

Vidareutveckling av QMRA-verktyget – fas 1

SVU-projekt genom
DRICKS-programmet vid Chalmers

Thomas Pettersson

Madeleine Forss

Johan Åström

Britt-Marie Pott

Helena Almqvist

 QMRA-verktyget 2016-11-11

Source Water Characterisation	Free Chlorine Disinfection																					
Additional treatment barrier 1	Is Chlorination included in the treatment chain? No	Type the name of the barrier (optional) Free Chlori																				
Conventional Treatment Performance	Log reduction by chlorination Calc	Post Chlorination (Microorganism L-1) Calc																				
Additional treatment barrier 2	Quantify free chlorine residual concentration over the contactor C(t) Approach for quantifying full-scale disinfection efficacy																					
Slow Sand Filtration/Biological Filtration Performance	Select method to determine initial residual and decay rate Empirically determine initial residual and decay rate																					
Additional treatment barrier 3	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Empirically determine initial residual and decay rate</th> <th colspan="2">Manually defined values</th> </tr> <tr> <td>Dosing concentration (Cdose) (mg/L)</td> <td> 1 </td> <td>Measured initial free chlorine residual (mg/L)</td> <td> 1 </td> </tr> <tr> <td>Total Organic Carbon (TOC) (mg/L)</td> <td> 1 </td> <td>Measured final free chlorine residual (mg/L)</td> <td> 1 </td> </tr> <tr> <td>Empirical initial free chlorine residual (mg/L)</td> <td> Calc </td> <td>Calculated decay rate (k) (/min)</td> <td> Calc </td> </tr> <tr> <td>Empirical decay rate (k) (/min)</td> <td> Calc </td> <td>Input decay rate (k) (/min)</td> <td> 1 </td> </tr> </table>		Empirically determine initial residual and decay rate		Manually defined values		Dosing concentration (Cdose) (mg/L)	1	Measured initial free chlorine residual (mg/L)	1	Total Organic Carbon (TOC) (mg/L)	1	Measured final free chlorine residual (mg/L)	1	Empirical initial free chlorine residual (mg/L)	Calc	Calculated decay rate (k) (/min)	Calc	Empirical decay rate (k) (/min)	Calc	Input decay rate (k) (/min)	1
Empirically determine initial residual and decay rate		Manually defined values																				
Dosing concentration (Cdose) (mg/L)	1	Measured initial free chlorine residual (mg/L)	1																			
Total Organic Carbon (TOC) (mg/L)	1	Measured final free chlorine residual (mg/L)	1																			
Empirical initial free chlorine residual (mg/L)	Calc	Calculated decay rate (k) (/min)	Calc																			
Empirical decay rate (k) (/min)	Calc	Input decay rate (k) (/min)	1																			
Ultrafiltration	Select method to determine final free chlorine residual From initial residual decay rate and time																					
UV Disinfection Performance	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">From initial residual, decay rate and time</th> <th colspan="2">From measured final free chlorine residual</th> </tr> <tr> <td>Mean residence time in contactor tank (minutes)</td> <td> 30 </td> <td>Measured final free chlorine residual (mg/L)</td> <td> Calc </td> </tr> </table>		From initial residual, decay rate and time		From measured final free chlorine residual		Mean residence time in contactor tank (minutes)	30	Measured final free chlorine residual (mg/L)	Calc												
From initial residual, decay rate and time		From measured final free chlorine residual																				
Mean residence time in contactor tank (minutes)	30	Measured final free chlorine residual (mg/L)	Calc																			
Chlorination Performance	Select method to determine number of CSTR Define CSTRs manually																					
Ozone Performance	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Determine CSTRs from local conditions</th> <th colspan="2">Define CSTRs manually</th> </tr> <tr> <td>Number of contact tanks in series</td> <td> 2 </td> <td>Manually defined number of CSTRs</td> <td> 1 </td> </tr> </table>		Determine CSTRs from local conditions		Define CSTRs manually		Number of contact tanks in series	2	Manually defined number of CSTRs	1												
Determine CSTRs from local conditions		Define CSTRs manually																				
Number of contact tanks in series	2	Manually defined number of CSTRs	1																			
Exposure																						

Svenskt Vatten Utveckling

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

Dricksvatten
Rörsnät & Klimat
Avlopp & Miljö
Management

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

Anna Linusson, ordförande
Daniel Hellström, utvecklingsledare
Lena Blom
Tove Göthner
Bertil Johansson
Stefan Johansson
Johan Olanders
Lisa Osterman
Hans Bertil Wittgren
Carl-Olof Zetterman

Svenskt Vatten
Svenskt Vatten
Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad
Sveriges Kommuner och Landsting
Norrsvatten
Skellefteå kommun
Ovanåkers kommun
Örebro kommun
Sweden Water Research/VA SYD
SYVAB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 BROMMA
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Vidareutveckling av QMRA-verktyget - fas 1
Title of the report:	Further development of the QMRA tool - Phase 1
Författare:	Thomas Pettersson, Madeleine Forss, Johan Åström, Britt-Marie Pott, Helena Almqvist
Rapportnummer:	2017-09
Antal sidor:	50
Sammandrag:	Det svenska QMRA-verktyget som utvecklades 2009 upplevdes som otydligt och svårt att använda av vattenproducenterna och därför fick dricksvattenprogrammet DRICKS uppdraget av Svenskt Vatten Utveckling att förbättra modellen och göra den mer lättanvänd. I denna första fasen av projektet har felaktigheter korrigerats samt genomförts en behovs- och omvärldsanalys för det fortsatta arbetet med att utveckla verktyget. Även en webbaserad version av QMRA-verktyget har utvecklats.
Abstract:	The Swedish QMRA tool developed in 2009 was experienced as unclear and difficult to use for the water producers and therefore the drinking water program DRICKS was given the task of Swedish Water Association to improve the tool and make it more easy to use. In this first phase of the project inaccuracies have been corrected, and needs and situational analysis been conducted for the coming efforts to develop the tool. Also a web-based version of the QMRA tool has been developed.
Sökord:	QMRA, behovsanalys, omvärldsanalys, verktygsuppdatering
Keywords:	QMRA, needs analysis, business intelligence, tool update
Målgrupper:	Dricksvattenproducenter, va-konsulter, vattenforskare
Omslagsbild:	Webversionen av QMRA-verktyget
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2017
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	14-121
Projektets namn:	Vidareutveckling av QMRA-verktyget - Fas 1
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling

Förord – Svenskt Vatten

För värdering av mikrobiologiska risker har två hjälpmedel utvecklats: Mikrobiologisk BarriärAnalys (MBA-verktyget) och Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA-verktyget). Båda hjälpmedlen har börjat användas vid de svenska vattenverken. MBA är enklare att använda inledningsvis, men för en fördjupad analys av infektionsrisker i svenska dricksvattensystem fordras QMRA. WHO förespråkar QMRA i sin vägledning för dricksvattenkvalitet och i till exempel Holland måste dricksvattenproducenterna återkommande göra en QMRA för sin process.

Den första QMRA-modellen framtagen för svenska ytvattenverk kom 2009. Under användning av modellen vid vattenverken har behov av förbättringar framkommit. Genom stöd från SVU har förbättringsarbetet kommit igång. Föreliggande rapport redovisar det första steget i arbetet.

Stockholm augusti 2016

Gully Hedenberg, Svenskt Vatten

Förord – författarna

När det första svenska QMRA-verktyget lanserades 2009 var syftet att Sveriges vattenproducenter skulle använda verktyget på egen hand. Svenskt Vatten har anordnat flera kurser där träningsessioner för både MBA och QMRA har erbjudits. Dock har användandet av verktyget begränsat sig till större vattenproducenter, forskare och konsulter. Den återkoppling vi fått från branschen är att verktyget är otydligt och svårt att lära sig. Detta har troligtvis bidragit till att det inte fått den spridning bland svenska vattenproducenter som man hoppades.

Under 2013 beslutade SVU ge uppdraget för fortsatt förvaltning och utveckling av QMRA-verktyget till DRICKS, SVU:s finansierade projektprogram inom dricksvattenforskning. Huvudsyftet med uppdraget var att vidareutveckla det befintliga verktyget och ta fram en förbättrad version som ska upplevas som mer funktionell, lättanvänd och lättillgänglig för landets dricksvattenproducenter.

I föreliggande rapport redovisas arbetet från projektets första fas (fas 1). Arbetet påbörjades 2015 där en användargrupp bestående av vattenproducenter, forskare och konsulter bildades. Användargruppen har i denna första fas av projektet främst arbetat med att korrigera felaktigheter i verktyget (s.k. programbuggar), genomfört en behovs- och omvärldsanalys som legat till grund för de genomförda förbättringarna, samt även planerat och föreslagit ett upplägg för arbetet i efterföljande projektfaser.

Göteborg augusti 2016

Författarna genom

Thomas Pettersson, projektledare, DRICKS/Chalmers

Innehåll

Förord - Svenskt Vatten	3
Förord - författarna	4
Sammanfattning	6
Summary	7
1 Inledning	8
2 Bakgrund	11
2.1 Verktyg för mikrobiologisk riskanalys	12
2.2 Jämförelse mellan verktygen MBA och QMRA	12
2.3 Angreppssätt för användning av verktygen	15
3 Behovsanalys	16
3.1 Enkätundersökning	16
3.2 Intervjuer med dricksvattenproducenter	19
3.3 Summering av behovsanalysen	21
4 Omvärldsanalys	23
4.1 Exempel på andra QMRA-verktyg i världen	23
4.2 Intervjuer med nyckelpersoner	24
4.3 Summering av omvärldsanalysen	27
5 QMRA-verktyget - version 2016	29
5.1 Karakterisering av råvattnet	30
5.2 Beredningsprocesser	31
5.3 Exponering	33
5.4 Karakterisering av risk	33
6 Diskussion	34
6.1 Konceptuell struktur och framtida organisering av QMRA-verktyget	34
6.2 Vidareutveckling av QMRA i Sverige	35
6.3 Fortsatt arbete med att utveckla QMRA-verktyget	36
Referenser	38
Bilagor	
Bilaga 1 Enkätfrågor till dricksvattenproducenter	40
Bilaga 2 Kommuner/kommunala bolag som deltagit i enkätundersökningen	45
Bilaga 3 Förändringar som genomförts i MRA-verktyget version 2016	46

Sammanfattning

För värdering av mikrobiologiska risker har det utvecklats två hjälpmedel: mikrobiologisk barriäranalys (MBA-verktyget) och kvantitativ mikrobiologisk riskbedömning (QMRA-verktyget). Båda hjälpmedlen har börjat användas vid de svenska vattenverken. MBA är enklare att använda, men för en fördjupad analys av infektionsrisker i svenska dricksvattensystem fördras QMRA. Världshälsoorganisationen (WHO) förespråkar QMRA i sin vägledning för dricksvattenkvalitet, och i till exempel Nederländerna måste dricksvattenproducenterna återkommande göra en QMRA för sitt vattenförsörjningssystem.

Den första QMRA-modellen framtagen för svenska ytvattenverk kom år 2009. Den har visat sig vara otydlig och svår att använda för vattenproducenterna. Därför fick dricksvattenprogrammet DRICKS på Chalmers uppdraget av Svenskt Vatten Utveckling att förbättra modellen för att göra den mer lättanvänd för landets dricksvattenproducenter. Rapporten redovisar första steget i arbetet som påbörjades 2015 då det bildades en användargrupp av vattenproducenter, forskare och konsulter. Gruppen har i den första fasen av projektet främst arbetat med att korrigera felaktigheter i verktyget, genomföra en behovs- och omvärldsanalys samt planera det fortsatta arbetet.

Behovsanalysen gjordes bland annat via en enkät till ett stort antal dricksvattenproducenter, både till sådana som redan hade genomfört en QMRA-analys och sådana som inte hade gjort det. Uppföljande djupintervjuer har genomförts med en del av dessa dricksvattenproducenter. Syftet med intervjuerna var att få uppgifter om vilka förbättringsbehov som finns och vilka funktioner som behöver läggas till i verktyget, samt hur användargränssnittet kan göras mer pedagogiskt och enklare att förstå. Även en omvärldsanalys har genomförts där tre internationella experter inom QMRA har djupintervjuats för att få ett internationellt perspektiv på det svenska QMRA-verktygets funktion, användbarhet och upplägg.

I arbetet med att förbättra funktionaliteten har flera av de kända programbuggarna åtgärdats, och processbeskrivningar och datahantering har förbättrats och förenklats. Det har också utvecklats en webbaserad version av QMRA-verktyget, med fördelen att den senaste versionen av verktyget alltid är tillgänglig för samtliga användare. Projektet har också i den första fasen inneburit ett framtidsytande arbete med att kartlägga vilka större och mer genomgripande förändringar som på sikt behöver göras av det svenska QMRA-verktyget. Där ingår bland annat att skapa en ny användarmanual och nya systemmoduler för bland annat riskbedömningar av grundvattentäcker och distributionsnätet.

Summary

This report describes the work carried out in order to further develop and update the Swedish QMRA tool to make it more functional and easy to use for Swedish drinking water producers. In efforts to achieve these aims, a needs analysis was carried out in which a questionnaire was sent out to a large number of drinking water producers, both those who already implemented a QMRA analysis as well as ones that have not. Also follow-up in-depth interviews were conducted among those drinking water producers to get more information about the improvement needs and what features need to be added to the tool and how the user interface can be made more pedagogical and easier to understand. Even an intelligence analysis has been conducted in which three international experts in QMRA have been interviewed in depth in order to bring the Swedish QMRA tool's functionality, usability and structure in an international perspective.

In efforts to improve the functionality, several of the known software bugs were fixed and several predefined process descriptions and data management were improved and simplified for the users. Even a web-based version of QMRA tool has been developed with the advantage that the latest version of the tool is always available for all users. Also forward-looking efforts to identify the larger and more fundamental changes need to be made in the long run has been carried out in this first phase in the development of the Swedish QMRA tool. This includes creating a new user manual and new system modules for risk assessments of groundwater supply and distribution network.

1 Inledning

Mikrobiologisk påverkan av dricksvattnet via händelser i råvatten, vattenverk och ledningsnät kan ge stora hälsoeffekter i form av vattenburna infektioner. Vattenburna utbrott medför mänskligt lidande och stora samhällskostnader samt sänkt förtroende för den kommunala dricksvattenbranschen. Den allmänna medvetenheten gällande risker med patogener i dricksvattnet skärptes kraftfullt i och med de stora vattenburna utbrotten av *Cryptosporidium* i norra Sverige 2010–2011. Kommuner som tidigare betraktat sitt råvatten som närapå drickbart utan rening har tvingats tänka om och göra en förnyad analys av infektionsriskerna. QMRA (quantitative microbial risk assessment, på svenska: kvantitativ mikrobiell riskbedömning) är en internationellt vedertagen metod för att bedöma och kvantifiera hälsoriskerna med dricksvattenkonsumtion i ett specifikt dricksvattensystem (Haas *et al.* 1999) och metoden rekommenderas av WHO i deras riktlinjer för dricksvattenkvalitet (WHO 2011) och beskrivs ingående av US EPA (2014). Det svenska verktyget för kvantitativ mikrobiologisk riskbedömning, vars grunder lades inom forskningsprogrammet Urban Water (Ashbolt *et al.* 2005), vidareutvecklades inom ett SVU-projekt (Abrahamsson *et al.* 2009) och har sedan dess funnits tillgängligt som ett riskbedömningsverktyg för ytvattenverk.

I en ISO-standard för riskhantering ges följande definitioner (ISO 2009). Riskanalys (risk analysis) är det steg där risken uppskattas (exempelvis kvantifiering av infektionsrisken). Riskvärdering (risk evaluation) är det steg där risken jämförs med acceptanskriterier och där man utvärderar vad som är lämpligast att göra för att hantera risken (minska den, och i så fall hur, eller leva med den). Riskbedömning (risk assessment) är en kombination av riskanalys och riskvärdering; risken både uppskattas och relateras till acceptanskriterier i syfte att avgöra lämpliga åtgärder för att hantera risken. Kvantitativ mikrobiologisk riskbedömning är alltså det begrepp som enligt dessa definitioner bör användas i det fall risken både uppskattas och relateras till någon form av acceptanskriterier för att avgöra lämpliga åtgärder.

Det svenska MRA-verktyget, härefter benämnt QMRA-verktyget för att ansluta till den internationella beteckningen, är upplagt för analys i fem delsteg:

1. val av referenspatogener
2. karakterisering av råvatten
3. definiering av reningsprocessen
4. exponering
5. dos-respons och karakterisering av risk.

Verktyget har en användarmanual på svenska och finns för nerladdning via Svenskt Vattens webbplats (Abrahamsson *et al.* 2009; Svenskt Vatten 2016). Flertalet parametrar i analysen definieras med sannolikhetsfördelningar snarare än punktvärden, varför det är nödvändigt att genomföra stokastiska beräkningar. QMRA-verktyget är därför programmerat i modellplattformen

men Analytica®, en plattform som är anpassad för modellering av fördelningar med hjälp av Monte Carlo-simuleringar. Programmeringen i Analytica utfördes av en konsult i Australien som har goda meriter inom området mikrobiologisk riskbedömning. Efter att modellen färdigställdes 2009 har vissa buggar eller förbättringsförslag identifierats. Vissa av dessa har rättats till av konsulten samtidigt som det har visat sig allt mer opraktiskt att programmeringen och rättelser i modellen måste ske av en konsult som befinner sig i en annan del av världen.

De mikrobiologiska verktygen QMRA och MBA (mikrobiologisk barriäranalys) som i olika projekt utvecklats inom Svenskt Vatten (Ansker *et al.* 2013; Svenskt Vatten 2013; Svenskt Vatten 2015) utgör förstahandsalternativ för en fördjupad analys av infektionsrisker i svenska dricksvattensystem. Tidigare benämndes MBA som God respektive Optimal Desinfektionspraxis (GDP respektive ODP), men för att inte förvirra används enbart den nu gällande benämningen MBA i denna rapport. Enligt Livsmedelsverkets rapport *Mikrobiologiska dricksvattenrisker – Behovsanalys för svensk dricksvattenförsörjning* (2013) efterfrågar dricksvattenproducenterna kunskapsuppbyggnad och expertstöd från myndigheterna inom området. Behovet omfattar bedömning av risker i hela dricksvattensystemet: råvatten, dricksvattenberedning, distribution av dricksvatten och hur riskerna påverkar konsumenternas hälsa. Här nämndes behovet av att öka kunskapen om bland annat UV-ljus och mikrobiologiska risker kopplade till grundvatten.

Under 2013 diskuterade representanter från Svenskt Vatten och forskargruppen DRICKS, vid Chalmers, möjligheten att DRICKS ska ta över ansvaret för utveckling av QMRA-verktyget. Våren 2014 sammankallade DRICKS en användargrupp för Mikrobiologisk Riskbedömning bestående av representanter från dricksvattenproducenter i Stockholm, Göteborg, Skåne-regionen samt verksamma konsulter och forskare. Användargruppen identifierade behovet av vidareutveckling av det svenska QMRA-verktyget och erhöll finansiering från SVU, via DRICKS årliga programbidrag, för detta projekt (fas 1). Kortsiktigt behövdes en rad modelljusteringar göras av beräknings- och användarmässig karaktär (inkomna önskemål och buggfixar). Långsiktigt identifierades behovet av en utvärdering av hur QMRA-verktyget används i dagsläget och hur användare önskar att verktyget ska utvecklas. Det sågs även relevant att göra en omvärldsanalys och få en inblick i vilka QMRA-baserade verktyg som tagits fram i andra länder samt hur dessa används.

Syftet med denna rapport, vilken inte är någon användarmanual, är att redovisa den första fasen i projektet att vidareutveckla QMRA-verktyget för den svenska dricksvattenbranschen. Projektet har omfattat omvärlds- och behovsanalys och åtgärdande av kända behov och buggar i QMRA-verktygets senaste version¹. En vidareutveckling av modellen har även påbörjats så att dess struktur och användargränssnitt bättre ska svara mot önskemålen i den genomförda behovsanalysen. Arbetet har inkluderat modelljustering (i programvaran Analytica). Det långsiktiga målet med projektet, vilket inbegriper senare projektfaser (fas 2 och 3), är att vidareutveckla QMRA-verk-

¹ Denna modellversion (Generic_Model 23052012.ana) har till skillnad från tidigare modellversioner inte funnits allmänt tillgänglig för nedladdning från Svenskt Vattens webbplats.

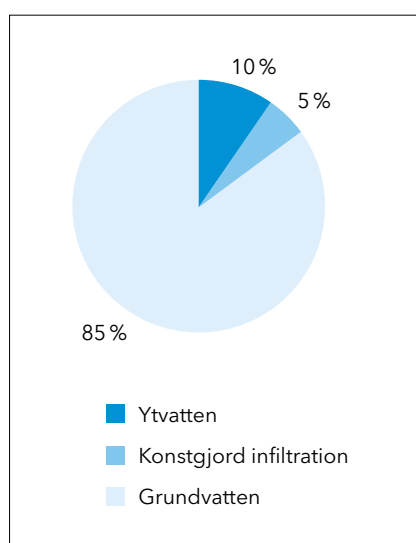
tyget till ett mer användarvänligt och välfungerande verktyg som både bygger på den senaste internationella forskningen och som svarar mot det lokala behov hos svenska dricksvattenproducenter, inklusive systemmoduler som även omfattar naturliga barriärer i grundvattenverk och risker ute på distributionssystemet, samt även en aktuell och uppdaterad användarmanual.

2 Bakgrund

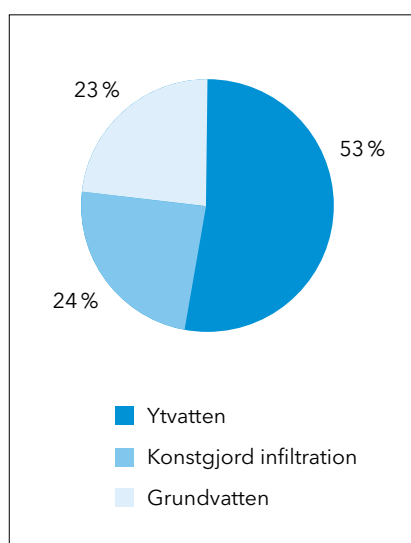
Svenskt Vatten genomförde en enkätundersökning 2011 för att kartlägga svenska vattenverks beredningssteg och mikrobiologiska barriärer. Enkäten skickades ut på nytt 2014 och en jämförelse visade att det genomförts en del förändringar av barriärskyddet sedan enkätundersökningen 2011. Svenskt Vatten bedömer att de dricksvattenburna utbrott som inträffade i Östersund och Skellefteå 2010–2011 har haft en påverkan i denna utveckling då dessa visade på hur allvarliga konsekvenserna kan bli vid ett dricksvattenburet utbrott.

Sveriges dricksvattenverk utgörs till stor del av mindre grundvattenverk med avseende på antal vattenverk (85 %) medan huvuddelen av antalet anslutna personer till kommunala dricksvattenverk försörjs med råvatten från ytvattentäkter (53 %), se figur 2-1 och figur 2-2 (Svenskt Vatten 2014).

Det finns ingen lagstiftning över antal barriärer ett svenskt vattenverk ska ha men Livsmedelsverket rekommenderar i sin vägledning ett minsta antal barriärer beroende på råvattnets kvalitet (SLV 2014). De rekommenderar även en kombination av inaktiverande och avskiljande barriärer för ytvattenverk. Enkätundersökningen som genomfördes 2011 visade att det då var sammanlagt 129 vattenverk (med totalt ca 1 106 000 personer anslutna) som inte hade tillräckligt skydd avseende antal mikrobiologiska barriärer eller princip (kombination av inaktiverande och avskiljande barriärer). Resultatet för enkätundersökningen 2014 visade att antalet vattenverk som inte har tillräckligt barriärskydd avseende antal eller princip har minskat till 86 stycken (med totalt ca 720 000 personer anslutna). Det pågår planering för förändringar, inom de närmsta åren, vid ett flertal vattenverk vilket skulle innebära att motsvarande siffra blir 66 vattenverk (med totalt 353 000 personer anslutna) (Svenskt Vatten 2014).



Figur 2-1
Antal vattenverk fördelat på typ av råvattentäkt (Svenskt Vatten 2014).



Figur 2-2
Antal anslutna fördelat på typ av råvattentäkt (Svenskt Vatten 2014).

I den nya vägledningen från Livsmedelsverket som publicerades i slutet av 2014 rekommenderas dricksvattenproducenter att använda sig av metoderna Mikrobiologisk Barriäranalys (MBA) och Kvantitativ mikrobiologisk riskbedömning (QMRA) för att utvärdera kvaliteten/effekten mikrobiologiska säkerhetsbarriärer för ett vattenverk (SLV 2014).

2.1 Verktyg för mikrobiologisk riskanalys

För bedömningen av ett vattenförsörjningssystemss sammantagna säkerhet, kapacitet och möjligheter finns, utöver MBA och QMRA, ett antal olika metoder och verktyg att använda. Bland annat följande: Water Safety Plan (WSP), Risk och Sårbarhetsanalys (RSA), Egenkontrollprogram (EKP) och Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). Riskbedömningar bör utföras för både råvattentäkten, dricksvattenberedningen och distributionsnätet. För vissa av metoderna (se figur 2-3) finns krav på genomförande medan andra metoder är rekommenderade, men inte ett strikt krav. Både vattnets kvalitet och kvantitet (tillgänglighet) behöver bedömas och när det gäller kvalitet är det både kemiska och mikrobiologiska aspekter som ska värderas. Verktøygen MBA och QMRA används för att underlätta bedömningen av en del av detta. I figur 2-3 presenteras de olika delarna av riskbedömningen grafiskt i ett försök att klargöra sambanden och visa på att den mikrobiologiska värderingen utgör en del i ett större sammanhang där alla delar är viktiga.

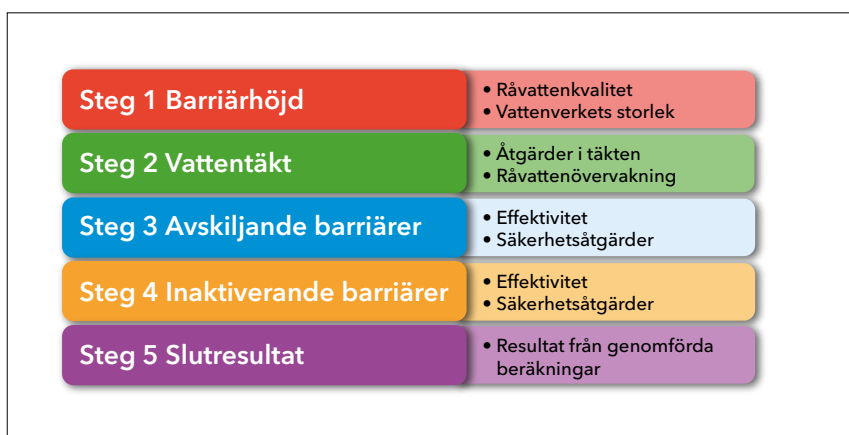
Syftet med MBA- och QMRA-verktygen är att underlätta värderingen av hur hälsosäkert det producerade dricksvattnet blir ur mikrobiologisk synvinkel. Behovet av verktyg för att göra dessa bedömningar är stort eftersom det är många delar att ta hänsyn till: avskiljningseffektivitet för olika mikroorganismer i olika barriärer, mikroorganismernas variation i känslighet för olika inaktiveringsmetoder och dos-responssamband för hur lätt eller svårt det är för vattenkonsumenterna att infekteras och bli sjuka av olika typer av patogena mikroorganismer.

2.2 Jämförelse mellan verktygen MBA och QMRA

Det finns både likheter och skillnader när de gäller de bägge verktygen/hjälpmidlen för bedömning av mikrobiologiska risker, MBA och QMRA. Den mikrobiologiska barriäranalysen (MBA) innebär att man med hjälp av tabeller går igenom råvattentäkten och vattenverket för att avgöra om beredningen har tillräcklig barriärverkan i förhållande till råvattnets kvalitet. Arbetet är indelat i 5 steg, se figur 2-4. Genom att studera faktiska eller stipulerade ändringar i råvattendata och/eller de olika beredningsstegen kan effekten av olika situationer studeras. MBA är viktig att kombinera/komplettera med Risk- och sårbarhetsanalysen för vattentäkten för att kunna bedöma vilka risker som kan uppstå för råvattnet men som kanske inte syns i befintliga provresultat. MBA-verktyget har uppdaterats flera gånger och vid den senaste uppdateringen 2015 ändrades namnet till Mikrobiologisk BarriärAnalys (MBA), vilket stämmer bättre med vad hjälpmedlet (verktyget) faktiskt används till.



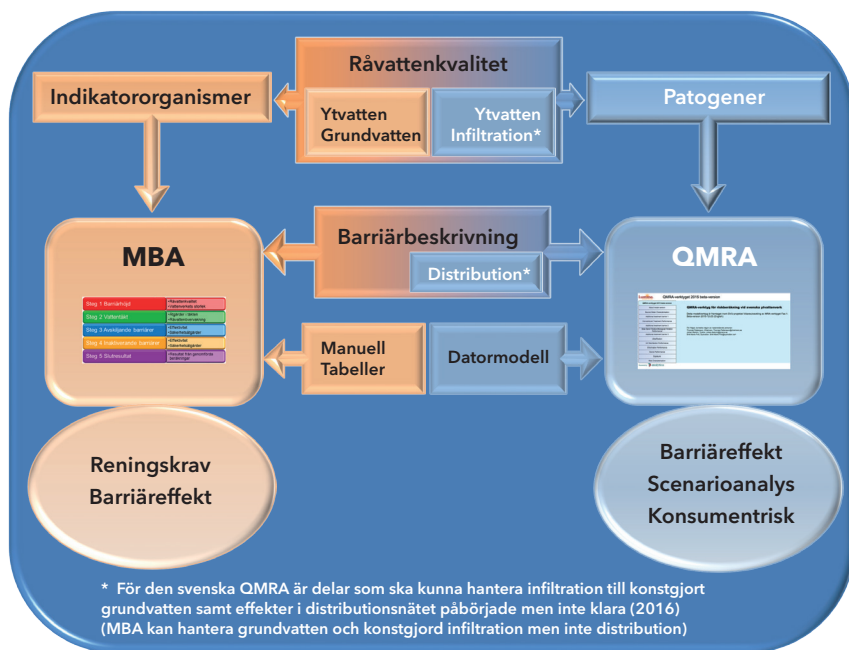
Figur 2-3 Samband mellan olika delar i riskbedömningar som bör göras för dricksvatten.



Figur 2-4 De olika arbetsstegen i MBA.

Även QMRA används för att avgöra om dricksvattnet är tillräckligt säkert med avseende på mikrobiologisk/patogen påverkan. QMRA-verktyget är en datorbaserad mjukvara som ger möjligheter till mer noggranna hälsoriskbedömningar (än MBA) beroende på om det finns bra indata eller ej. Resultat från QMRA-modellering har även fördelen att den förutom barriärverkan i vattenförsörjningen, också kvantifierar infektionsrisken för dricksvattenkonsumenten, det vill säga få en uppfattning hur stor andel av konsumenterna som riskerar infekteras.

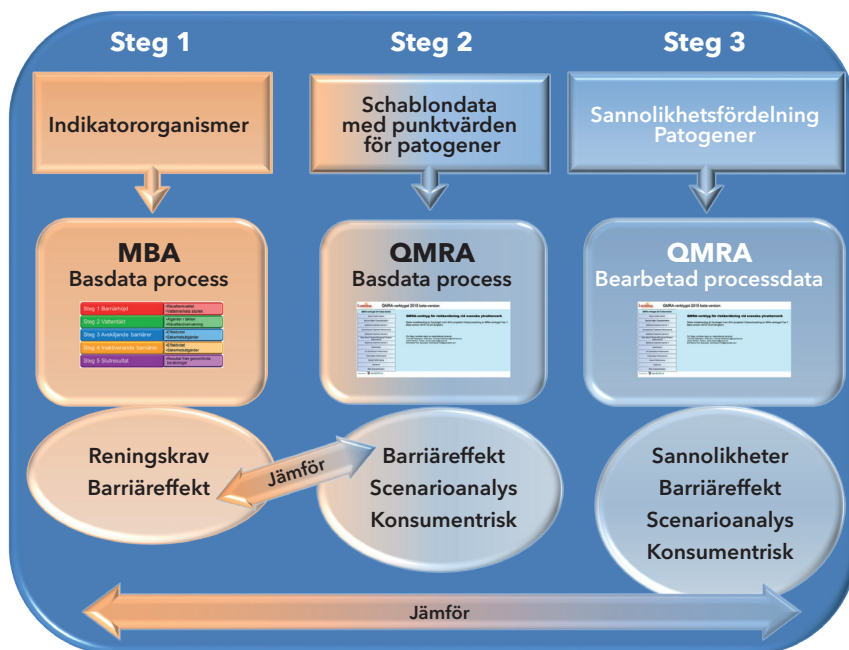
QMRA-verktyget är mycket flexibelt varför det är lätt att simulera olika scenarier där exempelvis råvattenkvaliteten eller barriärverkan i olika beredningssteg försämras av olika anledningar vilket innebär att man snabbt ser hur detta påverkar helheten. I beräkningarna hanteras även variationer i data vilket inte ingår i MBA. Med QMRA kan slutresultatet därigenom erhållas som en sannolikhetsfördelning, om detta önskas. När det gäller infektionsrisken för konsument kan detta uttryckas i två olika mått – san-



Figur 2-5 Skillnader och likheter mellan MBA och QMRA.

nolikheten för infektion (Probability of infektion, P_{inf}) och DALY (Disability Adjusted Life Years). När det gäller sannolikheten för infektion har US EPA angett en gräns som säger att det är acceptabelt att 1 konsument av 10 000 per år blir infekterad ($P_{inf} = 10^{-4}/\text{år}$). DALY är ett mått på hur allvarlig skada konsumenten riskerar. Detta värde är beräknat så att helt olika typer av risker ska kunna jämföras med varandra, exempelvis jämförelsen att åka bil och att dricka vatten. WHO har angett att 1 mikroDALY (10^{-6}) är en acceptabel risk för konsumtion av dricksvatten. Eftersom olika typer av infektioner riskerar att medföra olika allvarliga sjukdomstillstånd kommer resultaten för dessa två mått (P_{inf} och DALY) inte följas åt helt när effekten av olika mikroorganismer studeras. Övergripande likheter och skillnader mellan verktygen presenteras i figur 2-5.

I figur 2-5 ser man att indata är olika eftersom MBA använder indikatororganismer och QMRA-verktyget patogendata för beräkningar av risken för infektion. Verkliga patogendata finns inte tillgängligt i lika stor utsträckning som data för indikatororganismer, eftersom alla vattenverk inte mäter och analyserar patogenförekomst i råvattnet till skillnad från indikatororganismer som analyseras regelbundet. Detta gör det svårare att komma igång med QMRA. Med hjälp av schablonvärden i kombination med en ordentlig Risk- och Sårbarhetsanalys av vattentäkten kan dock antaganden om rimliga patogenhalter göras även om analysdata är bristfällig. För en ny användare kan behovet av patogendata uppfattas som problematiskt eftersom antaganden baserat på indikatororganismer behöver göras och detta kan uppfattas som gissningar. I MBA baseras bedömningarna på halten indikatororganismer i råvattnet, vilket gör det lättare för användare. Eftersom halterna av indikatororganismer oftast inte korrelerar med patogenhalter så kan inte dessa användas som ingångsvärden i QMRA-modellen.



Figur 2-6 Förslag på stegvis riskanalys med succesivt förbättrad data för råvattentäktens vattenkvalitet och vattenverkets barriärfunktioner med hjälp av verktygen MBA och QMRA.

2.3 Angreppssätt för användning av verktygen

En möjlig arbetsgång är att först genomföra en MBA och att därefter gå över och studera scenarier och konsumentrisker med QMRA. MBA-analyser baseras på indata av indikatororganismer samt grundläggande data om vattenverkets processer, se figur 2-6. QMRA-analyser baseras ofta på schablonvärden för patogendata, baserat på litteratordata från tidigare genomförda patogenanalyser. Scenarioanalyser görs med fördel i QMRA-verktyget, medan en MBA inte är upplagt för att modellera olika scenarier. En generell synpunkt som framförts är att QMRA-verktyget med dess sannolikhetsbaserade räknasätt uppfattas som väldigt komplicerat och svårförståeligt för nya användare, varför en stegvis introduktion till dessa möjligheter föreslås. QMRA-verktyget behöver därför istället introduceras på ett pedagogiskt sätt med beskrivningar om lämpliga förenklingar/schablonvärden i en ny användarmanual som stegvis beskriver handhavandet för användaren.

Mycket pekar på att den allra största behållningen med att använda de bägge verktygen MBA och QMRA är den kunskap som verksamhetsutövaren får om hela sitt försörjningssystem – vattentäkt, vattenverk och distributionsnät – under arbetets gång. En viktig del är att användaren bland annat funderar över vad olika rådata betyder och vad resultaten säger om beredningens styrkor och svagheter. Även om tillgången till data är begränsad finns det ändå goda skäl att påbörja riskanalysen, med hjälp av verktygen MBA och QMRA, eftersom kunskapen succesivt fördjupas över tid när bättre data gällande råvattentäktens vattenkvalitet och vattenverkets barriärfunktioner insamlats (figur 2-6).

3 Behovsanalys

Syftet med behovsanalysen var att identifiera hur det svenska QMRA-verktyget har använts hittills bland svenska dricksvattenproducenter samt se vilka behov och önskemål det finns för vidareutvecklingen av verktyget. Behovsanalysen omfattar en enkätundersökning samt intervjuer med ett antal svenska kommuner samt kommunala bolag.

3.1 Enkätundersökning

Enkätundersökningen genomfördes med en frågeenkät, se bilaga 1, som skickades till 58 kommuner och kommunala bolag varav 45 (78 %) svarade på enkäten, se bilaga 2. Enkäten skickades till de som var deltagare vid de tillfällen med workshoppar i MBA och QMRA som Svenskt Vatten anordnade under 2011 och 2012. Utskicket var alltså riktat till kommuner och kommunala bolag som mer eller mindre har arbetat med det svenska QMRA-verktyget. Enkäten skickades även till ytterligare några kommuner/kommunala bolag som arbetsgruppen för projektet har haft kontakt med.

3.1.1 Användning av QMRA-verktyget

Av de svarande hade cirka 60 % genomfört QMRA för något av sina vattenverk och cirka 70 % MBA. Det kan nämnas att detta inte nödvändigtvis visar hur det ser ut generellt bland svenska kommuner, däremot bland deltagarna i enkätundersökningen. Bland de svarande som har genomfört QMRA för något av sina vattenverk, var det vanligare att en sådan genomförts för något av deras ytvattenverk och vattenverk med konstgjord infiltration än för grundvattenverk. Ungefär 25 % av de kommuner som har ett eller flera grundvattenverk uppgavs ha genomfört QMRA för något av deras grundvattenverk, medan den siffran uppgår till 84 % respektive 90 % för de kommuner som har ett eller flera ytvattenverk respektive vattenverk med konstgjord infiltration. Detta kan bero på att QMRA-verktyget i sin nuvarande form inte är anpassad för grundvattenverk men det kan även påverkas av att grundvattenverk bortprioriteras eftersom de ofta är mindre än ytvattenverk och försörjer färre personer.

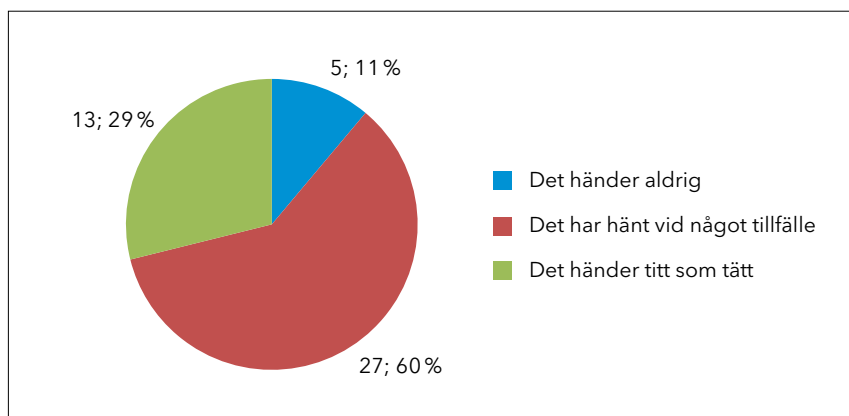
Enkätresultatet visade att det händer att dricksvattenproducenter diskuterar QMRA inom sin kommun/organisation, se figur 3-1. Av de som deltog i enkätundersökningen angav 29 % att detta händer då och då.

Kommuner har genomfört QMRA på olika sätt (figur 3-2); en del väljer att göra det i egen regi medan andra tar hjälp. Bland de som deltagit i enkätundersökningen och genomfört en QMRA har 32 % tagit hjälp av en konsult medan 39 % har genomfört analysen i egen regi. Resterande har löst det på annat sätt, exempelvis med examensarbete, workshop via Svenskt Vatten eller hjälp från Chalmers Tekniska högskola.

Anledningen till att kommuner genomfört en QMRA varierar. Av de svarande som genomfört en QMRA var den vanligaste orsaken att man

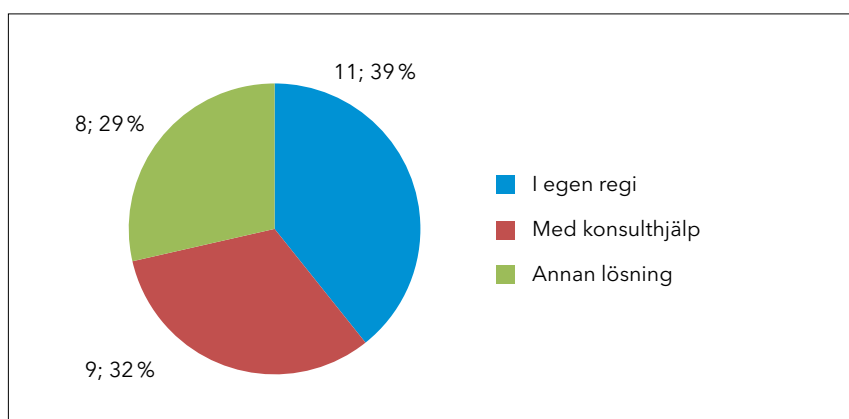
ville kontrollera status för de mikrobiologiska barriärerna för att se om ett vattenverk har tillräckligt barriärskydd eller om skyddet behöver utökas. En annan anledning var att de ville få en bild av risker och svagheter som finns i deras vattenproduktion.

För omkring hälften av de som genomfört en QMRA ledde resultatet till att beredningen på något vattenverk förändrades. Många svarande ansåg att QMRA hade bidragit till en ökad medvetenhet gällande deras vattenverk och dess barriärhöjd.



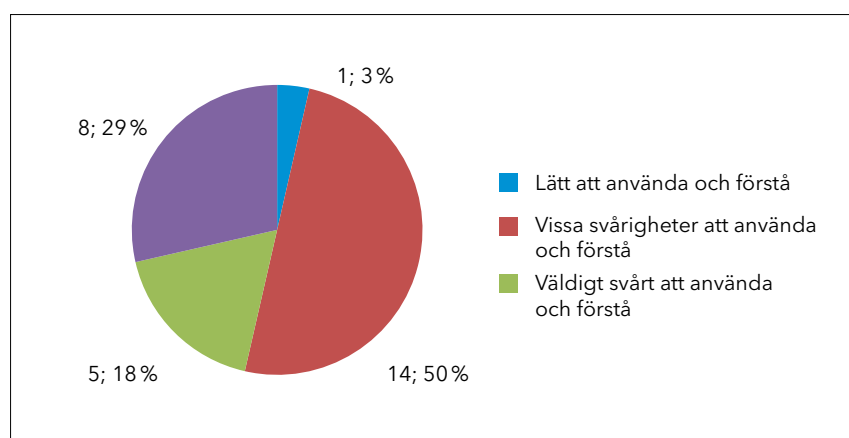
Figur 3-1

Resultat från enkätundersökningen på frågan "Händer det att ni inom er kommun/organisation diskuterar QMRA?" (antal svar; andel).



Figur 3-2

Resultat från enkätundersökningen på frågan "Hur genomförde ni QMRA?" (antal svar; andel).



Figur 3-3

Resultat från enkätundersökningen på frågan "Hur upplevde ni användandet av det svenska QMRA-verktyget?" (antal svar; andel).

3.1.2 Verktögets funktion och användargränssnitt

Bland deltagarna i enkätundersökningen som hade genomfört QMRA för något av sina vattenverk var det 50 % som angav att det var vissa svårigheter att använda och förstå det svenska QMRA-verktyget (figur 3-3). Fem svarande (18 %) uppgav att verktyget var väldigt svårt att använda och förstå.

I enkäten gavs möjlighet att lämna synpunkter på erfarenheterna av användandet av det svenska QMRA-verktyget och förslag på förbättringsmöjligheter. Några av de viktigaste synpunkterna och förslagen var:

- Verktöget är svårarbetat och ofullständigt.
- Användarvänligheten behöver förbättras och en lättförståelig manual behövs.
- För många buggar i programmeringen.
- Inmatade data och resultat går inte att spara.
- För många osäkra antaganden behöver göras.
- Hantering av grundvatten saknas.

Bland deltagarna i enkätundersökningen har cirka 40 % inte genomfört QMRA för något av sina vattenverk. Anledningen till att de inte använt verktyget varierade men några orsaker var följande:

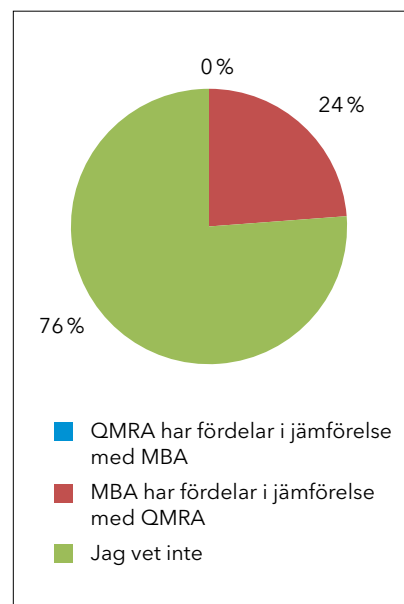
- Tillräcklig kunskap om QMRA saknas.
- För krångligt att använda – önskemål om förenklad variant.
- Ser inte behovet.
- Saknar tid och resurser för genomförandet.
- Har valt MBA istället.
- Vill inte göra osäkra antaganden om patogenhalter.

En del som genomfört MBA ser QMRA som ett nästa steg som de planerar att genomföra. Bland ungefär 60 % av de som inte har genomfört QMRA finns det ett intresse att genomföra en sådan.

MBA och QMRA jämförs ibland och de workshop-tillfällen Svenskt Vatten höll under 2011 och 2012 omfattande både MBA och QMRA. Resultatet från enkätundersökningen visade att 24 % av de svarande ansåg att MBA har fördelar i jämförelse med QMRA, se figur 3-4.

3.1.3 Uppfattningar avseende skillnader mellan QMRA och MBA

Upplevelsen av användarvänligheten gynnar MBA framför QMRA och den vägledning som finns för MBA uppskattas. Anmärkningsvärt är att ingen såg fördelar med QMRA vilket bör innebära antingen att möjligheterna till scenarioanalys, värdering av konsumentrisk samt sannolikhetsfördelning av resultaten inte prioriterats, eller att nyttan med en QMRA inte kommunicerats tydligt nog. Troligen hamnar dess fördelar i skymundan av att QMRA-verktyget ansetts som svårt att använda.



Figur 3-4

Resultat från enkätundersökningen på frågan "Om du är bekant med både QMRA och MBA, är det någon metod som du tycker har fördelar i jämförelse med den andra?"

3.2 Intervjuer med dricksvattenproducenter

Nedan återges intervjuer som genomförts med tre dricksvattenproducenter (A, B och C). Intervjuerna med dricksvattenproducent A och B syftade till att få mer och en fördjupad information om hur dricksvattenproducenter arbetar med QMRA, utöver vad enkätundersökningen gav. Valet av kommuner/kommunala bolag gjordes efter att enkätundersökningen var genomförd och önskan var att intervjua en dricksvattenproducent som gjort QMRA helt i egen regi (A) och en som gjort det med hjälp av en konsult (B).

Dricksvattenproducent C, som inte genomfört någon QMRA, intervjuades kort för att få mer information kring vad det kan finnas för orsaker när en kommuns VA-verksamhet eller ett kommunalägt bolag väljer att inte genomföra en QMRA.

3.2.1 Intervju med dricksvattenproducent A

Dricksvattenproducent A har genomfört QMRA i egen regi för två av sina vattenverk (ytvattenverk) och de har även genomfört MBA. Den intervjuade deltog vid ett av de workshop-tillfällen som Svenskt Vatten anordnade. Utöver MBA har de även genomfört risk- och sårbarhetsanalys, inklusive HACCP.

De upplevde vissa svårigheter med att använda och förstå verktyget. Det var svårt att veta vilka värden man skulle välja för patogenhalter i råvattnet. Svårigheten var inte att fylla i värden i verktyget utan själva valet av värden. I övrigt var det vissa svårigheter med programmet, exempelvis att det plötsligt kunde stängas ner ibland.

De hade studerat följande scenarier med QMRA:

- Scenario med normala förhållanden vid vattenverket.
- Scenario med endast 3 av 5 snabbsandfilter i drift (under hela året).
- Scenario då fällningen fungerar dåligt (under hela året).
- Scenario med en beredning som kompletterats med UV-behandling (under hela året).
- Scenario med en beredning som kompletterats med ultrafilter (under hela året).

De hade inte studerat några scenarier för riskhändelser i råvattentäkten.

QMRA-analysen medförde att de fick en ökad medvetenhet om barriärverkan. De genomförde ingen investering av nya eller uppgradering av processer i vattenverken efter genomförd QMRA, men har däremot påbörjat provtagning i råvattnet av parasiterna *Cryptosporidium* och *Giardia*.

Den intervjuade upplevde att det var tidskrävande att arbeta med QMRA, det svåraste var att förstå verktyget eftersom att det står på engelska; det skulle vara bra om verktyget översattes till svenska.

Vid genomförande av QMRA använde de standardvärden enligt QMRA-manualen för att ange patogenhalterna i råvattnet. De hade uppmätt *E. coli* i råvattnet som de inte kunde använda. Nu har de däremot analyserat *Cryptosporidium* och *Giardia* i råvattnet vilket de eventuellt kan

använda om de genomför en QMRA på nytt. För att beskriva beredningsstegen använde de QMRA-verktygets standardvärden för processernas log-reduktion/inaktivering.

När de skulle utvärdera QMRA tyckte de att resultatet för infektionsrisk var svårtolkat och de utvärderade istället den totala log-reduktionen på vattenverken. De hade inget krav på tillräcklig log-reduktion att jämföra med, men de bedömde log-reduktion för respektive patogentyp som tillräcklig om den var över ett värde på cirka 6 logs reduktion.

3.2.2 Intervju med dricksvattenproducent B

Dricksvattenproducent B har genomfört QMRA, med stöd från en konsult, för sitt ytvattenverk och för ett av sina vattenverk med konstgjord infiltration. De har även genomfört MBA, HACCP samt Risk- och Sårbarhetsanalys för sin dricksvattenförsörjning samt tekniska riskanalyser för att få en uppfattning om fraktionering av organiskt material i beredningsprocesserna.

Anledningen till att de genomförde QMRA var ett framtida investeringsbehov för att höja sin mikrobiologiska barriärverkan. På ytvattenverket hade man haft dispens gällande mikrobiologiska barriärer och påbörjat pilotförsök för introduktion av nytt beredningssteg. Att genomföra QMRA var tänkt som en möjlighet för att kunna kommunicera mer handfasta resultat avseende behovet att bygga ut ett två-stegs ultrafilter vid ytvattenverket. De genomförde först en MBA som grovanalys och bestämde sig sedan för att gå vidare med en QMRA.

QMRA-analysen utfördes med en modellversion från 2012, varför kontaktpersonens resonemang alltså relaterar till en version av verktyget som inte funnits allmänt tillgängligt från Svenskt Vattens hemsida. Dricksvattenproducenten var delaktig i genomförandet av QMRA-analysen tillsammans med konsulten. Det inträffade vissa problem med programmet, till exempel att programmet "hängde sig" och slutade fungera men konsulten kunde tack vare sin bakgrundserfarenhet "gå runt och trixa" för att lösa mjukvaruproblemen, vilket den intervjuade menade skulle vara svårt för "vem som helst" att lösa. Den intervjuade föreslår att verktyget utvecklas genom att fixa invecklade programmeringsfel (buggfixar) och genom att ta fram ett användarvänligt gränssnitt med pedagogiska förklaringar. Vidare att gränssnittet tillåter att olika lager kan visas när man arbetar i verktyget, det vill säga att alla detaljer inte visas direkt utan att man får klicka sig djupare ner i programmet vid behov.

Den intervjuade upplevde också att det behövs mycket bakgrundsinformation för att kunna genomföra QMRA och kunskap kring hur resultaten ska tolkas. Det finns vissa begrepp och statistiska funktioner som det krävs en ganska ingående kunskap om i verktyget. Att ange syftet varför man ska genomföra en QMRA är viktigt innan arbetet börjar. Det framfördes önskemål om att typexempel borde finnas tillgängliga för att se hur en analys kan genomföras, exempelvis för ett grundvattenverk, ett ytvattenverk och ett vattenverk med konstgjord infiltration som alla producerar runt 15 000 m³/d. Det skulle vara till god hjälp för nybörjare som då lättare skulle kunna ta sig över den första svåra tröskeln.

Ytvattenverket hade en enkel beredning och de ville med hjälp av QMRA studera hur en uppgradering skulle förändra barriärhöjden varför deras fokus främst var att simulera olika scenarier för nya beredningssteg. Det var exempelvis inte intressant för dem att simulera eventuella driftfel för de befintliga beredningsprocesserna.

Tidsmässigt uppskattar den intervjuade att arbetet med QMRA tog ungefär två arbetsveckor för en dricksvattenproducent, utöver den tid som konsulten lade ner.

De bedömde att deras råvatten är en ganska opåverkad råvattentäkt varför de i QMRA-analysen valde att utgå ifrån att patogenhalter kunde likställas med en tiondel av standardvärdena enligt QMRA-manualen. För beredningsstegen användes standardvärden för avskiljning/inaktivering enligt QMRA-verktyget, med undantag för deras sandfilter där resultat från mätningar av lågt belastade mediafilter vid andra vattenverk i ett SVU-projekt användes. För att utvärdera hälsorisen jämfördes resultaten med US EPA:s gränsvärde för årlig acceptabel infektionsrisk, på 10^{-4} (d.v.s. 1 infekterad per 10 000 konsumenter per år).

3.2.3 Intervju med dricksvattenproducent C

Dricksvattenproducent C gjorde ett försök att genomföra en QMRA med det svenska QMRA-verktyget för deras största vattenverk vid Svenskt Vattens workshop för MBA och QMRA. De upplevde verktyget som ofullständigt och svårt att använda. Det var frustrerande att arbeta med verktyget, främst med tanke på att det inte gick att spara inmatad data eller resultat.

De upplevde även att kvaliteten på genomförd analys blev osäker med tanke på att den i huvudsak byggde på antaganden om råvattnets kvalitet. Verkliga patogendata för aktuell vattentäkt känner de flesta dricksvattenproducenter vid nämnda workshoppar inte till. Det som dricksvattenproducent C tyckte var positivt med QMRA var att man på ett enkelt sätt, om man har alla indata, kan få en uppfattning om hur stor hälsorisen är.

3.3 Summering av behovsanalysen

Det har framkommit flera konstruktiva synpunkter och förslag till utveckling av det svenska QMRA-verktyget utifrån resultaten från enkätundersökningen samt djupintervjuerna med de tre dricksvattenproducenterna. Dessa synpunkter har sammanfattats i tabell 3-1.

Det har framförts flera synpunkter och förslag gällande verktygets mer praktiska handhavande som att det inte går att spara data samt programmeringsfel med mera. De synpunkter/förslag som är av mer pedagogisk karaktär gäller främst användarvänlighet/användargränssnitt eftersom flera vattenproducenter upplever att verktyget är svårt att förstå. Gränssnittet upplevs inte som tilltalande och förslag har framkommit att exempelvis skapa olika lager av information i QMRA-verktyget.

Det finns ett önskemål om mer kunskap och vägledning för QMRA-verktyget, mer pedagogiska förklaringar i verktyget samt utveckling av manualen med tydliga exempel. Ett förslag som framkommit rörande manual är

olika typexempel för ytvattenverk, grundvattenverk och vattenverk med konstgjord infiltration. Behovsanalysen har även visat att QMRA-verktyget används på olika sätt; dricksvattenproducent A (avsnitt 3.2.1) använde inte verktyget för att utvärdera hälsoriskerna utan utvärderade istället den totala log-reduktionen för de olika patogengrupperna. Detta visar på behovet av en tydlig vägledning hur QMRA-verktyget är tänkt att användas.

Det är flera som är frågande gällande resultatets tillförlitlighet för QMRA med tanke på att man kan behöva göra många antaganden för vissa indata vid genomförande av en QMRA. Det finns även önskemål att standardvärden ses över, för att omfatta fler typer av ytvatten.

Tabell 3-1 Sammanfattning av synpunkter och förbättringsförslag gällande det svenska QMRA-verktyget, så som det tillhandahållits i mjukvaran Analytica sedan 2009.

Av handhavandemässig karaktär
• Ej möjligt att spara sina data i QMRA-verktyget • Programmeringsfel/buggar i verktyget • Ozon finns inte med i verktyget • Ej anpassat för grundvattenverk
Av pedagogisk karaktär
• Ej tilltalande användargränssnitt • Ej bra användarvänlighet - Det hade varit bra med olika lager av detaljer i programmet: alla delar visas inte direkt utan man får klicka sig djupare in i programmet - Gränssnitt med pedagogiska förklaringar (i verktyget) • Manual och vägledning - Manualen behöver utvecklas, gärna med tydliga exempel - Det behövs viss bakgrundinformation för de som använder QMRA (statistiska begrepp och funktioner som man behöver en medvetenhet om) • Data - Svårt att veta vilka värden man ska välja att fylla i modellen - För att skapa en modell behövs data som ofta inte finns tillgänglig vid vattenverken och som istället måste antas - Se över standardvärden, det behövs fler studier på patogener i olika typer av ytvatten • Det vore bra om verktyget var på svenska istället för på engelska

Utöver dessa synpunkter på verktygen så framkom även att det sannolikt finns brister i kunskapen om föroreningskällor och föroreningsrisker i många vattentäkter. Med avsaknad av en ordentligt genomförd Risk- och Sårbarhetsanalys för vattentäkten så blir resultatet från både MBA och QMRA lätt missvisande.

Slutligen bör noteras att de påpekanden som framförts gentemot QMRA-verktyget och dess tillförlitlighet måste ses som ett resultat av både verktygets utformning och av hur detta verktyg presenterats vid nämnda workshop-tillfällen.

4 Omvärldsanalys

QMRA används i flera olika delar av världen och i många olika sammanhang. Omvärldsanalysen i föreliggande kapitel omfattar en litteraturstudie samt intervjuer med några internationella nyckelpersoner som arbetar med QMRA inom dricksvatten. Syftet har varit att beskriva hur QMRA används internationellt och framför allt presentera andra beräkningsverktyg för QMRA, än det svenska, som finns tillgängliga samt hur dessa används. Omvärldsanalysen är begränsad och inkluderar endast tre intervjuade personer verksamma i både den akademiska världen och med nära koppling till branschen. Anledningen till att dessa tre personer valdes ut var att de av användargruppen ansågs ha en god branschkunskap och god överblick av QMRA i allmänhet och användningen i sina hemländer i synnerhet. De beräkningsverktyg som beskrivs är ett axplock av de QMRA-modeller som finns och används internationellt.

4.1 Exempel på andra QMRA-verktyg i världen

Nedan presenteras några arbeten och beräkningsverktyg som finns tillgängliga för QMRA.

KWR:s QMRA-verktyg

Det nederländska forskningsinstitutet Watercycle Research Institute (KWR, tidigare Kiwa) har utvecklat ett verktyg som baserats på en doktorsavhandling (Smeets 2008). Verktöget är utvecklat i Matlab, men används inte längre eftersom ett nyare verktyg QMRAspot (se nedan) introducerats och nu uteslutande används av de nederländska dricksvattenproducenterna. KWR:s verktyg skiljer sig något i jämförelse med QMRAspot, gällande exempelvis hur effektiviteten av beredningen beräknas. I KWR:s verktyg modelleras variation (koncentrationer) och osäkerhet (om koncentrationen) separat, vilket inte är fallet med QMRAspot.

QMRAspot

Det finns ett lagkrav för nederländska dricksvattenproducenter som använder ytvatten som råvattentäkt att genomföra en QMRA vart tredje år. För att underlätta denna process och främja ett enhetligt tillvägagångssätt tog det statliga institutet för hälsa och miljö i Nederländerna (RIVM) fram verktyget QMRAspot (utvecklat i Matematica) som dricksvattenproducenterna ska genomföra QMRA-analysen med. Verktöget är enkelt att använda utan att vara expert (Schijven *et al.* 2011). Användaren behöver, utöver processdata, endast ange råvattendata (patogenhalter) varpå verktyget analyserar dessa genom en passning till en sannolikhetsfördelning och sedan beräknar risken för dricksvattenproduktionen.

Andra nederländska verktyg

KWR har även utvecklat verktyget QMRAidid som är ett visualiseringsverktyg där grafer hjälper användaren att tolka data och resultat från QMRA-spot (Smeets & Medema 2013). Även verktyget QMRA treatment calculator har tagits fram för att sammanställa kunskap om och uppskatta beredningsstegs effektivitet samt för att beskriva hur olika beredningssteg interagerar och påverkar varandra².

Water Guide (Finland)

Water Guide (Vesiopas, på finska) är en finsk webbaserad modell för genomförande av QMRA för dricksvattenproduktion (Meriläinen *et al.* 2014). Det togs fram för att möjliggöra för dricksvattenproducenter, forskare och beslutsfattare att utreda hälsoriskerna kopplade till mikrobiologisk kvalitet av dricksvatten. Det är ett fritt tillgängligt verktyg³. Verktyget beräknar infektionsrisk samt hälsokonsekvenser i enheten DALY (disability-adjusted life years).

Kanadensiskt verktyg

Det finns ett kanadensiskt QMRA-verktyg (som vi inte har namnet på, men som är utvecklat i MS Excel) som utvecklats av Health Canada (Canadian Water Network 2015). Innan verktyget togs fram utfördes QMRA för dricksvatten i olika delar av Kanada men resultaten från analyserna varierade på grund av att de använde olika modeller för till exempel dos-respons. Med anledning av detta såg man ett behov att ta fram ett gemensamt arbetssätt och därför utvecklades detta verktyg. Det fanns en förhoppning att verktyget ska ge ett ökat användande av QMRA. Verktyget är lite annorlunda eftersom det utför beräkningarna med diskreta doser, till exempel 0, 1, 2 eller 3 organismer/volymenhet.

QMRAcatch

QMRAcatch är ett beräkningsverktyg för föroreningstransport i råvattentäkter där hälsoriskerna inom ett avrinningsområde beräknas genom simulering av indikatorbakterier, mikrobiologiska spårmarkörer samt patogener. Infektionsrisken beräknas för exponering av föroreningarna i råvattentäkten vid bad/simning i råvattentäkten eller konsumtion av det producerade dricksvattnet (Schijven *et al.* 2015).

4.2 Intervjuer med nyckelpersoner

I projektarbetsgruppen har ett antal internationella nyckelpersoner inom QMRA identifierats varav tre valdes ut för intervjuer. Vi har intervjuat: Patrick Smeets (senior scientific researcher, Nederländerna), Nicholas Ashbolt (professor, Kanada) och Andreas Farnleitner (biträdande professor, Österrike). Avsikten var att få en inblick i hur QMRA används i dessa länder och internationellt.

² Email-konversation med Patrick Smeets, mars 2015.

³ Internetsida <http://fi.opasnet.org/fi/Vesiopas>, mars 2015.

De frågor som vi ställde till samtliga nyckelpersoner var följande:

1. Vilka metoder/verktyg för QMRA har använts inom dricksvattenproduktion i ert land?
2. Vilka har varit de mest angelägna frågeställningarna som utretts med hjälp av QMRA?
3. Finns det gränsvärden för acceptabel infektionsrisk i ert land och vilken status har dessa gränsvärden? Är det 50- eller 95-percentilsvärdet som är styrande vid fastställandet av infektionsrisken?
4. Vilka dos-respons-modeller används i ert QMRA-verktyg?

4.2.1 Intervju med Patrick Smeets, Nederländerna

Patrick Smeets är forskare och arbetar vid Watercycle Research Institute (KWR) vilket är ett forskningsinstitut i Nederländerna där tio av landets dricksvattenproducenter är anslutna. I Nederländerna används grundvatten som råvatten vid några vattenverk i den östra delen av landet medan (infiltrerat) ytvatten används i den västra delen, där de stora städerna finns. Sedan 2001 är det ett lagkrav i Nederländerna för dricksvattenproducenter som producerar dricksvatten från ytvatten eller konstgjord infiltration att genomföra QMRA. Det har tagits fram en vägledning där det bland annat anges att dricksvattenproduktionen ska klara en risknivå med maximalt 1 på 10 000 infekterade konsumenter per år, och erfarenheter från detta har nyligen redovisats (Bichai & Smeets 2013). Producenterna måste genomföra en QMRA vart tredje år för att påvisa att deras vattenproduktion uppfyller detta hälsokrav.

Dricksvattenproducenternas resultat från QMRA ska uppfylla 95-percentilsvärdet vilket Smeets ifrågasätter, och istället förespråkar att medelvärde används. Det statliga institutet för hälsa och miljö i Nederländerna (RIVM) kräver detta med anledning av att medelvärdet ibland överstiger 95-percentilsvärdet medan Smeets då menar att man främst bör fundera över vilka metoder man använder för att räkna fram det resultatet snarare än att dra slutsatsen att det är 95-percentilsvärdet som ska avgöra. Som nämnts tidigare (kapitel 4.1) finns flera QMRA-verktyg i Nederländerna och verktygen skiljer sig åt på några sätt. Exempelvis beräknas beredningsstegens effektivitet på olika sätt. Ett visualiseringsverktyg finns tillgängligt där grafer hjälper användaren att tolka och förstå resultatet i QMRAspot (Smeets & Medema 2013).

I Nederländerna har de även tagit fram ett verktyg som heter Watershare – QMRA treatment calculator, som innehåller viktig litteraturredata över den forskning som genomförts kring avskiljnings- och inaktiveringseffektivitet för patogener i olika beredningssteg. Detta verktyg används för att beskriva effektiviteten av ett beredningssteg när lokala mätdata saknas. Smeets menar att den största osäkerheten i QMRA-modelleringar ofta är i beredningsprocesserna. Avseende andra osäkerheter vid QMRA-modellering menar Smeets att olika dos-respons-modeller inte har särskilt stor inverkan på resultatet.

I dricksvattensammanhang har i Nederländerna QMRA generellt spelat en viktig roll när det gäller exempelvis uppskattning av reningseffekt när vatten passerar jordlager (ex. konstgjord infiltration) och val av UV-dos. I andra kontexter än dricksvatten har QMRA varit ett viktigt verktyg för exempelvis hälsorisker i badvatten, fontäner, dagvattenhantering och vid resursåtervinning (patogener i slam).

Vid vidareutveckling av det svenska QMRA-verktyget föreslår Smeets att man ska fundera på verktygets syfte och han föreslår att det svenska verktyget ska vara ett verktyg som syftar till att *skapa medvetande*, kring exempelvis hälsorisker och dess effekt baserat på avskiljningsförmågan. Detta snarare än strävan att det ska bli ett lagkrav att genomföra QMRA, eftersom Sverige har så pass bra råvattentäkter. Det bör även vara ett verktyg som är enkelt att använda för alla.

4.2.2 Intervju med Nicholas Ashbolt, Kanada

Nicholas Ashbolt vid University of Alberta i Kanada forskar om allmänna vattentjänster kopplat till resursåtervinning. Detta område integreras med QMRA för att identifiera kunskapsluckor och förvaltningsmål. Ashbolt har tidigare arbetat vid amerikanska naturvårdsverket (US EPA) med att bland annat tillämpa QMRA för att bedöma hälsorisken vid vattenrelaterade hälsorisker kopplat till olika rekreatiionsaktiviteter.

Det finns inget allmänt vedertaget beräkningsverktyg för QMRA i Kanada och USA, likt det verktyg vi har i Sverige. Ashbolt rekommenderar att man utvecklar specifika verktyg för varje fall/användningsområde. I Kanada finns dock ett enkelt Excel-baserat QMRA-verktyg (se avsnitt 4.1), för att underlätta förståelsen av behov inom produktion av dricksvatten, men verktyget har inte fått generell acceptans då det anses innehålla för många osäkerheter.

Ashbolt varnar för att använda verktyg som i likhet med det nederländska QMRAspot ger intryck av att ge ett definitivt svar på om risken är acceptabel och under ett visst gränsvärde. Sådana verktyg kan även vara utformade med utgångspunkten att alla system ser ungefär likadana ut, vilka då inte medger driftsituationer som ser olika ut på olika vattenverk. I stället förespråkas att utreda olika riskhändelser för det aktuella systemet och att QMRA används för att analysera olika scenarier och hur dessa kan hanteras. En sådan tillämpning är möjlig med det svenska QMRA-verktyget. Att identifiera och utvärdera riskhändelser är det arbetssätt som förespråkas i WHO:s vägledning för dricksvatten och dess Water Safety Plans (WHO 2011). Det förordas också att olika riskhändelser såsom extrema och ovanliga händelser som torka och översvämningar ska utvärderas genom att genomföra QMRA. Vid QMRA-beräkningar är det alltså viktigt att inte fokusera för mycket på den infektionsrisk som verktyget beräknar utan istället använda verktyget för att identifiera och hantera riskhändelser.

I USA används QMRA för att informera och kommunicera med beslutsfattare och andra berörda.

QMRA kan som nämnts användas inom olika områden, exempelvis för att analysera risker vid vattenrekreation (råvatten utan beredningsprocesser). Ashbolt har samarbetat med US EPA för att utreda risken att människor som badar och simmar kan bli infekterade av patogener vid badstränder. Ett angreppssätt som testats är att analysera mikrobiologiska spårmarkörer (microbial source tracking – MST). För fall där dessa påvisade en risk för mänsklig avloppspåverkan eller jordbrukspåverkan, genomfördes en riskanalys enligt QMRA. Även i Kanada har QMRA spelat en viktig roll för utredning av risker inom rekreation samt risker för människor som badar och simmar att få i sig patogener på stränder som inte är avloppspåverkade (Schoen & Ashbolt 2010).

Vägledningen för dricksvatten framtagen av Health Canada (2012) hänvisar till det gränsvärde för acceptabel hälsorisk som WHO angivit, 10^{-6} DALY per person och år (WHO 2011).

4.2.3 Intervju med Andreas Farnleitner, Österrike

Andreas Farnleitner är biträdande professor inom mikrobiologi på Wiens tekniska universitet. Han leder ett samarbete mellan Wiens tekniska universitet och Wiens medicinska universitet inom vatten och hälsa.

För närvarande används inte QMRA rutinmässigt i Österrike men det används för specifika tillämpningar. Ett exempel är framtagande av riktlinjer för infiltration av renat avloppsvatten i decentraliserade områden där små reningsverk släpper ut renat avloppsvatten till floder eller bäckar. I de fall det inte finns något ytvatten tillgängligt behöver det utvärderas om renat avloppsvatten kan infiltreras till grundvattnet. En tvärvetenskaplig forskargrupp har använt QMRA för att utveckla riktlinjer baserat på den potentiella infektionsrisken när grundvatten förorenas av utsläpp av biologiskt renat avloppsvatten från små reningsverk, under olika förhållanden (Zessner *et al.* 2008). I det projektet användes ett gränsvärde för infektionsrisken av 1 på 10 000 infekterade per år, där bedömningen utgick från 95-percentilsvärdet.

I Österrike används QMRA som ett verktyg även i tillämpad forskning för att vägleda och stötta i vattenförsörjningsfrågor. Ett arbetssätt för styrning och analys av fekala föroreningar i alpina vattenresurser, där det kan vara problem med den mikrobiologiska kvaliteten, har utvecklats. Övervakning av fekala föroreningar, genetiska markörer för mikrobiologisk källspårning (MST) samt QMRA har integrerats. Farnleitner har, tillsammans med några andra forskare, tagit fram verktyget QMRACatch för att kunna simulera föroreningsscenarier i vattentäkter (Schijven *et al.* 2015). Syftet med verktyget, vilket även beskrivs ovan, är att hjälpa till i kommunikationen mellan parter med olika intressen inom ett avrinningsområde.

4.3 Summering av omvärldsanalysen

De verktyg som presenteras i avsnitt 4.1 har vid en jämförelse både likheter och skillnader. Olika programvaror utgör basen i verktygen, KWR:s verktyg har utvecklats i Matlab, QMRAspot i Matematica, det kanadensiska i MS Excel och det finska verktyget är webbaserat medan det svenska är framtaget med hjälp av beräkningsverktyget Analytica. En annan aspekt som skiljer verktygen åt är vilken bakgrundskunskap som krävs, exempelvis är QMRAspot enkelt att använda och man behöver inte vara expert för att kunna använda det, medan KWR:s verktyg är lite mer avancerat. För att använda det svenska verktyget behöver man inte vara expert men man behöver känna till mycket bakgrundsinformation för att få mer än generella resultat.

Gällande visualiseringsmöjligheter har det svenska verktyget i jämförelse med QMRAdid inte lika stor möjlighet till att visualisera resultatet med olika grafer för att tolka data och resultat. Det finns även olika möjlighet att beakta osäkerheter och variationer. I det kanadensiska verktyget kan man endast modellera diskreta patogenhalter i råvattnet (ex. 0, 1, 2 eller 3 organismer/volymenhet) medan det i KWR:s verktyg likt det svenska finns möjlighet att modellera variation och osäkerhet för koncentrationen separat.

En QMRA-analys med hjälp av det svenska beräkningsverktyget, genomförs på olika sätt beroende på vem som genomför analysen. Dels kan scenarier väljas olika beroende på användaren och dels kan syftet med genomförandet variera. Olikheter erhålls även vid till exempel utvärdering av risk, där en del bedömer infektionsrisken utifrån medianvärden medan andra ser både på medianvärden och 95-percentilvärden. Smeets förespråkar att man utvärderar utifrån medelvärdet för att det omfattar större riskhändelser vilket inte medianen gör. En del användare modellerar endast normalfallet när alla beredningsprocesser fungerar normalt och inget oönskat inträffar i råvattentäkten. Ashbolt framhåller vikten med att modellera olika riskhändelser samt hur man kan hantera dessa. Även beräkning av infektionsrisken kan genomföras på olika sätt, Smeets menar att man bör beräkna ett värde för infektionsrisken där alla riskhändelser är inkluderade, istället för att beräkna/presentera infektionsrisken för varje riskhändelse.

I Nederländerna är det ett lagkrav att genomföra QMRA för dricksvattenproducenter som använder ytvatten, ytvatteninfiltration eller konstgjord infiltration. Sverige har inget lagkrav och inte heller något gränsvärde för infektionsrisken, förutom att QMRA-manualen hänvisar till US EPA:s uppsatta gränsvärde för infektionsrisk samt WHO:s gränsvärde för DALY:s.

I Nederländerna och USA används sannolikheten för infektion för utvärdering medan Kanada använder sig av WHO:s system med DALY:s. Det finns fördelar med att använda DALY:s då det beaktar hur allvarligt de infekterade konsumenterna drabbas samt att det även blir enklare att jämföra risken med andra hälsorisker. I det svenska QMRA-verktyget finns möjlighet att studera resultatet presenterat både som sannolikheten för infektion och som DALY:s. I en vägledning kan det dock finnas behov av ökad tydlighet kring vilken enhet för hälsorisken som är lämplig att använda samt i vilket sammanhang.

Om en användare har provtagit och genomfört analyser av patogener i sitt råvatten är det inte alltid lätt att veta hur en statistisk fördelning på lämpligt sätt anpassas till dessa analysvärden. En analysserie kan exempelvis innehålla många analysvar med 0-värden (eller värden lägre än analysmetodens detektionsgräns) och då är det svårt att definiera en statistisk fördelning. Det nederländska verktyget QMRAspot underlättar hanteringen av råvattendata eftersom användaren kan mata in mätserier av analysvärden direkt i verktyget som automatiskt skapar en lämplig statistisk fördelning, förutsatt att det finns tillräckligt med detekterade halter. Denna funktionalitet kan vara lämplig att ta med i vidareutvecklingen av det svenska QMRA-verktyget. Det finns även teknik utvecklad för att med antaganden om fekal påverkanskälla beräkna en patogenhalt utifrån indikatorbakteriehalt (Pettersson *et al.* 2016) som skulle kunna användas i QMRA-verktyget.

Smeets föreslog att verktyget bör vara enkelt att använda för att sprida en medvetenhet om infektionsrisk och allmänna hälsokonsekvenser (genom DALYs) i branschen. Motsvarande syfte bör kunna uppnås med MBA-modellen i kombination med befintligt QMRA-verktyg genom några strategiska kompletteringar. Den stegvisa introduktionen av QMRA förklarar betydelsen av konsumentriskparametrar och övriga möjligheter i QMRA-verktyget lite i taget. Syftet är att QMRA-verktygets fulla potential varken ska uppfattas som för komplicerat för en ny användare eller begränsas för den mer avancerade användaren.

5 QMRA-verktyget - version 2016

Sedan QMRA-verktyget började utvecklas för den svenska dricksvattenbranschen år 2006 har många justeringar gjorts för att förbättra verktyget funktionellt såväl som pedagogiskt. Den version som senaste åren funnits att tillgå lanserades 2010, och kopplar till den manual för verktyget som gavs ut i form av en SVU-rapport (Abrahamsson *et al.* 2009). År 2011 kom en ny version av QMRA-verktyget, förbättrad med utgångspunkt från de synpunkter och förslag som lämnades vid de workshoputbildningar som Svenskt Vatten anordnade 2010. Efter testkörning på Svenskt Vattens workshoppar 2011 justerades vissa delar ytterligare 2012. Modellversionen från 2012 innehåller en rad uppdateringar, bland annat förbättrade möjligheter att inkludera lokala mätdata i olika beredningssteg, nya moduler för klorering, ultrafiltrering och ozonering. Denna version tillgängliggjordes dock aldrig för branschen, bland annat på grund av en del funktionsmässiga oklarheter. Programmeringen av modellverktyget har fram till och med version 2012 genomförts av en konsult utomlands.

QMRA-verktyget version 2016 utgår från version 2012 men har justerats främst genom att avhjälpa alla kända buggar och felaktigheter men också justeringar avseende vissa funktioner och i användargränssnittet. Med tanke på att version 2012 aldrig lanserades för branschen så finns det knappast ett allmänt intresse för en detaljbekrivning av förändringar som genomförts relativt denna version (intresserade hänvisas till bilaga 3). Istället ges i det följande en översiktlig beskrivning av de moduler som ingår i det nya QMRA-verktyget, version 2016. Det kvarstår att i fas 2 av detta projektet komplettera version 2016 med en ny användarmanual och med tekniska beskrivningar som redovisar beräkningsmetoder och antaganden inom respektive modul. I nuvarande modellversion finns dock förklarande texter i de ”röda informationsrutorna” med texter för orientering och vägledning. QMRA-verktyget, version 2016, kommer att tillhandahållas för dricksvattenbranschen både som en nedladdningsbar fil (till Analytica) och som en webbaserad modell, med ständigt aktuell länk på DRICKS hemsida (www.dricks.chalmers.se). Ett exempel på den webbaserade modellens utseende ges i figur 5-1.

Riskberäkningen utgår från ett antal referenspatogener inom kategorierna bakterier, virus och protozoer (parasiter). I den tidigare publika versionen av QMRA-verktyget valdes endast en referenspatogen från vardera kategorin, men i den nuvarande versionen kan åtta olika referenspatogener väljas, och där hälsoriskberäkningar kan genomföras för samtliga patogener samtidigt. Referenspatogenerna som finns/har funnits tillgängliga är desamma i alla versionerna av verktyget.

- *Campylobacter*
- *Salmonella*
- *E. coli* O157:H7
- Rotavirus
- Norovirus
- Adenovirus
- *Cryptosporidium*
- *Giardia*

Figur 5-1 Skärmdump av QMRA-verktygets webbversion 2016 (kloreringsmodulen). Genom att klicka i spalten till vänster kommer olika sidor upp där inställningar görs i modellverktyget för att passa det aktuella vattenverket och råvattenkvalitet. Utseendet kan komma att förändras framöver, men länken till senaste versionen tillhandahålls på DRICKS hemsida (www.dricks.chalmers.se).

Hänsyn till lokala förhållanden tas genom att välja halter som svarar mot uppmätt eller förväntad påverkan från de föroreningskällor som finns i råvattentäkten. Om det enbart finns avloppsutsläpp och obefintligt med husdjur kring täkten, kan halten av *E. coli* O157:H7 exempelvis förväntas vara mycket låg då dessa enbart sprids från idisslande djur. Å andra sidan kan exempelvis halten av Norovirus då vara desto högre. För de flesta vattenverk torde effekten av olika scenarier vara mest aktuell att studera, snarare än risken till följd av uppmätta halter av samtliga referenspatogener.

I version 2016 är det i första steget punktvärden (ex. medianvärde eller toppvärde/worst case) som anges i de olika modulerna, snarare än sannolikhetsfördelningar. Ett motiv till att använda punktvärden är att sådana kan vara lämpliga som första ingångsvärden i en beräkning och för scenarioanalyser. När det finns bra information om den lokala variationen, exempelvis gällande råvattenkvalitet eller beredningseffektivitet, kan det vara lämpligt att ta hänsyn till denna genom att ange dem som en fördelning istället. Genom Monte Carlo-simulering visas effekterna av denna variation på den övergripande hälsoriskerna. För att ersätta ett punktvärde med en fördelning matas fördelningen in med aktuella parametervärden. Exempelvis innebär Triangular(1, 2, 3) en triangelfördelning där positionen för värdet 1 står för minsta värde, 2 för troligaste värde och 3 för högsta värde.

5.1 Karakterisering av råvattnet

Modul: "Source Water Characterisation"

Patogenhalten vid råvattenintaget anges i denna modul och utgör ingångsvärden för riskbedömningen. I modulen anges antingen enstaka värden (punktvärden), om syftet är att studera ett scenario eller om den lokala hal-

ten är okänd, eller en fördelning om syftet att använda en uppmätt eller tänkt haltvariation för analysen. Ofta kan det initialt vara mest klagörande att ange patogenhalten som punktvärden, om syftet är att förstå hur de olika delarna i modellen interagerar och påverkar risken. Punktvärden kan anges för förväntad medelhalt, topphalt eller värsta fall-halt beroende på vad användaren vill visa eller undersöka.

5.2 Beredningsprocesser

Jämfört med version 2010 har modulerna generellt ändrat utseende för att underlätta för användaren. Flera har fått nya funktionaliteter, främst gäller det Conventional Treatment Performance, UV-desinfection, Chlorination Performance och Risk Characterization. Ett par moduler har tagits bort: Model concentration assuming source is raw sewage samt Chlorination performance – alternativen Chlorine dioxide och Monochloramination. Att dessa moduler inte finns med i version 2016 betyder dock inte att de är felaktiga. Efter granskning och komplettering är det möjligt att ta med dem igen i framtiden.

Modul: "Additional treatment barrier"

Denna modul, som finns på tre ställen (se figur 5-1), är avsedd att definiera ett beredningssteg som inte finns fördefinierat i modellen och som kan ge en patogenreduktion. Exempel på sådana är snabbfilter (utan föregående fällning), aktivt kolfilter och konstgjord infiltration. Lokal log-reduktion anges för respektive referenspatogen, antingen baserat på lokala data (beräknat utifrån halter in och ut vid aktuell process) där en beräkningsmodul finns som stöd, eller baserat på litteraturvärden för det aktuella beredningssteget. En simulering av processens stabilitet kan göras i form av en Reliability simulation utifrån angivet antal parallella beredningslinjer.

Modul: "Conventional Treatment Performance"

Kemisk fällning med beredningskedjan koagulering/flockulering/sedimentering/snabbfiltrering är en vanlig beredningsprocess som finns på majoriteten av svenska ytvattenverk. Till skillnad från tidigare modellversioner ges nu möjligheten att definiera patogenreduktionen i tre lägen med denna beredningskedja:

- välfungerande koagulering, välfungerande filtrering
- välfungerande koagulering, dålig filtrering
- dålig koagulering, välfungerande filtrering.

De förvalda värdena baseras på en omfattande litteraturstudie, men möjligheten finns även att lägga in lokala värden. För varje referenspatogen väljs om litteraturvärden ska användas för log-reduktion (Default) eller om egna värden finns och önskas användas (User input). En simulering av processens stabilitet kan göras (Reliability simulation) med koagulering i tre separata linjer, där respektive linje följs av det antal filtreringslinjer som modellanvändaren anger. Här finns möjlighet att ange hur koagulering respektive filtrering beter sig med hänsyn till suboptimal rening för olika scenarier (Random alternativt Scenario), och hur detta påverkar log-reduktionen.

Modul: "Slow Sand Filtration/Biological Filtration Performance"

Här definieras patogenreduktionen i ett långsamfilter eller ett biologiskt filter (biofilter). Förvalda värden finns inlagda och baseras på en omfattande litteraturgenomgång, men möjligheten finns även att lägga in lokala värden. Liksom för Conventional Treatment anges för varje referenspatogen om litteraturvärden ska användas för log-reduktion (Default) eller egna värden (User input). En simulering av processens stabilitet kan göras (Reliability simulation) utifrån angivet antal parallella beredningslinjer.

Modul: "Ultrafiltration"

Med denna modul kan patogenreduktionen över membranfilter definieras. Den nominella porstorleken väljs för att ange om det är fråga om ett mikrofilter (nominell porstorlek 100–1000 nm) eller om det är någon form av ultrafilter (40–100 nm respektive 10–40 nm). Här anges även om det finns en kontroll av membranintegriteten (Integrity check), i form av partikelräkning/trycktest eller om analys genomförts av virusliknande partiklar (VLP, gäller intervallet 20–30 nm).

För vardera referenspatogen anges om litteraturvärden (i detta fall från MBA-verktyget) ska användas för log-reduktion (Default) eller om egna värden anges (User input). Även här kan en simulering av processens stabilitet göras (Reliability simulation) utifrån angivet antal parallella beredningslinjer.

Modul: "UV disinfection"

Med denna modul beräknas patogenreduktionen vid UV-desinfektion som en funktion av UV-dos. Det är fördefinierat vilken effekt olika UV-doser har för respektive patogentyp. En simulering av processens stabilitet kan göras (Reliability simulation). För detta ska antalet parallella UV-aggregat anges. I en scenarioanalys kan sedan effekten av att en eller flera av dessa UV-aggregat ligger nere testas, till exempel på grund av att lamporna är trasiga eller håller på att bytas ut. Det är även möjligt att testa effekten av att detta sker mer slumpmässigt (Random), genom att ange en sannolikhet för att UV-aggregat går sönder.

Modul: "Chlorination Performance"

Denna version av QMRA-verktyget innehåller stora förbättringar vad gäller kloreringsdelen. Tidigare versioner tog inte hänsyn till hur uppehållstiden i kontakttanken kunde variera till följd av hydrauliken (antalet CSTR, continuously stirred tank reactors). Inte heller togs på ett kvalificerat sätt hänsyn till studier där relationen mellan klordos och tid (Ct-värde) och log-reduktion studerats.

I denna modul beräknas den patogenreduktion som åstadkoms av fritt klor, genom att restkoncentrationens variation över kontakttiden beräknas som ett Ct-värde. Initialförbrukningen (momentan förbrukning) av fritt klor beräknas utifrån ett empiriskt samband som en funktion av TOC och doseringskoncentrationen, alternativt kan värdet anges manuellt. Nedbrytningsförloppet av klor (disinfectant residual decay, k-värde) kan likaså beräknas empiriskt som en funktion av TOC och initialkoncentration, eller också anges manuellt. På motsvarande sätt kan antalet CSTR

beräknas utifrån angivna lokala förhållanden vad gäller typ av flöde och antalet tankar i serie, eller anges manuellt.

En omfattande litteraturgenomgång ligger till grund för relationen mellan Ct och log-reduktion för olika patogentyper (Pettersson & Stenström 2015). Eftersom de studier som genomförts har gjorts i labbskala med rent (syntetiskt) vatten och inte i fullskala med naturligt dricksvatten – sådana fullskaleförsök skulle inte tillåtas – så finns en risk att reduktionen för respektive Ct-värde överskattas. För att minska den risken har vi i modulen lagt in en säkerhetsfaktor, vilken är valbar i intervallet 1 till 10. En säkerhetsfaktor av exempelvis 5 innebär att det ska till 5 gånger högre Ct-värde för att nå en viss log-reduktion jämfört med vad resultaten från labbskaleförsök visar.

Modul: "Ozone Performance"

I denna modul kan patogenreduktionen vid ozonering beräknas. Likheter finns med ovan beskrivna kloreringsmodul; även för ozon är patogenreduktionen en funktion av ozondos och nedbrytningsförlopp i kontakttanken, samt uppehållstiden i densamma. Även i denna modul tas hänsyn till hur uppehållstiden i kontakttanken varierar till följd av hydrauliken, dvs. antalet CSTR.

I modulen anges uppgifter för att beräkna initialhalt och nedbrytningsförloppet (k-värdet). Antalet CSTR anges manuellt eller beräknas utifrån angivna lokala förhållanden vad gäller typ av flöde och antalet tankar i serie. Generellt är dataunderlaget för samband mellan koncentration över tid och patogenreduktionen mindre studerat för ozon jämfört med för fritt klor.

5.3 Exponering

Modul: "Exposure"

Denna modul, som beaktar volymen dricksvatten som dagligen konsumeras, har inte förändrats till sitt innehåll jämfört med tidigare versioner.

5.4 Karakterisering av risk

Modul: "Risk Characterisation"

Nya dos-responsfunktioner används för *E. coli* O157:H7 och för Norovirus (modeller av typen Exact Beta-Poisson). För *Cryptosporidium* har tillagts en modell som avser infektioner med *Cryptosporidium* av låg infektivitet (exponentiell modell från 1995) och som kan vara mer realistisk att använda om det är fråga om spridning av zoonotiska former av *Cryptosporidium*, som ofta kan vara mindre smittsamma för människor.

I modulen kan nu den årliga infektionsrisken (P_{inf} annual) såväl som DALY-risken beräknas på två sätt. Det nya sättet att räkna på är baserat på en bootstrap-metod, vilket innebär att den årliga infektionsrisken, liksom DALY, beräknas med hänsyn till variationen i den dagliga infektionsrisken. Den gamla metoden, som inte tar hänsyn till denna variation, finns kvar och är tillräcklig om man bara är intresserad av troligaste värde eller medianvärde (50-percentil). Den nya metoden ger dock en mer rättvisande beskrivning av variationen i dessa parametrar och bör användas när man vill veta exempelvis 95-percentilsvärdet (värsta fallet).

6 Diskussion

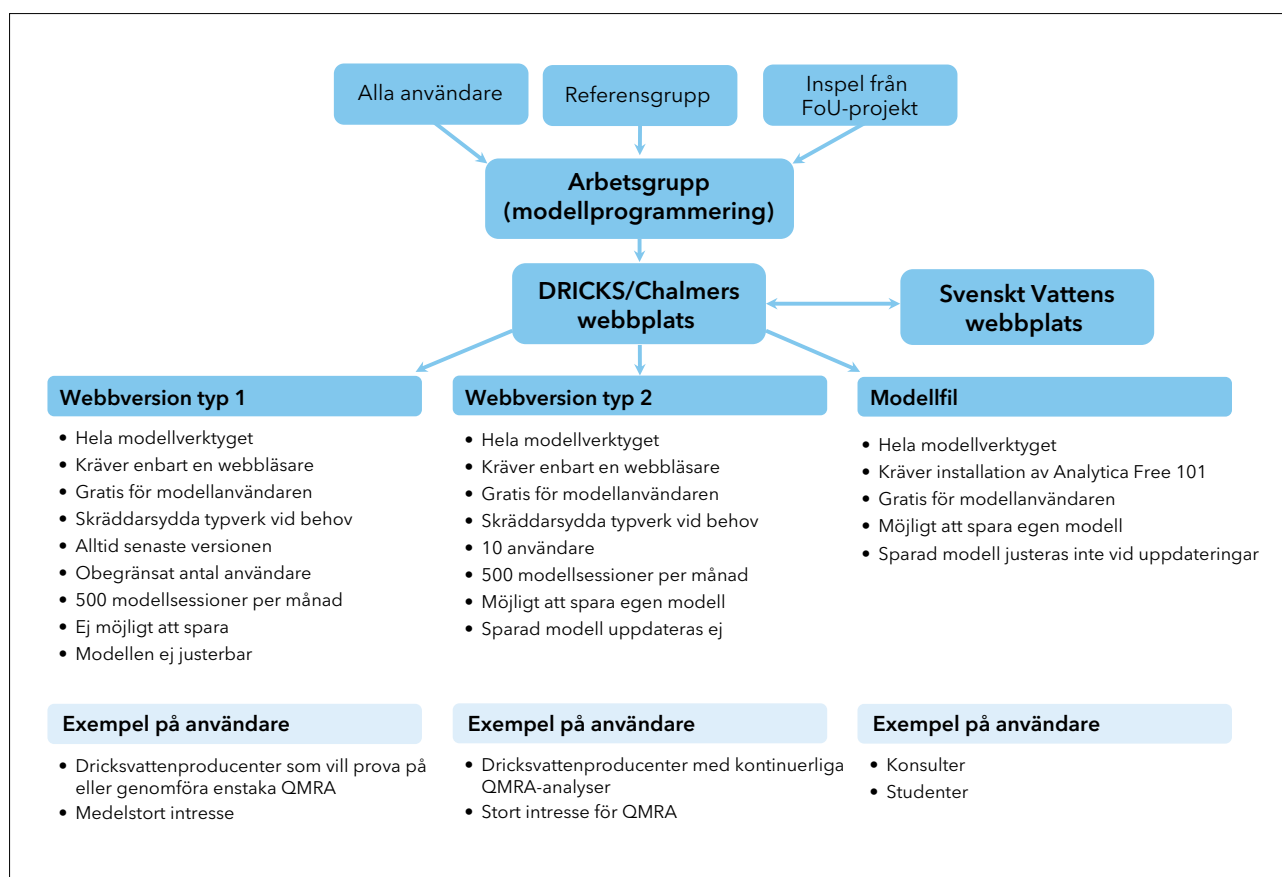
6.1 Konceptuell struktur och framtida organisering av QMRA-verktyget

Baserad på den behovsanalys som genomförts enligt ovan påbörjades en modellstruktur-utveckling för att förbättra och förenkla QMRA för dricksvattenssystem i Sverige. QMRA-verktyget innehåller redan i dagsläget ett stort antal moduler för att definiera patogenreduktionen i olika beredningssteg, se avsnitt 5. Det är angeläget att dessa moduler kan uppdateras på ett enkelt sätt, i händelse av att justeringsbehov anmäler sig. Behov av justeringar kan bero på att ny kunskap tillkommer eller att det, trots de ansträngningar som gjorts att rätta till fel, visar sig finnas kvarstående felaktigheter eller antaganden som behöver justeras.

I projektet har olika alternativ till modellstruktur föreslagits och diskuterats inom användargruppen. För- och nackdelar med respektive modellstrukturalternativ har diskuterats utifrån de synpunkter och förslag av funktionell och pedagogisk karaktär som inkommit från enkäten (tabell 3-1). Forskargruppen DRICKS, baserad vid Chalmers, har åtagit sig ett ansvar för att både utveckla och tillhandahålla verktyget i framtiden. Detta kräver både en annan struktur och en annan organisering av verktyget.

Efter att tidigare versioner av QMRA-verktyget utvecklats har det i beräkningsplattformen Analytica utvecklats en funktion att tillhandahålla modeller via en webblänk i den molnbaserade tjänsten Analytica Cloud Player (ACP), se figur 6-1. Detta har i figuren angetts som "Webbversion typ 1" och "Webbversion typ 2". Det finns flera tydliga fördelar med att publicera modellen i ACP-plattformen: ingen installation eller liknande behöver göras på någon dator och eventuella modelluppdateringar och åtgärder av buggar kommer omedelbart alla användarna till godo. Med en individuell licens på Analytica och en aktiv support ingår ett visst antal modellsessioner per månad, därutöver kan sessioner köpas till. Med en grupplicens räcker det med att en part har ett gruppkonto, exempelvis DRICKS vid Chalmers. I detta sammanhang bör beaktas att det kan finnas specialister inom arbetsgruppen som specialiserar sig på olika delar av modellen och då eventuellt behöver använda många modellsessioner varför tillgängligheten för övriga användare behöver säkerställas. I enkäten framfördes önskemål om att kunna spara både indata och resultat från modellen (tabell 3-1). Genom det gruppkonto som DRICKS vid Chalmers införskaffar ges möjligheten för den utomstående modellanvändaren att spara inlagda data och resultat, så att inte dessa måste läggas in vid varje modellkörning.

Ett förslag på framtida konceptuell struktur och organisering av QMRA-verktyget illustreras i figur 6-1. Denna struktur innebär att arbetsgruppen även fortsättningsvis ansvarar för utveckling av modellverktyget och att synpunkter från alla användare tillställs arbetsgruppen. Verktöget tillhandahålls på DRICKS webbplats på Chalmers i tre olika former: webbversion typ 1 och typ 2 samt som modellfil. För de flesta medelstora kommunala dricksvattenproducenter bedöms webbversion typ 1 vara fullt tillräckligt, men



Figur 6-1 Förslag på konceptuell struktur och framtida organisering av QMRA-verktyget.

för de som avser genomföra QMRA kontinuerligt och som önskar spara modellen är typ 2 mer ändamålsenligt. För konsulter som önskar använda webbverktyget är det inte rimligt att Chalmers står för kostnaderna. Då är det lämpligare att ladda ner en modellfil till verktyget Analytica (vilket finns att tillgå både som professional- och gratisversioner), och även med detta alternativ kan användaren spara sin modell.

6.2 Vidareutveckling av QMRA i Sverige

I fall tydligare krav eller riktlinjer på dricksvattenproduktionen ska införas i Sverige med hjälp av QMRA kan det exempelvis göras på något av följande vis:

- Det skulle kunna utformas som ett krav att alla dricksvattenproducenter i Sverige ska genomföra QMRA-analyser och underskrida ett rekommenderat gränsvärde (för infektion). Det får dock inte innebära en risk för likformig utformning av vattenverk och hindra flexibilitet.
- Ett annat sätt kan vara att införa krav på att genomföra QMRA-analyser och underskrida ett rekommenderat gränsvärde, men utan kravet att alla vattenproducenter ska uppfylla det.
- Ett tredje sätt kan vara att ställa krav på att vattenproducenter ska genomföra en QMRA men utan kravet att de ska uppfylla ett visst gränsvärde.

Risken med införande av ett gränsvärde eller kritisk gräns för infektion är att det kan ses som att absolut värde i stället för ett stöd till diskussioner och ökad förståelse för hur dricksvattenproducenten ska driva sitt system. Det är viktigare att se värdet av att analysera sitt system och diskutera orsaker till resultaten och vilka lämpliga åtgärder som kan vidtas, än att enbart sträva efter att underskrida ett uppsatt gränsvärde för infektion.

QMRA utförs på olika sätt (ex. typ av scenarier, beräkning av infektionsrisk etc.), se avsnitt 4.3. Bör det finnas tydligare styrning och vägledning för dessa och andra aspekter i QMRA-manualen för att främja ett enat och framför allt korrekt arbetssätt med QMRA-verktyget?

Det pågår andra arbeten inom området, till exempel vid Uppsala universitet studerar man hur översvämningars effekter hanteras i riskbedömningar som kommuner och dricksvattenproducenter genomför. Intervjuer med ett antal kommuner har genomförts där frågor ställts om vilka typer av verktyg som används för att bedöma risker. Av de intervjuade var det 4 av 16 kommuner som hade genomfört en QMRA och 6 av 16 som hade genomfört en MBA (Norén *et al.*, 2015). Under intervjuerna noterades att de som har grundvatten som råvatten inte har genomfört någon QMRA-analys vilket inte är förvånande eftersom verktyget hittills inte inkluderat grundvatten som råvattentäkt, med de naturliga mikrobiologiska barriärerna som omätnad och mättad zon utgör. Mindre dricksvattenproducenter känner inte alltid till QMRA och därmed finns ett allmänt behov av mer kunskap om riskbedömningar. Det noterades även att de olika riskanalyser som de intervjuade kommunerna utför inte beaktar extrema riskhändelser som exempelvis översvämningar. Riskanalyserna hålls ofta på ett mer generellt plan med fokus på mer vanligt förekommande risker.

6.3 Fortsatt arbete med att utveckla QMRA-verktyget

Utifrån arbetet som här har genomförts och rapporterats, i projektets första fas (fas 1), har följande idéer kommit upp som förslag till fortsättning (fas 2) i arbetet med att vidareutveckla QMRA-verktyget:

- Utifrån arbetet med riskklassning av svenska råvatten avser vi i fas 2 att förbättra underlaget för antaganden om patogenhalter för olika typer av råvatten.
- Utredda möjligheten att ta tillhandahålla någon form av automatisk passning till statistisk fördelning av patogendata, baserat på patogenhalter i råvatten från lokala mätserier.
- Möjliggöra att scenarier för patogenhalter i råvattentäkter kan tas fram, baserat på indikatorbakteriedata och antaganden om dominerande föroreningskällor med mera.
- Ta fram användarmanualer för QMRA-verktyget innehållande:
 - *Orienterande text*: En introduktion till verktyget som klargör allmänna begrepp och behov av indata.
 - *Handledning med exempel*: En användarorienterad manual som går igenom modellverktyget och tillhandahåller exempel på modelluppsättningar för olika typer av vattenverk och beredningsprocesser.

Eventuellt kompletteras denna handledning med korta videoklipp för att underlätta för användaren.

- *Teknisk beskrivning*: En kortfattad teknisk beskrivning av indata och beräkningsmetoder i respektive modul tas fram, med de referenser som olika antaganden och ekvationer bygger på. Dessa beskrivningar ger användaren en djupare förståelse för hur de olika modulerna fungerar och ska därigenom utgöra ett stöd för användaren att tolka analysresultaten.
- Manualen bör även tillhandahålla exempel som diskuterar skillnader och likheter mellan MBA och QMRA, samt användningen av punktvärden jämfört med fördelningsfunktioner.
- Föra en diskussion om den extra information som kan erhållas om en större del av QMRA-verktygets potential utnyttjas.

I en ytterligare senare fas av projektet (fas 3) kommer även nya beräkningsmoduler att utvecklas för QMRA-verktyget. Exempelvis kommer en QMRA-modul för att beräkna hälsoriskerna för händelser på distributionsnätet att utvecklas. Arbete med att utveckla moduler för att genomföra QMRA-analyser i grundvattentäkter, inklusive konstgjord infiltration, har påbörjats och kommer framöver att tillgängliggöras för svenska dricksvattenproducenter.

Referenser

Abrahamsson, J. L., Ansker, J. & Heinicke, G. (2009) *MRA - ett modell-verktyg för svenska vattenverk*. Svenskt Vatten Utveckling rapport nr. 2009-05. Stockholm. Svenskt Vatten. Tillgänglig: <<http://vav.griffel.net/vav.htm>> (2016-02-25): 78.

Ansker, J., Athley, E., Ericsson, P., Häggström, P., Lindgren, P.-E., Nyström, F. & Pott, B.-M. (2013) *NORVID – Riskanalys med MRA och GDP baserad på långtidsundersökning av norovirusförekomst i svenska ytvattentäkter*. Svenskt Vatten Utveckling rapport nr. 2013-20. . Stockholm. Svenskt Vatten. Tillgänglig: <<http://vav.griffel.net/vav.htm>> (2016-02-25): 78.

Ashbolt, N. J., Petterson, S. R., Stenström, T. A., Schönning, C., Westrell, T. & Ottosson, J. (2005) *Microbial Risk Assessment (MRA) Tool*. Report 2005:7. Göteborg. Urban Water, Chalmers University of Technology: 64.

Bichai, F. & Smeets, P. W. M. H. (2013) Using QMRA-based regulation as a water quality management tool in the water security challenge: experience from the Netherlands and Australia. *Water research*, vol. 47: 20, ss. 7315.

Canadian Water Network (2015) *Assessing Waterborne Health Risks Through Quantitative Risk Assessment Models*. Tillgänglig: <<http://www.cwn-rce.ca/project-library/project/assessing-waterborne-health-risks-through-quantitative-risk-assessment-models>> (2015-08-10). Canadian Water Network.

Haas, C. N., Rose, J. B. & Gerba, C. P. (1999) *Quantitative Microbial Risk Assessment*, New York City, USA, John and Wiley & Sons, Inc.

Health Canada (2012) *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Guideline Technical Document — Enteric Protozoa: Giardia and Cryptosporidium. Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water of the Federal-Provincial-Territorial Committee on Health and the Environment*. Ottawa, Ontario. Health Canada.

ISO (2009) *ISO 31000:2009, Risk management – Principles and guidelines*. Geneve. International Organization for Standardization.

Meriläinen, P., Pitkänen, T., Tuomisto, J. & Miettinen, I. (2014) *Drinking water risk assessment in Finland – Web tool for quantitative microbial risk assessment* The 9th Nordic Drinking Water Conference. Helsingfors, Finland. 4.

Norén, V. (2015) Viveca Norén, doktorand Uppsala universitet. Personligt meddelande maj 2015. Uppsala universitet.

Petterson, S. R. & Stenström, T. A. (2015) Quantification of pathogen inactivation efficacy by free chlorine disinfection of drinking water for QMRA. *Journal of water and health*, vol. 13: 3, ss. 625–644.

Petterson, S. R., Stenström, T. A. & Ottosson, J. (2016) A theoretical approach to using faecal indicator data to model norovirus concentration

in surface water for QMRA: Glomma River, Norway. *Water research*, vol. 91: 31–37.

Schijven, J., Derx, J., de Roda Husman, A. M., Blaschke, A. P. & Farnleitner, A. H. (2015) QMRACatch: Microbial Quality Simulation of Water Resources including Infection Risk Assessment. *Journal of Environmental Quality*, vol. Special Section: Microbial Transport and Fate in the Subsurface.

Schijven, J. F., Teunis, P. F. M., Rutjes, S. A., Bouwknecht, M. & de Roda Husman, A. M. (2011) QMRASpot: A tool for Quantitative Microbial Risk Assessment from surface water to potable water. *Water research*, vol. 45: 17, ss. 5564–5576.

Schoen, M. E. & Ashbolt, N. J. (2010) Assessing pathogen risk to swimmers at non-sewage impacted recreational beaches. *Environmental science & technology*, vol. 44: 7, ss. 2286.

SLV (2014) *Vägledning till Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten*. Uppsala. Livsmedelsverket. Tillgänglig: <<http://www.slv.se/>> (2015-06-01).

Smeets, P. (2008) *Stochastic modelling of drinking water treatment in quantitative microbial risk assessment*. Diss., Kiwa Water Research. Delft. Delft University of Technology.

Smeets, P. & Medema, G. (2013) *Methods to interpret QMRA outcomes*. WaterMicro 2013 (IWA). 17th International on Health-Related Water Microbiology Symposium. Florianópolis, Brazil.

Svenskt Vatten (2013) *Introduktion till God DesinfektionsPraxis, GDP*. Publikation P108. Stockholm. Svenskt Vatten AB.

Svenskt Vatten (2014) *Mikrobiologiska säkerhetsbarriärer - Lägesrapport efter uppdatering av databas 2014*. Uppsala 2014-12-10. Ramböll, Svenskt Vatten: 20.

Svenskt Vatten (2015) *Introduktion till Mikrobiologisk BarriärAnalys, MBA*. Publikation P112. Stockholm. Svenskt Vatten: 64.

Svenskt Vatten (2016) *Mikrobiologisk Risk Analys (MRA) - riskanalys för dricksvatten*. Tillgänglig: <<http://www.svensktvatten.se/vattentjanster/dricksvatten/riskanalys-och-provtagning/riskanalyser-och-ravattenskydd/haccp/>> (2016-06-07). Svenskt Vatten, Stockholm.

US EPA (2014) *Microbiological Risk Assessment (MRA) - Tools, Methods, and Approaches for Water Media* IOOffice of Science and Technology, O. o. W., U.S. Environmental Protection Agency (Ed.) EPA-820-R-14-009. Washington, DC. 146.

WHO (2011) *Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth edition*, Geneva, World Health Organization. Tillgänglig: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf?ua=1> (2016-02-25).

Zessner, M., Blaschke A. P., Farnleitner A. H., Kirnbauer R., Schilling C., Strelec H., Kavka G., Hassler C. & Tentschert E. & Kroiss, H. (2008) *Entwicklung eines Leitfadens zur Beurteilung einer dezentralen Versickerung von gereinigtem Abwasser in Österreich, Gewässerschutz-Wasser-Abwasser*. Achen.

Bilagor

Bilaga 1 *Enkätfrågor till dricksvattenproducenter*

De frågor som ingått i enkäten redovisas här. Ordningen på frågorna i enkätprogrammet beror ibland på svaret, varför vattenproducenterna inte besvarat alla frågor nedan.

Detta är en enkät som är framtagen inom SVU-projektet *Vidareutveckling av MRA-verktyget* inom DRICKS-programmet vid Chalmers.

Enkäten skickas ut till ett antal dricksvattenproducenter (där du är en av dessa) för att få en bild av hur användandet och behoven ser ut för MRA (Mikrobiell Riskanalys). MRA kan användas för att uppskatta risken att dricksvattenkonsumenter som är anslutna till ett vattenverk blir infekterade. Svenskt Vatten tog för några år sedan fram ett beräkningsverktyg för MRA som nu kommer vidareutvecklas av DRICKS i detta SVU-projekt (Svenskt Vatten Utveckling). Dina svar på enkäten bidrar till att vi kan vi kan göra verktyget bättre och mer anpassat för dig och andra dricksvattenproducenter.

Dina svar är värdefulla för oss!

Ditt namn:

Kommun/Kommunalt bolag:

Känner du till riskanalysmetoden Mikrobiell Riskanalys (MRA)?

- ☐ Jag känner inte till metoden
- ☐ Jag har hört talas om metoden
- ☐ Jag känner till metoden mycket väl

Händer det att ni inom er kommun/organisation diskuterar MRA?

- ☐ Det händer aldrig
- ☐ Det har hänt vid något tillfälle
- ☐ Det händer titt som tätt

Har ni genomfört en MRA för ett eller flera av era vattenverk?

- ☐ Ja
- ☐ Nej

Vid ja (om MRA genomförts):

Hur många vattenverk och av vilken typ har ni inom er kommun? Har det genomförts MRA för dessa?

	Antal vattenverk	Hur många av dessa har det genomförts MRA för?
Grundvattenverk		
Ytvattenverk		
Vattenverk med konstgjord infiltration av ytvatten		

Vad var orsaken till att ni genomförde MRA?

Hur genomförde ni MRA-analysen?

- ☐ I egen regi
- ☐ Med konsult hjälp
- ☐ Annan lösning:

Hur upplevde ni användandet av det svenska MRA-verktyget?

- ☐ Lätt att använda och förstå
- ☐ Vissa svårigheter att använda och förstå
- ☐ Väldigt svårt att använda och förstå
- ☐ Jag kom aldrig i kontakt med verktyget

Har du några förslag till hur MRA-verktyget kan förbättras?

Vad har MRA-analysen bidragit med i er kommun/verksamhet? (fler än ett svar kan anges)

- ☐ Ökad medvetenhet gällande hälsorisker
- ☐ Ökad medvetenhet gällande vårt/våra vattenverk och dess barriärhöjd
- ☐ Att vi investerat i en förbättrad barriärhöjd (ex. tillägg av beredningssteg)
- ☐ Ingenting
- ☐ Annat svar:

Ledde resultatet till att ni förändrade beredningen på något av era vattenverk?

- ☐ Nej
- ☐ Ja (berätta gärna på vilket sätt)

Vid nej (om MRA genomförts):

Hur många vattenverk och av vilken typ har ni inom er kommun?

Antal vattenverk

Grundvattenverk

0

Ytvattenverk

2

Vattenverk med konstgjord
infiltration av ytvatten

0

Annan typ av vattenverk (beskriv typ av råvatten och antal vattenverk):

Hur kommer det sig att ni inte har genomfört MRA? (fler än ett svar är ok)

- ☐ Vi har brist på ekonomiska resurser
- ☐ Vi har inte sett något behov av att genomföra MRA
- ☐ Vi har inte tillräcklig kunskap om MRA
- ☐ Annat svar:

Finns det ett intresse inom kommunen/organisationen att genomföra en MRA?

Vad skulle kunna göra er mer intresserade av att genomföra en MRA?

Om ni skulle genomföra en MRA, hur skulle ni troligtvis välja att genomföra det?

- ☐ I egen regi
- ☐ Med konsult hjälp
- ☐ Annan lösning:

Om ni skulle genomföra en MRA, vad skulle ni vilja få ut av det?

- ☐ Kunskap gällande ett vattenverks barriärhöjd
- ☐ Kunskap om hälsorisken för våra konsumenter
- ☐ Utvärdering av olika alternativ till uppdradering av ett vattenverk
- ☐ Annat svar:

Har du jobbat något med MRA-verktyget eller sett hur det är utformat? (ex. genomgått den workshop för GDP och MRA som Svenskt Vatten anordnade för några år sedan)

- ☐ Ja
- ☐ Nej

Hur upplevde du användandet av MRA-verktyget?

- ☐ Lätt att använda och förstå
- ☐ Vissa svårigheter att använda och förstå
- ☐ Väldigt svårt att använda och förstå

Har du några förslag till hur MRA-verktyget kan förbättras?

Om du är bekant med både MRA och GDP, är det någon metod som du tycker har fördelar i jämförelse med den andra? (berätta gärna på vilket sätt i kommentarsfältet)

- ☐ GDP har fördelar i jämförelse med MRA
- ☐ MRA har fördelar i jämförelse med GDP
- ☐ Jag vet inte

Har ni genomfört någon riskanalys med verktyget God DesinfektionsPraxis (GDP) för något av era vattenverk?

- ☐ Ja
- ☐ Nej

Har du några övriga kommentarer/förslag gällande det svenska MRA-verktyget?

Stort Tack för din medverkan!

Bilaga 2

Kommuner/kommunala bolag som deltagit i enkätundersökningen

- Alingsås kommun
- Askersunds kommun
- Bengtsfors kommun
- Borås Energi och Miljö AB
- Eskilstuna Strängnäs Energi och Miljö AB
- Forshaga kommun
- Gästrike Vatten
- Kalmar Vatten AB
- Karlshamns kommun
- Karlskrona kommun
- Kretslopp och Vatten, Göteborg stad
- Kumla kommun
- Kungsbacka kommun
- Kungälv kommun
- LEVA i Lysekil
- Linköping/Tekniska verken i Linköping AB (publ)
- Luleå kommun
- Marks kommun
- NAV Nässjö
- Norrköping Vatten & Avfall
- NSVA
- Partille kommun
- Piteå Renhållning & Vatten
- Sandviken Energi Vatten AB
- Skåne Blekinge Vattentjänst AB/Olofström
- Smedjebacken Energi & Vatten AB
- Sotenäs kommun
- Stenungsunds kommun
- Strömstad kommun
- Säffle-Åmål Teknik och fritidsförvaltning
- Söderhamn/Söderhamn NÄRA AB
- Tanums kommun
- Tranemo
- Trollhättan Energi AB
- VA SYD
- Varberg – Falkenberg/Vatten och Miljö i Väst AB (VIVAB)
- VIVAB
- Vänersborgs kommun
- Västerås/Mälarenergi AB
- Västvatten
- Växjö kommun
- Åre
- Älmhults kommun
- Örebro kommun
- Östersunds kommun

Bilaga 3

Förändringar som genomförts i MRA-verktyget version 2016

Ett antal utseendemässiga justeringar har gjorts utan betydelse för den beräkningsmässiga funktionen. Nedanstående åtgärder är kommentarer eller exempel på några av de justeringar av funktionell betydelse som gjorts i version 2016 utgående från version 2012¹.

Modul	Åtgärd jämfört med version 2012
Additional barrier 1, 2 och 3	Ändrat benämningen SSF (Slow Sand Filtration) till AB# (AB1, AB2 och AB3). I kommentar motiverat varför "default probability of failure" har angetts till värdet noll, nämligen att AB# antas vara en tillförlitlig process och att det saknas kvantitativa data.
Conventional Treatment	Lagt in en kommentar om att resultaten per filterlinje i utgångspunkt redovisas som troligaste värde (mid-value). Vidare att det kan vara värdefullt att även illustrera resultaten som percentilvärden (probability bands) och som medelvärde vilket kommer skilja sig från troligaste värde.
Ultrafiltration	Detta beredningssteg fanns ej med i det övergripande resultatet. Har nu lagt in så att beredning med Ultrafiltrering finns med i verktygets resultatberäkning.
Chlorination	Både fritt och totalt klor undergår en snabb initial nedgång, vilket inte tidigare varit tydligt för modell-användare. Förklarande text har lagts in som beskriver detta förhållande. Möjlighet att empiriskt beräkna initialhalten som en funktion av tillsättningsdos och totalt organiskt kol (TOC), likaså att beräkna nedbrytningshastigheten som en funktion av initialhalt och TOC. Möjlighet att bestämma antalet CSTR baserat på den lokala hydrauliken (antal kontakttankar i serie och blandningsförhållanden; tabell från MBA-verktyget). Nya samband avseende känslighet för Ct-värden har lagts in för <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> O157:H7, Norovirus utgående från tabell 4 i Petterson och Stenström (2015). Säkerhetsfaktor inlagd för att uppjustera behövligt Ct-värde för att nå respektive log-reduktion har lagts in (valbart i intervallet 1–10).
Ozonation	Möjlighet att bestämma antalet CSTR baserat på den lokala hydrauliken (antal kontakttankar i serie och blandningsförhållanden; tabell från MBA-verktyget).

Referens

Petterson, S. R. & Stenström, T. A. (2015) Quantification of pathogen inactivation efficacy by free chlorine disinfection of drinking water for QMRA. *Journal of water and health*, vol. 13: 3, ss. 625–644.

¹ Version 2012 har filbeteckningen Generic_Model 23052012.ana.



Box 14057, 167 14 Bromma

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se