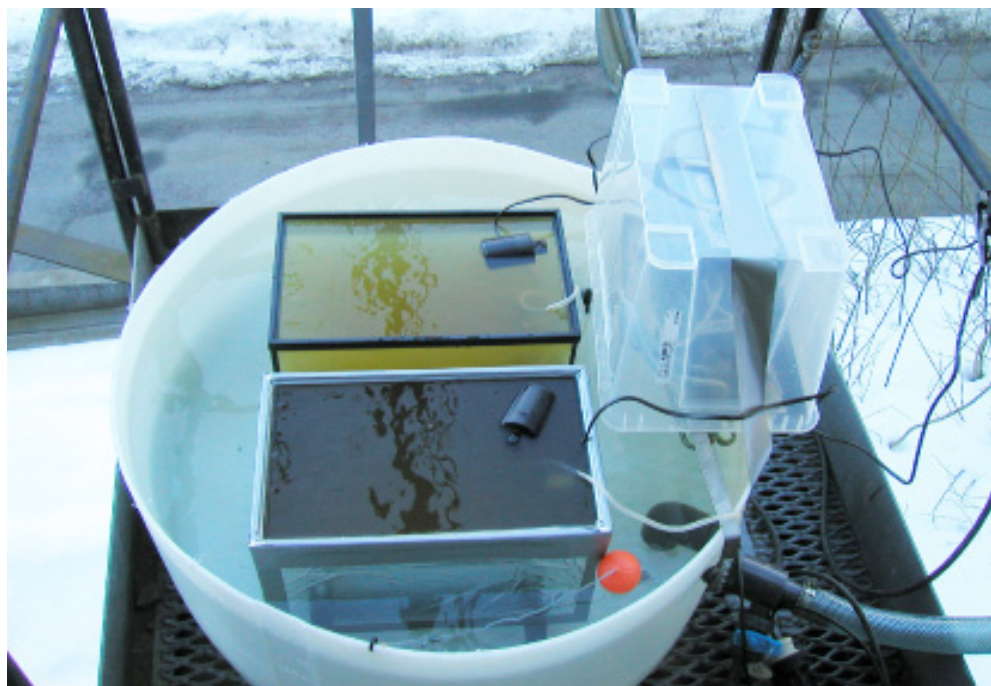


Dricksvattenprogrammet DRICKS

Redovisning av perioden 2009–2011

Thomas Pettersson



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
Ledningsnät
Avloppsvatten
Management

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

Agneta Granberg, ordförande	Göteborgs Stad
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Henrik Aspegren	VA SYD
Per Ericsson	Norrvatten
Stefan Johansson	Skellefteå kommun
Henrik Kant	Göteborg Vatten
Lena Ludvigsson-Olafsen	Smedjebackens kommun
Lisa Osterman	Örebro kommun
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Lena Söderberg	Svenskt Vatten

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan återopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Dricksvattenprogrammet DRICKS – redovisning av perioden 2009–2011
Title of the report:	Research programme DRICKS – 2009–2001
Författare:	Thomas Pettersson, Inst. för bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola
Rapportnummer:	2013-14
Antal sidor:	40
Sammandrag:	Rapporten beskriver resultaten inom DRICKS under åren 2009–2011. Inom riskanalys, råvattenskydd, bredning och distribution har modeller för beslutsstöd, transport av föroreningar, förnyelsebehov av ledningsnätet m.m. utvecklats. Forskningsresultat har kommunicerats till branschen genom seminarier och konferenser.
Abstract:	The report describes the results of DRICKS during 2009–2011. In risk analysis, raw water protection, treatment and distribution have models for decision support, transport of pollution, pipe renewal demand etc. been developed. Research results have been communicated to the industry through seminars and conferences.
Sökord:	Dricksvatten, riskanalys, råvatten, beredning, distribution, DRICKS, forskningsprogram
Keywords:	Drinking water, risk analysis, raw water, treatment, distribution, DRICKS, research programme
Målgrupper:	Dricksvattenproducenter, forskare, allmänhet
Omslagsbild:	Uppställning vid inaktiveringsförsök vid Lackarebäcks vattenverk. Foto: Thomas Pettersson
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2013
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	28-112
Projektets namn:	Projektprogram inom dricksvattenområdet för FoU inom dricksvattenområdet i Sverige från råvatten till tappkran – DRICKS 2009–2011
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling

Förord

Dricksvattenprogrammet, DRICKS, är en centrubildning vid Chalmers och bildades 2003 i samband med Svenskt Vatten Utvecklings satsning på ett ramprogram inom dricksvattenforskningen, vilket även stått modell för ytterligare tre SVU-finansierade kluster. Med denna slutrapport avslutar DRICKS sin tredje programperiod, vilken haft det övergripande syftet att *”Utveckla och sprida tillämpad kunskap kring dricksvatten genom att i samverkan lösa aktuella och långsiktiga utmaningar i en inspirerande miljö som präglas av hög vetenskaplighet tillsammans med branschen – från råvatten till tappkran”*.

För att klara de framtida utmaningarna samverkar vi med samtliga intressenter inom vattentjänstbranschen och arbetar efter devisen *”Säkert dricksvatten tillsammans”*. För att nå vårt syfte består DRICKS av ett femtontal forskare, främst vid Chalmers men också vid Göteborgs universitet, samt flera andra viktiga personer som har en koppling till andra lärosäten och myndigheter. Flera svenska kommuner och bolag, inklusive branschorganisationen, har samarbetat med DRICKS sedan starten varav tre kommuner och bolag valt att inleda ett fördjupat samarbete.

I föreliggande rapport summerar vi de aktiviteter som genomförts inom DRICKS under perioden 2009–2011, där pågående och under perioden avslutade doktorandprojekt ges en betydande plats men där även mindre aktiviteter som seminarier och möten redogörs för. Rapporten avslutas med en översiktlig ekonomisk summering av genomförda aktiviteter.

Thomas Pettersson
Centrumföreståndare/klusterledare
DRICKS

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning	6
Summary.....	8
1 Bakgrund	9
2 Projektprogrammet DRICKS genomförande	10
2.1 Forskningsledare och forskarstuderande.....	10
2.2 Användningen av Svensk Vattens medel	10
2.3 Utväxling av Svensk Vattens satsade medel i DRICKS	11
3 Forskningsresultat	12
3.1 Pågående doktorandprojekt	12
3.2 Riskbedömning	12
3.3 Råvatten – ytvattentäkter	14
3.4 Råvatten – grundvattentäkter	18
3.5 Beredning	20
3.6 Distribution	22
3.7 Konsumentperspektiv	24
4 Resultatspridning	26
4.1 DRICKS seminarier	26
4.2 Konferenser och möten	26
4.3 DRICKS hemsida.....	27
5 Undervisning kopplat till DRICKS	28
5.1 Kursutveckling i civilingenjörsprogrammet.....	28
5.2 Examensarbeten.....	29
6 Slutsatser av DRICKS-projektet	30
7 Referenser	31
Bilaga 1	36

Sammanfattning

Denna rapport beskriver utfallet av Svensk Vattens satsning på DRICKS under åren 2009–2011. Under perioden 2009–2011 har de 3,9 miljoner SEK som Svenskt Vatten satsat på dricksvattenforskning inom DRICKS växlats upp till runt 15,4 miljoner SEK, genom ytterligare beviljade anslag från forskningsråd, kommuner och EU samt Chalmers, vilket är nästan fyra gångers utväxling av SVUs satsade medel.

Vi har planenligt genomfört en workshop tillsammans med andra grundvattensspecialister för att identifiera forskningsbehov och utifrån denna har en handlingsplan utarbetats som syftar till att få igång ett nytt doktorandprojekt. Bland annat har en ansökan skickats in till SIDA för ett projekt om konstgjord infiltration.

Inom delområdet *riskbedömning* har vi inom det avslutade i doktorandprojektet utvecklat och tillämpat metoder för *integrerad riskanalys och beslutsstöd* i form av felträdsanalys och multikriterieanalys, vilka i fallstudier visat sig vara tillämpbara metoder och ger värdefulla resultat till beslutfattare. Världshälsoorganisationen förespråkar ett riskbaserat arbetssätt där hela försörjningskedjan, från råvatten till tappkran, beaktas. Vi har även påbörjat ett arbete där risker i sammankopplade dricksvattensystem analyseras med syftet att visa hur de kan analyseras för dricksvattenförsörjning på regional nivå. Forskningen avser att ge beslutsstöd för prioritering av åtgärder samt förbättrad krishanteringsförmåga med fokus på för- och nackdelar med sammankopplade och centraliserade system.

Inom ett avslutat och ett pågående doktorandprojekt har ett arbete om *mikrobiella risker i ytvattentäkter* genomförts i Rådasjön där modellering av transport, spridning och inaktivering av mikrobiella föroreningar studerats. Vidare har en ny metod för att spåra mikrobiella föroreningars ursprung utarbetats. Denna forskning ger viktiga verktyg till branschen när det gäller planering av skydd av ytvattentäkter.

Inom *beredning* har ett doktorandprojekt inom *numerisk modellering av flotationsanläggningar* avslutats under perioden. Modellen som beskriver flödet av vatten, luft och flockar i anläggningen har givit nya insikter i hur mekanismerna i flerfasströmningen i flotationprocessen fungerar och hur man kan optimera anläggningarna. En fältstudie har genomförts i Sverige och Finland vilken bland annat visar att flotationsprocessen är mindre effektiv när processflödet understiger halva det dimensionerande flödet.

Förnyelsebehovet i distributionsnätet studeras inom ett industridoktorandprojekt (med Göteborg Vatten). Olika material i ledningsrören har över tid använts och det betyder att de har olika livslängd. Rörbrottsfrekvenser och studier kring om hel ledningssträcka skall förnyas eller om det räcker det att laga rörbrottet har genomförts. Det krävs ökad kunskap om hur ett åldrande rörnät med ökande antal rörbrott beter sig för att kunna avgöra när en ledning skall förnyas. Frågan om förnyelsebehovet av ledningsrör är viktig eftersom den inte bara handlar om ekonomi utan även berör människors hälsa. Inom projektet *Tidvatten*, tillsammans med Göteborgs och

Umeås universitet, jämförs sjukvårdsrådgivningsdata med ledningsnätshändelser vilket bidrar till att besvara när det är lämpligt att laga eller förnya ledningen.

Inom delområdet *konsumentförtroende* har studier visat att svenska vattenproducenter och ansvariga tjänstemän och politiker bör utbildas mer kring begreppet social tillit eftersom vi visat att det i drabbade kommuner fortfarande finns kvar ett omotiverat konsumentmissnöje långt efter incidenten.

DRICKS-medarbetare har under perioden deltagit i ett flertal både nationella och internationella konferenser, seminarier, branschmöten och forskarmöten. Vidare har vi arrangerat två dricksvattenseminarier och en dricksvattenkonferens (tillsammans med SVU, SLV och Swedish Waterhouse) där forskningsresultat kommunicerats till branschen.

Summary

This report describes the outcomes of the investments made by the Swedish Water and Wastewater Association (SWWA) in the DRICKS-framework between 2009 and 2011. During this period, the 3.9 million SEK which SWWA invested in the drinking water research within DRICKS grew to approximately 15.4 million SEK through additional funding from research councils, local authorities, the European Union and Chalmers.

We have conducted a workshop with specialists to identify the research needs and, based on the outcomes, we drew up an action plan which aims to start a new PhD project. For instance, an application has been submitted to SIDA for a project on artificial groundwater recharge.

Within the field of risk assessment, we have, within a completed PhD project, developed and applied methods for *integrated risk analysis and decision support* in the form of fault-tree and multi-criteria analysis. These methods have been applied within case studies and proved to provide valuable results to decision makers. The World Health Organization advocates a risk-based approach where the entire supply chain, from raw water to the consumer's tap, is taken into account. We have also initiated a project in which the risks regarding interconnected water supply systems are analysed at a regional level. This research aims to provide decision support for prioritising mitigation measures and enhancing crisis management skills, with a focus on the advantages and disadvantages of interconnected and centralised systems.

Within a completed and an on-going PhD projects, *microbial risks in surface water sources* have been investigated. The transport and inactivation of microbial contaminants in a drinking water source (Lake Rådasjön) have been investigated using hydrodynamic modelling. Furthermore, a new microbial source tracking method to determine the origin of microbial contaminants has been developed. This research provides important tools for water producers when it comes to planning the protection of surface water sources.

Within the field of *drinking water treatment*, a PhD project on *numerical modelling of dissolved air flotation* treatment processes has been completed. The model that describes the flow of water, air and flocks within the flotation unit has given new insights into the mechanisms of multiphase flows and provided information on how to optimise this treatment process. Moreover, a field study has been conducted in Sweden and Finland, which, for example, demonstrated that flotation treatment is less effective when the flow is less than half of the design flow.

The renewal needs in the distribution network have been studied within an industrial PhD project (in cooperation with the city of Gothenburg). The studies of pipe rupture rates and whether the entire pipe needs to be renewed or whether it is sufficient to only fix a pipe rupture have been performed. In order to determine when a pipe must be renewed, further knowledge on the behaviour of the aging distribution network with an

increasing number of pipe ruptures is needed. The question of pipe renewal is important, since it affects not only the costs, but also human health. Within the project “Tidvatten” conducted together with the University of Gothenburg and Umeå University, the medical counselling data are analysed to investigate the correlation between events within the distribution network and consumer health.

Our studies of *consumer trust and confidence* indicate that Swedish water producers, as well as responsible officials and politicians, could benefit from a more thorough education about consumer trust and confidence, as in the affected municipalities, unjustified consumer dissatisfaction may persist unnecessarily long after an incident.

During 2009–2011, the researchers within DRICKS have participated in several national and international conferences, seminars and meetings with water producers and other researchers. Furthermore, DRICKS has organised two seminars and a drinking water conference (together with SWWA, National Food Agency and Swedish Water House), where our research has been communicated to industrial parties.

1 Bakgrund

I detta avsnitt beskrivs bakgrunden till forskargruppen DRICKS vid Chalmers

Svensk dricksvattenforskning fick under 1990-talet och början av 2000-talet betydligt minskade resurser för forskning och utveckling (FoU) vilket ledde till att forskningsverksamheten vid landets högskolor i princip upphörde. Detta var en oroväckande utveckling eftersom det är viktigt med kontinuitet för att dricksvattenbranschen skall kunna anpassa sig till ny lagstiftning på området, t.ex. EU:s nya vattendirektiv. I ljuset av detta ansökte Chalmers tekniska högskola om anslag från Svenskt Vatten, och beviljades ett långsiktigt ramprogram inom dricksvattenforskning, DRICKS, för perioden 2003–2008 samt innevarande förlängning för 2009–2011. Avsikten med DRICKS har varit att skapa kontinuitet och generera ny kunskap och nya verktyg för branschen genom bl.a. ett antal doktorandprojekt. I Chalmers ansökan ingick en satsning på seminarier och förbättrad utbildning av vatteningenjörer för att underlätta branschens nyrekrytering vilket är nödvändigt för att klara av de väntade stora pensionsavgångarna. Alla utfästa löften har infriats under ramprogrammets nu åtta år.

2 Projektprogrammet DRICKS genomförande

I detta avsnitt beskrivs hur DRICKS genomförts och vilka finansiärer som bidragit med finansiering och hur dricksvattenområdet delats in i delområden.

2.1 Forskningsledare och forskarstuderande

Under perioden 2009–2011 har flera forskare och forskningsledare varit aktiva inom DRICKS och den del som Svenskt Vatten finansierat, se tabell 2-1. Vi har arbetat aktivt inom samtliga delområden och startat upp doktorandprojekt inom alla områden förutom ”Grundvatten”. Dock har vi planenligt genomfört en workshop tillsammans med andra grundvattenspecialister i branschen för att identifiera forskningsbehov och utifrån denna utarbetat en handlingsplan som syftar till att få igång ett nytt doktorandprojekt inom grundvatten under nästa period av DRICKS.

Tabell 2-1 DRICKS indelning i fem delområden samt ansvariga forskningsledare och forskarstuderande.

Delområde	Forskningsansvarig	Forskare och forskarstuderande
Riskbedömning	Lars Rosén	Tommy Norberg, Andreas Lindhe
Råvattenskydd - Ytvatten - Grundvatten	Thomas Pettersson Lars Rosén/Lars O. Ericsson	Johan Åström, Ekaterina Sokolova Lars-Ove Lång
Beredningsteknik	Olof Bergstedt	Mia Bondelind
Distribution	Thomas Pettersson	Annika Malm
Konsumentperspektiv	Greg Morrison	Mikael Mangold/Mia Bondelind

2.2 Användningen av Svensk Vattens medel

Under denna andra period (2009–2011) har Svenskt Vatten finansierat DRICKS med 3 900 kkr och genom att vi tillsammans med Svenskt Vatten även samarrangerat två dricksvattenseminarier och en dricksvattenkonferens har detta genererat ytterligare 132 kkr under perioden. Detta innebär att Svenskt Vattens del av DRICKS-projektet haft en omsättning på 4 032 kkr där kostnaderna fördelats på; personalkostnader (2 116 kkr), direkta kostnader (700 kkr, resor, utrustning, analyser mm) samt OH-kostnader (1 215 kkr, indirekta kostnader för administration, lokal, IT och annan service vid Chalmers) vilket motsvara 30 % av totalkostnaderna, se bilaga 1 för mer detaljer.

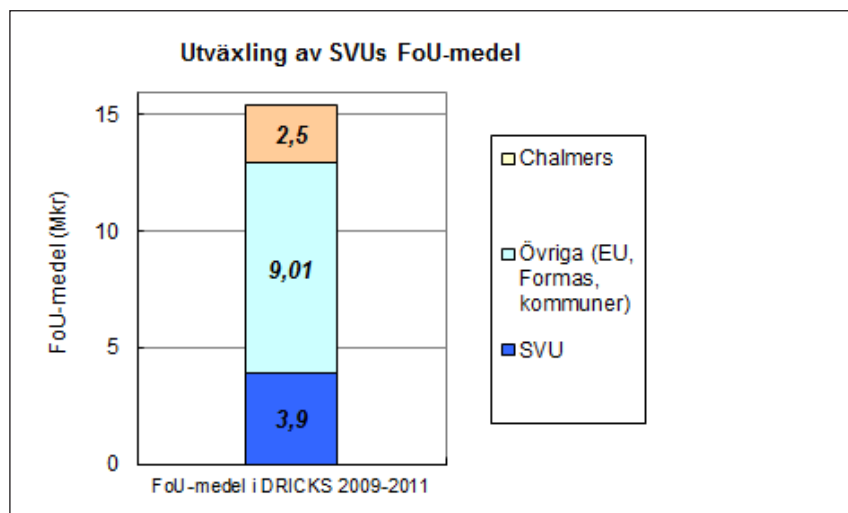
2.3 Utväxling av Svensk Vattens satsade medel i DRICKS

Genom Svenskt Vattens satsning på DRICKS har vi kunnat satsa målmedvetet på att starta upp flertalet doktorandprojekt inom hela dricksvattenområdet – från råvatten till tappkran. Som redan beskrivits i kap. 2.1 har flera forskningsråd och EU samt svenska kommuner beviljat forskningsmedel för att starta upp flera doktorandprojekt. I tabell 2-2, nedan, visas hur mycket som de externa finansiärerna beviljat i forskningsanslag till dricksvattenprojekten inom DRICKS.

De 3,9 miljoner SEK som Svenskt Vatten satsat på DRICKS har genom ytterligare beviljade anslag från forskningsråd, kommuner och EU växlats upp till att totalt omfatta runt 15,4 miljoner SEK, vilket är nästan fyra gångers utväxling av satsade medel, se figur 2-11.

Tabell 2-2 Forskningsmedel satsade i DRICKS-projektet 2009-2011.

Finansiär	Forskningsmedel 2009–2011 (kkr)
Svenskt Vatten Utveckling	3 900
EU – TECHNEAU	3 691
– VISK	244
Formas	458
Göteborg Stad	2 927
SGU	193
MSB	1 500
Chalmers – intern finansiering	1 335
– externt (GMV)	1 150
Summa	15 398



Figur 2-1 Utväxling av Svensk Vattens satsade medel inom DRICKS 2009–2011.

3 Forskningsresultat

Här beskrivs de forskningsresultat som delprojekten inom DRICKS har producerat under 2009–2011 och hur det fortsatta arbetet ser ut, ur ett branschperspektiv.

3.1 Pågående doktorandprojekt

Resultaten från doktorandprojekt och övriga kortare projekt redovisas under respektive delområde i detta kapitel (mer detaljer om projekten finns även på DRICKS hemsida, www.dricks.chalmers.se, under *Projekt*).

3.2 Riskbedömning

I detta avsnitt beskrivs det under 2010 avslutade doktorandprojektet inom Riskbedömning och det fortsatta arbetet inom området. Nedan ges en kort bakgrund till doktorandprojektet, de viktigaste resultaten presenteras och slutsatserna och det fortsatta arbetet i ett nytt projekt summeras.

3.2.1 Bakgrund

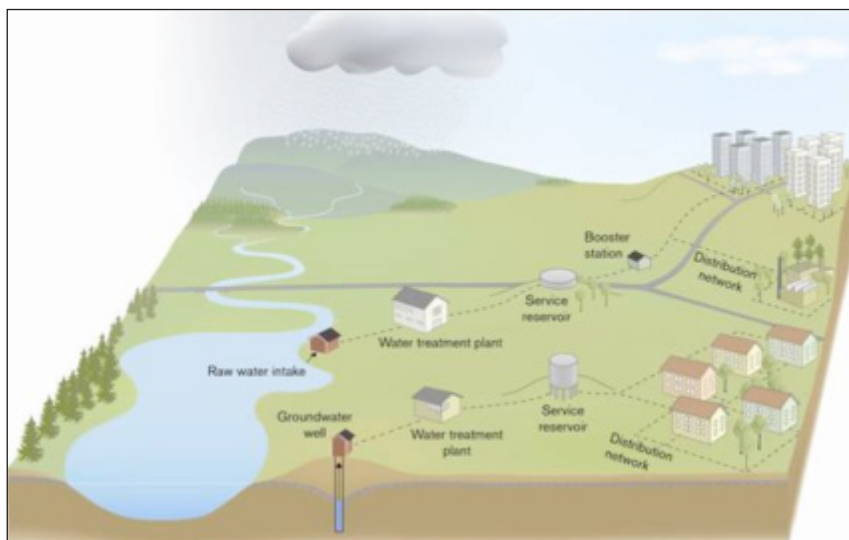
En säker dricksvattenförsörjning är en livsviktig förutsättning för vårt samhälle. Dess centrala funktion i kombination med dess sårbarhet och de risker som finns, gör riskhantering till en viktig del av dagens dricksvattenförsörjning. Världshälsoorganisationen (WHO) förespråkar ett holistiskt riskhanteringsarbete som inkluderar hela systemet från råvatten till tappkran. En effektiv riskhantering kräver väl genomförda riskanalyser som kan ge underlag och stödja beslutsfattande. Tillgången på lämpliga metoder för att genomföra integrerade riskanalyser av dricksvattensystem är dock begränsad och nya metoder skulle främja dricksvattenproducenters riskhanteringsarbete i enlighet med WHO:s vattensäkerhetsplaner (Water Safety Plans). Doktorandprojektets övergripande syften var:

- Att utarbeta ett ramverk och en struktur för riskhantering från källa till tappkran.
- Att utveckla vetenskapligt välförankrad metodik för kvantitativ och integrerad riskanalys från källa till tappkran.
- Att visa på goda exempel av praktisk tillämpning av utvecklad metodik i samverkan med dricksvattenproducenter

3.2.2 Resultat

Doktorandprojektet avslutades i samband med Andreas Lindhes disputation den 10 december 2010. Resultaten från projektet finns bl.a. sammanfattade i avhandlingen och däri presenterade artiklar samt ett antal andra artiklar och rapporter av olika karaktär (se referenslistan). De viktigaste resultaten sammanfattas i nedanstående punkter:

- Ett ramverk har beskrivits som visar hur riskhanteringsarbetet och dess olika delar samt processen med att fatta beslut om t.ex. riskreducerande åtgärder kan beskrivas inom dricksvattenområdet. Ramverket ger en förståelse för vilka delar som ingår och hur de förhåller sig till varandra.
- En riskanalysmetod baserad på så kallad felträdsteknik har utvecklats vilken möjliggör riskanalyser där hela dricksvattensystemet, från råvatten till tappkran, ingår. Metoden har tillämpats för Göteborgssystemet och det har visats hur risknivåer och andra resultat kan presenteras för såväl nuvarande system och vilken effekt möjliga riskreducerande åtgärder får. Analyser av riskreducerande åtgärder har också kombinerats med ekonomiska analyser för att visa hur de mest kostnadseffektiva åtgärderna kan identifieras.
- En vanligt förekommande riskanalysmetod är enklare riskrankning med riskmatriser, vilket bl.a. förespråkas av Världshälsoorganisationen som en del i framtagandet av en vattensäkerhetsplan. För att denna typ av metod inte bara skall användas för att rangordna olika risker har två beslutsstödsmetoder utvecklats baserat på så kallad multikriterieanalys. Ett av huvudsyftena med metoderna är att kombinera information om flera olika kriterier (t.ex. risknivåer och kostnader) så att åtgärdsalternativ kan utvärderas och jämföras. Det nya med dessa metoder är att de gör det möjligt att ta hänsyn till osäkerhet i olika bedömningar som görs och de möjliggör en vidare användning av resultat från riskanalyser baserade på riskrankning. Det bör poängteras att metoderna inte uteslutande kan kombineras med riskrankning utan är generellt tillämpbara för att utvärdera åtgärder som syftar till att reducera risker på olika sätt.



Figur 3-1 Schematisk illustration av två vattenförsörjningssystem, ett försörjt med ytvatten och ett med grundvatten.

Lindhe, A. (2010). *Risk Assessment and Decision Support for Managing Drinking Water Systems*.

PhD Thesis No. 3119, Chalmers University of Technology, Gothenburg.

3.2.3 Slutsatser och fortsatt arbete

De i doktorandprojektet utvecklade och tillämpade metoderna för integrerad riskanalys och beslutsstöd i form av multi-kriterieanalyser har i fallstudier visat sig vara tillämpbara och ge värdefull information till beslutfattare. Som

nämnts ovan förespråkar Världshälsoorganisationen ett riskbaserat arbets-sätt där hänsyn tas till hela försörjningskedjan, från råvatten till tappkran. Förutom att studera riskerna inom ett enskilt dricksvattensystem kan en gemensam analys göras för systemen i en region. Syftet med en sådan analys är att underlätta den långsiktiga planeringen genom att ta fram användbart beslutsunderlag. För att arbeta vidare inom riskbedömningsområdet genomför Chalmers och Livsmedelsverket tillsammans projektet *Regional risk- och sårbarhetsanalys för centraliserad dricksvattenförsörjning*, finansierat av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Projektets övergripande syftet är att visa hur risker och sårbarheter kan analyseras för dricksvattenförsörjning på en regional nivå i syfte att ge beslutsstöd för prioritering av åtgärder samt för att förbättra krishanteringsförmågan. Speciellt fokus är på hur för- och nackdelar med att sammankoppla och centralisera system kan utvärderas. Projektet belyser i huvudsak vattenkvalitet, leveranssäkerhet samt tillgången till mindre vattentäkter för reserv- och nödvatten.

3.3 Råvatten – ytvattentäkter

I detta avsnitt beskrivs doktorandprojektet inom ytvattenskydd. Under Bakgrund beskrivs arbetena i kronologisk ordning, Resultat beskriver skriftlig och muntlig publicering av forskningen och under Slutsatser och fortsatt arbete summeras resultaten och framtida projekt och projektplaner.

3.3.1 Bakgrund

Forskningen inom området råvattenskydd har under perioden 2009 till 2011 åtföljts av en rad vattenburna utbrott i vårt land; utbrotten av *Cryptosporidium* i Östersund och Skellefteå övergår i omfattning vad som har förekommit i Sverige i modern tid. Detta understryker naturligtvis med all tydlighet relevansen i forskningsområdet råvatten och skydd av ytvattentäkter. Utbrotten bekräftar också den uppfattning som företräds av WHO, nämligen att mikrobiologiska risker utgör den främsta hälsorisken för dricksvatten. Detta har också varit utgångspunkten i de två doktorandprojekt som under dessa år bedrivits på Chalmers, vars fokus har varit just att förstå och förutsäga mikrobiologiska risker i vattentäkter.

Det första doktorandprojektet inom Råvatten påbörjades redan under 2005 och har drivits av Johan Åström. Slutmålet nåddes med den avhandling som presenterades och försvarades i april 2011 med titeln "Microbial Risks in Surface Water Sources". Opponent var Dr Ana Maria de Roda Husman från National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Nederländerna. Det övergripande syftet med denna avhandling var följande:

Att utvärdera verktyg för att bedöma den mikrobiologiska spridningen från punkt- och diffusa fekala källor i ytvattentäkter under normala förhållanden och under extraordinära händelser. Detta i relation till den infektionsrisk för patogener som är förknippad med dricksvattenkonsumtion.

Inriktningen på arbetet under perioden 2009–2011 har varit att utveckla metoder för att bedöma påverkan från diffusa fekala källor. Två olika meto-

der för mikrobiell källspårning har använts i fältundersökningar som genomförts vid Rådasjön, och en rad olika aspekter med dessa metoder har utvärderats. Genom ett parallellt SVU-projekt (kontrakt 29-122), som beviljades hösten 2009, har en stor del av forskningen samordnats med detta projekt. Nämda SVU-projekt omfattade ett samarbete mellan olika kommuner och ett konsultföretag, vilket innebar att forskningsresultat fick presenteras och konkretiseras i en aktuell situation med en riskutsatt vattentäkt. Projektet har även gett anledning till fördjupat samarbete med Ekaterina Sokolova som bedriver det andra doktorandprojektet inom Råvatten på Chalmers.

Det andra doktorandprojektet inom Råvatten påbörjades sommaren 2009 av Ekaterina Sokolova. Projektets syfte är att med hjälp av hydrodynamisk modellering av föroreningstransport i råvattentäkter ge bättre beslutsunderlag för riskreducerande åtgärder för att skydda dricksvattenkonsumenter från vattenburen smitta. Detta doktorandprojekt studerar mikrobiologiska transportprocesser av patogener och dess indikatororganismer i ytvattentäkter, såsom vattendrag och sjöar. De vetenskapliga utmaningarna ligger i skärningsytan mellan dricksvattenteknik och mikrobiologi. Projektet fokuserar på att studera inaktivering av fekala indikatorer i råvatten och skapa en modell som kan användas för att simulera hydrodynamiska förhållanden och spridning av fekalförorening i ytvattentäkterna Rådasjön och Göta älv.

Mikrobiologiska föroreningar och samband med fosforhalter har undersökts i det biflöde som periodvis dominerar fekal påverkan på Göta älv. Slumpån i Trollhättans och Lilla Edets kommuner har påverkan både från jordbruksmark inklusive strandbete och kommunal avloppsavledning, som trots ett separat avloppssystem ger utsläpp redan vid måttliga regn. Studier kring detta genomfördes inom ett examensarbete av Fihlman (2009), i samarbete med Göteborgs universitet.

3.3.2 Resultat

I avhandlingen som presenterades av Åström (2011) finns ett avslutande kapitel, benämnt rekommendationer, där forskningen sammanfattas i sju punkter. Dessa punkter sammanfattar även slutsatserna i avhandlingens fem vetenskapliga artiklar, och kan återges enligt följande:

- Mikrobiella spridningshändelser relaterade till enskilda utsläpp av avlopp i urbaniserade områden kan ha en stor inverkan på risken för mikrobiell infektion vid nedströms vattenverk. Patogenprovtagning i kombination med mikrobiell riskvärdering rekommenderas för att bestämma infektionsrisken.
- Utsläpp från urbana avloppssystem kan ha en dominerande inverkan på mikrobiologisk vattenkvalitet, och systemen är känsliga speciellt för kraftiga regn. Riskbegränsande åtgärder bör framför allt inriktas mot avloppsreningsverken.
- Ett system med vägledning för att stänga råvattenintag bör innehålla information om utsläppshändelser uppströms, nederbörd samt on-line mätningar av turbiditet. Man kan inte helt förlita sig på ett tröskelvärde för indikatorbakterier för att bedöma närvaron av patogener.
- Analys av genetiska markörer av typen Bacteroidales är ett värdefullt komplement till traditionella fekala indikatorer för att spåra fekal förore-

ning från människor och idisslare. Positiva korrelationer mellan genetiska markörer och fekala indikatorbakterier stärker misstanke om färsk avföring från respektive värdorganism.

- Vid övervägandet om att genomföra mikrobiell källspårning med Bacteroidales-metoden är det första steget att samla in avföringsprover för att bestämma metodens lokala precision (sensitivitet och specificitet).
- Förutom analys av avföringsprover bör jord och avloppsvatten från avrinningsområdet analyseras för Bacteroidales genetiska markörer. En förekomst av dessa genetiska markörer i jordprover kan hanteras genom att vattenprover även analyseras för turbiditet och UV254 vilket kan avslöja potentiell jordpåverkan.
- Ett Bayesianskt angreppssätt rekommenderas vid tolkningen av källspårningsdata. Genom att ta hänsyn till förkunskaper om fekala källor från expertpersoner kan tillförlitligheten i data bestämmas redan innan beslut fattas om att genomföra källspårningen. Därigenom kan onödiga kostnader för provtagning och analyser undvikas.

Liksom tidigare år har Johan Åström även under perioden 2009 till 2011 fortlöpande presenterat sin forskning i olika forum. Interna projektmöten har hållits vid ett flertal tillfällen för SVU-projektet om Rådasjön och ett par möten har hållits för Kretsloppskontoret i Göteborg. Under 2009 presenterades arbetet vid Hydrologidagarna i mars, vid ett seminarium arrangerat av Föreningen Vatten i april samt vid Världsvattendagen. Under 2010 hölls en presentation vid det årliga dricksvattenseminariet i april och på den Nordiska Dricksvattenkonferensen i Köpenhamn i juni. I september 2010 hölls en presentation vid Länsstyrelsens klimatanpassningsdag i Uppsala och i januari 2011 presenterades forskningen vid en nationell dricksvattenkonferens i Stockholm.

Den licentiatrapport presenterades av Sokolova (2011), i september, består av tre forskningsartiklar som beskriver mikrokosmförsök som genomförts för att studera inaktivering av fekala indikatorer i råvattnet och modellering av föroreningstransport i råvattentäkten Rådasjön.

Resultaten visade att med hjälp av en hydrodynamisk och mikrobiologisk modell kan man:

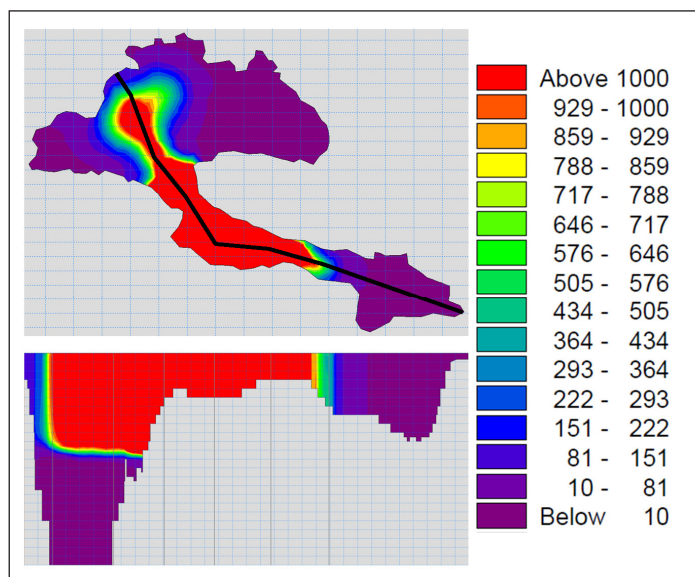
- beskriva spridning och inaktivering av fekalindikatorer och patogener i en råvattentäkt,
- komplettera källspårningsmetoder,
- uppskatta vilka halter av patogener och fekala indikatorer man kan förvänta vid råvattenintag vid olika situationer och förhållanden,
- bedöma vilken källa (t.ex. bräddningar, enskilda avlopp, ARV eller strandbeten) som bidrar mest till förorening vid råvattenintag,
- testa vilka riskreducerande åtgärder i vattentäkternas avrinningsområden som är mest effektiva,
- få indata för beräkningar av hälsorisker för dricksvattenkonsumenter med hjälp av t.ex. QMRA.

Detta modelleringssätt har visat sig vara användbar för att undersöka och uppskatta risker för dricksvattenkvalitet och ge beslutsunderlag för riskreducerande åtgärder.

Under perioden 2009–2011 har Ekaterina Sokolova presenterat sin forskning under en rad tillfällen: projektmöten inom SVU-projektet om Rådasjön; projektmöten inom VISK projekt (EU projekt) om virus i dricksvatten; möten inom Miljö och Hälsa Forskarskolan (Chalmers Tekniska Högskola, Göteborgs Universitet, Västra Götalandsregionen); ett möte med Kretsloppskontoret i Göteborg; Dricksvattenseminariet i Göteborg (april 2010); Dricksvattenkonferens i Stockholm (januari 2011); the 34th IAHR World Congress i Brisbane, Australien (26 juli – 1 juli 2011); Virus Workshop organiserad av Svenskt Vatten (september 2011); licentiatseminariet (30 september 2011).

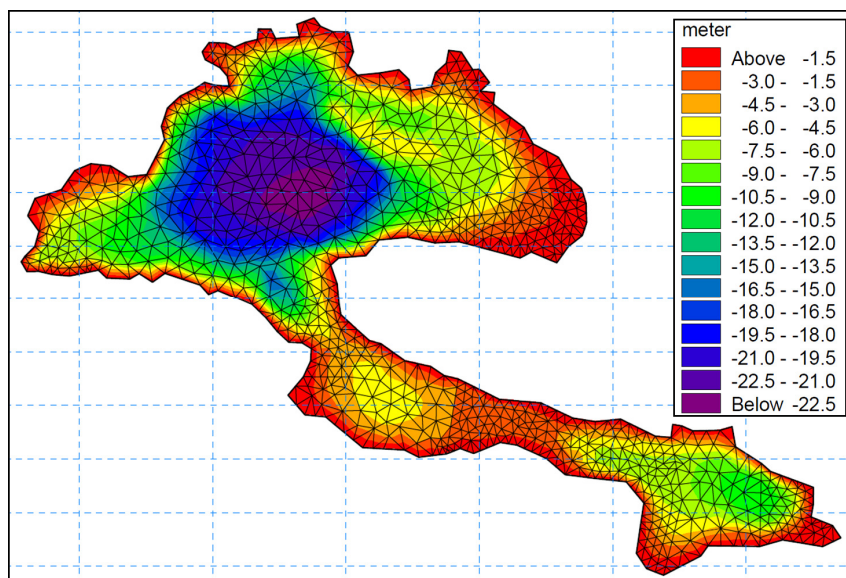
Under perioden har även mikrobiologiska riskanalyser genomförts i flera vattenförsörjningssystem och MRA -metodiken har vidareutvecklats. Vi initierade ett examensarbete som genomfördes i samarbete med Göteborgs universitet (Hartlid, 2009) där MRA-modellen användes retrospektivt för att visa sannolika orsaker till ett stort vattenburet vinterkräksjuka-utbrott. Information om flera avloppsutsläpp insamlades. Resultaten för olika antaganden om sjukdomsincidens hos befolkningen som bidrog med avföring till utsläppen, beräkningar av spridningen i råvattnet och scenarier för beredningen jämfördes med andelen insjuknade i utbrottet. Metodiken vidareutvecklades sedan tillsammans med en tidigare Chalmersdoktorand och presenterades vid en vetenskaplig konferens i Singapore (Heinicke et al., 2009). Eftersom det visat sig finnas tveksamheter kring hur desinfektionseffekt skall beräknas gjordes en litteraturstudie som en fördjupningsuppgift. Två studenter började med en mikrobiologisk värdering och felträdsanalys av ett svenskt vattenverk och gjorde sedan examensarbete med genomgång av beredningen i en av världens mest komplexa beredningar i Windhoek, Namibia.

Inom ovan nämnda SVU-projekt, med Rådasjön som fallstudie, knöts mikrobiologisk kartläggning, inaktiveringsförsök, hydrodynamisk modellering och genetisk källspårningsmetodik ihop genom riskvärdering med MRA. Resultaten jämfördes också med det andra riskvärderingsverktyget God desinfektionspraxis (GDP).



Figur 3-2

Results of hydrodynamic modelling: spread of human *Bacteroidales* genetic markers (ME/100 mL) from the emergency sewer overflow within Lake Rådasjön (top – horizontal plane; bottom – cross-section of the lake).



Figur 3-3 Lake Rådasjön: computational mesh and bathymetry. The colours represent water depth.

3.3.3 Slutsatser och fortsatt arbete

Utöver de slutsatser som finns i ovan nämnda doktorsavhandling och licentiatrapport har en svensk rapport skickats in till Svenskt Vatten Utveckling av det arbete som genomförts för Rådasjön. Denna rapport sammanför de senaste årens forskning på Chalmers inom området Råvatten med övriga aktiviteter inom projektet Rådasjön. Därigenom sammanställs forskningen i en bransch-aktuell kontext och onödiga upprepningar av olika arbeten undviks. Johan Åström, som sedan disputationen i april 2011 arbetar på Tyréns AB i Göteborg, har varit redaktör för denna rapport.

Forskningen inom området Råvatten fortsätter på Chalmers primärt inom ramen för Ekaterina Sokolovas doktorandprojekt. Hon fortsätter arbeta med modellering av föroreningstransport i råvattentäkter (figur 3-2 och 3-3) och ska fokusera på att simulera spridning av virus och fekala indikatorer i Göta älv. Detta arbete är en viktig del av det pågående EU-projektet VISK.

3.4 Råvatten – grundvattentäkter

I detta avsnitt beskrivs det arbete som genomförts kopplat till grundvattentäkter.

3.4.1 Bakgrund

Inom DRICKS anser vi att det finns ett uppenbart behov av forskning och utveckling rörande grundvattenfrågor. Vad gäller exempelvis anläggningar med konstgjord infiltration anses det finnas kunskapsluckor och framtida utmaningar vad gäller bland annat mikrobiologiska risker, åldrande brunnskonstruktioner, kemiska risker, grundvattenbildning, förändrad vattenkvalitet på råvatten för konstgjord infiltration och andra effekter av klimatförändringar.

3.4.2 Resultat

För att identifiera de mest angelägna frågeställningarna att arbeta vidare med, arrangerade DRICKS en workshop¹ den 22 april 2010 rörande behovet av forskning kring grundvattenfrågor inom dricksvattenförsörjningen. Under workshopen identifierades följande frågeställningar som forskningsbara och som speciellt angelägna att arbeta vidare:

- i. Vad innebär trenden med alltmera gemensamma vattenförsörjningssystem mellan kommuner för sårbarheten, leveranssäkerheten och andra risker?
- ii. Hur uthållig är en konstgjord infiltrationsanläggning?
- iii. Hur sårbar är en konstgjord infiltrationsanläggning mot mikrobiell påverkan?
- iv. Vilka databaser finns och vad kan de användas till?
- v. Hur bör riskanalyser utföras inom arbetet med skyddsområden för grundvattentäkter?

Den första punkten (i) behandlades i det under 2011 påbörjade projektet *Regional risk- och sårbarhetsanalys för centraliserad dricksvattenförsörjning* vilken genomförs tillsammans med Livsmedelsverket med finansiering från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Punkterna (iii) och (iv) har legat till grund för två forskningsansökningar som skickats till Formas respektive SGU. Satsningen inom detta forskningsområde syftar till att utveckla verktyg och vägledning för hur grundvattentäkters sårbarhet för mikrobiologisk förorening skall kunna bedömas.

3.4.3 Slutsatser och fortsatt arbete

Under perioden genomfördes ett antal (4 st) examensarbeten med inriktning mot riskbedömning och modellering av grundvattentäkter. De genomförda examensarbetena, tillsammans med det uppstartade projektet för MSB och forskningsansökningarna till Formas och SGU, har skapat en god bas för arbete med angelägna grundvattenfrågor inom DRICKS. Förutom nämnda arbeten och ansökningar har också kompetensen rörande grundvattenfrågorna stärkts inom DRICKS-gruppen under 2011 då Lars-Ove Lång från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) utnämnts till adjungerad professor vid Chalmers. Lars-Ove Lång är bland annat samordningsansvarig för arbete med miljömål – grundvatten och kartläggning av grundvatten inom SGU och kommer vid Chalmers att främst arbeta med forskning kring grundvattenfrågor inom DRICKS.

3.5 Beredning

I detta avsnitt beskrivs det arbete som genomförts kopplat till flotationsprocessen (Dissolved Air Flotation, DAF). Arbetet omfattar både datorsimuleringar och intervjuer med branschen.

¹ Deltagare: Per-Olof Johansson (Artesia), Görel Allestam (SMI), Lars-Ove Lång (SGU), Olof Bergstedt (Göteborg Vatten & Chalmers), Lars Rosén (Chalmers), Lars O Ericsson (Chalmers), Thomas Pettersson (Chalmers) och Andreas Lindhe (Chalmers).

3.5.1 Bakgrund

Risker i olika typer av dricksvattenberedning i förhållande till olika råvat-tenkällor har som en integrerad del studerats i många av de projekt som beskrivs i andra delar av denna rapport. Mikrobiologisk riskanalys och det norsk-svenska verktyget för god desinfektionspraxis har använts för att beskriva risker och peka på åtgärdsbehov i ett stort antal svenska vatten-Verk och även i ett examensarbete för vattenverket i Windhook, Namibia, som återanvänder avloppsvatten som råvatten. Beredningsrisker har också tillsammans med risker för råvatten och distribution undersökts genom studier baserade på olika typer av sjukvårdsstatistik. Multikriterianalys av olika alternativ för komplettering av dricksvattenberedning har genomförts som examensarbete. Det större modelleringsprojekt inriktat på flotation som beskrivs nedan ger god grund för motsvarande modelleringar för att utveckla och optimera andra beredningsprocesser.

Inom doktorandprojektet Numerisk modellering av flotation har reningsprocessen Dissolved Air Flotation, DAF, studerats av Mia Bonde-lind. Processen används bland annat vid rening av dricksvatten och ersätter eller kompletterar då vanligtvis den mer konventionella sedimentationen. Målet med projektet har varit att undersöka möjligheterna att med hjälp av datorer kunna simulera flotationsprocessen. En bra datormodell kan använ-das istället för kostsamma experimentella försök eller som ett komplement för att finna problem och lösningar för en flotationsanläggning som inte fungerar optimalt. Denna typ av numerisk modellering är ett viktigt verktyg för att optimera och vidareutveckling även andra beredningsprocesser, t.ex. sedimentations- och flockningsbassänger.

Under de senaste 20 åren har flotationsanläggningarna förbättrats avse-värt och många anläggningar som byggs numera är s.k. High rate DAF, där ytbelastningen ligger mellan 20–40 m/h. Metoden har sina klara fördelar. Bland annat är DAF effektiv för algreduktion, vilket annars kan ge lukt- och smakförändringar, och metoden fungerar bra för kallt vatten vilket passar de nordiska förhållandena mycket bra. DAF har även visat sig vara effektiv för reduktion av *Cryptosporidium parvum* och *Giardia lamblia* cysts och anläggningen tar betydligt mindre plats än en konventionell sedimenta-tionsbassäng. Man bör påpeka att det inte bara är inom dricksvattenbered-ning som flotation används, utan resultaten från projektet kan även komma avloppsverken till nytta. För att nämna ett exempel, så finns i Malmö en stor flotationsanläggning för avloppsverk i drift.

3.5.2 Resultat

Flotationsprocessen har modellerats med hänsyn till geometri (två eller tre dimensioner) samt antalet faser som inkluderas i den numeriska modellen. Modellering av en flotationstank i endast två dimensioner visar på svårig-heterna med att förenkla en tredimensionell verklighet till två dimensioner i en dator. Även om man eftersträvar ett tvådimensionellt flöde i tanken måste man i simuleringarna ta hänsyn till asymmetrier i geometrin och effekter från till exempel väggar som påverkar flödet. Resultaten visar att det är mycket svårt att ta fram en rättvisande tvådimensionell modell och att det kan vara av betydelse att man utnyttjar en tredimensionell modell trots att

en sådan är mera tidskrävande att sätta upp och köra, men en datormodell har sina fördelar. Vid experimentella försök har det visat sig svårt att mäta flödet i olika områden i en flotationstank då man påverkar flödet med mätutrustningen. Detta problem uppstår inte i en datormodell.

En datormodell begränsas av antalet faser som kan inkluderas i den numeriska modellen. Flotationsprocessen består av fyra faser: vatten, bubblor, partiklar och aggregat (som består av partiklar och bubblor). För att reducera antalet faser som modelleras har en teoretisk modell härletts vilken beskriver formering och storlek på aggregaten. Denna teoretiska modell har sedan implementerats i datormodellen.

En fältstudie har genomförts vid sammanlagt åtta flotationsanläggningar i Sverige och Finland. Personal som arbetar nära processen har intervjuats. Studien visar att parametrar så som pH-värde, färg och konsistens på slammet samt TOC-nivån används för att övervaka flotationsprocessen. De parametrar som används för att styra flotationsprocessen är dosen fällningskemikalier, eventuell användning av en polymer och varaktighet och frekvens av borttagning av flockar som bildar slam (figur 3-4). Studien visar att det är en stor utmaning att identifiera de parametrar som behöver förändras när anläggningen inte fungerar väl.



Figur 3-4 Flotationsbassäng med "white water" (t.v.) och hydraulisk slamdekantering (t.h.). Foto: Mia Bondelind.

3.5.3 Slutsatser och fortsatt arbete

Forskningsprojektet har visat på vikten och möjligheterna av att ta hjälp av datorsimuleringar för att förbättra och effektivisera flotationsprocessen. Det är av största vikt att branschen kan ta del av den nya teknik som kommer och den utveckling som sker inom området.

Det fortsatta arbetet inom flotation kan delas upp i två steg: en experimentell studie samt en fortsatt numerisk evaluering av processen. Genom en experimentell studie bör man undersöka hur flotationsprocessen påverkas av de kemiska ytegenskaperna hos bubblor och flockar, anläggningens geometri samt flödesmönstret i anläggningen. Studien bör koppla samman dessa parametrar. För att modellera flotationsprocessen behöver man bättre förstå de fysikaliska mekanismerna bakom flotationsprocessen. Datormodellering av industriella processer är ett expanderande forskningsområde och det har nyligen nämnts i en publikation av AWWA som ett verktyg för utvärdering av flotationsprocessen. Den genomförda fältstudien i Finland

och i Sverige visar på flera praktiska tillämpningar där en numerisk modell skulle kunna vara till nytta för vattenverken, nu eller i framtiden:

- En numerisk modell kan användas för att studera flödet i anläggningen. Fältstudien indikerar att virvlar transporteras från flockningszonen in i flotationsbassängen. Detta stör processen.
- Det är viktigt att vatten och bubblor är väl omblandat i kontaktzonen. Spridning av detta flöde kan simuleras med hjälp av en numerisk modell. Den numeriska modellen är ett komplement till en praktisk utredning som rapporterats från Finland, där cirklar ritats på väggen för att uppskatta spridningen av luftbubblorna i kontaktzonen.
- Fältstudien visar att flotationsprocessen är mindre effektiv när processflödet understiger ca 50 % av dimensionerande flöde. Med en datormodell skulle funktionaliteten och flödet i hela flotationsanläggningen för olika procent av den maximala kapaciteten kunna undersökas.

3.6 Distribution

I detta avsnitt beskrivs det pågående doktorandprojektet inom Distribution där strategier för ekonomiskt och hälsomässigt säkert dricksvatten vid ledningsförnyelse studerats.

3.6.1 Bakgrund

Mycket återstår att göra inom forskningsområdet distribution. Resultaten hittills är en god start för fortsatt arbete, vilket avser att belysa frågor om vilken förnyelsetakt och vilka förnyelsestrategier som är lämpliga ur ett ekonomiskt perspektiv, samhällsekonomiskt och kommuners ekonomi på lång sikt, driftstörningsperspektiv som ledningsbrott och läckage (figur 3-5) och riskperspektiv, t.ex. hälsorisker. Rätt förnyelsetakt av befintligt ledningssystem är viktigt för att nå samhällsekonomisk effektivitet.

Mer forskning krävs för att bedöma ledningars livslängd. Den allra största delen av ledningsnätet har inte nått sin maximala livslängd ännu vilket gör att man måste hitta andra kompletterande metoder att bedöma livslängden. Teknik för att göra in-situ inspektioner av dricksvattenledningar finns nu på marknaden och öppnar därmed möjligheter för konditionsbestämning av vattenledningsnät.

3.6.2 Resultat

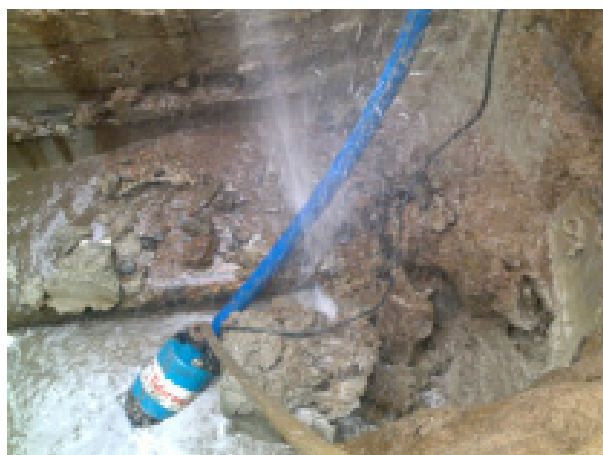
Förnyelsebehov av va-ledningar har studerats av industridoktorand Annika Malm, Göteborg Vatten. En inventering i 18 svenska kommuner har genomförts inom ramen för Svenskt Vattens förnyelseprojekt. Inventeringen visade att strategiskt förnyelsearbete sker i mycket liten omfattning i svenska va-verksamheter, och att man i många stycken saknade verktyg för att bedöma behoven på längre sikt. Förnyelseprojektet resulterade i en handbok för att bedöma förnyelsebehovet och prioritera åtgärder. Inom projektet har även en prognos för Sveriges samlade förnyelsebehov arbetats fram. Prognosen bedömer att dagens verkliga förnyelse är för låg och omgående bör öka för att svara mot behoven.

I doktorandprojektet har en metod att använda historisk förnyelsetakt i vattenledningsnätet för att bedöma framtida förnyelse använts, tillämpat på Göteborgs data. Denna metod verifierar utseendet på de livslängdskurvor som användes i prognosen för Sveriges förnyelsebehov. Framtida behov beror på hur den historiska utvecklingen sett ut och hänsyn bör också tas till framtida förändringar, såsom klimatförändringar och hur hälsomässiga aspekter påverkar förnyelsebehoven.

Hälsomässiga aspekter kan påverka förnyelsebehoven på så sätt att om ett ledningsnät försämrade status innebär en betydande ökad risk för att föroreningar tränger in i ledningsnätet, måste ledningsnätets status upprätthållas på en nivå som kan behöva vara högre än dagens nivå. I ett kandidatarbete har risken vid vattenläckor bedömts utifrån enkäter till boende i tolv områden utsatta för en driftstörning och i motsvarande kontrollområden. Utifrån denna undersökning återfinns inget samband mellan tryckfall och magsjukdom. En studie av inträffade utbrott samt indikationer på störningar genom tidningsklipp har genomförts och visat att det sker ca 1 utbrott per år på grund av ledningsnätorsaker. Indikationer, som t ex anmärkning vid provtagning sker ca 10 gånger per år på ledningsnätet. På ledningsnätet finns flera orsaker till kontaminering, där de största, om man ser till registrerade utbrott, är okänt, korskoppling, reservoar och baktryck.

Tillgänglig teknik för invändig inspektion av vattenledningar har studerats och redovisats i en SVU-rapport. Tyvärr är inspektionstekniken ännu i sin linda, och inte helt enkel att tillämpa för de flesta va-verksamheter, men framsteg sker ständigt och de inspektioner som gjorts har gett de resultat som utlovats.

Hur ledningar beter sig påverkar också förnyelsebehovet. För olika material är rörbrottsfrekvensen olika. Rörbrottsfrekvenser för olika material, temperaturer och typ av skador har tagits fram i två examensarbeten. Det är ju sedan tidigare känt att rörbrottsfrekvensen ökar vintertid, men examensarbetena visade att det inte är rörbrott i allmänhet som ökar, utan cirkulära brott på gjutjärnsledningar. Inget samband mellan trycket på nätet och rörbrottsfrekvens syntes i analysen, dock gjordes analysen för det jämna trycket och inte på förekomst av tryckslag.



Figur 3-5 Uppschaktat rörbrott i Göteborg med övertryck kvar samt läckande ledning vid Järntorget i Göteborg. Foto: Annika Malm (t.v.), Göteborg Kretslopp och Vatten (t.h.).

3.6.3 Slutsatser och fortsatt arbete

Hur ledningar beter sig påverkar också förnyelsebehovet. För olika material är rörbrottsfrekvensen olika och den kommer också att utvecklas på olika sätt över tid. Innebär en skada att hela ledningen skall förnyas eller räcker det att laga rörbrottet? Det krävs ökad kunskap om hur ökningen av rörbrottsfrekvensen beter sig, för att kunna avgöra när en ledning skall förnyas. Det är inte heller enbart en ekonomisk fråga, ur ett brukarperspektiv finns det en gräns för hur många rörbrott brukarna kan acceptera innan nyttan av va-tjänsten uppväger kostnaden.

Den hälsomässiga påverkan som ledningsnätet har är inte tillräckligt analyserad för att kunna göra en bedömning om hälsomässiga aspekter och om de påverkar förnyelsebehovet eller inte. Projektet Tidvatten tillsammans med Göteborgs och Umeås universitet, där sjukvårdsrådgivningsdata jämförs med ledningsnätshändelser är ytterligare en pusselbit för att komma närmare svaret.

3.7 Konsumentperspektiv

Konsumentsidan är relativt lite studerad när det gäller dricksvatten. Tillsammans med psykologiforskare från University of Surrey (UK) och inom EU-projektet TECHNEAU, har vi kommit långt med att förstå länkarna mellan vattenindustrin, konsumenters beteende och det allra viktigaste, social tillit och förtroende.

3.7.1 Bakgrund

Som en följd av de vattenburna utbrotten av Norovirus och *Cryptosporidium* som man har haft i Sverige de senaste åren, har det blivit aktuellt att förstå hur ansvariga för dricksvatten inom kommuner informerar och kommunicera med konsumenten för att öka tillit och förtroende. Vid Chalmers har vi jobbat under 2009–2011 med att förstå social tillit och förtroende utifrån utbrottet i Lilla Edet i september 2008. Det är viktigt att göra en distinktion mellan social tillit och förtroende i dricksvattensammanhang. Med social tillit menar vi den personliga tillit som konsumenten har för bl.a. de ansvariga politikerna, kommunanställda, vattenverkschefer och tekniker. Med förtroende menar vi det historiskt baserade förtroende som vi har för dricksvatten som livsmedel, eftersom det smakar gott och vi inte brukar bli sjuka av det.

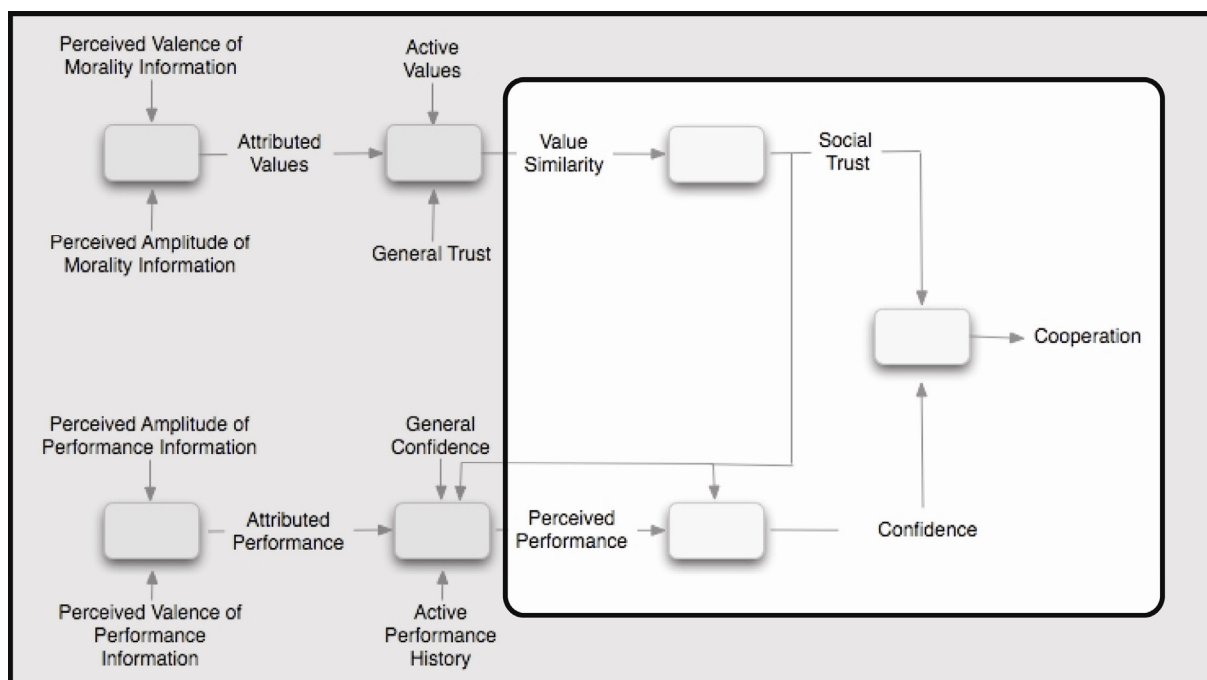
3.7.2 Resultat

En viktig lärdom från Lilla Edet har varit att förtroendet är högt för svenskt dricksvatten, även om det givetvis rasade när utbrottet var ett faktum. Social tillit var inte viktigt innan utbrottet, men blev nog så viktig när utbrottet väl var framme. En ny modell om hur dricksvattenkonsumenter upplever smittoutbrott har tagits fram (figur 3-6). Det har visat sig i två stora konsumentuppföljningsstudier i Lilla Edet vid sjukdomsutbrottet, att tillit och förtroende är svåra att särskilja. Däremot är konsumentens tillit (och förtroende) för dricksvattenproduktion den viktigaste orsaken till beteendet under och

efter smittoutbrottet. Konsumentens reaktion på ett smittoutbrott kan förklaras med den tillit som byggs upp med tiden samt hur de ansvariga informerar om och hanterar, riskerna under utbrottet. Hur väl situationen hanteras uttrycks som konsumentnöjdhet. Denna situation skiljer sig från t.ex. en kärnkraftsolycka, eller händelser med genetiskt modifierad mat, där konsumentens beteende är baserat på affekt snarare än tillit. Våra studier visar att de svenska vattenproducenterna och dess ansvariga bör förstå sig på begreppet tillit bättre eftersom det i Lilla Edet fortfarande finns ett ganska onödigt konsumentmissnöje kvar, två år efter incidenten. Resultaten har rapporterats i en vetenskaplig artikel samt också i en populärvetenskaplig rapport som en del av VISK-projektet.

3.7.3 Slutsatser och fortsatt arbete

Under 2012 har vi påbörjat ett samarbete med Livsmedelsverket i en studie av social tillit och förtroende i Ale under normala driftsförhållanden. Vi har också planer på att starta flera liknande studier runt om i Sverige i framtiden.



Figur 3-6 Teoretisk samarbetsmodell kring tillit och förtroende inom dricksvattenförsörjning.

4 Resultatspridning

I detta kapitel beskrivs hur resultaten från forskningen inom DRICKS har spridits ut till den svenska dricksvattenbranschen men också till övriga forskarvärlden och allmänheten

4.1 DRICKS seminarieserie

Under perioden 2009–2011 har vi genomfört två DRICKS-seminarier i Göteborg och en dricksvattenkonferens i Stockholm. Seminarierna (figur 4-1) har varit följande

- Träningsseminarium om Riskanalys (maj 2009)
- Hälsorisker och åtgärdsprioritering (april 2010).

En mycket välbesökt konferens ”Dricksvatten och klimatförändringar – pågående dricksvattenforskning” planerades och genomfördes i samarbete med Svenskt Vatten, Livsmedelsverket och Swedish Water House i januari 2011.



Figur 4-1 Seminarieinbjudan som skickats ut till landets vattenproducenter.

4.2 Konferenser och möten

Samtliga forskare verksamma inom DRICKS har under 2009–2011 deltagit i både nationella och internationella konferenser, seminarier, branschmöten och forskarmöten, där syftena är att dels sprida forskningsresultaten inom DRICKS och dels att uppdatera kunskapen om frågeställningar och resultat som finns i dricksvattenbranschen såväl i Sverige som internationellt. I referenslistan (kapitel 7) är samtliga referee-granskade vetenskapliga artiklar samt artiklar som presenterats vid internationella konferenser listade. Exempel på viktiga konferenser är:

- Nordisk Dricksvattenkonferens (Köpenhamn 7-9 juni 2010)
- IWA-konferensen: WaterMicro (Naxos i Grekland, juni 2009)
- TECHNEAU: Safe Drinking Water from Source to Tap (Maastricht i Nederländerna, juni 2009)

Inom EU-projektet TECHNEAU har kunskap från DRICKS-projektet och erfarenheter från svenska dricksvattensystem spridits och publicerats i olika projektrapporter.

4.3 DRICKS hemsida

På DRICKS hemsida (www.dricks.chalmers.se) presenteras och informeras om de projekt som bedrivs, möjliga examensarbeten, publikationer, seminarier samt nyheter. De nyheter som presenteras, är både de som är direkt knutna till DRICKS arbete och sådana som på annat sätt är av allmänt intresse ur ett dricksvattenperspektiv.

Hemsidan har en enkel och informativ uppbyggnad där besökaren har tillgång till de senaste nyheterna på förstasidan. För att beskriva DRICKS presenteras såväl visionen som styrgrupp och finansörer. De olika doktorandprojekten är beskrivna och information om olika typer av publikationer finns att tillgå (vetenskapliga artiklar, konferensbidrag, populärvetenskaplig artiklar, rapporter och examensarbeten). Förslag på examensarbeten, liksom utförda examensarbeten inom DRICKS, finns elektroniskt tillgängliga och kan laddas ner i pdf-format. På hemsidan finns även information om kommande och redan arrangerade dricksvattenseminarier.

5 Undervisning kopplat till DRICKS

I detta kapitel beskrivs de insatser som gjorts inom grundutbildningen, utveckling av kurser och examensarbeten, för att verka för att fler studenter inriktar sig mot dricksvatten i sin utbildning vid Chalmers

5.1 Kursutveckling i civilingenjörsprogrammet

De kurser som ges vid Chalmers och som har direkt koppling till DRICKS-programmet finns samtliga i Masterprogrammet ”Infrastructure and Environmental Engineering”. Följande tre kurser har vidareutvecklats och undervisats dricksvatten i:

Drinking Water Engineering

Dricksvattenteknik i hela systemet behandlas i denna kurs vilken delas in i tre delmoment; råvatten, beredning och distribution. Vi har introducerat ett nytt moment i beredningsteknikdelen där studenterna använder sig av QMRA-verktyget (utvecklat i ett SVU-projekt) för att bedöma de hälso-mässiga riskerna för konsumenter som försörjs av vattenverk med varierande uppsättningar beredningsprocesser. Kursen är obligatorisk i programmet och årligen läser ca 60–70 studenter (både svenska och internationella) denna kurs. Kursen har fått mycket bra kritik av studenterna under dessa tre år, och även från flera konsultföretag i Göteborg som anställt nyutexaminerade civilingenjörer med va som huvudinriktning.

Environmental Risk Assessment in Engineering

Kursen syftar till att lära ut grunderna i riskbedömning och är främst fokuserad på miljörelaterade risker. Studenterna får en orientering i de olika delar som riskhanteringsarbetet består av och får fördjupa sig i hur risker kan analyseras. En central del av kursen utgörs av ett projektarbete där studenterna själva får analysera riskerna kopplade till ett förorenat område. En av de aspekter de ska beakta är vilka konsekvenser saneringen av området kan få på den intilliggande vattentäkten. I storleksordningen 40 studenter läser kursen varje år (svenska och internationella). Kursutvärderingen visade att ämnet uppfattades som angeläget och kursen har fått goda omdömen

Risk assessment and decision support in engineering

Denna kurs är fokuserad på hur riskanalyser kan användas som beslutsstöd i syfte att minska existerande risker till en acceptabel nivå. Under kursen lär sig studenterna tekniker för att jämföra åtgärdsalternativ och utvärdera resultaten. För att praktisera de teoretiska kunskaperna får studenterna genomföra ett projektarbete kopplat till ett dricksvattensystem. I storleksordningen 40 studenter läser kursen varje år (svenska och internationella).

5.2 Examensarbeten

Inom DRICKS har vi även denna period aktivt verkat för att få studenter att välja dricksvatteninriktningen fullt ut, d.v.s. genomföra sitt examensarbete inom dricksvatten. Vi har anordna särskilda studentträffar där vi informerar om DRICKS i allmänhet och beskrivit aktuella frågeställningar för branschen och föreslagit examensarbetsprojekt inom dricksvatten. Under periodens tre år har 21 studenter genomfört sitt examensarbete inom samtliga delområden – från råvatten till tappkran. På DRICKS hemsida (www.dricks.chalmers.se) under *Publikationer* är samtliga examensarbeten som genomförts under 2009–2011 presenterade, vilka även finns listade i rapportens kapitel 7, under Examensarbeten.

6 Slutsatser av DRICKS-projektet

I detta avsnitt redovisas viktiga resultat och slutsatser inom DRICKS under perioden 2009–2011

Under perioden 2009–2011 har DRICKS växlat upp av Svenskt Vatten satsade medel nästan fyra gånger.

Vi har planenligt genomfört en workshop tillsammans med andra grundvattensspecialister för att identifiera forskningsbehov och utifrån denna har en handlingsplan utarbetats som syftar till att få igång ett nytt doktorandprojekt.

Inom delområdet riskbedömning har en doktorsavhandling presenterats om tillämpade metoder som utvecklats för integrerad riskanalys och beslutsstöd i form av felträdsanalyser och multikriterieanalyser för beslutfattare. Ett arbete där risker i sammankopplade dricksvattensystem analyserats har påbörjats.

En doktorsavhandling har presenterats inom råvattenskydd där risker identifierats och kvantifierats och där en ny metod för att spåra mikrobiella föroreningars källor och ursprung utvecklats. I det pågående doktorandprojektet, där även en licentiatuppsats har presenterats, modelleras transport, spridning och inaktivering av mikrobiella föroreningar i ytvattentäkter vilket kan användas som stöd för beslut om uppströmsåtgärder.

Inom beredning har en doktorsavhandling inom numerisk modellering av flotationsanläggningar presenterats under perioden. Arbetet har bidragit med nya kunskaper om mekanismer i flerfasströmningen i flotationprocessen för att optimera processen. En fältstudie har genomförts i Sverige och Finland.

Förnyelsebehovet i distributionsnätet studeras inom ett industridoktorandprojekt. Rörbrottsfrekvenser studeras som underlag för beslut om en ledningssträcka skall förnyas eller lagas. Ekonomiska och hälsomässiga aspekter påverkar förnyelsebehovet där data från sjukvårdsrådgivningen ingår som underlag för denna typ av beslut.

Studier inom konsumentförtroende visar att svenska vattenproducenter och ansvariga tjänstemän och politiker bör utbildas mer kring tillit.

DRICKS har deltagit i flera nationella och internationella konferenser, seminarier, branschmöten och forskarmöten samt arrangerat två dricksvattenseminarier och en dricksvattenkonferens.

Slutligen har 21 studenter genomfört sina examensarbeten inom DRICKS.

7 Referenser

I detta kapitel redovisas alla publikationer som producerats inom DRICKS – från vetenskapliga artiklar, forskningsrapporter till populärvetenskapliga artiklar

Vetenskapliga publikationer

- Sokolova, E., Åström, J., Pettersson, T.J.R., Bergstedt, O., and Hermansson, M. (2011). Decay of Bacteroidales genetic markers in relation to traditional fecal indicators for water quality modeling of drinking water sources. *Env. Sci. Techn.*, 46 (2), 892–900.
- Lindhe, A., Rosén, L., Norberg, T., Bergstedt, O. & Pettersson, T.J.R. (2011). Cost-effectiveness analysis of risk-reduction measures to reach water safety targets, *Water Research*, 45 (1), 241–253.
- Rosén, L., Lindhe, A., Bergstedt, O., Norberg, T. & Pettersson, T.J.R. (2010). Comparing risk-reduction measures to reach water safety targets using an integrated fault tree model, *Water Science and Technology: Water Supply*, 10 (3), 428–436.
- Bondelind, M., Sasic, S., Pettersson, T.J.R., Karapantsios, T.D., Kostoglou, M., Bergdahl, L. (2010). Setting up a numerical model of a DAF tank: Aspects on turbulence, geometry and bubble size. *Journal of Environmental Engineering*, 136(12), 1424–1434.
- Bondelind, M., Sasic, S., Kostoglou, M., Bergdahl, L. and Pettersson, T.J.R. (2010). Single- and two-phase numerical models of Dissolved Air Flotation: Comparison of 2D and 3D simulations. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 365, 137–144.
- Pettersson, T. J. R., and Åström, J. (2010). Microbial Contaminants removal in a stormwater pond. In Highway and Urban Environment. Alliance for Global Sustainability Bookseries, Vol 17. Morrison, G.M.; Rauch, S.; Monzón, A. (Eds.), Springer, ISBN 978-90-481-3042-9.
- Lindhe, A., Rosén, L., Norberg, T. & Bergstedt, O. (2009). Fault tree analysis for integrated and probabilistic risk analysis of drinking water systems, *Water Research*, 43 (6), 1641–1653.
- Åström, J., Pettersson, T.J.R., Stenström, T.A., and Bergstedt, O. (2009). Variability analysis of pathogen and indicator loads from urban sewer systems along a river. *Water Science and Technology*, 59(2), 203–212.
- Swartz, C., and Pettersson, T.J.R. (2009). Water supply risk assessment in a rural village of a developing country. In: Drinking Water – Sources, Sanitation and Safeguarding, R4:2009, The Swedish Research Council – Formas, Editor: Jonas Förare. pp. 135–145. ISBN 978-91-540-6034-4.

Konferensartiklar

- Åström, J., Pettersson, T., Hermansson, M., Bergstedt, O. (2010). Kvantitativ mikrobiell källspårning med Bacteroidales qPCR för bedömning och åtgärder av patogenrisker i en ytvattentäkt. Den 7 Nordiske Drikkevandskonference, 7–9 juni 2010, DANVA – Dansk Vand- og Spildevandsforening, DGI-byen, Köpenhamn, Danmark.

- Sokolova, E., Borell Lövestedt, C., Pettersson, T.J.R. (2011) Fate and transport modelling of microbial pollution in a lake used as a drinking water source. Proceedings of the 34th IAHR World Congress, Brisbane, Australia 26 June – 1 July.
- Malm, A. Svensson, G. and Bäckman, H. (2011c). Strategic asset management in water and wastewater networks using present conditions. 4th Leading Edge Conference on Strategic Asset Management, 27–30 September, Mülheim, Germany.
- Malm, A., Pettersson, T.J.R. och Bergstedt, O. (2009) Förnyelseplanering av vatten- och avloppsförsörjningsnät i 18 svenska kommuner Nordisk avloppskonferens, 10–12 nov 2009, Odense, Danmark
- Malm, A., Pettersson, T.J.R. and Bergstedt, O., 2010. Health effects of quality disturbances in Swedish water distribution networks (In Swedish), Poster presented at the 7th Nordic Drinking Water Conference, Copenhagen, 7–9 June.
- Salehpour, Z., Pettersson, T.J.R., Rosén, L., Malm, A. & Lindhe, A. (2010). Risk-based asset management of potable water distribution systems: case study, In *Proceedings of the 7th Nordic Drinking Water Conference*, Copenhagen, 7–9 June, pp. 187–190, DANVA, Skanderborg.
- Swartz, C., Pettersson, T.J.R. & Lindhe, A. (2010). Risk assessment and risk management in water supply systems: State-of-the-art and case studies in southern Africa, Paper presented at the WISA (Water Institute of South Africa) 2010 Biennial Conference & Exhibition, Durban, April 18–22.
- Lindhe, A., Rosén, L., Bergstedt, O., Norberg, T. & Petterson, T.J.R. (2009). Quantitative risk assessment of water supply systems from source to tap, In *TECHNEAU: Safe Drinking Water from Source to Tap*, van den Hoven, T. & Kazner, C. (Eds.) , pp. 203–215, IWA Publishing, London.
- Norberg, T., Rosén, L. & Lindhe, A. (2009). Added value in fault tree analyses, In *Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications*, Martorell, S., Guedes Soares, C. and Barnett, J. (Eds.), pp. 1041–1048, Taylor & Francis Group, London.

Doktorsavhandlingar

- Bondelind, M. (2011). Dissolved Air Flotation, Chalmers tekniska högskola, Inst. Bygg och Miljöteknik, Avd. Vatten Miljö Teknik, Göteborg.
- Åström, J. (2011). Microbial Risks in Surface Water Sources. Chalmers tekniska högskola, Inst. Bygg och Miljöteknik, Avd. Vatten Miljö Teknik, Göteborg.
- Lindhe, A. (2010). Risk Assessment and Decision Support for Managing Drinking Water Systems. Chalmers tekniska högskola, Inst. Bygg och Miljöteknik, Avd. GEO, Göteborg.

Licentiatuppsatser

- Sokolova, E. (2011) Hydrodynamic and Microbiological Modelling of Water Quality in Drinking Water Sources. Inst. Bygg- och Miljöteknik, Avd. Vatten Miljö Teknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Lic 2011:2.

Bondelind, M. (2009). Numerical Modelling of Dissolved Air Flotation. Inst. Bygg- och Miljöteknik, Avd. Vatten Miljö Teknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Lic 2009:6.

Rapporter

Malm, A. (2010) Invändig inspektion av vattenledningar Svenskt Vatten Rapport 2010-11

Lindhe, A. (2010). Riskanalys från råvatten till tappkran, Rapport 2010-08, Svenskt Vatten Utveckling, Stockholm.

Lindhe, A. (2010). *Risk Assessment and Decision Support for Managing Drinking Water Systems*, PhD Thesis No. 3119, Chalmers University of Technology, Gothenburg.

Lindhe, A. (2010). *Risk Evaluation and Decision Support for Drinking Water Systems*, Deliverable no. D4.2.5, D4.4.2, TECHNEAU.

Rosén, L., Lindhe, A., Chenoweth, J., Fife-Schaw, C. & Beuken, R. (2010). *Decision support for risk management in drinking water supply: Overview and framework*, Deliverable no. D4.4.1, TECHNEAU.

Lindhe, A., Sturm, S., Røstum, J., Kožíšek, F., Gari, D.W., Beuken, R. & Swartz, C. (2010). *Risk assessment case studies – Summary report*, Deliverable no. D4.1.5g, TECHNEAU.

Åström, T., Pettersson, T.J.R. (2010). Technical efficiency of existing risk reduction options in surface water systems. Deliverable no. D4.3.3, TECHNEAU.

Åström, J. & Pettersson, T. (2009) Mikrobiologisk förorening av ytvattentäkter – kommunala avloppsutsläpp och stokastisk simulering. Svenskt Vatten Utveckling rapport nr. 2009-04. Inst. Bygg och Miljöteknik, Avd. Vatten Miljö Teknik. Göteborg. Chalmers: 44.

Hokstad, P., Røstum, J., Sklet, S., Rosén, L., Pettersson, T.J.R., Lindhe, A., Sturm, S., Beuken, R., Kirchner, D. & Niewersch, C. (2009). *Method for risk analysis of drinking water systems from source to tap – Guidance report on risk analysis*, Deliverable no. D4.2.4, TECHNEAU.

Populärvetenskapliga artiklar

Åström, J. (2011). Mikrobiologiska risker och ytvattentäkter. Svenskt Vatten, 2011:4, 14.

Lindhe, A. (2011). Riskbedömningar och beslutsstöd för dricksvattenproducenter, *Svenskt Vatten*, 11 (2).

Examensarbeten

Fihlman, V. (2011). Kartläggning av avföringspåverkan på Slumpån, ett biflöde till Göta älv. Kandidatuppsats, Institutionen för växt- och miljövetenskap, Göteborgs Universitet (med handledning från DRICKS/Chalmers).

Friis C., Gräsberg, H., Höglund, A. och Sjöholm, J. (2011) Hälsomässiga risker på vattenledningsnät: En studie av sambandet mellan trycklöst ledningsnät vid reparation av rörbrott och magbesvär hos konsument, Kandidatarbete BMTX01-11-65, Inst. för Bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola.

- Dahlström, R. (2011). Usability of QMRA in artificial recharge. Master's Thesis, Chalmers University of Technology.
- van der Heiden, F. & Lithén, J. (2011). Groundwater Modelling of the Vårgårda Aquifer. Focus on the Capture Area at Storehagen. Master's thesis: In press, Chalmers University of Technology.
- Ljungqvist, A. och Nissén Sørensen, D. B. (2011) Rörbrottsdatabas och rörbrottsanalys – För Göteborg Vattens dricksvattendistributionsnät, Examensarbete/rapport No. 60/2011, Inst. för Material- och tillverknings teknik, Chalmers tekniska högskola.
- Aalto, J., Arnold, A., Bini, K., Jurkiewicz, A., Öjeborn, S., och Örnmark, T. (2011). Uppehållstid och desinfektionseffektivitet i vattenverk – En litteraturstudie i dricksvattenförsörjning samt spårämnesförsök med kalk i kontaktbassänger. Kandidatarbete, Inst. för Bygg- och miljöteknik. Chalmers tekniska högskola.
- Alam, M. (2010). Decision support on risk reduction alternatives in drinking water systems: A multi-criteria analysis for making risk management decisions. Examensarbete 2010:124, Inst. för Bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola.
- Kullgren, E. & Perdell, J. (2010). Mapping Groundwater Contamination Risks in the SADC Region. Master's Thesis 2010:118, Chalmers University of Technology.
- Flood, S. & Landquist, H. (2010). Method Development for Groundwater Vulnerability Mapping in the SADC Region. Master's Thesis 2010:48, Chalmers University of Technology.
- Salehpour Gargari, Z. (2009). Risk-based asset management of potable water distribution systems: case study Göteborg. Examensarbete 2009:89, Inst. för Bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola.
- Lundström, P. & Sundell, J. (2009). Risk and Vulnerability Analysis of Drinking Water Supplies, Master's Thesis 2009:34, Chalmers University of Technology.
- Hartlid, C. (2009). Mikrobiologisk riskanalys av dricksvattenförsörjningen i Lilla Edets kommun – Möjliga orsaker till ett vattenburet sjukdomsutbrott. Examensarbete, Institutionen för växt- och miljövetenskap, Göteborgs Universitet (med handledning från DRICKS/Chalmers).
- Johansson, F. (2009). Rehabilitation of water distribution pipelines: Evaluation of criteria. Examensarbete 2009:9, Inst. för Bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola.
- Zhang, C. (2009). A three-dimensional model of Göta älv for water quality simulation. Examensarbete 2009:7, Inst. för Bygg- och miljöteknik, Chalmers tekniska högskola.

Bilaga 1

Kostnaderna för SVUs bidrag till DRICKS under perioden 2009–2011 har fördelats på löner, övriga kostnader och overheadkostnader enligt följande.

Kostnader DRICKS 2009–2011 (kkkr)		
Löner	2 116	
Övriga kostnader ¹	700	
Overheadkostnader	1 215	30%
Totala kostnader	4 032	

1 Övriga kostnader fördelas på lokaler, utrustning, material, köpta tjänster och resor.

Lönekostnaderna under perioden har fördelats på de olika delområdena enligt följande.

Lönekostnader (kkkr)	
Projektledning	217
Risikanalys	590
Råvattenskydd – ytvatten	1 093
Råvattenskydd – grundvatten	172
Beredning	72
Distribution	72
Konsument	0
Totalt lönekostnad	2 216



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se