förväntas i kombination med den högsta vattenförbrukningen utgör en grund för beslut om vilka barriärer som krävs för produktion av säkert dricksvatten. I Livsmedelverkets dricksvattenföreskrifter finns också krav på arbetsprocedurer enligt HACCP-principerna.

HACCP – en systematisk metod för riskkontroll

Liksom andra livsmedelsproducenter ska producenter av dricksvatten ha ett egenkontrollprogram baserat på GHP (god hygienpraxis) och HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points, eller på svenska faroanalys och kritiska styrpunkter). Med GHP menas att de grundläggande hygienkraven i Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 852/2004 ska vara uppfyllda⁷. Detta innefattar bland annat rutiner för bland annat rengöring, underhåll av lokaler, personlig hygien och utbildning av personal. Egenkontrollen syftar till att förebygga kvalitetsproblem snarare än att åtgärda dem när något har gått fel, exempelvis då konsumenter har blivit sjuka.

Enligt Europaparlamentets och rådets förordning EG 852/2004 består HACCP av

- a) identifiering av faror som måste förbyggas, undanröjas eller reduceras till en acceptabel nivå,
- b) identifiering av kritiska styrpunkter i det eller de steg där kontroll krävs för att förebygga, undanröja eller reducera en fara till en acceptabel nivå,
- c) fastställande av de kritiska gränser som skiljer acceptabelt från icke-acceptabelt för att förebygga, undanröja eller reducera identifierade faror till en acceptabel nivå,
- d) upprättande och genomförande av effektiva förfaranden för att övervaka de kritiska styrpunkterna,
- e) fastställande av de åtgärder som ska vidtas när övervakningen visar att de kritiska gränserna vid styrpunkten överskrids,
- f) regelbunden verifiering av att åtgärderna i a-e fungerar som de ska, och
- g) dokumentering av att åtgärderna tillämpas.

⁶ Vägledning dricksvatten. Vägledning till Livsmedelverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten (2014).

⁷ Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 852/2004 av den 29 april 2004 om livsmedelshygien.

Mycket av det ovanstående berör processerna efter att råvattnet nått vattenverket men Svenskt Vattens ”Handbok för egenkontroll med HACCP vid produktion och distribution av dricksvatten”⁸ rekommenderar kontroll av råvattnet. Omfattningen bör baseras på råvattnets ursprung samt kunskap om årstidsvariationer och när råvattnet är som sämst. De mikrobiologiska analyser som föreslås för råvatten är *E. coli*, enterokocker, koliforma bakterier och *Clostridium perfringens*. För ytråvatten rekommenderas även temperatur, lukt, pH, färgtal, COD_{Mn}, konduktivitet och turbiditet.

Både lagstiftning och kraven på egenkontroll belyser den enskilde dricksvattenproducentens ansvar att förebygga kvalitetsproblem med dricksvattnet. En förutsättning för detta är god kännedom om mikrobiologisk råvattenkvalitet, hur den varierar och hur den ser ut när den är som sämst i den egna tåkten. Följande kapitel går igenom strategier för hur man systematiskt inventerar möjliga föroreningskällor, övervakar råvattenkvalitet, upptäcker och bedömer risker med föroreningar och faror samt identifierar föroreningars ursprung, det vill säga mycket av det som ingår i en faroanalys enligt HACCP-principerna. I slutet av handboken finns dessa strategier samlade i form av beslutsstöd som kan användas för inventering av föroreningskällor (Bilaga 1), råvattenövervakning (Bilaga 2) och för att motverka förorening av råvattnet (Bilaga 3).

⁸ Handbok för egenkontroll med HACCP vid produktion och distribution av dricksvatten. Svenskt Vatten 2014.

2. Finns det möjliga föroreningskällor i eller kring vattentäkten?

Detta kapitel handlar om olika föroreningskällor som kan påverka råvattenkvaliteten samt hur man inventerar, kartlägger och bedömer relevansen av dessa i den egna vattentäkten. Kapitlet berör även väder- och klimatfaktorer som kan påverka föroreningsläget och sätt att bedöma ifall de är av betydelse för det egna råvattnet. Som ett stöd vid identifiering och rangordning av risker vid vattentäkten rekommenderas Bilaga 1.

Källor till mikrobiologisk förorening

Ytråvatten kan förorenas från många håll. En god kännedom om vilka möjliga föroreningskällor som finns och var de är belägna är centralt för produktion av ett säkert dricksvatten. Föroreningarna bör i första hand avlägsnas eller minimeras vid källan men när detta inte är möjligt blir kunskapen istället betydelsefull för att anpassa beredningsprocessen och styrningen av denna. Förutom kännedom om källorna är det viktigt med kunskap om transportvägar, transporttider, utspädningsgrad, vattnets uppehållstid i täkten, kvalitetsvariationer under året och hur vädret kan påverka spridning av föroreningar.

Humant avlopp

Avlopp från människa är den föroreningskälla som utgör störst risk för sjukdom då den innehåller mikroorganismer som härstammar från människor och som därmed också kan infektera människor. En viktig föroreningskälla är det renade avloppsvatten som släpps ut från kommunala reningsverk. Trots rening passerar i vissa fall flera procent av de inkommande mikroorganismerna avloppsreningsprocesserna och når recipienten^{9,10}. Eftersom de fekala föroreningarna från ett avloppsreningsverk härstammar från ett större antal individer är det dessutom sannolikt att det alltid är några som utsöndrar sjukdomsframkallande mikroorganismer. Även enskilda avlopp kan ha stor påverkan och det är hos en del kommuner dåligt dokumenterat var dessa finns och i vilket skick de är. Föroreningsgraden kan vara relativt hög men eftersom föroreningen härstammar från ett begränsat antal individer minskar risken för att sjukdomsframkallande mikroorganismer förekommer och kan spridas från avloppet vid ett givet tillfälle. I en tidigare enkätundersökning svarade cirka en tredjedel av 105 ytråvattenverk att det fanns avloppsreningsverk i anslutning till vattentäkten medan två tredjedelar svarade att det förekom enskilda avlopp¹¹.

⁹ Stenström TA. Kommunalt avloppsvatten från hygienisk synpunkt. Mikrobiologiska undersökningar. 1987. SNV PM 1956.

¹⁰ Ottoson J. Comparative analysis of pathogen occurrence in wastewater: management strategies for barrier function and microbial control. Kungliga tekniska högskolan (KTH); 2005. Avhandling.

¹¹ Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Livsmedelsverket Rapport 6-2012.

Avlopp är alltså en risk som berör många av landets ytvattentäkter. Utöver förorening från renat kommunalt avlopp och enskilda avlopp kan bräddningar, översvämmande pumpstationer och brott på/läckage från avloppsledningar innebära kraftiga tillfälliga föroreningar av vattentäkter. Det är därför betydelsefullt att även skaffa sig god kännedom om infrastrukturens uppbyggnad när potentiella föroreningskällor kartläggs.

Förorening från människa kan även härstamma från andra verksamheter än kommunala och enskilda avlopp. Bad- och campingplatser kan i vissa fall orsaka mer eller mindre diffusa tillskott av förorening som åtminstone periodvis kan vara relevanta för dricksvattensäkerheten. Detsamma gäller även marinor och båttrafik där hantering och tömning av latriner kan orsaka utsläpp med höga koncentrationer avföring som innebär betydande risker ifall det sker i närhet till råvattenintaget.

Djur

En del sjukdomsframkallande mikroorganismer, exempelvis vissa arter av parasiten *Cryptosporidium* och många virus, är värdspecifika och om de förekommer hos djur orsakar de inte sjukdom hos människor. Andra är zoonotiska och kan överföras från djur till människa och vice versa. Detta gäller till exempel Shigatoxin-producerande *E. coli* (STEC, tidigare kallad VTEC och inom humanmedicinen EHEC), *Cryptosporidium parvum* och vissa arter av *Salmonella*. Strandbetande djur och spridning av naturgödsel kan därför orsaka fekala föroreningar av råvattnet som innebär risker vid dricksvattenproduktion. Även ett rikt fågelliv orsakar ibland föroreningar med exempelvis *Campylobacter* som kan infektera människa. Andra vilda djur kan också bära på zoonotiska organismer såsom *Campylobacter* och STEC. Det har också nyligen visats att svenska vildsvin bär på hepatit E-virus som även återfinns hos tamgris och som kan infektera människor¹². Vilka sjukdomsframkallande mikroorganismer som är relevanta för olika föroreningskällor beskrivs mer i detalj i kapitel 5 och 6.

Dagvatten

Dagvatten och annan avrinning kan föra med sig mikrobiologiska föroreningar till vattentäkten. En källa till fekal kontaminering av dagvatten är felkopplade eller läckande avloppsledningar vilket kan resultera i en kraftig förorening i tälten eftersom dagvatten ofta leds ut i recipienten helt orenat. Även föroreningar från tama och vilda djur kan nå vattentäkten via dagvattnet. Till vilken grad tälten förorenas beror på förhållandena runt tälten vid en specifik tidpunkt. Exempelvis behöver stora nederbördsmängder eller omfattande snösmältning inte alltid försämra råvattenkvaliteten eftersom ett ökat vattenflöde även kan späda ut föroreningar. Samtidigt kan ett kortvarigt kraftigt regn efter en längre torr period

¹² Lin, J. 2015. Molecular characterization and prevalence of Hepatitis E virus in Swedish wild animals – A zoonotic perspective. Avhandling, SLU, ISBN 978-91-576-8370-0

resultera i mycket höga föroreningskoncentrationer då exempelvis avföring från tama och vilda djur som blivit liggande på hårda ytor under torrperioden spolats ut i dagvattensystemet.

Inventering av föroreningskällor och andra faktorer som kan påverka råvattenkvaliteten

Utgå från en karta över området. Gör en tur runt vattentäkten eller relevanta delar av denna och se hur det ser ut eftersom verkligheten ofta säger mer än kartan. Om möjligt är det bra att upprepa inspektionen vid flera olika tillfällen på året eftersom många av de potentiella föroreningskällorna bara är aktuella under en viss tidperiod. Dokumentera vad som identifierats och använd kartan för att markera ut föroreningskällorna. Använd gärna Bilaga 1 som stöd i inventeringsarbetet.

Steg 1 – Vilken är tillrinningsområdets omfattning?

- Hur stort är det?
- Finns det större vattendrag/inflöden av vatten?

Om vattentäkten har ett vattenskyddsområde finns troligen den information som behövs, exempelvis om vilka områden som utgör primär, sekundär och tertiär zon. Om inte, eller ifall det var länge sedan vattenskyddsområdet fastställdes, så bör det övervägas ifall ett vattenskyddsområde ska tas fram eller, alternativt, uppdateras. SMHI erbjuder en tjänst där de hjälper till med att beräkna rinntider i sjöar och vattendrag med hänsyn tagen till lokala förhållanden (<http://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/vattenmiljo/tjanster-mot-dricksvattensektorn-1.101903>). Denna tjänst kan användas som stöd för att definiera tillrinningsområdets omfattning.

Steg 2 – Finns det föroreningar från humanavlopp?

- Var finns avlopprensingsverk, bräddavlopp, avloppsledningar och pumpstationer i och kring vattentäkten och i tillrinningsområdet. Hur många personer är anslutna? Finns det larm när något går fel?
- Var finns det enskilda avlopp, hur gamla är de och vilken typ av rening har de?
- Förekommer trafik med båtar som kan tänkas tömma latriner?
- Finns det utsläpp av dagvatten som kan misstänkas vara förorenat?
- Hur ligger föroreningskällorna i förhållande till råvattenintaget? Beakta till exempel strömmar, rinntid och eventuell utspädning exempelvis med stöd från SMHIs tjänst som nämns i stycket ovan.

Tag kontakt med kollegor inom den egna kommunens VA-förvaltning för att få reda på var kommunens egna tänkbara föroreningskällor finns och hur beredskapen för att hantera problem ser ut. Även grannkommuner som har verksamhet inom tillrinningsområdet behöver kontaktas. En god kommunikation

med kommunens egen och grannkommunernas avloppsförvaltning är viktig för att snabbt kommunicera problem om exempelvis bräddningar eller pumpstationer som havererar. Den kommunala miljöförvaltningen ska hålla register över enskilda avlopp och har ofta kunskap om var de finns och även vilken typ av rening som används.

Steg 3 – Finns det föroreningar från jordbruk och tamdjur?

- Var finns jordbruksmark? Rör det sig om odlad mark som gödglas med stallgödsel eller slam? Finns djur som betar nära stranden eller vid anslutande tillflöden? Vilka djurslag och hur många djur rör det sig om?
- Var finns avrinning från jordbruksmark (utlopp bäckar och åar)?
- Hur ligger föroreningskällorna i förhållande till råvattenintaget? Beakta till exempel stömmar, eventuell utspädning och rinntid.

Stallgödsel får spridas både på odlad mark och betesmark och det kan vara svårt att få reda på var och när detta sker. Däremot ska alla platser där det finns nötdjur, får, getter eller grisar vara anmälda till Jordbruksverket och får ett så kallat produktionsplatsnummer. Om man har tillgång till ett GIS-program kan man via numret se var det finns djurbesättningar genom Jordbruksverkets Inspire-tjänster (<http://www.jordbruksverket.se/etjanster/etjanster/stod/kartorochgis/inspiretjanster/laddanerkartskikt.4.2c4b2c401409a334931bf0e.html>). Det är viktigt att ha i åtanke att djur flyttas runt och att produktionsplatsen för gödseln inte nödvändigtvis är densamma som där det sprids.

Slam får bara spridas på vissa typer av odlad mark och det finns inte några gränsvärden för innehållet av sjukdomsframkallande mikroorganismer. Mycket slam är dock Revaq-certifierat och är då lagrat i 6 månader och kontrollerat för Salmonella innan det distribueras. Lagringen bör även ha en reducerande effekt på andra sjukdomsframkallande mikroorganismer, åtminstone bakterier. Slamproducenter måste föra register över vart slammet har sålts och på vilka platser det används. Om kommunens eller grannkommunens avloppsreningsverk säljer slam som gödningsmedel så bör de också ha information om var slammet sprids. Via Svenskt Vatten kan man dessutom få tillgång till Revaq Portalen (<http://revaq.cartesia.se/>) som är ett GIS-baserat system med uppgifter om var avloppsslam har spridits.

Steg 4 – Finns större mängder vilda djur nära vattentäkten?

Denna fråga är ofta svår att svara på men det är ändå bra att ha tänkt över saken. Enstaka djur eller mindre flockar utgör normalt ingen större mikrobiologisk risk. Det kan däremot större ansamlingar av exempelvis gäss och sjöfågel göra, särskilt ifall de håller till nära råvattenintaget. Stora flockar av hägnat vilt kan också påverka råvattenkvaliteten om hägnet ligger nära vattentäkten. Eftersom hållande

av djur i hägn kräver tillstånd från länsstyrelsen kan man få reda på var sådana finns.

Steg 5 – Vilka andra faktorer inverkar på graden av förorening?

Föroreningars förmåga att transporteras till och sprida sig i råvattentäkter är ofta beroende av yttre faktorer såsom årstid, väder och klimat. Exempelvis kan ökade vattenflöden och ytavrinning från omgivande mark till följd av nederbörd och snösmältning kraftigt försämra råvattenkvaliteten. Likaså kan omblandning av vattnet i täkten i samband med vår- och höstcirkulation eller stormar leda till att fekala föroreningar når råvattenintaget. För att bedöma påverkan från dessa faktorer är det till stor hjälp att

- kontinuerligt söka orsakssamband mellan förändringar i mikrobiologisk råvattenkvalitet och väder- och klimatfaktorer.
- samråda med kollegor och dela erfarenheter runt eventuella orsakssamband.
- sammanfatta historisk analysdata och söka mönster kopplade till exempelvis årstid och säsong.

I Kapitel 4 står det mer om hur årstid, väder och klimat hänger samman med variationer i råvattenkvalitet.

Bedömning av föroreningskällans påverkan på råvattenkvaliteten

När informationen om möjliga föroreningskällor och faktorer som påverkar råvattenkvaliteten är sammanställd återstår att göra en bedömning av vilka föroreningskällor och andra faktorer som har störst påverkan på råvattenkvaliteten. Bedömningen är en uppskattning av vad ni, med all tillgänglig kunskap, uppfattar är de viktigaste faktorerna som påverkar produktionen av ett säkert dricksvatten på ert vattenverk.

Steg 1 – I vilken utsträckning påverkar föroreningskällorna råvattenkvaliteten?

Lista alla föroreningskällor och gradera den största negativa påverkan som respektive källa kan ha med en skala 1 till 7 där 1 betyder mycket liten och 7 mycket stor påverkan. Väg in faktorer som

- rinnriktning i förhållande till råvattenintaget.
- utspädningseffekter på vägen.
- omfattningen på föroreningskällan, exempelvis antalet anslutna till ett avloppsreningsverk eller en pumpstation, stora/små djurflockar.
- tid på året när föroreningskällan är som mest relevant.

Steg 2 – Hur påverkar väder- och klimatfaktorer råvattenkvaliteten?

Lista de väder- och klimatfaktorer som ni identifierat har störst relevans för råvattnet och tillrinningsområdet. Gradera på en skala 1-7 hur stor negativ

påverkan respektive väder- och klimatfaktor har på råvattenkvaliteten. Notera även när på året påverkan förväntas vara som störst (se Kapitel 4).

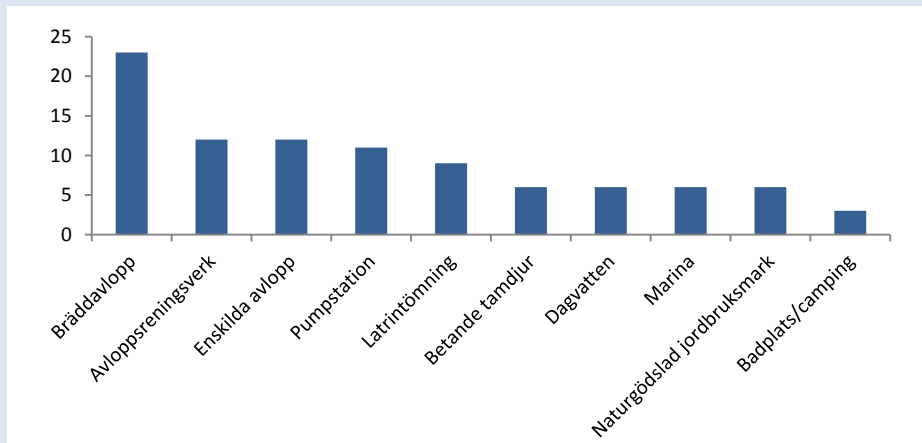
De föroreningskällor samt väder- och klimatfaktorer som får högst poäng i bedömningen är de faktorer som ni uppfattar som viktigast att beakta för produktionen av ett säkert dricksvatten. I Fördjupning 2.1 visas hur nio vattenverk har bedömt påverkan av olika föroreningskällor samt väder- och klimatfaktorer på sitt råvatten med denna typ av bedömning.

Bedömningen bör dokumenteras och uppdateras med jämna mellanrum utifrån nyvunnen kunskap om föroreningars ursprung och påverkan på råvattenkvaliteten som exempelvis fås genom ytterligare analyser och kartläggningar. Bilaga 1 ger ett stöd för detta arbete och Kapitel 3-6 bidrar med ytterligare fördjupning i hur man identifierar och bedömer risker.

Fördjupning 2.1

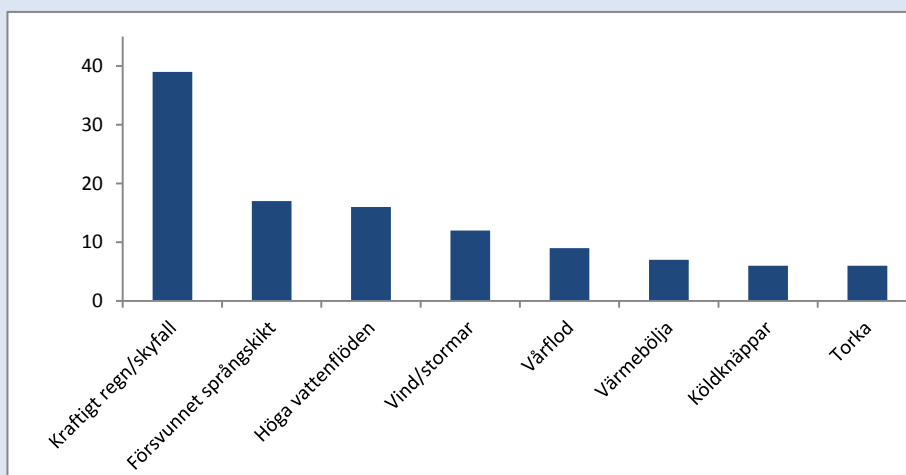
Sammanfattning av nio dricksvattenproducenters bedömning av hur deras ytråvatten påverkas av olika föroreningskällor samt väder- och klimatfaktorer

Bedömningen gjordes på identifierade föroreningskällor samt relevanta väder- och klimatfaktorer vid den egna vattentäkten utifrån en skala 1-7 (se frågorna i Bilaga 1).



Figur 2.1. Nio vattenverks bedömning av hur olika föroreningskällor i direkt anslutning till vattentäkten påverkar råvattenkvaliteten utifrån en skala 1-7 där 7 har mest negativ påverkan på råvattenkvaliteten. Y-axeln visar aggregerade värden för alla nio vattenverkenen.

Sammantaget ansågs föroreningskällor som härrör från människor ha störst påverkan på råvattenkvaliteten medan påverkan från betande djur och fåglar bedömdes vara mindre. En möjlig förklaring kan vara att samtliga nio vattentäkter ligger i relativt tätbefolkade områden.



Figur 2.2. Nio vattenverks bedömning av hur olika väder- och klimatfaktorer påverkar råvattenkvaliteten. På y-axeln visas aggregerade värden för alla nio vattenverken.

Resultaten visar att kraftig nederbörd (regn eller skyfall) bedöms ha störst påverkan på råvattnets kvalitet. Därefter följer försvunnet språngskikt och höga vattenflöden.

Summering

- Identifiera tillrinningsområdets omfattning och hur vattnet strömmar.
- Inventera föroreningskällor från
 - människor
 - lantbruksdjur
 - jordbruk
 - vilda djur
 - dagvatten och annan tillrinning som kan utgöra en risk
- Identifiera andra faktorer som påverkar råvattenkvaliteten såsom årstidsvariationer, nederbörd, vindar med mera.
- Gör en bedömning av de olika källornas och faktorernas betydelse för råvattenkvaliteten.
- Dokumentera och uppdatera inventeringen och bedömningen med jämna mellanrum.

3. Är råvattnet fekal förorenat?

Detta kapitel handlar om olika mikrobiologiska och fysikalisk-kemiska parametrar som normalt används för råvattenövervakning och beskriver deras koppling till fekal förorening eller förmåga att indikera risk för fekal förorening. Vidare beskrivs rekommenderad provtagningsfrekvens av indikatororganismer och det tas även upp några exempel på online-mätningar av mikrobiologiska indikatorer.

Inventering av föroreningskällor i och kring vattentäkten ger ett viktigt underlag avseende potentiellt föroreningstryck på och sannolika mikrobiologiska risker i råvattnet. En noggrann övervakning av råvattenkvaliteten är nödvändig för att bekräfta påverkan från och omfattning av dessa risker. Direkt mätning av sjukdomsframkallande mikroorganismer är svårt eftersom de ofta förekommer i låga halter och är både kostsamma och tidskrävande att analysera. Därför övervakas vanligtvis mer lättanalyserade indikatorer som på olika sätt och i olika grad kan relateras till förorening och risk. Man brukar dela upp indikatorerna i indikatororganismer och fysikalisk-kemiska parametrar. Indikatororganismerna ger generellt sett en mycket tydligare indikation på fekal förorening och mikrobiologisk risk än vad de fysikalisk-kemiska parametrarna gör. Fördelen med de fysikalisk-kemiska parametrarna är att de är snabbanalyserade och ofta även medger automatiserade och kontinuerliga mätningar som möjliggör övervakning av vattenkvalitet i realtid.

Indikatororganismer

Indikatororganismer används för att definiera risk för förorening på flera olika sätt i dricksvattenproduktion. Indikatororganismerna kan delas upp i tre olika typer¹³:

- *Generella mikrobiologiska indikatorer* används för att bedöma effektivitet i beredningsprocesser och förutsättningar för mikrobiologisk tillväxt.
- *Fekala indikatorer* antyder närvaro av fekal förorening och därmed risk för förekomst av sjukdomsframkallande mikroorganismer.
- *Index- och modellorganismer* omfattar organismer som indikerar närvaro av respektive efterliknar beteende hos sjukdomsframkallande mikroorganismer. Exempelvis är *E. coli* indexorganism för Salmonella och somatiska kolifager modellorganism för andra virus.

I Tabell 3.1 listas de indikatororganismer som branschorganisationen Svenskt Vatten rekommenderar för övervakning av råvattenkvalitet¹⁴ och nedan följer en närmare beskrivning av dessa.

¹³ Ashbolt, NJ et al. 2001. Indicators of microbial water quality. In: Water quality: Guidelines, standards and health. IWA Publishing.

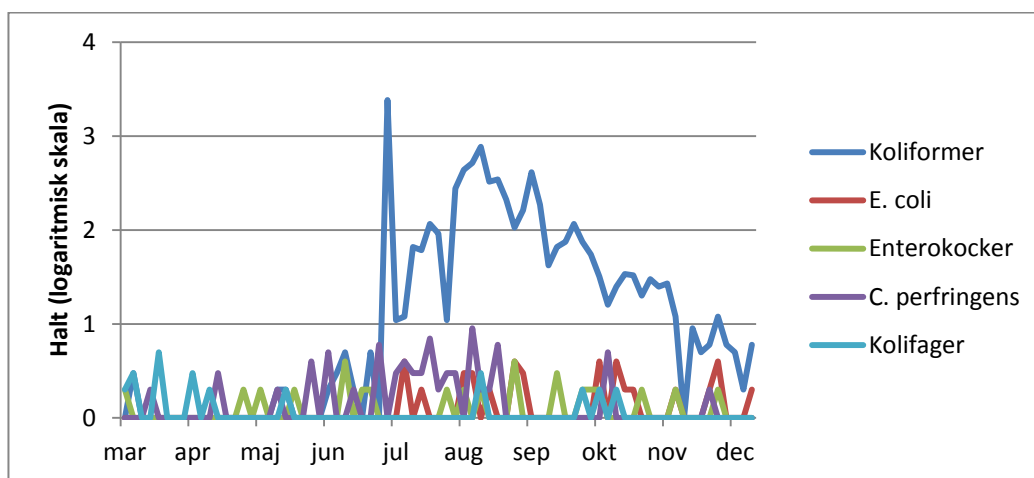
¹⁴ Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet, Svenskt Vatten 2008-12-08

Tabell 3.1. Indikatororganismer som rekommenderas för råvattenprovtagning i Svenskt Vattens ”Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet” tillsammans med en kort kommentar om deras egenskaper. Ju mörkare skuggning desto bättre förmår parametrarna indikera fekal påverkan. Analystiden beror på vilken metod man använder.

Parameter	Enhet	Riktvärde	Kommentar
Odlingsbara mikroorganismer, 22 °C, 3d	cfu/ml	Var uppmärksam på förändringar	Generell mikrobiologisk indikator med begränsad koppling till fekal förorening. Kraftigt förhöjda halter kan i vissa fall indikera risk, men den långa analystiden begränsar värdet av analyser på råvatten. Analystid tre dygn.
Långsamväxande bakterier, 7d	cfu/ml	Var uppmärksam på förändringar	Som ovan. Analystid sju dygn.
Koliforma bakterier	cfu/100 ml	<5000	Svag fekal indikator eftersom många arter förekommer och tillväxer i miljön. Analystid 18-24 h.
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	cfu/100 ml	<500	Viktig fekal indikator med ytterst begränsad förmåga att tillväxa i miljön. Modellorganism för sjukdomsframkallande bakterier. Analystid 18-24 h.
Enterokocker	cfu/100 ml	<500	Viktig fekal indikator med begränsad förmåga att tillväxa i miljön. Analystid 24-48 h.
<i>Clostridium perfringens</i>	cfu/100 ml	Var uppmärksam på förändringar	Svag fekal indikator eftersom den även förekommer i förmultnande växter och jord. Indexorganism för parasiter. Analystiden är 18-24 h för presumtiva <i>C. perfringens</i> och 48 h för konfirmerade.
Somatiska kolifager	cfu/100 ml	Var uppmärksam på förändringar	Fekal indikator som är beroende av <i>E. coli</i> för att föröka sig. Modellorganism för andra virus. Än så länge mindre använd än övriga indikatorer. Analystid 16-18 h.

Parametrarna **odlingsbara mikroorganismer, 22 °C, 3d** och **långsamväxande bakterier, 7d** inkluderar bakterier och mikrosvamp respektive bakterier som härrör från miljön och därför normalt förekommer i ytvatten. Parametrarna har ingen specifik koppling till fekal förorening men är användbara för att se förändringar i råvattnet till följd av exempelvis kraftig nederbörd eller omblandning av vattnet som kan innebära ökad risk för fekal påverkan (se Fördjupning 3.1). En stor nackdel är den långa analystiden och parametrarna har främst ett värde som generella mikrobiologiska indikatorer för att bedöma förutsättning för mikrobiologisk tillväxt i färdigt dricksvatten.

Övriga parametrar i tabellen har en generellt starkare koppling till fekala föroreningar, även om det finns flera exempel där förhöjda halter snarare visat sig bero på tillväxt i miljön än en direkt fekal koppling. Det kanske tydligaste exemplet på detta är parametern **koliforma bakterier** som förekommer i tarmarna hos varmblodiga djur (inklusive människa), men även innefattar en rad bakteriearter som lever och tillväxer i mark och vatten. I vissa råvatten kan man periodvis se kraftigt förhöjda halter av koliforma bakterier, exempelvis när vattnet är varmt, utan att andra fekala indikatorer ger något större utslag (Figur 3.1). Samtidigt bör man vara vaksam på förhöjningar eftersom det under en riktig fekal förorening ofta påvisas förhöjda halter av koliforma bakterier (se Fördjupning 3.1).



Figur 3.1. Förändringar i halter av indikatororganismer över tid i en råvattentäkt som är relativt opåverkad av fekala föroreningar. I figuren åskådliggörs en kraftig ökning av halten koliformer som inte åtföljs av motvarande förhöjda värden för övriga indikatororganismer.

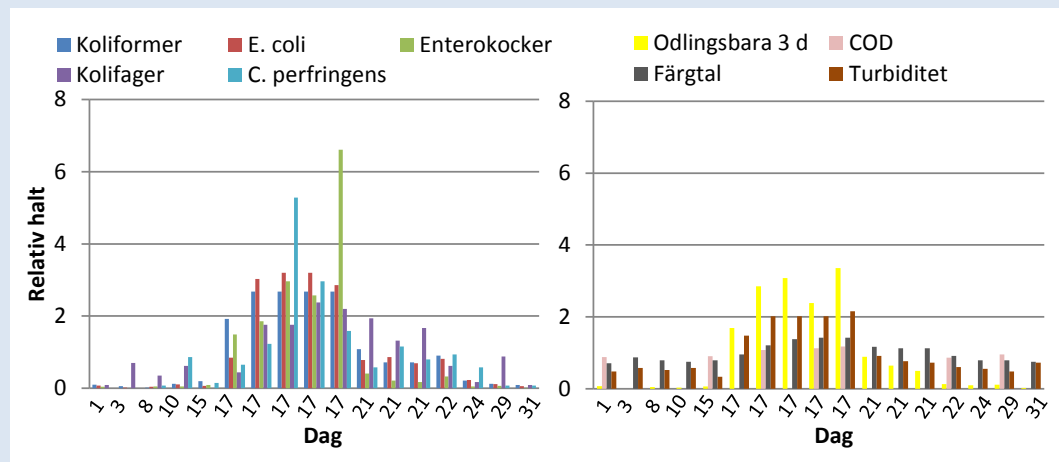
De indikatororganismer som främst indikerar fekal förorening är *E. coli* och intestinala (tarmlevande) **enterokocker**. Båda parametrarna är starkt förknippade med och förekommer i höga halter i fekalier från varmblodiga djur (inklusive människa). I miljön överlever *E. coli* relativt kort tid vilket gör dem till en lämplig indikator för färsk fekal förorening. Enterokocker överlever bättre i miljön och lämpar sig därför bra som indikator för äldre eller mer långväga förorening om *E. coli*-halten samtidigt är låga. Det finns indikationer på att åtminstone enterokocker under särskilda betingelser förmår tillväxa i miljön¹⁵, men det är samtidigt oklart ifall detta har betydelse för svenska råvattentäkter. Utöver sin stora betydelse som fekal indikator är *E. coli* en självklar index- och modellorganism för de sjukdomsframkallande stammar som utgör en liten del av den totala *E. coli*-populationen.

¹⁵ Byappanahalli MN, et al. 2012. Enterococci in the environment. MMBR 76; 685-706.

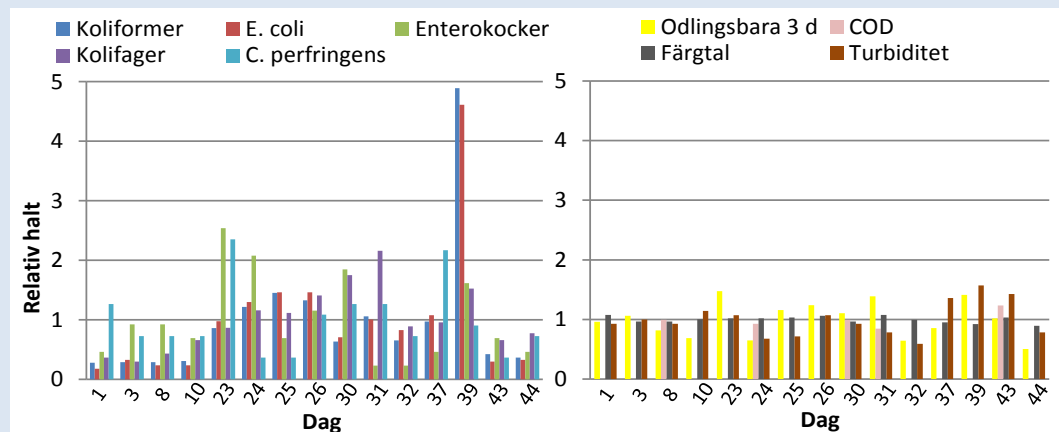
Fördjupning 3:1

Förmåga hos olika mikrobiologiska och fysikalisk-kemiska indikatorer att påvisa fekal förorening

Förmågan att detektera fekala föroreningar varierar mycket mellan olika indikatorparametrar. I vissa fall kan en förorening detekteras med både fekala och icke-fekala indikatorer (Figur 3.2) medan det i andra bara är de fekala indikatorerna som ger utslag (Figur 3.3).



Figur 3.2. Figuren visar hur fekala indikatorer (vänster) och icke-fekala indikatorparametrar (höger) varierade före, under och efter en period av kraftigt regn i ett vattendrag. En tydlig ökning syns för samtliga parametrar dag 17 till 21 då de kraftiga regnen föll. Tiden på x-axeln är inte linjär och i vissa fall har flera mätningar gjorts samma dag.



Figur 3.3. Figuren visar effekten av avloppsbräddningar i en sjö, det vill säga, en helt säkert identifierad fekal förorening. Mellan dag 23 och 39 syns förhöjda värden för de fekala indikatorerna (vänster) medan de icke-fekala parametrarna inte påverkas alls. Tiden på x-axeln är inte linjär.

Exemplen ovan belyser att analys av mikrobiologiska parametrar är en nödvändighet för att detektera och påvisa fekal förorening i råvatten. De fysikalisk-kemiska parametrarna har vanligtvis en betydligt svagare koppling till fekal förorening men fyller en viktig funktion genom att de bidrar med snabbare och i många fall direkta svar rörande förändringar i vattenkvaliteten som i vissa fall kan innebära mikrobiologisk risk.

Clostridium perfringens återfinns i tarmarna hos djur och människor, men förekommer även i förmultnande växter och jord, vilket till viss del begränsar värdet av den som fekal indikator. Bakterien kan bilda endosporer som gör den mycket motståndskraftig mot stress och överlever därför länge i miljön. Endosporerna gör parametern intressant ur två perspektiv; dels kan den indikera en äldre eller mer långväga förorening och dels kan den indikera risk för parasiterna *Cryptosporidium* och *Giardia* samt andra stresståliga sjukdomsframkallande mikroorganismer.

Fager (egentligen bakteriofager) är virus som bara infekterar bakterier. **Somatiska kolifager** infekterar bara *E. coli* och närbesläktade bakterier och infektion av dessa bakterier är helt nödvändig för att fagerna ska föröka sig. De har med andra ord samma ursprung som *E. coli* och indikerar därför en fekal förorening. De överlever länge i naturen och kan därför vara en bra indikator på äldre föroreningar samt mer stresståliga patogener som parasiter och virus. Fager används som modellorganism för virus, och eftersom de är odlingsbara är detektionsgränsen låg vilket gör att de med fördel kan användas även för att studera barriärverkan vid spikningsförsök.

Provtagningsfrekvens för indikatororganismer

Provtagningsfrekvens av råvattnet innebär en avvägning mellan hur djup kunskap man behöver ha om råvattnets kvalitet och hur mycket resurser man kan lägga på provtagningen. Som stöd finns det i Svenskt Vattens branschriktlinjer ett förslag där provtagningsfrekvensen styrs av antalet personer som är anslutna till vattenverket eller producerad volym vatten per dygn (Tabell 3.2).

Tabell 3.2. Förslag till provtagningsfrekvens för parametrarna i Tabell 3.1 (modifierad från Råvattenkontroll – krav på råvattenkvalitet¹⁶).

Antal anslutna personer	Producerad volym/dygn (m ³)	Antal råvattenprov/ år
≤ 2 000	≤ 400	2
>2000 - ≤5 000	>400 - ≤1 000	4
>5 000 - ≤50 000	>1 000 - ≤10 000	8
>50 000 - ≤ 500 000	>10 000 - ≤100 000	16
>500 000	>100 000	32

I branschriktlinjerna nämns även att hänsyn bör tas till egen erfarenhet och lokala förutsättningar då antalet nödvändiga råvattenprov bestäms. Det är då av stor betydelse att en noggrann inventering av potentiella föroreningskällor i och kring vattentäkten har genomförts och att riskerna med dessa har bedömts (se Kapitel 2). Inför genomförande av en MBA (Mikrobiologisk Barriär Analys) eller en mer omfattande kartläggning av råvattnet är det lämpligt att utgå från riktlinjerna i ”Introduktion till mikrobiologisk barriäranalys”¹⁷ (Tabell 3.3). En sådan

¹⁶ Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet, Svenskt Vatten 2008-12-08

¹⁷ Introduktion till mikrobiologisk barriäranalys. Svenskt Vatten, publikation P112, 2015

kartläggning fokuserar på analys av *E. coli* och *C. perfringens* och för ytråvatten, speciellt om det är avloppspåverkat, även analys av parasiter och bör upprepas med några års mellanrum. Som komplement rekommenderas analys av somatiska kolifager med motiveringen att infektiösa virus kan finnas kvar i vattnet även när bakteriella indikatorer inte längre kan påvisas. Mer om rekommendationer runt provtagning finns att läsa i Kapitel 4.

Tabell 3.3. Rekommenderat provantal för kartläggning av ett ytråvatten enligt "Introduktion till mikrobiologisk barriäranalys"¹⁸.

Vattenverkets storlek	Rekommenderat antal
<1000 personer	12
1000-10 000 personer	24
>10 000 personer	48

Fysikalisk-kemiska parametrar

Analys av fysikalisk-kemiska parametrar går snabbt och kan i flera fall göras kontinuerligt i realtid. Parametrarna fungerar därför både som viktiga instrument för att övervaka vattenkvalitet och för att styra beredningsprocessen. Kopplingen till förekomst av sjukdomsframkallande mikroorganismer är betydligt svagare än för de fekala indikatororganismerna, men de kan ändå ge signal om förändringar i vattenkvaliteten som innebär förorening (se Fördjupning 3.1). De fysikalisk-kemiska parametrarna kan exempelvis detektera förändringar som beror på (i) omblandning av vattnet till följd av kraftiga vindar eller höst- och vårcirkulation, (ii) avrinning från land eller uppgrumling av sediment som följd av kraftig nederbörd eller snösmältning, (iii) algbloomning eller (iv) närliggande eller mycket kraftiga utsläpp av dagvatten, avlopp eller gödsel. Sammantaget gör detta att de fysikalisk-kemiska parametrarna även är viktiga styrmedel för när mätningar av mikrobiologiska parametrar bör genomföras. I Tabell 3.4 listas några av de vanligast analyserade fysikalisk-kemiska parametrarna.

För att kunna använda de fysikalisk-kemiska parametrarna som indikatorer för eventuell förorening är det nödvändigt att ta reda på hur de svarar på olika typer av säsongsförändringar, väderhändelser och utsläpp som kan medföra förorening av vattentäkten. Detta kan variera från vattentäkt till vattentäkt. Undersökningarna behöver alltid verifieras med mikrobiologiska analyser som genomförs parallellt. Man kan även dra nytta av sparad historisk data från indikatoranalyser och online-loggar för att identifiera mönster. Denna information kan även jämföras mot historisk meteorologisk data för exempelvis nederbörd, vind och snödjup som enkelt laddas ner från SMHI (<http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/>) för att i efterhand identifiera eller belägga eventuella samband.

¹⁸ Introduktion till mikrobiologisk barriäranalys. Svenskt Vatten, publikation P112, 2015

Tabell 3.4. Några fysikalisk-kemiska parametrar som ofta analyseras på råvatten med en kort beskrivning av vad de mäter och hur de kan signalera risk för mikrobiologisk förorening. Understrukna parametrar mäts ofta kontinuerligt i realtid.

Parameter	Enhet	Funktion
<u>Turbiditet</u>	NTU eller FNU	Åskådliggör vattnets grumlighet vilket är ett mått på mängden fast material som kan bestå av lera, fast organiskt och oorganiskt material, alger, plankton och mikroorganismer. Turbiditet kan indikera avrinning, uppgrumling, algblomning eller utsläpp.
<u>pH</u>	pH	Mått på hur surt eller basiskt vattnet är. En förändring i pH kan indikera omblandning av vattnet, algblomning eller mycket kraftig förorening.
Färgtal	mg/l Pt	Beror huvudsakligen på komplexa organiska molekyler från nedbrutet växtmaterial samt kolloidalt järn och mangan. Färgtalet kan påverkas av avrinning och ökade vattenflöden och påverkar främst reningsprocesser och möjligheter till tillväxt i distributionssystemet.
<u>Konduktivitet</u>	S/m	Mäter elektrisk ledningsförmåga och ger information om mängden lösta salter i vattnet. Konduktivitet indikerar liksom pH omblandning av vattnet och kan även påverkas av bräddningar eller kraftig nederbörd som spolar ned gödsel och förorenat dagvatten med höga nitrat- och fosfathalter i tälkten.
COD _{Mn}	mg/l O ₂	Ett indirekt mått på mängden organiska ämnen i vattnet som bedöms av mängden syre som krävs för att bryta ner dessa kemiskt.
<u>Temperatur</u>	°C	Kan förändras snabbt då vattnet blandas om under höst- och vårcirkulation.

On-line-mätning av mikrobiologiska parametrar

Förädling av råvatten till dricksvatten är en snabb process vilket gör tiden från provtagning till analys svar till en mycket betydelsefull faktor för att säkra den mikrobiologiska kvaliteten. Ett sätt att vinna tid är uppströms övervakning av vattenkvaliteten i exempelvis tillflöden till tälkten. Sådan övervakning kräver god kännedom om potentiella föroreningskällor runt tälkten, och kompliceras lätt om antalet föroreningskällor och tillflöden är många. Dessutom krävs det god kunskap om hur vattnet strömmar i tälkten, något som kan variera med vattenstånd, årstid och väder. Ett annat sätt att vinna tid är genom mikrobiologiska snabbanalyser med automatiserad provtagning och analys.

Det finns instrument som mäter fekala indikatorer såsom *E. coli*, koliformer och enterokocker on-line. Dessa instrument tar provet, analyserar och svarar ut resultatet automatiskt. Svarstiden varierar mellan en och 15 timmar beroende på instrument och, för en del instrument, också vattnets föroreningsgrad (ju mer förorenat desto snabbare svar). I Fördjupning 3.2 nedan presenteras några exempel på automatiserade mikrobiologiska snabbanalyser.

Fördjupning 3.2

Exempel på online-mätningar av bakteriella indikatorer

För samtliga instrument beskrivna nedan baseras analyserna på bakteriespecifika enzymer, som efter tillsats av olika reagens ger upphov till fluorescens som blir ett mått på antalet bakterier i vattnet.

microLANs "BACT control" är ett helautomatiserat system som är tänkt att komplettera den vanliga provtagningen med kontinuerliga on line-analyser av *E. coli*, koliforma bakterier eller total aktivitet/biomassa i volymer mellan 20 och 3000 ml. Mätningarna tar 1-4 timmar vilket kan jämföras med de 18-24 timmar som en vanlig analys tar. Om någon skillnad i vattenkvalitet detekteras tas automatiskt ett nytt prov som kan användas för traditionell analys på laboratoriet. Maskinen är självrengörande.

"Colifast CALM" från Colifast AS detekterar *E. coli*, termotoleranta koliformer eller totala antalet koliformer i olika typer av vatten. Instrumentet kan också detektera *Pseudomonas aeruginosa*. Flera olika analysformat finns att välja emellan; finns/finns inte i 100 ml eller MPN (1-5000 cfu/100ml) vilka båda tar 10-12 h för *E. coli* eller alternativt en skattad semikvantitativ nivå från 1 cfu/25 ml och högre som tar 4-12 h (ju högre bakteriehalt desto kortare tid).

Colifast ALARM tar 100 ml-prover med förprogrammerade intervall. Dessa analyseras för totala koliformer, termotoleranta koliformer eller *E. coli* som detekteras i mängder ned till 1 per 100 ml inom 6 till 15 h. Instrumentet mäter även turbiditet. Resultaten skickas automatiskt till operatören. Om gränsvärden sätts för de olika parametrarna skickas även en signal ifall dessa värden överskrids.

Summering

- Mest relevanta fekala indikatorer: *E. coli*, enterokocker och somatiska kolifager.
- Svaga fekala indikatorer: koliforma bakterier och *Clostridium perfringens*.
- Regelbunden provtagningsfrekvens styrd av antalet personer anslutna till vattenverket och producerad volym vatten bör kompletteras med ytterligare provtagning baserad på lokala förutsättningar samt en mer omfattande kartläggning enligt MBA som upprepas med några års mellanrum.
- Fysikalisk-kemiska parametrar ger inte nödvändigtvis indikation på fekal förorening men är värdefulla för att snabbt påvisa förändringar i råvattnet som kan innebära mikrobiologisk risk.

4. När är råvattenkvaliteten som sämst?

Detta kapitel beskriver när man bör utföra provtagningar för att kunna bedöma råvattenkvaliteten när den är som sämst. Vidare beskrivs generella variationer i råvattenkvalitet kopplade till årstid, typ av vattentäkt, klimat och nederbörd. Kapitlet ger även tips om hur man själv kan arbeta för att identifiera försämringar av råvattenkvaliteten i den egna vattentäkten.

Kvaliteten på råvatten, och särskilt ytråvatten, kan skifta kraftigt beroende på årstid, klimat, väder, typ av vattentäkt och vilka föroreningskällor som finns runt täkten. Detta gör det till en svår utmaning att kartlägga variationer i råvattenkvalitet och hur den ser ut när den är som sämst för att utifrån detta försäkra sig om att beredningen i vattenverket är tillräcklig. Vägledningen till dricksvattenföreskrifterna¹⁹ och Svenskt Vattens branschriktlinjer om råvattenkontroll²⁰ förespråkar både en kontinuerlig och en händelsestyrd provtagning för att lära känna långtidsvariationer respektive Extremsituationer för råvattnet. Som nämnts i Kapitel 3 rekommenderas det i Svenskt Vattens publikation ”Introduktion till mikrobiologisk barriäranalys²¹” att man med några års mellanrum även gör en mer omfattande kartläggning av den mikrobiologiska kvaliteten på sitt råvatten. I publikationen finns det ett konkret förslag på hur en sådan provtagning kan utformas för att få med när risken för förorening är som störst samtidigt som den normala årsvariationen fångas in:

1. Vårcirkulationen (1/6 av proverna)
2. Höstcirkulationen (1/6 av proverna)
3. Normalnederbördsdygn (1/6 av proverna)
4. Dygn med kraftig nederbörd under hösten samt snösmältningen under våren (3/6 av proverna)

Förslaget framhåller med andra ord en ganska omfattande provtagning dels vid omblandning av vattnet i täkten och dels vid nederbörd/snösmältning som både kan överbelasta avloppssystem och föra med sig föroreningar från omgivande mark. Ett sådant fokus är helt i linje med de väder- och klimatfaktorer som nio vattenverk bedömde hade störst påverkan på sin råvattenkvalitet (se Fördjupning 2.1 i Kapitel 2). De nio vattenverken framhöll dessutom starka vindar som en faktor som kunde blanda om vattnet i täkten och därmed försämra råvattenkvaliteten.

¹⁹ Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten SLVFS 2001:30 (med ändringar till 2015)

²⁰ Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet, Svenskt Vatten 2008-12-08

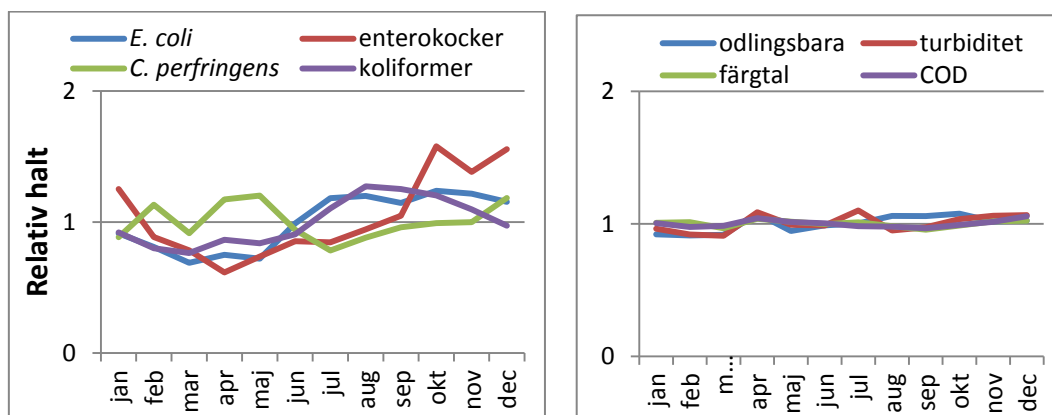
²¹ Introduktion till mikrobiologisk barriäranalys. Svenskt Vatten, publikation P112, 2015

Generella variationsmönster i råvattenkvalitet

Genom att analysera aggregerad data som samlats in under en längre tid kan man få en överblick över hur råvattenkvaliteten varierar i den egna vattentäkten. I många fall är detta svårt eftersom framförallt äldre information kan saknas, inte är digitaliserad eller har tagits fram med andra analysmetoder än de som används idag. I avsnitten nedan har nationell råvattenkvalitetsdata från Sveriges Geologiska Undersöknings (SGUs) Vattentäcksarkiv (www.sgu.se) samt nederbördsdata från SMHI (www.smhi.se) använts som utgångspunkt för att beskriva generella variationer i kvalitet med avseende på säsong, råvattentyp, klimat och nederbörd. Syftet är att åskådliggöra, i alla fall några, parametrar som kan vara av betydelse att uppmärksamma under arbetet med att identifiera den egna vattentäktens sämsta kvalitet.

Variationer i råvattenkvalitet med avseende på säsong

Figur 4.1 visar säsongsbundna variationer i halter för några olika indikatorer i svenska yråvatten. Generellt spelar årstid en betydligt större roll för de fekala indikatorerna än för de icke-fekala. Det syns en tydlig uppgång i genomsnittshalter av *E. coli*, koliformer och enterokocker från vårvinter och vår, då de är som lägst, till höst och senhöst då de är som högst. För *C. perfringens* observeras högst halter istället på våren medan både odlingsbara mikroorganismer 3d och de fysikalisk-kemiska parametrarna uppvisar betydligt mindre variationer. För att definiera råvattnets kvalitet när den är som sämst kan det därför vara bra att styra provtagningen mot mer omfattande analyser under årets andra hälft, då halter av indikatorer med starkast fekal koppling generellt är som högst.



Figur 4.1. Variation i kvalitet på svenska yråvatten med avseende på fekala (vänster) och icke-fekala (höger) parametrar. Parametrar med tydligast fekal koppling såsom *E. coli* och enterokocker förekommer i lägst halter under perioden mars till maj och högst halter under höst och senhöst. Diagrammen baseras på analysdata från SGUs vattentäcksarkiv och visar relativa månadsmedelvärden²² från 173 yråvattentäkter perioden 1990-2011.

²² Beräkningar som ligger till grund för figurerna i detta kapitel redovisas mer utförligt i "Rapport om mikrobiologiska dricksvattenrisker – yråvatten" som publiceras på Livsmedelsverkets hemsida.

Variationer i råvattenkvalitet med avseende på råvattentyp och klimat

Tidpunkter för och effekter av exempelvis snösmältning, kraftig nederbörd och vattentäckers omblandning kan skilja sig åt beroende på klimat och geografiskt läge. Även tillrinningsområdets utformning, vattentäckens storlek och djup samt om tåkten är en sjö eller ett vattendrag kan spela stor roll för variationer i råvattnets kvalitet. I Fördjupning 4.1 beskrivs hur den mikrobiologiska vattenkvaliteten varierar över året i sjöar respektive vattendrag. Fördjupning 4.2 visar klimatets inverkan på vattenkvalitet mätt i relativa *E. coli*-halter.

Fördjupning 4.1.

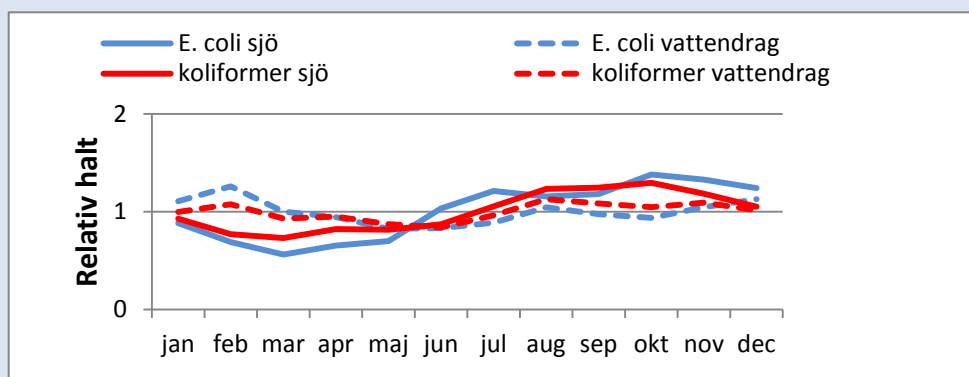
Årstidsbundna variationer i mikrobiologisk råvattenkvalitet för svenska sjöar och vattendrag

Ytvattenverk i Sverige hämtar sitt råvatten från både sjöar och vattendrag. Generellt sett är vattendrag mer förorenade och har årsmedelvärden för fekala indikatororganismer som ligger cirka fem-tio gånger högre än för sjöar (Tabell 4.1).

Tabell 4.1. Medelhalter för fekala indikatororganismer i svenska sjöar och vattendrag som fungerar som ytråvattentäkter. Informationen är hämtad från SGUs vattentäcksarkiv och baseras på analysdata från 160 vattenverk som tar råvatten från sjöar och 14 vattenverk med vattendrag som råvattenkälla. Halterna anges i antal per 100 ml.

Råvattentyp	<i>E. coli</i>	koliformer	enterokocker	<i>C. perfringens</i>
Sjö	2,8	45,8	1,5	1,6
Vattendrag	31,2	269,9	14,2	5,9

I Figur 4.2 har relativa månadsmedelvärden beräknats för *E. coli* och koliformer i svenska ytråvattentäkter. Den generella tendensen är en betydligt större årstidsvariation för sjöar än för vattendrag. I sjöar är medelhalterna högre under perioden juli till december, med en topp runt oktober, medan de är som lägst runt mars. I vattendrag är det svårare att hitta en tydlig årstidstrend, men medelhalterna är något lägre under perioden maj till juli, samtidigt som de är som högst under vintermånaderna.



Figur 4.2. Relativa månadsvisa medelhalter av *E. coli* och koliformer i sjöar och vattendrag som fungerar som ytråvattentäkter. Årsmedelvärdet är satt till 1 och de relativa månadsmedelvärdena visar avvikelserna från detta. Halterna är beräknade utifrån data från 160 sjöar och 14 vattendrag för perioden 1990 till 2011.

Fördjupning 4.2.

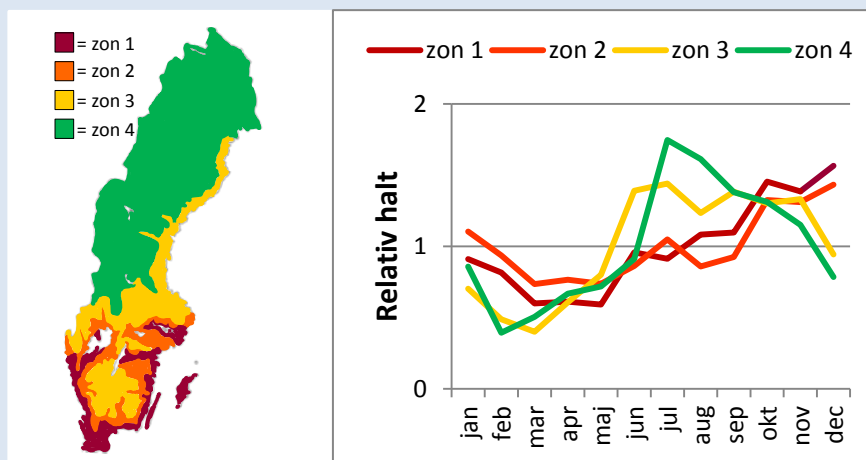
Årstidsbundna variationer i mikrobiologisk råvattenkvalitet utifrån klimat

Klimatet i Sverige varierar stort från varmt tempererat i Götalands kustland till polarklimat i de norra fjällerna. Vad gäller föroreningsgrad i svenska ytvatten så är den generellt sett högre i delar av landet med ett mildare än ett kallare klimat (Tabell 4.2). Detta kan förklaras med både en högre befolkningsdensitet och en större andel brukat land som medför ett ökat föroreningsstryck på råvattentäkterna.

Tabell 4.2. Medelhalter av *E. coli* i svenska sjöar som fungerar som ytvattentäkter utifrån klimatzon. Klimatzonindelningen, som innebär att lägre zonnummer har ett varmare klimat och högre zonnummer ett kallare, visas i Figur 4.3. Halterna anges i antal per 100 ml.

	Klimatzon 1	Klimatzon 2	Klimatzon 3	Klimatzon 4
Medelhalt <i>E. coli</i>	4,4	3,0	2,2	1,8

Klimatet har en inverkan på de årstidsbundna variationerna i föroreningsgrad. Figur 4.3 visar en indelning av Sverige i fyra olika klimatzoner jämte månadsvisa relativa medelhalter av *E. coli* för vattentäkter i dessa klimatzoner. Trenden är att ju varmare klimat, desto mer förskjuts de högsta och de lägsta medelhalterna av förorening framåt på året.



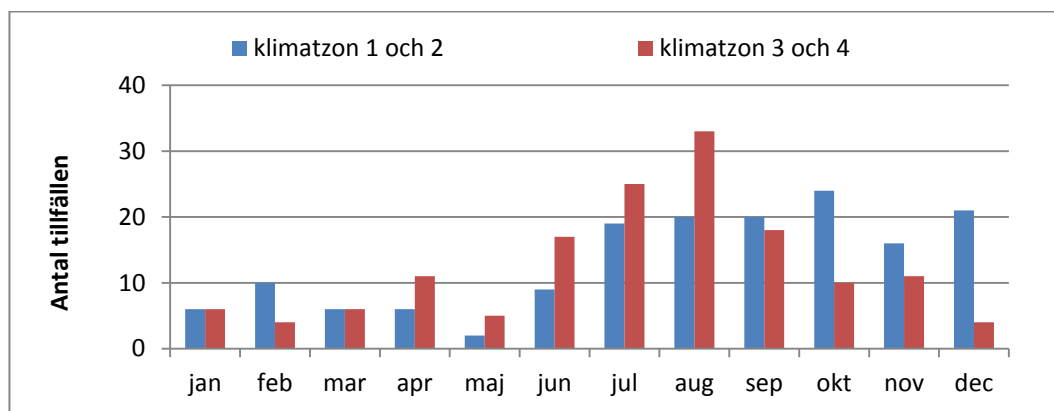
Figur 4.3. Relativa månadsvisa halter av *E. coli* i sjöar som fungerar som råvattentäkter uppdelade efter fyra klimatzoner. Klimatzonsindelningen är en modifiering av Riksförbundet Svensk Trädgårds zonkarta (http://www.tradgard.org/svensk_tradgard/zonkartan.html) som istället delar upp landet i nio olika zoner.

I klimatzon 3 och 4 toppar halterna av *E. coli* under sommar och tidig höst medan de är som högst under oktober till december för klimatzon 1 och 2. De lägsta medelhalterna påträffas i februari/mars för klimatzon 3 och 4 och under mars till maj för klimatzon 1 och 2. Många olika faktorer kan ligga bakom dessa variationer som exempelvis vegetationsperiod, vattentemperatur, solinstrålning, isbeläggning, snösmältning och nederbördsmönster.

Sammanställningarna visar att vattenkvaliteten i genomsnitt är betydligt sämre i vattendrag än i sjöar samt att sjöar i delar av landet med mildare klimat är mer förorenade än sjöar i delar av landet med ett kallare klimat. Vad gäller årstidsvariationer så är råvattenkvaliteten i sjöar genomsnittligt sett sämre under perioden juli till december. Det finns även en tydlig tendens till sämre kvalitet under perioden oktober till december i mildare delar av landet och under sommar till tidig höst i områden med kallare klimat. För vattendrag är årstidsvariationerna betydligt mindre framträdande, men möjligtvis syns en genomsnittlig ökning av halterna fekala indikatorer under vintermånaderna.

Tid på året då råvattenkvaliteten är som sämst

Sammanställningarna ovan fokuserar på säsongsbundna variationer för genomsnittlig råvattenkvalitet. Detta hänger inte nödvändigtvis samman med tillfällen då råvattenkvaliteten är som allra sämst. I Figur 4.4 visas de tidpunkter då högst *E. coli*-halter påträffats vid enskilda mätningar. Mönstret liknar delvis genomsnittsbilden eftersom huvuddelen av de kraftigaste föroreningarna inträffar under sommar och höst (jämför med Figur 4.3). En skillnad är att perioden under vilken råvattenkvaliteten är som sämst i de mildare delarna av landet förstärks under sensommaren för att sedan fortgå fram till slutet av året. Dessutom framträder hela perioden från januari till maj som den tid på året då kraftig förorening är som minst vanlig i hela landet.

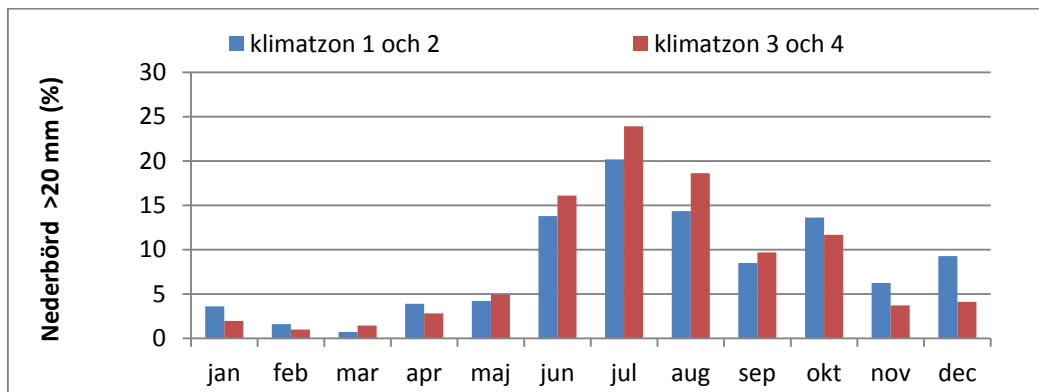


Figur 4.4. Månadsvis uppdelning av antalet tillfällen då råvattenkvaliteten varit som sämst avseende *E. coli*-halter. Diagrammet baseras på data från SGUs vattentäcksarkiv för perioden 1990 till 2011 och omfattar analyser från 157 ytvattentäkter för vilka de två högsta mätvärdena för *E. coli* har inkluderats. Zonindelningen tydliggörs i Figur 4.3.

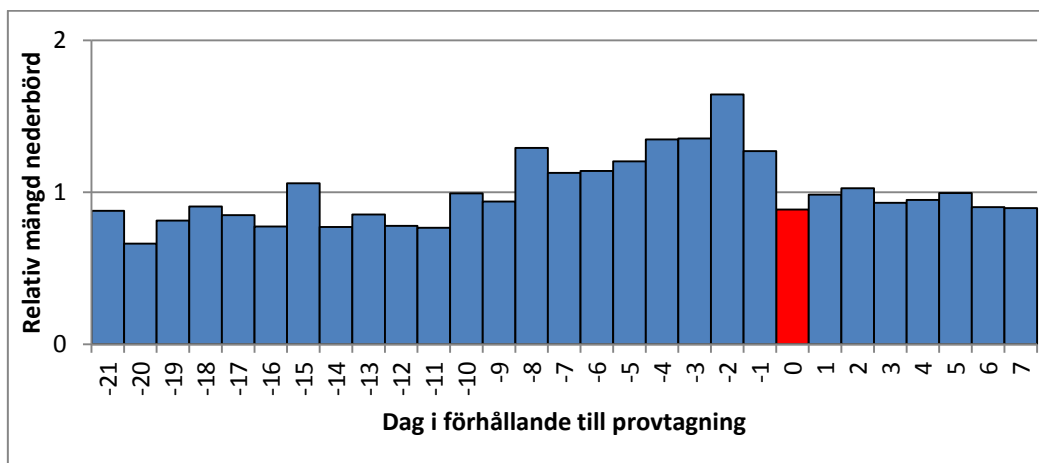
Koppling mellan nederbörd och råvattenkvalitet

Antalet tillfällen med kraftig nederbörd är som högst under sommaren följt av hösten och som lägst under vinter och vår (Figur 4.5). Detta överlappar ganska väl med de tider på året då råvattenkvaliteten är som bäst och som sämst (jämför med Figur 4.4). Att försämrad råvattenkvalitet föregås av större nederbördsmängder framgår även av Figur 4.6 som beskriver genomsnittliga nederbördsmängder dagarna före och efter tillfällen då råvattenkvaliteten varit som sämst.

Sammantaget visar detta på en tydlig koppling mellan större nederbörds mängder och en kraftigt försämrad råvattenkvalitet. Ett liknande samband har tidigare visats i en studie av råvattenkvaliteten i Göta Älv²³. Nyligen sammanställd data visar att dricksvattenburna sjukdomsutbrott är vanligast i augusti²⁴. Detta sammanfaller med när råvattenkvaliteten är som sämst (se Figur 4.4).



Figur 4.5. Fördelningen av tillfällena med kraftig nederbörd (>20 mm regn/dygn) över året. Diagrammet baseras på nederbördsdata från SMHI för perioden 1990 till 2011 från mätstationer som ligger närmst de i Figur 4.4 beskrivna ytvattentäkterna.



Figur 4.6. Relativa nederbörds mängder tre veckor före till en vecka efter provtagning då de två högsta *E. coli*-halterna uppmätts för 157 ytvattentäkter. Av figuren framgår att nederbörds mängderna varit förhöjda veckan före provtagningsdagen (dag 0, markerad i rött) och som allra störst två dagar innan.

²³ Tornevi, A et al. 2014. Precipitation effects on microbial pollution in a river: lag structures and seasonal effect modification. PLoS One 29;9(5);e98546.

²⁴ Sjukdomsutbrott orsakade av dricksvatten –Utbrott i Sverige år 1992-2011 Folkhälsomyndigheten 2015. ISBN 978-7603-455-2 (PDF).

När är råvattenkvaliteten i den egna täkten som sämst?

Exemplen ovan är baserade på aggregerad nationell data och belyser att det finns årstidsvariationer i råvattenkvaliteten som dessutom beror på typ av vattentäkt, klimat och nederbörd. Informationen är betydelsefull då den ger en överblick över variationer och därför kan fungera som vägledning för provtagning. Det bör dock understrykas att dessa generella variationer inte nödvändigtvis är tillämpbara på enskilda råvatten och att man i första hand bör utgå från egna lokala förhållanden och variationer när man utformar sin provtagning.

För att bedöma hur råvattenkvaliteten varierar och när den är som sämst i den egna vattentäkten är det viktigt att utgå från de föroreningskällor samt väder- och klimatfaktorer som har identifierats (se Kapitel 2). Flera av dessa kan i viss mån bevakas eller förutses tidsmässigt såsom effekter av kraftig nederbörd, omblandning av vattnet i täkten och snösmältning samt förorening från campingplatser och sommarstugeområden eller gödsling, naturbete och stora ansamlingar av vilda fåglar (se Kapitel 2). Det kan ta tid att lära sig vilka samband som finns mellan dessa potentiella föroreningstillfällen och graden av faktisk förorening av råvattnet. Sammanställning av egna historiska analysdata är därför att rekommendera för kartläggning av variationer i råvattenkvalitet över tid och för att definiera när på året den försämras. Genom att beräkna månadsvisa och årsvisa medelvärden och använda dem som normalvärden kan man snabbt och enkelt synliggöra avvikelser. Det kan även vara till hjälp att jämföra historisk analysdata mot meteorologisk data om exempelvis nederbörd, vind och snödjup som laddas ner från SMHI (<http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/>) för att bättre förstå variationer och samband.

Ibland inträffar även oväntade försämringar av råvattenkvaliteten exempelvis på grund av ett avloppspumphaveri eller brott på en avloppsledning. Samarbete med andra aktörer vid och uppströms täkten är då en nödvändighet för att föroreningen ska kunna hanteras i tid. Ett ytterligare sätt att snabbare få kännedom om plötsliga försämringar i råvattenkvalitet är att be laboratoriet som analyserar råvattnet snarast meddela ifall resultaten överstiger ett visst värde.

Betydelsen av samarbete för övervakning av råvattenkvaliteten

Råvattenövervakning är komplex och kräver ofta uppmärksamhet på flera faktorer samtidigt. Då det är möjligt är det därför till stor hjälp att etablera goda kontakter med potentiellt förorenande verksamheter såsom jordbruk och kommunala reningsverk som både kan förvarna om och varna för en eventuellt försämrade råvattenkvalitet. Ett bra exempel på där vatten och avlopp i olika kommuner samarbetar är runt Göta Älv som fungerar både som råvattentäkt och avloppsrecipient. Utöver flera provtagningsstationer för automatiserad mätning av *E. coli* utmed älven meddelar kommunerna varandra om till exempel uppströms avloppsbräddningar.

Man bevakar även gemensamt sjukdomsläget i kommunerna runt älven utifrån information från 1177 Vårdguiden genom tjänsten Hälsoläge (<https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/overvakning-och-rapportering/syndromovervakning/>). Denna tjänst gör det möjligt att i ett tidigt skede få information om sjukdomsläge och exempelvis utbrott av mistänkt magsjuka i uppströms orter.

Tyvärr finns det även många historiska exempel på när det brister i samarbetet mellan vattenverk och förorenande verksamheter. I en kommun lät man exempelvis bli att meddela vattenverket om återkommande avloppsbräddningar vid en pumpstation uppströms råvattentäkten. Trots att bräddningarna skedde högt upp i tillrinningsområdet i tertiär skyddszon försämrades råvattenkvaliteten kraftigt, vilket både förorsakade ett intensivt arbete med att spåra källan och ledde till att en reservvattentäkt fick tas i bruk. Först därefter stod det klart för dricksvattenproducenten vad som orsakade föroreningen. Detta exempel understryker betydelsen av kommunikation med andra aktörer runt täkten där det klargörs vilka mikrobiologiska risker deras verksamheter innebär så att allvarliga föroreningssituationer inte uppstår eller förbises. Exemplet ger också en tankeställare om utformning av och gränser för vattenskyddsområden samt att betydelsen av kommunal avloppshantering inte får glömmas bort eller förringas i skyddsföreskrifter.

Summering

- För en god kännedom om råvattenkvaliteten i den egna täkten behöver man undersöka exempelvis
 - variationer under året
 - när under året råvattenkvaliteten är som sämst
 - påverkan av väderfaktorer som nederbörd och kraftiga vindar
- Generellt sett är det bra att förlägga en stor del av provtagningen som syftar till att bedöma råvattenkvaliteten när den är som sämst till sensommar, höst och senhöst samt i samband med kraftiga regn. Det bör dock understrykas att man i första hand alltid bör utgå från hur det ser ut i den egna vattentäkten.
- Sammanställ egen historisk data för att söka efter mönster och trender och komplettera gärna med information om nederbörd, starka vindar med mer för att identifiera vad som påverkar din råvattenkvalitet och när det sker.
- Ett gott samarbete och en bra kommunikation med verksamhetsutövare både inom den egna kommunen och med grannkommunerna leder till snabbare information om något sker som kan påverka råvattenkvaliteten.
- Det är en god idé att i samband med upphandlingen inkludera att laboratoriet som analyserar råvattnet ska höra av sig när resultaten avviker från det normala, och till exempel överstiger vissa värden. Beroende på råvattentäkt kan dessa värden vara konstanta eller variera under olika tider på året.

5. Vilka risker innebär föroreningen?

I detta kapitel redogörs för vilka sjukdomsframkallande mikroorganismer som är av störst relevans att analysera och dessutom ges en initial bild över hur vanligt förekommande de är i svenska råvatten samt i vilka halter. Vidare beskrivs vilka källor som förknippas med dessa patogener och vilka laboratorier som utför analyserna. I kapitlet behandlas även frågan om hur pass väl halter av indikatororganismer och patogener korrelerar med varandra.

Utbrottsstatistik är den kanske viktigaste informationskällan för att få generell kännedom om vilka mikrobiologiska agens som utgör störst risk vid dricksvattenproduktion. En sammanställning nyligen gjord av Folkhälsomyndigheten visar att minst 78 dricksvattenburna utbrott inträffade mellan 1992 och 2011²⁵. De flesta var små men totalt rapporterades nästan 72 000 personer ha insjuknat. Den höga siffran beror främst på att två riktigt stora utbrott rapporterades under perioden, i Östersund respektive Skellefteå, med över 20 000 sjukdomsfall vardera. Den orsakande organismen blir oftast inte känd men i Fördjupning 5.1 beskrivs sådana som har identifieras tillsammans med möjliga smittkällor.

Vad bör analyseras?

För att få fördjupad kännedom om mikrobiologiska risker i det egna råvattnet behöver man utöver indikatororganismer också analysera förekomsten av sjukdomsframkallande mikroorganismer. Vilka som bör analyseras varierar från vattentäkt till vattentäkt eftersom risker för specifika patogener beror på vilka föroreningskällor som finns. Ett första steg i riskbedömningen bör därför vara att noggrant kartlägga de potentiella föroreningskällorna och ta reda på vilka patogener som förknippas med dessa källor (se Tabell 5.1 i Fördjupning 5.1 och även Kapitel 6). Exempelvis återfinns *Campylobacter* i de flesta typer av källor medan calicivirus endast är relevant ifall det finns påverkan från människa. Eftersom patogener förekommer i betydligt lägre koncentrationer än indikatororganismer är analyserna mer tidskrävande, komplicerade och kostsamma. I branschriktlinjerna finns det rekommendationer om vilka organismer som bör analyseras (Tabell 5.2), och det påpekas även att en faroinventering bör göras för att bedöma vilka analyser som är relevanta för den egna vattentäkten. Utöver dessa rekommenderade organismer visade den nyligen genomförda råvattenprovtagningen som ligger till grund för denna handbok att även STEC är relevant att analysera. STEC var den näst vanligaste sjukdomsframkallande mikroorganismen som påträffades i sex råvatten som undersöktes under 18 månader (Fördjupning 5.2).

²⁵ Sjukdomsutbrott orsakade av dricksvatten –Utbrott i Sverige år 1992-2011 Folkhälsomyndigheten 2015. ISBN 978-7603-455-2 (PDF).

Tabell 5.1. Rekommenderade analyser av sjukdomsframkallande mikroorganismer i ytråvatten. Modifierad från Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet²⁶

Organism	Enhet	Riktvärde
Calicivirus (noro- och sapovirus)	Påvisad i en viss volym	Ej påvisad
Campylobacter	cfu/l	Ej påvisad
Salmonella (minsta provvolym 1 liter)	cfu/l	Ej påvisad
Giardia	Antal/10 l	Ej påvisad
Cryptosporidium	Antal/10 l	Ej påvisad

Fördjupning 5.1

Sjukdomsframkallande mikroorganismer som orsakat dricksvattenburna utbrott mellan 1992 och 2011.

Enligt en sammanställning genomförd av Folkhälsomyndigheten inträffade 78 kända utbrott kopplade till dricksvatten i Sverige mellan 1992 och 2011. I 42 av dessa var den orsakande organismen okänd och i tre fall identifierades mer än en organism.

Tabell 5.2. Sjukdomsframkallande mikroorganismer och antalet dricksvattenburna utbrott som de orsakat i Sverige mellan 1992 och 2011¹. I kolumnen kända källor anges de källor hos vilka organismerna kan påträffas och är alltså inte sådana som identifierats vid utbrotten².

Organism	Antal	Överlevnad i råvatten	Infektionsdos	Kända källor
Campylobacter	6	Måttlig	Låg	Vilda och tama djur speciellt fjäderfä, vilda fåglar och nötdjur Människa
Patogena <i>E. coli</i> [#]	5	Måttlig	Låg	Människa Boskap som nötdjur, får och i mindre utsträckning getter, grisar och kycklingar
Shigella	1	Kort	Låg	Människa
Cryptosporidium	3	Lång	Låg	Människa och andra däggdjur
Giardia	2	Måttlig	Låg	Människa och andra däggdjur
Calicivirus [‡]	16	Lång	Låg	Människa

[#] Samlingsnamn för *E. coli* som orsakar sjukdom som bland annat inkluderar shigatoxin-producerande *E. coli* (STEC) varav EHEC O157 är en variant.

[‡] Bland annat norovirus

Sjukdomsutbrott orsakade av dricksvatten - Utbrott i Sverige år 1992-2011
Folkhälsomyndigheten 2015. ISBN 978-7603-455-2 (PDF).

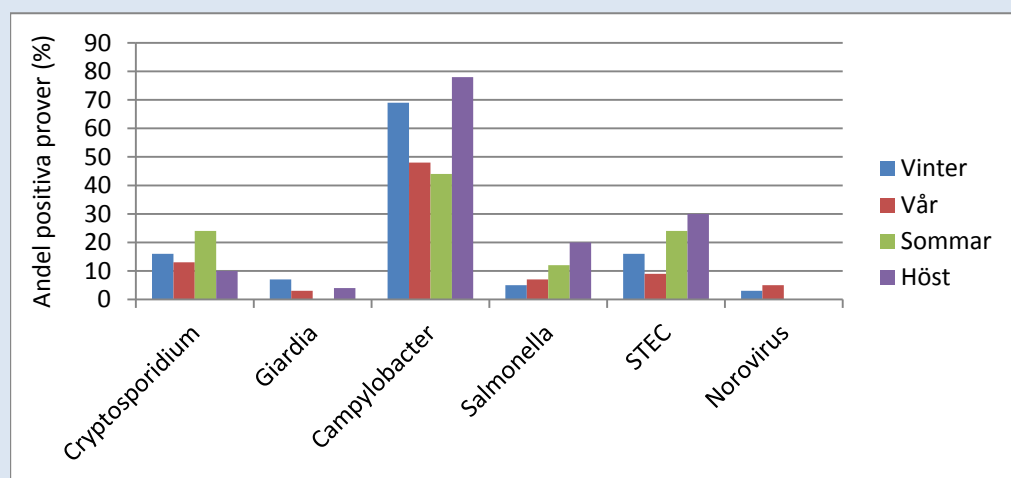
² Guidelines for drinking-water quality. WHO 2011.

²⁶ Råvattenkontroll – Krav på råvattenkvalitet, Svenskt Vatten 2008-12-08

Fördjupning 5.2

Förekomst av sjukdomsframkallande mikroorganismer i sex ytvattentäkter

Under totalt 18 månader mellan hösten 2013 och sommaren 2015 analyserades *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter*, STEC, *Salmonella* och norovirus varannan vecka i sex ytvattentäkter inom projektet ”Riskklassning av svenska ytvattentäkter”. För att kunna detektera låga halter filterades 60 l vatten och koncentratet delades i portioner för analys av bakterier och norovirus. För analys av parasiter filterades 30-100 l beroende på vattenkvaliteten. Av Figur 5.1 framgår att *Campylobacter* är vanligast förekommande följt av STEC och sedan *Cryptosporidium*. Dessutom påträffas de bakteriella patogenerna som oftast under hösten. I övrigt är det svårt att utläsa specifika trender.



Figur 5.1. Andelen positiva analysresultat för respektive patogen vid olika årstider i totalt cirka 200 prover. Vinter december-februari, vår mars-maj, sommar juni-augusti och höst september-november. För *Cryptosporidium* och *Giardia* anges konfirmerade o(o)cystor.

Tabell 5.3. Den högsta uppmätta halten av respektive organism. Norovirus saknas eftersom analysmetoden bara ger svaret påvisat/ej påvisat.

	Cryptosporidium Per 100 l	Giardia	Campylobacter Per l	Salmonella	STEC
Högsta påvisade halt	10	9	48	0,96	48

Generellt var halterna av sjukdomsframkallande organismer låga. Till exempel innehöll 76 av de totalt 133 proverna som var positiva för *Campylobacter* mindre än en organism per liter. Motsvarande siffra för STEC var 42 av 44 positiva prover. De högsta halterna av *Campylobacter* och STEC uppmättes båda vid tillfällen när personen som provtog bedömde att råvattenkvaliteten var sämre eller mycket sämre än normalt.

Calicivirus

I gruppen calicivirus ingår norovirus och sapovirus som är vanliga orsaker till livsmedelsburna utbrott. De går inte att odla med vanliga tekniker utan man kan bara påvisa de virus som redan finns i provet. Detta görs genom att prover

koncentreras varefter virusens arvsmassa påvisas med PCR. Möjligheten att få analys av calicivirus i dricks- eller råvatten i Sverige är för närvarande begränsade.

Salmonella

För Salmonella finns en standardmetod som bygger på membranfiltrering av upp till 5 liter vatten beroende på vattenkvalitet och analyserande laboratorium²⁷. Membranet placeras sedan i en odlingsbuljong där bakterierna förökar sig innan de sprids på fast medium som selekterar för Salmonella. Om typiska Salmonella-kolonier växer på plattan så måste det konfirmeras att det verkligen är Salmonella. Detta tar flera dagar och resultatet visar bara om bakterien fanns i den filtrerade volymen eller ej, det vill säga man får inte ett kvantitativt svar.

Campylobacter

Analysproceduren för Campylobacter liknar den för Salmonella men det tar upp till en vecka innan ett definitivt svar kan ges. Det finns flera standardmetoder som antingen kan ge svaret finns/finns ej i filtrerad volym eller ett semi-kvantitativt svar^{28,29}.

STEC

För STEC saknas idag en standardmetod för analys av vatten men det finns på förslag att en metod för bevattningsvatten ska tas fram inom ISO. Tills vidare är det möjligt att membranfiltrera provet och sedan följa ISO/TS 13136 för livs- och fodermedel.³⁰ I denna metod påvisas bakterierna först med PCR. Ofta avbryts analysen här eftersom det är svårt att isolera STEC då den inte skiljer sig från vanliga *E. coli* i odlingen. Observera att flera laboratorier erbjuder analys av "EHEC O157" eller "E. coli O157". Detta är inte samma sak som STEC eftersom EHEC O157 bara är en av många så kallade serotyper av STEC. Analysen visar alltså bara att just denna variant av STEC finns/inte finns i provet.

Cryptosporidium och Giardia

För Cryptosporidium och Giardia är det bara möjligt att påvisa de parasiter som finns i provet från början eftersom de inte odlas. Detta görs genom att vattenvolymen minskas i flera steg. Först genom filtrering, sedan centrifugering och slutligen immunomagnetisk separation där parasiterna får binda till

²⁷ ISO 19250:2010 Water quality – Detection of Salmonella.

²⁸ NMKL 119. Thermotolerant Campylobacter. Detection, semi-quantitative and quantitative determination in foods and drinking water. 2007.

²⁹ ISO 17995 Water quality – Detection and enumeration of Campylobacter species

³⁰ ISO/TS 13136. Microbiology of food and animal feed – Real-time polymerase chain reaction (PCR)-based method for detection of food-borne pathogens – horizontal method for the detection of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and the determination of O157, O111, O26, O103 and O145 serogroups.

magnetiska kulor som sedan fiskas ut ur den resterande vätskan. Parasiterna placeras sedan på ett objektsglas och färgas innan glaset studeras i mikroskop. Denna analys är mycket tidskrävande och kräver en erfaren person för att korrekt kunna identifiera parasiterna. De flesta laboratorier erbjuder analys av 10 l vatten i dunk eller större volymer genom filtrering på plats.

För de sjukdomsframkallande mikroorganismerna ovan ges ofta bara svaret att ett visst antal *Cryptosporidium*/100 l påvisats eller att provet var positivt för *Campylobacter*, det vill säga organismen identifieras bara till släktnivå. Genom att gå vidare till artnivå eller till och med underart eller subtyp kan man få ytterligare information om huruvida organismen kan orsaka sjukdom hos människa och en uppfattning om vilken föroreningskällan kan vara. I Kapitel 6 följer en fördjupad diskussion om hur mer detaljerad identifiering kan användas för spårning av föroreningskällor.

Var kan man få analyser utförda?

Tabell 5.4 visar vattenanalyser för patogener och somatiska kolifager som i skrivande stund är kommersiellt tillgängliga i Sverige.

Tabell 5.4. Kommersiellt tillgängliga analyser av sjukdomsframkallande mikroorganismer och somatiska kolifager i vatten i Sverige 20161213.

Laboratorium	<i>Campylobacter</i>	<i>Salmonella</i>	STEC	<i>Giardia</i>	<i>Cryptosporidium</i>	Somatiska kolifager
ALcontrol	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Nej
Eurofins	Ja	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja *
Folkhälso-myndigheten	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

*Analyserar inte i egen regi

Efter överenskommelse kan även Livsmedelsverket utföra analyser av norovirus, *Salmonella*, *Campylobacter* och STEC. Helsingfors universitet tar i liten skala emot prover för analys av flera olika virus men vill att man kontaktar dem innan man skickar prov för att höra om de har möjlighet att analysera det (http://www.vetmed.helsinki.fi/english/foodhygiene/analysis_service.html, länk 20161213).

När bör man analysera?

Om än önskvärt så är det av kostnadsskäl inte realistiskt att analysera för sjukdomsframkallande mikroorganismer lika ofta som för indikatorer under en kartläggning. Det är därför bäst att ta prov när man misstänker att vattnet är påverkat av någon specifik föroreningskälla eller av erfarenhet vet att råvattenkvaliteten är särskilt dålig. Det är viktigt att ha i åtanke att analyserna bara görs på stickprov och därför inte friskriver råvattnet från patogener vid negativa analysresultat.

Finns det någon korrelation mellan förekomst av indikatororganismer och sjukdomsframkallande mikroorganismer?

Värdet av indikatorer för bedömning av patogenförekomst är omdiskuterat och meningarna delade. Till exempel visade en genomgång av 540 studier gjorda mellan 1970 och 2009 korrelationer i 223 av fallen medan 317 inte gjorde det³¹. Andelen studier som visade en korrelation varierade också mellan vattentyper och exempelvis var andelen observerade korrelationer lägre i sötvatten än i salt- och bräckt vatten. En anledning till svårigheten att påvisa korrelationer är den ofta mycket lägre halten av sjukdomsframkallande mikroorganismer än indikatorer. En annan är att patogener är mer ojämnt fördelade i djur och människopopulationer. Exempelvis utsöndrar varmblodiga djur *E. coli* och koliformer konstant men patogener bara när de är infekterade. Det finns alltså en större mängd och en jämnare fördelning av indikatororganismer än patogener i miljön.

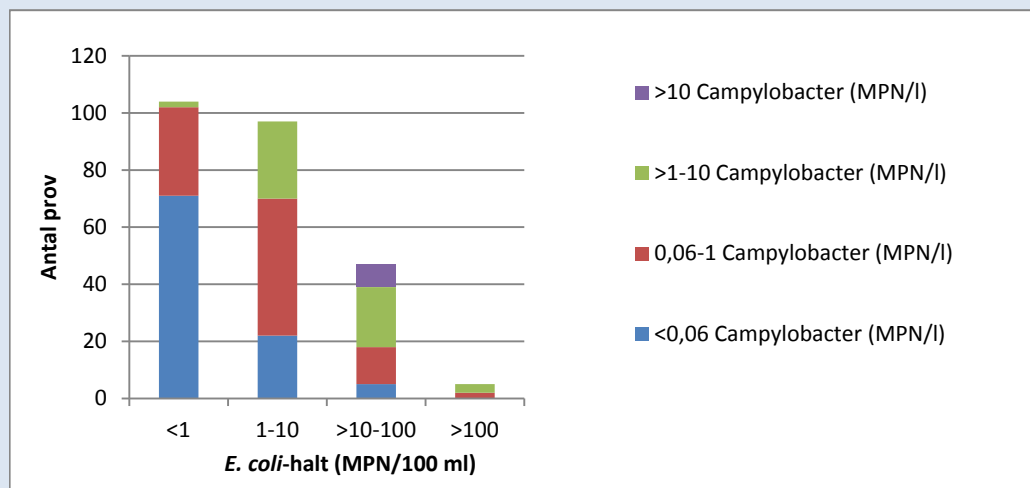
Resultatet av projektet ”Riskklassning av svenska ytråvatten” visade att det inte fanns någon korrelation mellan en viss indikator och en viss sjukdomsframkallande mikroorganism som var gemensam för alla sex vattenverk där det togs prover. Istället observerades olika korrelationer och i mycket varierande grad i de olika råvattnen. En starkt bidragande orsak till detta var den generellt låga andelen prover som var positiva för patogener fränsett *Campylobacter*. För att identifiera en korrelation krävs ett stort antal prover som är positiva för den sjukdomsframkallande organismen vilket innebär att ju mindre mikrobiologiskt förorenat vattnet är desto svårare är det att hitta en korrelation.

I Fördjupning 5.3 visas på ett förenklat sätt att det ändå finns ett tydligt samband mellan *E. coli*-halt och förekomst av sjukdomsframkallande organismer om man räknar samman alla sex deltagande vattenverks resultat. Dels framgår det att andelen *Campylobacter*positiva prov stiger med en ökad *E. coli*-halt och dels ser man att andelen prov som innehåller minst en typ av sjukdomsframkallande organism är betydligt högre när *E. coli* påvisas i 100 ml vatten än när den inte påvisas. När 10 eller fler *E. coli* påvisats i 100 ml återfinns en eller flera patogener i nästan samtliga prover. Dock innehöll 43% av de prov där *E. coli* inte påvisades ändå sjukdomsframkallande mikroorganismer vilket belyser att ett vatten fritt från *E. coli* långt ifrån friskriver det från risker.

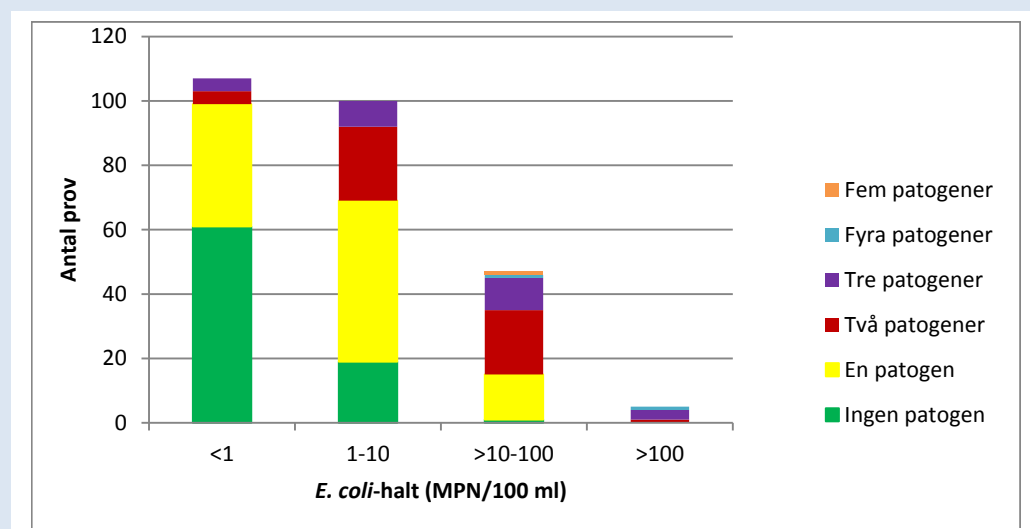
³¹ Wu, J. et al. 2011. Are microbial indicators and pathogens correlated? A statistical analysis of 40 years of research. *J. Water Health* 9; 265-278.

Fördjupning 5.3

Samband mellan förekomst av *E. coli* och sjukdomsframkallande mikroorganismer



Figur 5.2. Figuren visar det totala antalet analyserade prover med en viss halt av *E. coli* och i hur många prover Campylobacter inte kunde påvisas (blått) respektive hur många som innehöll olika halter (rött<grönt<lila). Det framgår tydligt att andelen prov där Campylobacter inte påvisas minskar med ökande *E. coli*-halt.



Figur 5.3. Figuren visar hur andelen prover som innehåller minst en av de sex olika sjukdomsframkallande mikroorganismer som analyserats ökar med ökande *E. coli*-halt. I de prov där *E. coli* påvisats är det betydligt fler som innehåller minst en sjukdomsframkallande mikroorganism än de som inte gör det. Att *E. coli* inte påvisas betyder dock inte att provet är fritt från sjukdomsframkallande mikroorganismer eftersom 46 av 107 prov utan *E. coli* innehöll minst en sådan, oftast Campylobacter.

Summering

- De sjukdomsframkallande mikroorganismerna finns i mycket lägre halter än indikatororganismer.
- Utöver Svenskt Vattens rekommendationer om analys av calicivirus (noro- och sapovirus), Campylobacter, Salmonella, Giardia och Cryptosporidium är det även betydelsefullt att inkludera STEC.
- Urval av vilka sjukdomsframkallande mikroorganismer som ska analyseras bör föregås av en kartläggning av föroreningskällor för bedömning av vilka organismer dessa förknippas med.
- Analyserna bör göras när råvattenkvaliteten generellt är som sämst och även vid tillfällen när risken för förekomst av specifika patogener bedöms vara som störst.
- Det finns generella samband mellan högre indikatorhalter och ökad risk för förekomst av patogener men kan vara svårare att hitta tydliga korrelationer mellan specifika indikatorer och patogener.

6. Hur spårar man föroreningskällor?

I kapitlet belyses vikten av god lokal kännedom om föroreningskällor, påverkan från väder och klimat samt när råvattenkvaliteten är som sämst för att definiera specifika föroreningskällor. Vidare redogörs för möjligheter att spåra föroreningskällor utifrån indikatorer och högupplösta patogenanalyser. I kapitlet beskrivs även alternativa metoder för fekal källspårning, hur dessa fungerar och vart man kan vända sig för att få hjälp med fekal källspårning.

Påverkan från olika typer av föroreningskällor

I Kapitel 2 framgår att det i och kring en vattentäkt är vanligt med flera olika potentiella föroreningskällor. Där beskrivs också betydelsen av att göra en noggrann inventering av dessa föroreningskällor för att lättare kunna ta reda på eller dra slutsatser om varifrån eventuella föroreningar av råvattnet härstammar. Som framgår av Kapitel 4 kan man genom att relatera grad av förorening i råvattnet till specifika väderhändelser, säsong och pågående aktiviteter runt vattentäkten få viktiga ledtrådar om föroreningens ursprung. Även vikten av samarbete med andra aktörer understryks för att i ett tidigt skede få kännedom om eventuella föroreningshändelser så att dessa kan hanteras.

Kunskap om föroreningskällor, variationer i råvattenkvalitet över tid, påverkan från väder och klimat samt effekter av tillfälliga föroreningar ger i många fall ett väl underbyggt stöd för att motverka föroreningar och minska risken för dricksvattenburen smitta. Det blir mer komplicerat när vattnet förorenas av flera olika källor, särskilt om föroreningsmönstren från dessa källor är likartade avseende exempelvis säsong och vid kraftig nederbörd. I många fall innebär tänkta sanerande åtgärder dessutom genomgripande konsekvenser för enskilda verksamhetsutövare vilket drastiskt höjer beviskraven så att inte fel föroreningskälla pekas ut. Det kan exempelvis röra sig om ett jordbruk som misstänks förorena råvattnet eller ett avloppssystem som tros läcka ut orenat vatten i täkten. I båda fallen kan skyddsåtgärder mot förorening av råvattnet medföra höga kostnader, antingen för den enskilde eller för samhället, och åtgärdsförslag bör därför vara särskilt väl underbyggda. För att styrka kopplingen mellan förorening och en specifik föroreningskälla kan fekal källspårning användas.

Fekal källspårning med hjälp av indikatororganismer

Fekala indikatororganismer såsom *E. coli*, enterokocker och *C. perfringens* återfinns i avföring hos såväl människor som djur. Mätning av dessa är centralt för att få en uppfattning om vattnet är förorenat eller inte och bidrar även med viktig information om hur förorenat det är (se Kapitel 3).

Det har föreslagits att höga halter av *E. coli* i förhållande till enterokocker tyder på förorening från människa³². Vidare har det rapporterats att halter av *C. perfringens* ofta är betydligt högre hos kött- och allätare än hos växtätare³³. Detta antyder att indikatororganismer även kan användas för att dra slutsatser om orsaken till en förorening. Flera faktorer försvårar dock möjligheterna att dra övertygande slutsatser utifrån halter och proportioner av dessa indikatorer eftersom (i) både enterokocker och *C. perfringens* överlever längre i miljön än *E. coli* vilket innebär att även ålder på och transportsträcka för en förorening inverkar, (ii) *C. perfringens* och möjligtvis även enterokocker förmår att under vissa förhållanden tillväxa i miljön utanför sitt värdjur^{34,35,36} och (iii) det ofta kan vara flera typer av källor som samtidigt bidrar med *E. coli*, enterokocker och *C. perfringens* i ett förorenat vatten. Sammantaget innebär dessa osäkerheter att mätning av indikatororganismer i råvattnet snarare ger enskilda ledtrådar än övertygande bevis i sökandet efter specifika föroreningskällor. Eftersom indikatorerna är både billiga och lättanalyserade är de dock mycket användbara för att undersöka föroreningshalter i tillflöden och på olika platser uppströms råvattenintaget för att samla information om källor.

Fekal källspårning baserad på patogenförekomst

Som beskrivs i Kapitel 5 kan vissa släkten av sjukdomsframkallande mikroorganismer ibland kopplas samman med ett eller flera specifika värdjur (se Fördjupning 5.1) och därmed bidra med värdefull information om föroreningskällor. Genom en noggrannare karaktärisering där även art, underart eller subtyp fastslås ökar möjligheterna till sammankoppling med en specifik källa ytterligare. Av Tabell 6.1 framgår det hur bestämning av exempelvis art och genotyp för flera av de vanligast förekommande vattenburna patogenerna kraftigt reducerar antalet möjliga föroreningskällor och samtidigt lyfter fram en eller ett fåtal som mer sannolik(a). Det går dessutom att kombinera information om möjliga källor ifall flera patogener förekommer samtidigt. Utifrån antalet identifierade arter och/eller subtyper kan värdefulla ledtrådar fås om föroreningens härkomst, exempelvis en större eller mindre population människor eller djur eller, alternativt, om flera olika källor är inblandade.

³² Scott, TM et al. 2002. Microbial source tracking: Current methodology and future directions. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(12); 5796-5803.

³³ Vierheilig, J et al. 2013. *Clostridium perfringens* is not suitable for the indication of fecal pollution from ruminant wildlife but is associated with excreta from nonherbivorous animals and human sewage. *Appl. Environ. Microbiol.* 79(16); 5089-5092.

³⁴ Harwood, VJ et al. 2014. Microbial source tracking markers for detection of fecal contamination in environmental waters: relationship between pathogens and human health outcomes. *FEMS Microbiol. Rev.* 38(1); 1-40.

³⁵ Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Livsmedelsverket Rapport 6-2012.

³⁶ Byappanahalli, MN et al. 2012. Enterococci in the environment. *MMBR* 76; 685-706.

Tabell 6.1. Tabellen visar hur man utifrån fynd av patogener kan bilda sig en uppfattning om möjliga och sannolika föroreningskällor. Gråmarkerade rader åskådliggör slutsatser man kan dra utifrån detektion på släktesnivå medan vitmarkerade beskriver den ytterligare information man erhåller genom identifiering av art och genotyp/subtyp^{37,38}.

Detekterat agens	Mest sannolika källa/källor	Möjliga källor/övriga möjliga källor (fler kan finnas)
<i>Cryptosporidium</i>	Svårbedömt	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
<i>C. hominis</i>	Människa	-
<i>C. parvum</i>	Människa, idisslare [#]	Häst
Övriga cryptosporidiearter*	Svårbedömt	Lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
<i>Giardia intestinalis</i>	Svårbedömt	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
<i>G. intestinalis</i> , genotyp A	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur	Gnagare
<i>G. intestinalis</i> , genotyp B	Människa	Hund
<i>G. intestinalis</i> , genotyp C-G [§]	Svårbedömt	Hund, idisslare, hovdjur, katt, råtta
<i>Campylobacter</i>	Svårbedömt	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
<i>C. jejuni</i>	Människa, fjäderfä, idisslare	Övriga lantbruksdjur, sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
<i>C. coli</i>	Människa, svin	Övriga lantbruksdjur, sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
<i>C. lari</i>	Sjöfågel	Lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och övriga vilda fåglar
<i>C. upsaliensis</i>	Hund, katt	Lantbruksdjur, övriga sällskapsdjur, vilda däggdjur och vilda fåglar
<i>Salmonella</i>	Svårbedömt	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
<i>S. enterica</i> , Enteritidis	Människa	Fjäderfä, gnagare
<i>S. enterica</i> , Typhimurium	Människa, fjäderfä, idisslare, svin	Häst, gnagare
Patogena <i>E. coli</i>	Människa, idisslare	Hund, häst, vilda hovdjur, fåglar
<i>Shigella</i>	Människa	-
Calicivirus (Noro- och Sapovirus)	Människa [‡]	-

[#]*C. parvum* påträffas främst hos kalvar och ungdjur av idisslare.

*Ytterligare ett 20-tal arter av *Cryptosporidium* som sällan eller inte alls smittar människa har identifierats hos bland annat idisslare, sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar.

[§]Av dessa infekterar genotyperna C och D hund, genotyp E boskap och andra hovdjur, genotyp F katt och genotyp G råtta. Ingen av dem infekterar människa.

[‡]Det finns även calicivirus hos djur men gängse analysmetoder detekterar bara humana.

³⁷ <http://www.cdc.gov>

³⁸ <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar>

Vid sjukdomsutbrott är detaljerad karaktärisering av patogener ofta av central betydelse för källspårning. Detta åskådliggjordes inte minst under utbrottet av *Cryptosporidium* i Östersund 2010 där artbestämning till *C. hominis* innebar att lantbruksdjur kunde avfärdas som smittkälla och människa istället pekades ut³⁹. Ett annat exempel är utbrottet i Lilla Edet 2008 där flera olika patogener, däribland ett stort antal olika stammar av Norovirus, identifierades hos patienter. Detta användes som argument för att det var humant avloppsvatten från ett större antal individer som var orsaken⁴⁰.

Tyvärr har källspårning med hjälp av patogener flera begränsningar eftersom enskilda analyser oftast är dyra, komplicerade och tidskrävande, samt att långt ifrån alla föroreningskällor innehåller patogener vid ett specifikt tillfälle. Detaljerad karaktärisering av patogener kan dessutom kräva ganska höga koncentrationer för att lyckas, vilket förvisso ofta är fallet hos en sjuk individ, men som sällan påträffas i ett förorenat råvatten (se Tabell 5.3). Ur källspårningshänseende kan det därför vara bättre att rikta in sig på andra organismer eller andra sorters markörer som är mer lättanalyserade, förekommer i högre halter, uppvisar tydligare värdspecificitet och som dessutom utsöndras konstant av sin värd.

Alternativa metoder för fekal källspårning

Sökandet efter lämpliga alternativ till indikatororganismer och patogenkaraktärisering för fekal källspårning är ett växande forskningsområde och antalet föreslagna metoder och markörer stort. Drivkraften är att identifiera kemiska, fysikaliska, mikro- eller molekylärbiologiska markörer som med hög känslighet upptäcker en förorening och med specificitet talar om vad det rör sig om för förorening. Den vanligast använda metoden för fekal källspårning är qPCR som används för att detektera specifika bitar av arvs massa (så kallade markörer) hos mikroorganismer som utsöndras av olika värdar. En annan metod som används relativt ofta är masspektrometri för detektion av hormoner eller kemiska substanser i läkemedel, livsmedel, foder och konsumtionsprodukter som mer eller mindre specifikt kan kopplas till en värd. På senare tid har även storskalig sekvensering av arvs massa inriktad på att exempelvis undersöka den totala sammansättningen av mikroorganismer i ett prov blivit alltmer populär på grund av snabbt sjunkande analyskostnader. I Tabell 6.2 sammanfattas flera av de vanligaste metoderna för fekal källspårning tillsammans med en förklaring av vad de kan förmå detektera.

³⁹ *Cryptosporidium* i Östersund. Smittskyddsinstitutet 2011. ISBN 978-91-86723-12-5.

⁴⁰ Nenonen, NP et al. Marked genomic diversity of norovirus genotype I strains in a waterborne outbreak. *Appl. Environ. Microbiol.* 78(6); 1846-1852.

Tabell 6.2. Tabellen visar några vanliga alternativa metodiker för fekal källspårning, vilka målorganismer och målmarkörer som de ofta inriktas på samt några värdar/källor som kan identifieras med hjälp av dessa organismer och markörer. Information om metoderna är hämtad från^{41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48}.

Metodik	Målorganism/målmarkör	Värd/källa
qPCR	<i>Bacteroidales</i>	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
	<i>Bifidobacterium</i>	Människa, lantbruksdjur
	<i>Enterococcus faecium</i>	Människa
	<i>E. coli</i>	Människa, lantbruksdjur
	Värdspecifika virus	Människa, lantbruksdjur, vilda djur
	Bakteriofager Mitokondrie-DNA	Människa, lantbruksdjur Människa, lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar
Odling	Bakteriofager	Människa, lantbruksdjur
Masspektrometri	Kolesterolmetaboliter	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur
	Läkemedel, djurläkemedel	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur
	Kemiska substanser från livsmedel, hygien- och konsumtionsprodukter mm	Människa, avlopp
Fluorescensspektroskopi	Optiska blekmedel	Människa
Storskalig sekvensering	All arvs massa eller en vald begränsad del av det genetiska materialet i ett prov	Människa, lantbruks- och sällskapsdjur, vilda däggdjur och fåglar

⁴¹ Harwood, VJ et al. 2014. Microbial source tracking markers for detection of fecal contamination in environmental waters: relationship between pathogens and human health outcomes. *FEMS Microbiol. Rev.* 38(1); 1-40.

⁴² Wong, K et al. 2012. Application of enteric viruses for fecal pollution source tracking in environmental waters. *Environ. Int.* 15(45); 151-164.

⁴³ Gómez-Doñate, M et al. 2011. Isolation of bacteriophage host strains of *Bacteroides* species suitable for tracking sources of animal faecal pollution in water. *Environ. Microbiol.* 13(6); 1622-1631.

⁴⁴ Villemur, R et al. 2015. An environmental survey of surface waters using mitochondrial DNA from human, bovine and porcine origin as fecal source tracking markers. *Water Res.* 1(69); 143-153.

⁴⁵ Field, KG and Samadpour, M. 2007. Fecal source tracking, the indicator paradigm and managing water quality. *Water Res.* 41(16); 3517-3538.

⁴⁶ Shah, VG et al. 2007. Evaluating potential applications of faecal sterols in distinguishing sources of faecal contamination from mixed faecal samples. *Water Res.* 41(16); 3691-3700.

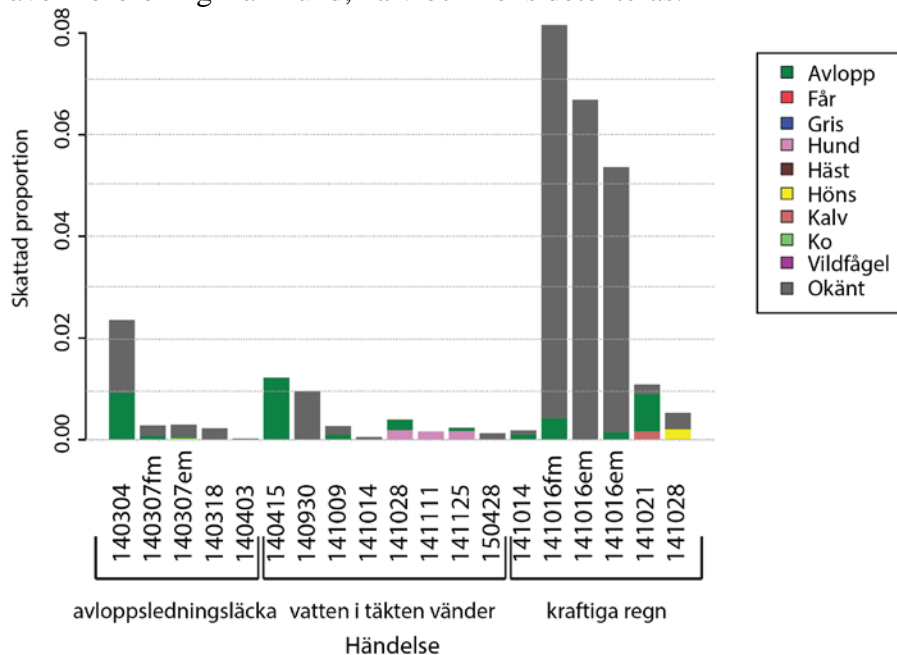
⁴⁷ Tan, B et al. 2015. Next-generation sequencing (NGS) for assessment of microbial water quality: current progress, challenges and future opportunities. *Front Microbiol.* 25;6:1027.

⁴⁸ Vierheilig, J et al. 2015. Potential applications of next generation DNA sequencing of 16 S rRNA gene amplicons in microbial water quality monitoring. *Water Sci. Technol.* 72(11);1962-1972.

Jämförelse av alternativa källspårningsmetoder

I projektet ”Verktyslåda för fekal källspårning på laboratorium och i fält” testades och utvärderades samtliga metoder som finns beskrivna i Tabell 6.2. För detta skapades ett referensbibliotek med fekalier från människa, lantbruksdjur, vilda djur och fåglar som samtliga kan figurera vid förorening av råvatten. Till referensbiblioteket samlades även råvattenprover in gemensamt med projektet ”Riskklassning av svenska ytråvatten” och ytterligare kompletteringar gjordes via insamling av miljö-, bad- och dricksvattenprover. Källspårningsmetodernas förmåga att detektera olika typer av föroreningar utvärderades på laboratorium med hjälp av prover från biblioteket. Metoderna testades även på blindprover i ett så kallat ringtest samt på råvatten då det inträffat riktiga föroreningshändelser. Det går att läsa mer om utvärderingen av de olika källspårningsmetoderna i ”Rapport om mikrobiologiska dricksvattenrisker – ytråvatten” som publiceras på Livsmedelsverkets hemsida.

Som ett exempel visar Figur 6.1 resultat från analyser med storskalig sekvensering för att bedöma föroreningars ursprung. Proverna som analyserats härrör från olika föroreningshändelser som inträffat under kartläggningen av råvattenkvalitet som beskrivs i Fördjupning 5.2. En slutsats som kan dras utifrån resultaten är att avloppsförorening dominerar dessa händelser. Detta kunde i flera fall konfirmeras med en qPCR-markör specifik för människa. Vid spridda provtagningar kunde även förorening från hund, kalv och höns detekteras.



Figur 6.1. Figuren visar hur storskalig sekvensering kan åskådliggöra föroreningsskällor i fekal förorenade råvatten. På y-axeln redovisas proportionen mikroorganismer i ett prov som kan härledas till någon av de specifika källor listade i färgförklaringen till höger. Grå färg motsvarar mikroorganismer som inte finns representerade i referensbiblioteket. Då proportionen är beroende av det totala antalet mikroorganismer som finns i ett prov är den inte något mått på graden av förorening. Händelserna härrör från tre olika råvattentäkter.

Vilken alternativ metod för källspårning ska jag välja?

De alternativa källspårningsmetoderna bär med sig både för- och nackdelar och det är därför svårt att peka ut en specifik metod som bäst i alla lägen. Tabell 6.3 sammanfattar kortfattat en del av de möjligheter och begränsningar som de olika metoderna innebär. Ytterligare kunskap om dessa alternativa metoder för fekal källspårning finns hos Livsmedelsverket, FOI och SVA. I dagsläget genomför FOI källspårningsanalyser med sekvensering och vid intresse för en fekal källspårningsanalys kontaktas lämpligen mikrobiologer på FOI eller Livsmedelsverket för diskussion och eventuellt genomförande av analys.

Tabell 6.3. För och nackdelar med olika alternativa källspårningsmetodiker.

Metodik	Fördelar	Nackdelar
qPCR	Snabb, billig och väl etablerad metodik med potential att visa hög specificitet och känslighet. Stort urval av möjliga markörer.	Markörer som fungerar bra på ett ställe kan fungera mindre bra eller inte alls på ett annat ställe eller på enskilda individer.
Odling	Ger kvantitativa svar.	Lite långsam, antalet olika markörer begränsat. Fungerar olika bra på olika individer och geografiska platser.
Masspektrometri	Snabb och känslig metod med låg analyskostnad samt möjlighet att analysera många substanser parallellt.	Dyr apparatur och ofta svårt att hitta substanser som återfinns specifikt hos många individer.
Sekvensering	Robust metod med mycket hög specificitet förutsatt att man har ett bra referensbibliotek.	Fortfarande relativt dyr och arbetsintensiv metod.
Fluorometri	Väldigt snabb och billig metodik med möjlighet till online-mätningar och mätningar i fält.	Har svag koppling till fekala föroreningar i råvatten.

Summering

- God kännedom om potentiella föroreningskällor och hur dessa påverkas av säsong, väder och klimat ger en bra grund för källspårningsarbete.
- Fekal källspårning är betydelsefull för att definiera och identifiera specifika föroreningskällor och därmed förebygga mikrobiologiska risker i råvattnet.
- Fekala indikatororganismer är centrala för att bedöma grad av förorening och är även användbara för att bedöma relevansen av föroreningstillskott från specifika platser och tillflöden till råvattentäkten .
- Förekomst av specifika patogener i ett prov kan ge viktiga ledtrådar om källan, särskilt ifall art eller genotyp kan bestämmas.
- Alternativa källspårningsmetoder möjliggör en tydligare definition av föroreningskällor när övriga metoder inte räcker till.

Bilaga 1

Stöd för inventering av mikrobiologiska föroreningskällor och risker i och kring vattentäkten

God kännedom om potentiella föroreningskällor är en förutsättning för att nå fördjupad kunskap om variationer i mikrobiologisk råvattenkvalitet i den egna täkten och hur den ser ut när den är som sämst. Eftersom graden av förorening ofta hänger samman med väder- och klimatfaktorer är det även betydelsefullt att bedöma effekten av dessa. Vissa föroreningskällor samt väder- och klimatfaktorer är bara relevanta under en viss säsong och besiktning av vattentäktens närområde kan därför behöva upprepas vid olika tider på året. Vid tvekan är det viktigt att kryssa i rutan "vet ej" så att detta kan användas som indikation på att ytterligare efterforskning kan behövas. Om möjligt, samarbeta/diskutera svaren med en kollega för att få fram så objektiva svar som möjligt.

Potentiella källor till mikrobiell förorening som kan påverka råvattenkvaliteten som finns i

direkt anslutning till vattentäkten vattentäktens tillrinningsområde

Större avloppsreningsverk (>10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Mindre avloppsreningsverk (<10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Bräddavlopp (>10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Bräddavlopp (<10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Större pumpstation (>10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Mindre pumpstation (<10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Större avloppsledning (>10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Mindre avloppsledning (<10000 pe anslutna)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Enskilda avlopp	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Om ja, hur många?	1 <input type="checkbox"/>	2-5 <input type="checkbox"/>	6-20 <input type="checkbox"/>	>20 <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Dagvattenutlopp från större tätort (>10000 inv.)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Dagvattenutlopp från mindre tätort (<10000 inv.)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Marina	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Latriner från båttrafik	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Campingplats	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Större badplats (>100 badande/dag)	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Naturgödsland jordbruksmark	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Jordbruksmark gödsland med slam	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Slakteri	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		
Strandnära tamdjur	ja <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>		

Om ja, vilken typ av tamdjur?

Nöt	ja, större antal djur <input type="checkbox"/>	ja, enstaka djur <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Får	ja, större antal djur <input type="checkbox"/>	ja, enstaka djur <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Häst	ja, större antal djur <input type="checkbox"/>	ja, enstaka djur <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Kyckling	ja, större uppfödare <input type="checkbox"/>	ja, mindre uppföd. <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Svin	ja, större antal djur <input type="checkbox"/>	ja, enstaka djur <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>

Andra strandnära tamdjur

1: _____	Större antal <input type="checkbox"/>	Enstaka djur <input type="checkbox"/>
2: _____	Större antal <input type="checkbox"/>	Enstaka djur <input type="checkbox"/>
3: _____	Större antal <input type="checkbox"/>	Enstaka djur <input type="checkbox"/>

Vilda djur ja nej vet ej

Om ja, vilken typ av djur?

Måsar	ja, större antal <input type="checkbox"/>	ja, enstaka djur <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Gäss	ja, större antal <input type="checkbox"/>	ja, enstaka djur <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Vildsvin	ja, större antal <input type="checkbox"/>	ja, enstaka djur <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>

Andra vilda djur:

1: _____	Större antal <input type="checkbox"/>	Enstaka djur <input type="checkbox"/>
2: _____	Större antal <input type="checkbox"/>	Enstaka djur <input type="checkbox"/>
3: _____	Större antal <input type="checkbox"/>	Enstaka djur <input type="checkbox"/>

Påverkas den mikrobiologiska kvaliteten på råvattnet av följande väder- och klimatbetingade händelser?

Kraftigt regn/skyfall	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Höga vattenflöden (ej vårflod)	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Vårflod	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Kraftig vind/stormar	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Försvunnet språngskikt	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Isbeläggning	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Värmebölja	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Torka	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>
Köldknäpp	ja, negativt <input type="checkbox"/>	ja, positivt <input type="checkbox"/>	nej <input type="checkbox"/>	vet ej <input type="checkbox"/>

Andra väder- och klimatrelaterade faktorer av betydelse:

1. _____ Negativ påverkan Positiv påverkan
2. _____ Negativ påverkan Positiv påverkan
3. _____ Negativ påverkan Positiv påverkan

Gradering

Lista potentiella **föroreningskällor i direkt anslutning till vattentäkten** som du anser har störst negativ påverkan på den mikrobiologiska råvattenkvaliteten. Notera eventuell tidsperiod då föroreningskällan utgör en särskild risk och ange grad av påverkan utifrån dessa tidsperioder.

Föroreningskälla	Tidsperiod	Relativ påverkan						
		Liten						Stor
1. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
2. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
3. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
4. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
5. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
6. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
7. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
8. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
9. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
10. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>

Lista potentiella **föroreningskällor i vattentäktens tillrinningsområde** som du anser har störst negativ påverkan på den mikrobiologiska råvattenkvaliteten. Notera eventuell tidsperiod då föroreningskällan utgör en särskild risk och ange grad av påverkan utifrån dessa tidsperioder.

Föroreningskälla	Tidsperiod	Relativ påverkan						
		Liten						Stor
1. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
2. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
3. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
4. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
5. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
6. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
7. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
8. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>

9. _____ 1 2 3 4 5 6 7
10. _____ 1 2 3 4 5 6 7

Lista de **väder- och klimatbetingade händelser** du anser har störst påverkan på den mikrobiologiska råvattenkvaliteten. Notera eventuella tidsperioder då de väder- och klimatbetingade händelserna har som störst inverkan och ange grad av påverkan utifrån dessa tidsperioder.

Väder-/klimathändelse	Tidsperiod	Relativ påverkan						
		Liten						Stor
1. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
2. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
3. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
4. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
5. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
6. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
7. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
8. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
9. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>
10. _____	_____	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>

När inventeringen är färdig är det bra att sammanställa en rangordnad lista med de risker som har identifierats och vid vilka tidpunkter de är relevanta. Notera även de föroreningskällor samt klimat- och väderbetingade faktorer som har varit svåra att bedöma relevansen av, exempelvis genom att summera "vet ej"-svaren. Efter förankring inom den egna organisationen kan det sammanställda materialet användas som utgångspunkt för risker man bör vara särskilt uppmärksam på och när man bör vara det. Materialet ger även stöd vid prioritering av fortsatt riskförebyggande arbete samt synliggör var det krävs ytterligare efterforskningar rörande mikrobiologiska risker.

Beslutsstöd för råvattenövervakning

Kontrollfråga

Åtgärd

1. Har det nyligen gjorts en inventering av potentiella fekala föroreningskällor i och kring vattentäkten?

NEJ/
VET EJ



Gå igenom vilka föroreningskällor som finns, deras avstånd till råvattenintag, hur omfattande de är samt tillfällen då störst påverkan kan förväntas. Se Kapitel 2 i handboken för stöd.

JA ↓

2. Analyseras fekala indikatorer i råvattnet på regelbunden basis och med tillräcklig frekvens?

NEJ/
VET EJ



Genomför regelbundna analyser enligt program beskrivet i Svenskt Vattens branschriktlinjer

JA ↓

3. Analyseras fekala indikatorer i råvattnet vid tillfällen då den mikrobiologiska kvaliteten bör vara som sämst?

NEJ/
VET EJ



Välj ut lämpliga provtagningstillfällen med utgångspunkt från inventeringen av föroreningskällor under fråga 1 och komplettera med information om hur väder, klimat och säsong/årstid kan påverka råvattenkvaliteten (se Kapitel 4 i handboken). Passa på att provta när händelser som särskilt kan försämra råvattenkvaliteten inträffar.

JA ↓

4. Visar analyserna av fekala indikatorer att råvattnet är förorenat?

NEJ



Fortsätt med indikatoranalyser både på regelbunden basis och när råvattenkvaliteten förväntas vara som sämst.

JA ↓

5. Genomförs analyser av patogenförekomst?

NEJ



Undersök patogenförekomst. Överväg att införa ett kontrollprogram där förekomst av sjukdomsframkallande mikroorganismer analyseras. Prova gärna regelbundet och när råvattenkvaliteten förväntas vara som sämst.

JA ↓

6. Visar patogenanalyserna att det förekommer sjukdomsframkallande mikroorganismer i råvattnet?

NEJ



Fortsätt med indikatoranalyser både på regelbunden basis och när råvattenkvaliteten förväntas vara som sämst. Komplettera med patogenanalyser vid lämpliga tillfällen.

JA ↓

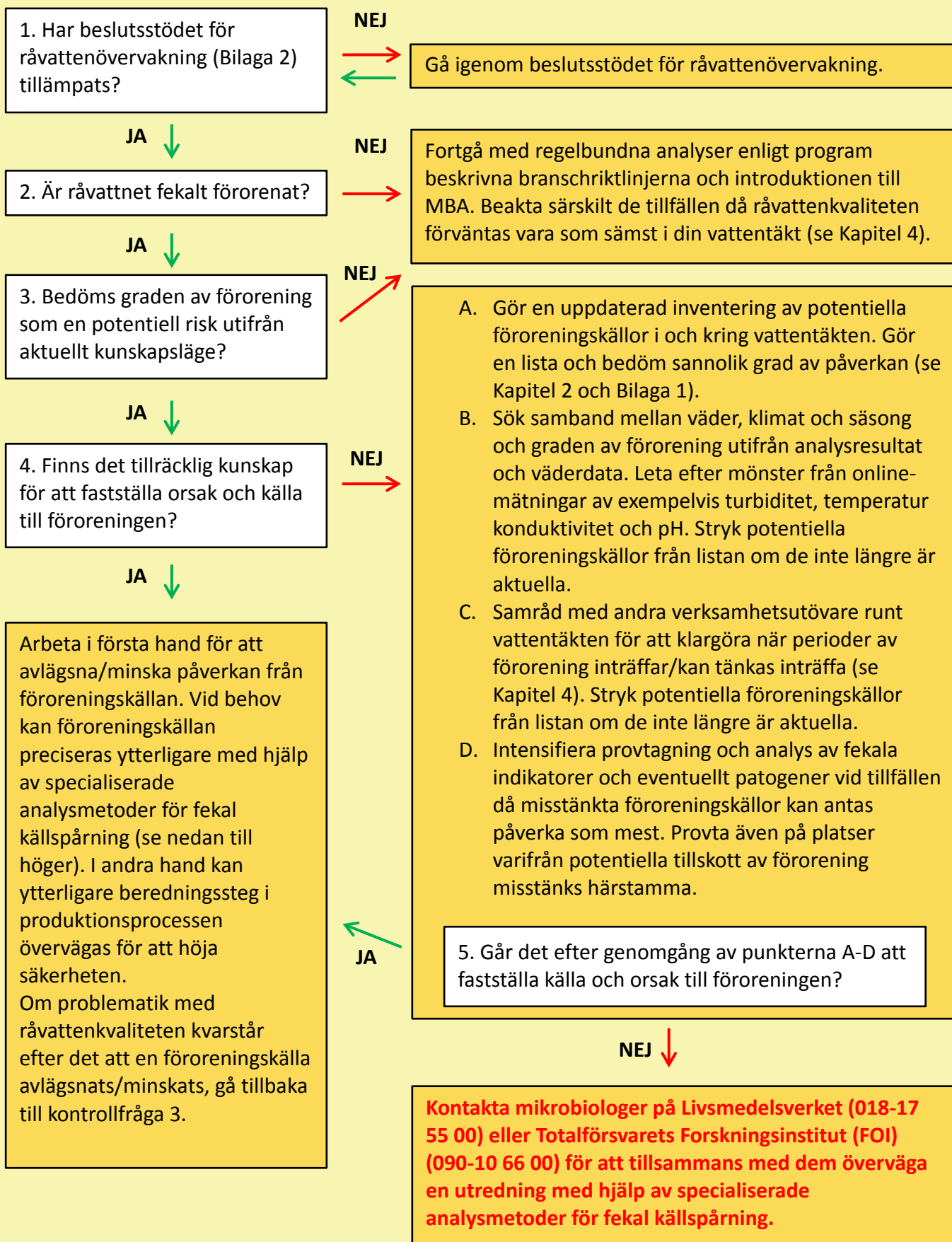


Se över barriärverkan exempelvis med stöd av riskanalysverktygen MRA och MBA. Sök upp källor till föroreningar och arbeta i möjligaste mån för att de avlägsnas eller minskas. Vid osäkerhet och/eller meningsskiljaktigheter om vad som orsakar föroreningen kan ett aktivt källspårningsarbete inledas (se Beslutsstöd för att motverka förorening av råvattnet, bilaga 3).

Beslutsstöd för att motverka förorening av råvattnet

Kontrollfråga

Åtgärd





Serien för dricksvattenrisker
Ett samarbetsprojekt



Folkhälsomyndigheten



SLU



STATENS
VETERINÄRMEDICINSKA
ANSTÄLT



UMEÅ UNIVERSITET



Livsmedelsverket