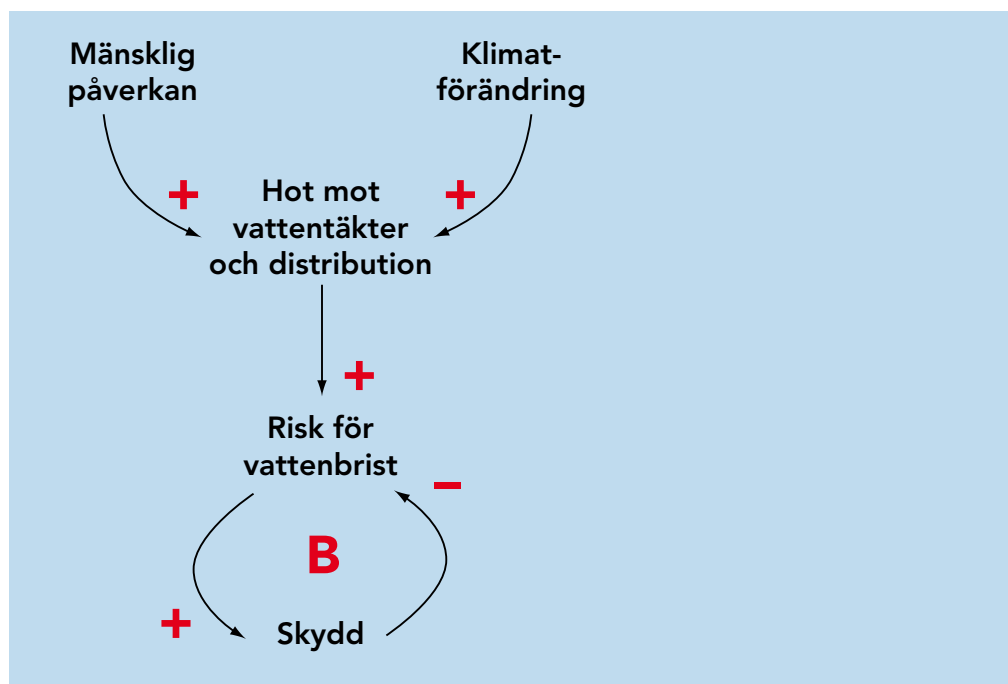


Relevant skydd för svenska vattentäkter

Rolf Larsson & Rikard Lidén



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet.

SV-Utveckling (fd VA-Forsk) initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. 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
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

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

Anders Lago, ordförande	Södertälje
Olof Bergstedt	Göteborg Vatten
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Per Fåhraeus	Varbergs Kommun
Carina Färm	Mälarenergi AB
Daniel Hellström	Svenskt Vatten AB
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Marie Nordkvist Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand	Norsk Vann, adjungerad

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

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
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:	Relevant skydd för svenska vattentäkter. Vattenplanering utgående från ramdirektivet för vatten med hjälp av systemanalys.
Title of the report:	Optimum protection of Swedish water sources. Water resources planning according to the Water Framework Directive using systems analysis.
Rapportens beteckning Nr i serien:	2008-16
Författare:	Rolf Larsson och Rikard Lidén, Tekn Vattenresurslära, LTH/Lunds Universitet.
Projekt nr:	25-112
Projektets namn:	Relevant skydd för svenska vattentäkter. Vattenplanering utgående från ramdirektivet för vatten med hjälp av systemanalys.
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling (fd VA-Forsk)
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	43 A4
Sökord:	Vattentäkt, skydd, systemanalys, planering, ramdirektiv
Keywords:	Water source, protection, systems analysis, planning, framework directive
Sammandrag:	Systemanalys har använts för planering av skydd av vattentäkter. Metoden har testats för Lagans avrinningsområde, speciellt Laholm, Ljungby och Värnamo. Resultaten är positiva och visar att metoden även kan användas för mer generell vattenplanering.
Abstract:	Systems analysis has been applied to protection of water resources. The method was tested for the River Lagan basin, especially the cities of Laholm, Ljungby and Värnamo. The results were positive and show that the method could be used for water resources planning in a wider sense.
Målgrupper:	Tjänstemän inom kommun och länsstyrelser med ansvar för vattenplanering.
Omslagsbild:	Principiell mental modellering av skyddsbehov. [Rikard Lidén]
Tryckta rapporter beställs från:	Svenskt Vattens distribution, Box 262, 591 23 Motala. Alla rapporter finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2008
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Detta projekt är ett samarbe mellan Teknisk Vattenresurslära, LTH/ Lunds Universitet och tre kommuner: Laholm, Ljungby och Värnamo. Huvudansvariga för projektet har varit Rikard Lidén och Rolf Larsson vid LTH, som också står som författare till rapporten. Rikard har i projektets slutskede flyttat till Sydafrika och Rolf har därför utformat den slutliga versionen av rapporten.

Projektet har finansierats av Svensk Vatten som SVU projekt 25-112 och av de tre deltagande kommunerna. Enligt den ursprungliga planeringen skulle projektet slutföras November 2006. Den försenade slutrapporteringen, vilken vi beklagar, beror endast på författarna och vi tackar Svenskt Vatten och de deltagande kommunerna för visad förståelse.

OBS! Vi ber läsarna tänka på att fördröjningen i rapportskrivandet gjort att en del fakta rörande kommunernas vattenhantering – såsom den tecknas i kapitel 3 – kan vara inaktuell när rapporten trycks. Detta har dock ingen principiell betydelse för resultat och slutsatser från projektet.

Stort tack till Svenskt Vatten och Laholm, Ljungby och Värnamo kommuner för gott samarbete!

Lund 15 augusti, 2008

Rolf Larsson

Innehåll

Sammanfattning	6
Summary	7
1 Introduktion	8
1.1 Ramdirektivet och samverkan	8
1.2 Behov av samsyn och konkreta verktyg	8
1.3 Detta projekt, bärande idé	9
1.4 Syfte och begränsningar	10
2 Systemanalys	11
2.1 Bakgrund	11
2.2 CLD (Causal Loop Diagram)	11
2.3 STELLA, kvantitativ modellering	12
2.4 Applikationer för skydd av vattentäcker	12
2.5 Erfarenheter från tidigare projekt	14
3 Lagans avrinningsområde	15
3.1 Översiktlig beskrivning	15
3.2 Värnamo	16
3.3 Ljungby	18
3.4 Laholm	20
3.5 Dricksvatten och skyddsområden – sammanfattning	23
3.6 Vattenöverföringar	24
3.7 Samverkan inom Lagans avrinningsområde	25
4 Tillämpning av systemanalys	26
4.1 Problemställning	26
4.2 CLD analys (hot–nytta)	26
4.3 STELLA modellering, fallstudier	30
4.4 Erfarenheter	36
5 Arbetsgång (manual): Systemanalys som verktyg för relevant skydd av vattentäcker	38
5.1 Generella steg	38
5.2 Bruttolista på variabler som bör beaktas	38
5.3 Grundläggande orsakssamband/CLD	38
5.4 STELLA modellering och kvantifiering	39
5.5 Evaluering	40
6 Slutsatser	41
6.1 CLD och gruppmodellering	41
6.2 STELLA modellering för nyttoanalys	41
7 Referenser	42

Sammanfattning

Syftet med detta projekt har varit att utforma och testa metoder för att göra konkreta analyser av nytta/kostnad som underlag för beslut i vattenplaneringsfrågor. Projektet har lagts upp som ett pilotprojekt där problemställningen är begränsad till skydd av dricksvattentäkter. Tre kommuner i Lagans avrinningsområde har deltagit, nämligen Laholm, Ljungby och Värnamo. Dessa kommuner använder sig uteslutande av grundvattentäkter för sin vattenförsörjning. Alla tre har liknande intressekonflikter kring skyddet av vattentäkterna där ekonomiskt viktiga aktiviteter som jordbruk, infrastruktur och exploatering ibland måste balanseras mot vattenintresset.

Systemanalys är en metod som kan ge beslutsunderlag i komplexa situationer. En redogörelse för principerna och erfarenheter från vattenområdet ges i rapporten. De två huvudkomponenterna i systemanalys är i) CLD (Causal Loop Diagram) vilket ger en pedagogisk och väldefinierad bild av systemets struktur och orsak/verkan; och ii) kvantitativ analys. I projektet genomfördes en konkret systemanalys för skydd av vattentäkter med aktivt deltagande från tjänstemän från olika förvaltningar i de tre kommunerna.

Resultatet från projektet, visar att gruppmodellering med framtagande av CLD är en värdefull metod för att analysera komplexa system såsom (skydd av) dricksvattenförsörjning. I en enkät angav de deltagande tjänstemännen att de fann metoden klart intressant och användbar.

Vad gäller den kvantitativa analysen med hjälp av modelleringsverktyget STELLA så är erfarenheterna från projektet blandade. Å ena sidan är själva kvantifieringen, d.v.s. övergången från den konceptuella bilden enligt CLD till en numerisk modell, enkel och pedagogisk. Samtidigt är noggrannhet och precision i resultaten avhängiga av omfattande bakgrundsdata, vilket normalt kräver mycket arbete. Modellering med hjälp av STELLA (el.motsvarande mjukvara) kan i rätt sammanhang vara förtjänstfull. Vad som är rätt sammanhang måste bedömas från fall till fall.

Om skydd av vattentäkter ska planeras på ett rationellt sätt är systemanalys ett bra verktyg. Gruppmodellering med framtagande av CLD bör ses som ett pedagogiskt hjälpmedel för att skapa en gemensam bild av hur systemet fungerar. Användningsområdet kan utvidgas till att omfatta vattenplanering i vidare bemärkelse enligt ramdirektivet.

Summary

The objective of this project has been to design and test methods for making analyses of cost/benefit as decision support for water planning issues. The project has been limited to the case of protection of water sources. Three municipalities in the River Lagan Basin have been actively involved in the project: Laholm, Ljungby and Värnamo. These municipalities are exclusively dependent on groundwater for their water supply. All three municipalities have similar conflicts of interest where economically important activities such as agriculture, infrastructure and land development sometimes are pitched against the needs of water supply.

System analysis is a method which may provide background information for decision in complex situations. A description of the principles of the method and experiences from its use for water resources management are provided in the report. The two main components of systems analysis are i) CLD (Causal Loop Diagram) which gives a pedagogical and well defined picture of system structure and causal relationships; and ii) quantitative analysis. A systems analysis of protection of water sources was made with active participation by key experts from different offices in the three municipalities.

The project illustrates that group modeling aimed at producing a CLD is a useful method for analyzing complex systems such as (protection of) water supply. A survey made among the participating experts show that they found the method interesting and useful.

Concerning the quantitative analysis, using STELLA software, the experiences from the project are mixed. The quantification itself, i.e. the transition from the CLD to the numerical model, is simple and smooth. On the other hand, accuracy in the results depends on extensive background data, which normally requires a lot of effort to produce. Modelling with STELLA (or similar software) may, in the proper circumstances, be useful. What “proper circumstances” are must be judged on a case-to-case basis.

If protection of water sources is to be planned in a rational way, then systems analysis is a good tool. Group modeling resulting in a CLD should be seen as a pedagogical way of creating a common picture of system behaviour. The field of usage can be extended to include water resources planning in the terminology of the Water Framework Directive.

1 Introduktion

1.1 *Ramdirektivet och samverkan*

EUs Ramdirektiv för Vatten fastställdes år 2000 som en övergripande strategi för vattenmiljöförvaltningen inom EU. Syftet med Ramdirektivet är att skapa en helhetssyn på hanteringen av vattenfrågor inom EU samt enhetlighet i den lagstiftning som skall styra vattenvården. För information om implementeringen av Ramdirektivet i Sverige hänvisas till Naturvårdsverkets webbportal (www.vattenportalen.se) och Vattenmyndigheternas webbportal (www.vattenmyndigheterna.se).

Ramdirektivet för Vatten infördes i svensk lagstiftning år 2004, se SFS (2004). Implementeringen av direktivet i Sverige har sedan dess pågått med ökande intensitet i arbetet. Vattenmyndigheter har etablerats i fem vattendistrikt. En fördjupad kartläggning av alla Sveriges vatten har i maj 2008 just slutförts. För Lagan anges att de viktigaste problemen vad gäller vattenkvalitet är övergödning och försurning. Denna kartläggning skall leda till åtgärdsprogram, förvaltningsplaner och genomförande av åtgärder för att nå en god ekologisk status år 2015.

Enligt Naturvårdsverkets beskrivning av Ramdirektivet (SNV, 2005) är deltagande, engagemang, solidaritet och samverkan nyckelbegrepp för att genomföra direktivet. Som en viktig del i beslutsprocessen skall därför samråd hållas. Samråd hålls med alla berörda parter för att myndigheterna ska kunna förmedla de förslag som tagits fram samt ta in synpunkter på förslagen. Åtgärdsprogrammet förväntas innehålla information om hur samråd ska genomföras eftersom det är viktigt att kommunikation sker för ökad medvetenhet, medverkan och påverkan.

För att få en bra samverkan uppmuntrar vattenmyndigheterna till att bilda vattenråd (VVV, 2006). Tanken är att dessa skall bli den kanal som samrådesmaterial skall skickas till och där förslag kan analyseras och förankras innan beslut tas av vattendelegationen. Det är tänkt att det skall finnas ett vattenråd för varje avrinningsområde. En del avrinningsråd har nu hunnits bildas, bl.a. just för Lagan som detta projekt behandlar.

1.2 *Behov av samsyn och konkreta verktyg*

Enligt Hjort et al (2005) kan inte ramdirektivet för vatten förverkligas utan samverkan och lokalt engagemang i enskilda avrinningsområden. Lokala intressenter, dvs. kommuner, företag, organisationer och allmänhet, ska få möjlighet att aktivt påverka de mål, åtgärdsprogram och förvaltningsplaner som utarbetas.

Framför allt gäller detta processen att ta fram åtgärder för att förbättra kvaliteten på våra vatten. Dessa åtgärder måste ställas i relation till den nytta som åtgärderna kommer att göra. Hellström et al (2005) menar därför att i de fall åtgärder övervägs bör underlag tas fram så att en kostnads- och nyttoanalys kan göras (figur 1-1). Risken är annars

att orimliga åtgärdsprogram fastställs av myndigheterna vilket leder till stora problem för de lokala intressenterna.

En kostnads- och nyttoanalys av vattenförbättrande åtgärder innebär att alla konsekvenser för miljön måste vägas mot kostnaderna för åtgärderna. En ekonomisk kvantifiering av nyttan måste göras genom att ta hänsyn till alla aspekter som en förbättrad miljö innebär för alla typer av intressenter. För detta krävs konkreta verktyg som möjliggör att analysen blir likartad i olika vattendrag och så objektiv som möjligt. Dessutom måste dessa verktyg vara så enkla att analysen är begriplig för allmänheten.

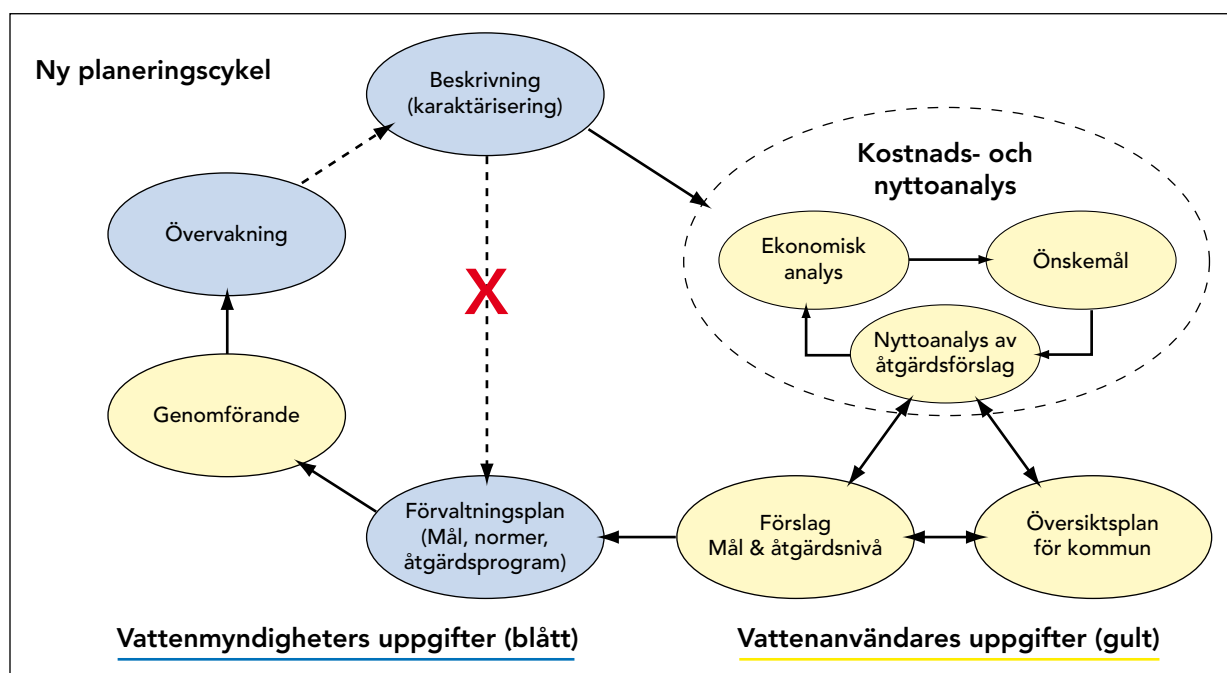
Enligt Hellström et al (2005) menar också att det är viktigt att de beslut om mål och åtgärder som tas, i så hög grad som möjligt skall vara baserade på fakta. Man bör sträva efter den bästa lösningen med hänsyn till alla aspekter och med så tillförlitligt underlag som möjligt.

1.3 Detta projekt, bärande idé

Hellström et al (2005) beskriver processen för hur man tar fram underlag och analyser enligt nedan:

Initialt får man via samråd börja med att systematiskt kartlägga alla önskemål, befärade hot eller störningar, risker, observerade förändringar och tillstånd, som kan ha sin orsak i den användning av vatten som sker genom uttag, utsläpp eller andra ingrepp. Alla dessa risker, hot, störningar bör analyseras så att relevanta problemställningar kan utkristalliseras och icke-relevanta hot kan avföras.

Olika typer av numeriska modeller finns för att beskriva och analysera t.ex. vattenkvalitet i ytvatten och grundvatten inom ett begränsat system så som en akvifer eller ett avrinningsområde. Dessa modeller är



Figur 1-1 Implementering av ramdirektivet, efter Hellström et al (2005).

normalt fokuserade på enskilda tekniska problemställningar och är begränsade i att göra multi-disciplinära analyser. T.ex. finns sällan kopplingar till ekonomiska modeller.

Tanken med detta projekt är att utforma och testa metoder för att göra konkreta analyser av nytta/kostnad som underlag för beslut i vattenplaneringsfrågor. Detta är ett nödvändigt steg om man praktiskt ska kunna följa Svenskt Vattens intentioner som de har tolkats i samband med detta projekt och i denna rapport.

1.4 Syfte och begränsningar

Det övergripande syftet med projektet är

- att undersöka om *systemanalys* är ett verktyg som kan användas för gemensam kostnads- och nyttoanalys av mål och åtgärdsprogram för att uppnå god vattenstatus i ett avrinningsområde.

På grund av att mål och åtgärdsprogram för att uppnå god vattenstatus varierar kraftigt beroende på problemställning och vattenanvändning är det dock väldigt svårt att generellt svara på om systemanalys är ett möjligt verktyg. Projektet har därför lagts upp som ett pilotprojekt där problemställningen är begränsad till skydd av dricksvattentäkter. Vikten av att skydda existerande och potentiella vattentäkter betonas också särskilt i vattendirektivet. Projektet avgränsas vidare genom att den geografiska utbredningen är begränsad till ett medelstort sydsvenskt avrinningsområde, Lagan.

Mer specifikt är syftet därför

- att utifrån Lagans avrinningsområde utveckla och testa metoder för hur dricksvattentäkter bedöms i fråga om nytta och hotbild för att anpassa bästa möjliga skydd av dessa.
- att tillsammans med branschfolk inom kommunal VA-, Teknisk- och Miljöförvaltning, ta fram konkreta förslag på hur ett rimligt skydd för dricksvattentäkter inom ett avrinningsområde kan tas fram för att säkra en god och kostnadseffektiv vattenförsörjning till kommunernas innevånare.

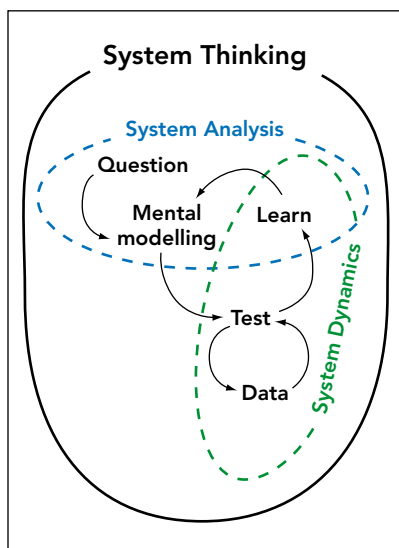
2 Systemanalys

2.1. Bakgrund

Det vi här avser med systemanalys är en metod för att beskriva och analysera komplexa system, se figur 2-1. Denna metod opererar inom ett större fält som vi kallar *systemtänkande*, vilket är ett förhållningssätt som poängterar att helheten är viktigare än sina beståndsdelar, Forrester (1961), Richmond (1994).

Metoden systemanalys tillämpas i två steg, Sterman (2001). Det första steget kallas *mental modellering* och går ut på att bygga en första teroretisk modell av det verkliga systemet. I detta arbete ingår att bestämma vilka delprocesser som är så viktiga att de ska ingå i modellen och att samtidigt bestämma hur delprocesserna är kopplade till varandra. Vi kommer att använda en speciell teknik CLD (Causal Loop Diagram) för att genomföra detta steg. CLD beskrivs i kapitel 2.2.

Efter det att man skapat en modellstruktur med hjälp av CLD återstår för en kvantitativ analys, *systemdynamik*, att implementera strukturen i en matematisk modell med ekvationer, parametrar och numeriska värden. Vi använder i detta projekt en kommersiell mjukvara som heter STELLA för detta ändamål. STELLA beskrivs i kapitel 2.3.



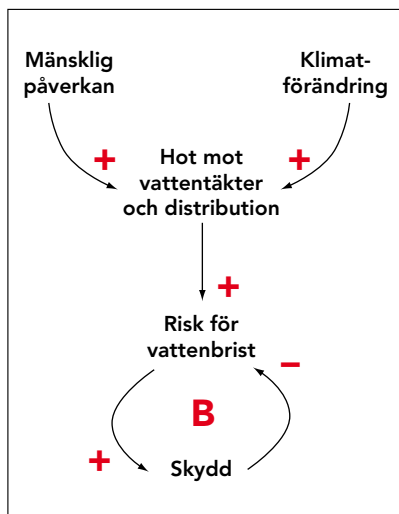
Figur 2-1
Grunderna i systemtänkande.

2.2 CLD (Causal Loop Diagram)

Målet för den mentala modelleringen – som här bygger på CLD – är att bygga en struktur för systemet som ska analyseras. En enkel struktur avseende problemet med skyddsbehov för vattentäkter illustreras i figur 2-2. Pilarna anger påverkan från en delprocess till en annan. Plustecken anger positiv korrelation medan minus anger negativt korrelerad påverkan. I figur 2-2 visas att om "mänsklig påverkan" ökar så ökar även "hot". Ett exempel på negativ påverkan i samma figur gäller effekten av ökande "skydd" som här anges som minskande "risk".

Ytterligare ett begrepp som illustreras i figur 2-2 är *balanserande loop*. Den betecknas med B i figuren och i detta exempel innebär det att ökande "risk" ger ökande "skydd" som ger minskande "risk". Detta ger alltså balans i systemet, i motsats till en *förstärkande loop* som fiktivt hade existerat om ökande skydd gett ökande risk.

Arbetet med att komma fram till en mental modell som den i figur 2-2 är en mycket viktig del av hela metoden. Det handlar nämligen här om att göra en analys och att, framför allt, olika intressenter ska få en gemensam bild av problemet samt att eventuella åsiktsskillnader ska vara tydliga för alla. När flera intressenter samverkar i framtagande av den mentala modellen används begreppet *gruppmodellering*.



Figur 2-2
Principiell mental modellering av skyddsbehov. "Vattenbrist" ska tolkas som brist på vatten av god kvalitet.

En lämplig arbetsordning för att komma fram till den mentala modellen är att gå igenom följande steg:

- Definiera problemet och frågan
- Identifiera och sortera variabler efter viktighet
- Identifiera sambanden mellan variabler och rita CLDs
- Diskutera, lär och gör om!
- Konkludera

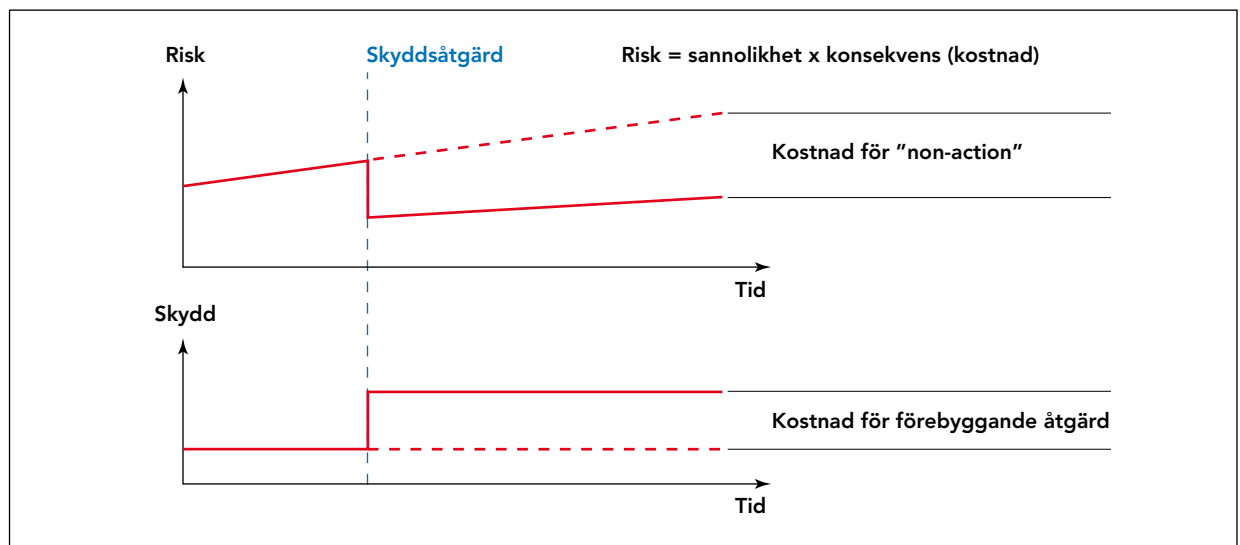
2.3 STELLA, kvantitativ modellering

STELLA är ett kommersiellt datorprogram som saluförs av företaget isee systems, inc. (www.iseesystems.com). Programmet används som ett hjälpmedel, framför allt för att kvantifiera den modellstruktur som byggts upp i den mentala modelleringen. Med ett användarvänligt grafiskt gränssnitt kan man bygga upp de matematiska samband som tillsammans definierar den numeriska modellen av hela systemet.

Med STELLA följer ett helt batteri av fördefinierade funktioner och samband. Arbetet med preprocessor (data input) och postprocessor (presentation av resultat) är strömlinjeformat. Vi har valt att använda STELLA för att göra den kvantitativa analysen i detta projekt. Det bör dock påpekas att det bara handlar om ett hjälpmedel och att den övergripande metodiken inte påverkas av detta val.

2.4. Applikationer för skydd av vattentäkter

Utgångspunkten för detta projekt var att man skulle kunna göra en optimering av skyddet av vattentäkter. Optimeringen består i att den totala kostnaden – som antas bestå av kostnad för risk plus kostnad för skydd – minimeras. För att detta ska fungera måste analysen leda fram till

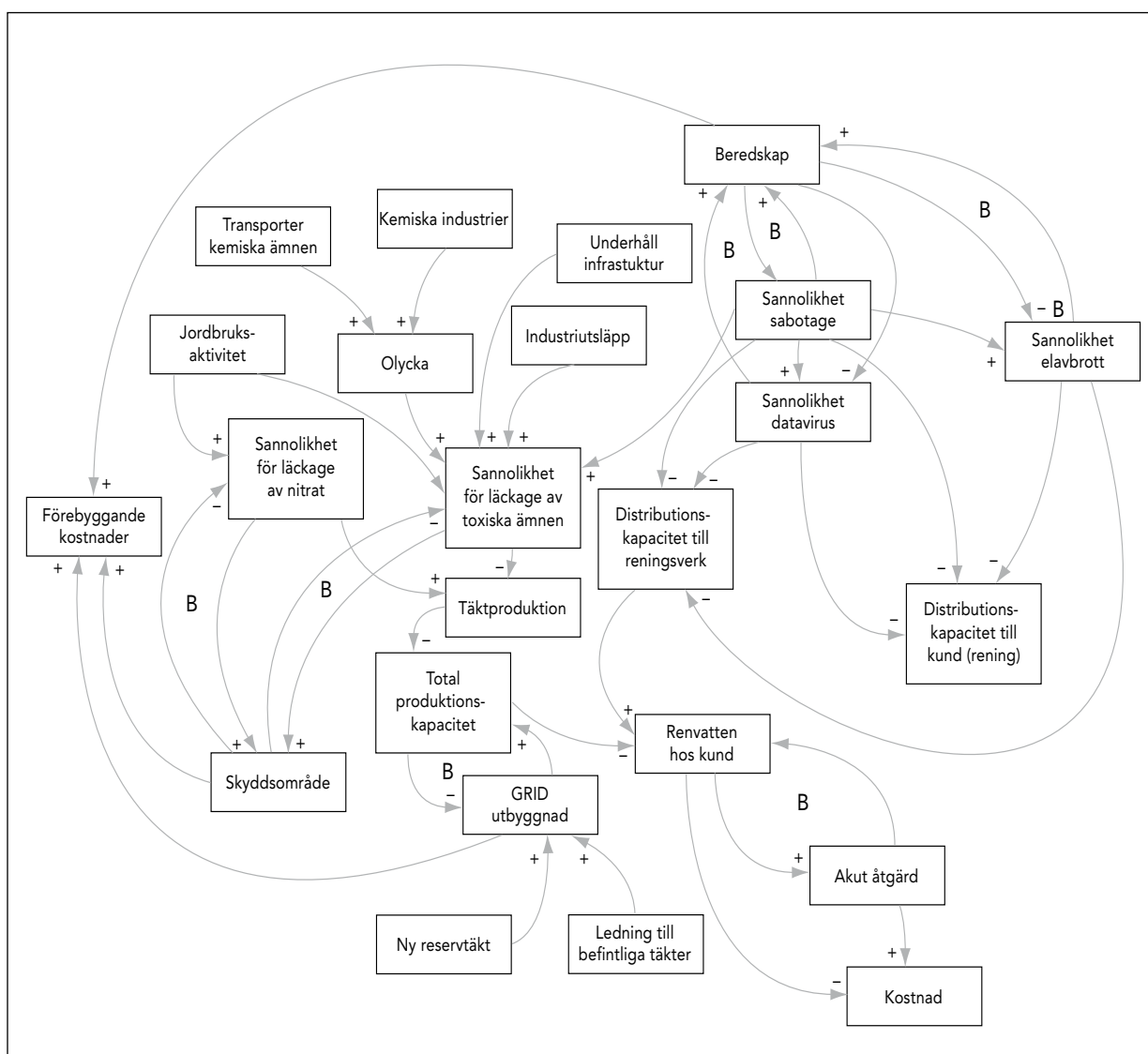


Figur 2-3 Principiell numerisk modellering av skyddsbehov.
Exempel med engångsåtgärd som minskar sannolikheten för störning.

- Kvantifiering av sannolikhet för störningar som funktion av skyddsnivå
- Kostnader associerade med störningar
- Kostnader för skydd

I figur 2-3 illustreras hur dessa samband skulle kunna se ut.

För att kunna göra den kvantitativa analysen erfordras att man först analyserar det övergripande systemet vad gäller skydd av vattentäkter, vilket i detta projekt görs genom en mental modellering (CLD). En sådan modell skulle kunna se ut som i figur 2-4. Fördelarna med systemanalysen antas ligga både i processen och i slutresultatet. Processen består i den gruppmodellering som kortfattat beskrivits i 2.2. För skydd av vattentäkter är det ganska uppenbart att det dels handlar om ett komplext system med flera olika riskkomponenter och dels att det finns olika och ibland motstående intressen. I gruppmodelleringen bör man komma överens om den övergripande strukturen och hur komponenterna hänger ihop. I de fall man inte är överens så bör åtminstone



Figur 2-4 Principiell detaljerad CLD för säker dricksvattenleverans.
OBS, endast avsedd som illustration av möjligheterna i metoden.

åsiktskillnaderna bli tydliga för alla parter. ”Man blir överens om vad man inte är överens om”.

Slutresultatet i form av en numerisk modell (Exempelvis STELLA) kan användas för att utvärdera olika handlingsalternativ, se figur 2-3. Det kan handla om risker och/eller kostnader. Det ska dock påpekas att resultaten självklart är beroende av tillförlitlighet och noggrannhet i indata.

2.5 Erfarenheter från tidigare projekt

Ett viktigt exempel på hur systemanalys kan användas praktiskt i samband med vattenplanering är det amerikanska ”*Shared Vision Planning*” (SVP) som drivs av US Army Corps of Engineers, USACE (2007). SVP kan betraktas som ett förhållningssätt som inkluderar både metod och verktyg för att arbeta med vattenresursplanering. Systemanalys och den typ av mjukvara som används i vårt projekt är byggstenar i SVP. Det finns ett flertal fallstudier där SVP använts, t. ex. ”*Boston Metropolitan Studies (National Drought Study)*” och ”*California State Water Planning Support*”, USACE (1994). Syftet med SVP är att verka för hållbara lösningar på vattenresursproblem. Metoden bygger på att underlätta för olika intressenter att skaffa sig en gemensam förståelse för systemen och att val av lösningar därigenom kan ske på ett mer tydligt och optimalt sätt. Tankarna bakom metoderna påminner mycket om de som använts i detta SVU-projekt.

Forskningsmässigt har systemanalys använts för att undersöka hållbarhet i samband med vattenresursplanering i en avhandling av Bagheri (2006). Han använde systemanalys som ett verktyg för att illustrera och analysera dynamiken i vattenresurshantering. Speciellt påpekade han den stora betydelsen av de olika återföringsmekanismer (eng. feedback) som påverkar hur systemen fungerar.

3 Lagans avrinningsområde

3.1 Översiktlig beskrivning



Figur 3-1

Lagans avrinningsområde. De kommuner som deltagit i projektet är Laholm, Ljungby och Värnamo. Källa (www.lagansvattenvardsforening.com).

Lagan är en av de stora "Hallandsfloderna", 244 km lång (www.lagansvattenvardsforening.com). Den har sina källor i småländska höglandet och rinner ut i Laholmsbukten. Avrinningsområdet, se figur 3-1, har en area av 6 454 km². Området är sjörikt och inom Lagans avrinningsområde finns flera stora sjöar som t.ex. Bolmen, Vidöstern och Rusken. Den procentuella andelen total sjöyta är 9 %. Viktiga biflöden är Bolman, Skålan och Härån.

Administrativt tillhör Lagan Vattenmyndigheten i Västerhavets vattendistrikt och avrinningsområdet berör 15 kommuner och 4 län. I detta projekt deltar följande kommuner: Laholm, Ljungby och Värnamo.

Totala befolkningen inom avrinningsområdet är cirka 120 000. De viktigare tätorterna inom området är Laholm, Ljungby, Värnamo, Sävsjö och Markaryd. Sysselsättningen i området bygger mycket på småindustri, lantbruk i sydväst och skogsbruk i övriga delar. Detta avspeglas i markanvändningen.

Ytvattenresurser

Avrinningsområdet är relativt nederbördsrikt med värden på upp emot 1 000 mm/år i vissa delar. Medelflödet i Lagan vid mynningen är 60 m³/s, vilket motsvarar 293 mm/år.

E.ON har 18 vattenkraftverk i Lagan med en sammanlagd effekt på 130 MW och en normalårsproduktion på 535 GWh, se www.eon.se.

Som nämnts ovan så är området rikt på sjöar. Bolmen är störst med en yta av 180 km² och dessutom strategiskt viktigast genom att den är råvattenresurs för västra Skåne med bortåt 400 000 personer (www.sydvatten.se).

Grundvattenresurser

De största grundvattentäkterna i Laholms kommun ligger på Laholmslätten. De östliga delarna av Laholmsslätten kännetecknas av ytliga sand- och gruslager underlagrade av lera, medan de västra delarna utgörs av mäktiga lerlager. Under hela Laholmsslättens lerlager förekommer lokalt mera genomsläppligt material. Dessutom finns isälvsavlagringar inom vissa sträckningar, men dessa framträder ofta svagt vid markytan då det vanligen stora jorddjupet döljer huvuddelen av den.

Här följer en genomgång av situationen vad gäller vattenförsörjning och skyddsområden för de tre i projektet deltagande kommunerna, Värnamo, Ljungby och Laholm. Fullständighet och detaljeringsgrad skiljer sig åt en hel del. Dock framträder sammanlagt en någorlunda enhetlig bild av problem och möjligheter. Denna sammanfattas i avsnitt 3.5.

Caveat: Vi ber läsarna tänka på att fördröjningen i rapport-skrivandet gjort att en del fakta rörande kommunernas vattenhantering – såsom den tecknas i kapitel 3 – kan vara inaktuell när rapporten publiceras. Detta har dock ingen principiell betydelse för resultat och slutsatser från projektet.

3.2 Värnamo

Översikt över kommunen

Värnamo kommun, med en sammanlagd yta av 1 380 km² ligger relativt långt uppströms i Lagans avrinningsområde. Angränsande kommuner är Gnosjö och Vaggeryd i norr, Sävsjö i nordost, Alvesta och Växjö i sydost, Ljungby i söder och Gislaved i sydväst.

Landskapet är varierat med många sjöar. Centralort är Värnamo med cirka 20 000 invånare. Övriga tätorter är Rydaholm, Forsheda, Bredaryd och Bor. Totalt finns i kommunen 32 000 invånare. Tillverkningsindustrin sysselsätter över 30 % av de förvärvsarbetande (20 % i Sverige).

Värnamo kommun är enligt den egna informationen en ekokommun vilket innebär att man arbetar för ett kretsloppsanpassat samhälle.

Tabell 3-1 Vattentäkter i Värnamo kommun

	1. Ljusseveka	2. Apladalen	3. Bor	4. Bredaryd
Typ	GV	Stängd (för mkt BAM)	GV	GV jordlager
Antal brunnar				
Ca djup				
Vattendom (medel)				
Vattendom (max)				
Nuvarande uttag				
Orter				
Ca personer servade			2 000	1 400
Skyddsområde				

	5. Dannäs	6. Forsheda	7. Gällaryd	8. Horda
Typ	GV Berg	GV jordlager		
Antal brunnar		(ledn från Värnamo plan)		
Ca djup				
Vattendom (medel)				
Vattendom (max)				
Nuvarande uttag				
Orter				
Ca personer servade	100		50	1 000
Skyddsområde				

	9. Kärda	10. Lanna	11. Ohs	12. Rydaholm	13. Tännö
Typ				(Ej Lagans avrinningsomr)	
Antal brunnar	(ledn från Värnamo plan)				(ledn från Värnamo plan)
Ca djup					
Vattendom (medel)					
Vattendom (max)					
Nuvarande uttag					
Orter					
Ca personer servade		400	100		
Skyddsområde					

*Nytt skyddsområde är under utredning

Vattentäkter

Allt dricksvatten i Värnamo kommun kommer från grundvatten. Totalt finns i kommunen 12 stycken vattentäkter och en reservvattentäkt, se tabell 3-1. Utredning pågår rörande reservvattentäkt för Värnamo tätort. Det finns tre alternativ: i) lokalt grundvatten, ii) ytvatten från sjön Hindsen, eller iii) grundvatten från Bergåsen.

Rening och distribution

I Värnamo kommun finns det 11 dricksvattenverk och 11 avloppsreningsverk. Dessutom finns ett fyrtiotal avloppspumpstationer, 10 dagvattenpumpstationer, låg-och högreservoarer samt tryckstegringsanläggningar. Totalt finns 765 km ledningsnät.

Befintligt skydd

Alla vattentäkter har fastställda skyddsområden.

Identifierade hot

För dricksvattentäkterna i Värnamo kommun finns ett antal hot identifierade (tabell 3-2). Baserat på verksamhet och infrastruktur i täkternas närhet utgör generellt sett, industri (även nedlagd), vägar och järnvägar samt jordbruk, de största hoten mot en acceptabel kvalitet på råvatten.

Tabell 3-2 Identifierade hot mot Värnamo kommuns grundvattentäkter

Täkt	Produktion (m ³ /dygn)	Identifierade hot	Observerade halter av skadliga ämnen
Ljusseveka		Värnamotvätten	
Apladalen	stängd	Värnamotvätten	BAM, (nedbrytningsprodukt från diklobenil); kolfilter byggs
Bor		Barkupplag Friluftsliv Ev framtida exploatering för bostäder	Inga
Bredaryd		Landsväg Växande industri Bensinstation	Nitrat
Dannäs			Radon (avskiljare finns)
Forsheda		Jordbruk Vägar Exploatering	
Gällaryd		Väg Grustäkt under gvy	
Horda		-	
Hånger		Bostäder Fotbollsplan	
Kärda		Nedlagda verksamheter	Tri (kolfilter installerat)
Lanna		Skogsbruk Hårdplaståtervinning	
Ohs		Förorenad mark	Radon?
Tännö		Jordbruk Väg	Nitrat

3.3 Ljungby

Översikt över kommunen

Ljungby är en inlandskommun i Småland med 27 000 invånare. Huvudort är Ljungby med 14 900 invånare. Kommunen är vattenrik med 178 sjöar och vattendrag. Sysselsättningen är koncentrerad till tillverkningsindustrin med cirka 40 % av de sysselsatta, vilket är det dubbla mot vad som gäller för Sverige.

Tabell 3-3 Vattentäkter i Ljungby kommun

	Agunnaryd	Angelstad	Bolmen	Bolmstad
Typ	GV jordlager	GV berg	GV berg	GV jordlager
Antal brunnar	1 (+ 1 reserv)	1 (+ 1 reserv)	2 (+ 1 reserv)	1
Ca djup	5,6 m	?	121 m	5 m
Kapacitet			1 500 l/h	
Vattendom (max)				
Nuvarande uttag	40 m ³ /dygn	40 m ³ /dygn	25 m ³ /dygn	10 m ³ /dygn
Orter	Agunnaryd	Angelstad	Bolmen	Bolmstad
Ca personer servade	190	280	140	45
Skyddsområde	Fastställt 1969	Fastställt 1987	Fastställt 1987*	Fastställt 1990

*Behov av revidering av skyddsområde finns

	Bolmsö	Dörarp	Hamneda	Kånna
Typ	GV berg	GV jordlager	GV jordlager	GV jordlager
Antal brunnar	1 (+ 1 reserv)	1	1	1
Ca djup	115 m	12 m	5 m	?
Kapacitet				
Vattendom (max)				
Nuvarande uttag	8 m ³ /dygn	35 m ³ /dygn	25 m ³ /dygn	55 m ³ /dygn
Orter	Bolmsö	Dörarp	Hamneda	Kånna
Ca personer servade	40	200	120	425
Skyddsområde	Fastställt 1990	Fastställt 1987	Fastställt 1970	Fastställt 1969

	Lidhult	Ljungby	Mjälén	Ryssby
Typ	GV jordlager	GV jordlager	GV berg	GV jordlager
Antal brunnar	2 (+ 1 reserv)	4 (+ 1 reserv)	1	1
Ca djup	6–8 m	14–32 m	104 m	9 m
Kapacitet		60–120 m ³ /h		300 l/min
Vattendom (max)				
Nuvarande uttag	170 m ³ /dygn	3 550 m ³ /dygn	Sommar 20 m ³ /d	160 m ³ /dygn
Orter	Lidhult	Ljungby	Mjälén	Ryssby
Ca personer servade	680	14 450	Sommar 300	700
Skyddsområde	Fastställt 1987	Fastställt 1983	Nej	Fastställt 1987

	Skeen	Södra Ljunga	Torpa	Vittaryd
Typ	GV berg	GV jordlager	GV berg	GV jordlager
Antal brunnar	1	1	1	1 (+1 reserv)
Ca djup	52 m	3,8 m	15 m	11 m
Kapacitet			175 l/min	130 l/min
Vattendom (max)				
Nuvarande uttag	15 m ³ /dygn	35 m ³ /dygn	7 m ³ /dygn	65 m ³ /dygn
Orter	Skeen	Södra Ljunga	Torpa	Vittaryd
Ca personer servade	50	105	25	300
Skyddsområde	Fastställt 1990	Fastställt 1990	Nej	Fastställt 1986

Vattentäkter

Dricksvattenförsörjningen i Ljungby kommun omfattar 16 grundvattentäkter (tabell 3-3). Allt dricksvatten kommer från grundvatten.

Rening och distribution

I Ljungby kommun finns det 15 dricksvattenverk, 1 högreservoar och 16 lågvattenreservoarer. Totalt finns 220 km ledningsnät med 27 pumpstationer.

Befintligt skydd

Alla vattentäkter utom två (Mjälén och Torpa) har fastställda skyddsområden. Skyddsområdena är definierade mellan åren 1969–1990 enligt de tidigare rekommendationerna.

Identifierade hot

För dricksvattentäkterna i Ljungby kommun finns ett antal hot identifierade (tabell 3-4)

Baserat på verksamhet och infrastruktur i täkternas närhet utgör generellt sett, jordbruk, industri och vägar och järnvägar de största hoten mot en acceptabel kvalitet på råvatten.

För den största vattentäkten, Ljungby, finns det en kombination av hot från jordbruk, väg 568 och en grustäkt. För övriga täkter är det ett eller två hot med vägar som dominerande inslag.

Tabell 3-4 Identifierade hot mot Ljungby kommuns grundvattentäkter

Täkt	Produktion (m ³ /dygn)	Identifierade hot inom skyddsområde	Observerade halter av skadliga ämnen
Ljungby (jordlager)	3 550	Jordbruk Väg 568 Grustäkt	-
Kånna (jordlager)	55	Genomfartsväg Jordbruk	-
Lidhult (jordlager)	170	Allmän väg	-
Riksväg (jordlager)	160	Riksväg 25	-
Södra Ljunga (berg)	35	Jordbruk	-
Torpa (jordlager)	7	Före detta deponi Kommunal avloppsinfiltration	-
Vittaryd (jordlager)	65	Väg 559 Jordbruksmark	-

3.4 Laholm

Översikt över kommunen

Laholms kommun är belägen i södra delen av Halland och gränsar i väster till Laholmsbukten, i söder till Båstads och Örkellunga kommuner, i öster till Markaryds och Ljungby kommuner och i norr till Halmstads kommun.

Ytan är 887 km², varav cirka 250 km² är jordbruksmark. Naturtyperna skiftar med hav och strand i väster, Laholmsslätten mitt i och skogsbygd i öster. Centralort i kommunen är Laholm med c:a 5 600 invånare, i övrigt finns 14 tätorter med över 200 invånare samt glesbygd. Totalt finns i kommunen cirka 23 000 invånare.

Nästan 80 procent av befolkningen bor i villa/småhus. Av bebyggelsen är cirka 8 350 småhus och 2 540 lägenheter i flerbostadshus. Dessutom finns cirka 4 120 fritidshus, varav 2 900 ligger i kustområdet (Mellbystrand och Skummeslövsstrand). Jordbruket har fortfarande en viktig roll, betydligt större än i riket. En annan betydelsefull faktor är de över 700 småföretagen, som utgör ryggraden i kommunens näringsliv.

Tabell 3-5 Vattentäkter i Laholms kommun

	Veinge	Skottorp	Dörestorp	Knäred
Typ	GV jordlager	GV jordlager samt infiltration av ytvatten (Smedjeån)	GV jordlager	GV jordlager
Antal brunnar	2	4	2	2
Ca djup	30 m	?		9-17 m
Vattendom (medel)	2 600 m ³ /dygn	6 000 m ³ /dygn	3000 m ³ /dygn	770 m ³ /dygn
Vattendom (max)	6 000 m ³ /dygn	9 000 m ³ /dygn	3 900 m ³ /dygn	1 150 m ³ /dygn
Nuvarande uttag	2 500 m ³ /dygn	Sommartid 3 800 m ³ /dygn Vintertid 2 000 m ³ /dygn		350 m ³ /dygn
Orter	Veinge Genevad Öringe L:a Tjärby Laholm Ysby	Skottorp Hasslöv Skummeslövsstrand Mellbystrand Vallberga Ränneslöv Våxtorp	Vatten pumpas till Skottorps Reningsverk	Knäred
Ca personer servade	10 000	Sommartid 20 000 Vintertid 5 500		1 500
Skyddsområde	Fastställt 1981*	Fastställt 1977*	Nej*	Fastställt 1983*

	Hishult	Skogaby	Mestocka	Öster Glänningesjö
Typ	GV berg	GV berg	GV berg	GV jordlager
Antal brunnar	1	1	1	
Ca djup	87 m		88 m	Grävda brunnar 3,5 m
Vattendom (medel)				
Vattendom (max)				
Nuvarande uttag	65 m ³ /dygn	20 m ³ /dygn	2,5 m ³ /dygn	0 (Reservvattentäkt)
Orter	Hishult	Skogaby	Mestocka	
Ca personer servade				
Skyddsområde	Fastställt 1982*	Fastställt 1982*	Nej*	Fastställt 1977

*Nytt skyddsområde är under utredning

Vattentäkter

Totalt idag finns i kommunen sju stycken vattentäkter och en reservvattentäkt (tabell 3-5). Allt dricksvatten i Laholms kommun baseras på grundvatten.

Rening och distribution

I kommunen finns sex stycken vattenverk, en för varje vattentäkt, samt elva avloppsreningsverk. Dessutom finns ett fyrtiotal avloppspumpstationer, femton dagvattenpumpstationer, låg- och högreservoarer samt tryckstegringsanläggningar.

Vattenförsörjningen inom västra delen av Laholms kommun är uppbyggd med ett gemensamt distributionsnät för bland annat Laholm, Veinge, Genevad, Öringe, Skottorp, Vallberga, Ränneslöv, Våxtorp, Mellbystrand, Skummeslövsstrand och Båstad samhälle.

Distributionsnätet står i förbindelse med Båstads vattenförsörjningssystem i den sydvästra delen av kommunen omfattande bland annat Eskilstorpsstrand, Hemmeslövsstrand, Båstad och Östra Karup. Hasslöv i Laholms kommun förses med vatten via ledningsnätet i Båstads kommun.

Identifierade hot

För de vattentäkter i Laholms kommun som är i drift har ett antal hot identifierats, se tabell 3-6. Baserat på verksamhet och infrastruktur i täkternas närhet utgör generellt sett, jordbruk, industri, vägar och järnvägar de största hoten mot en acceptabel kvalitet på råvatten.

Jordbruksmark finns i alla täkters närhet. Observationer av förhöjda halter av nitrat i råvattnet vid Veinge, Skottorp och Dömostorp indikerar starkt att jordbruket också har en påverkan på grundvattnets kvalitet. Förutom näringsläckage används också bekämpningsmedel i olika utsträckning inom jordbruket i Laholms kommun. Bekämpningsmedelsrester har observerats i grundvattnet men än så länge i mycket låga halter.

Viss industriverksamhet finns vid Veinge och Knäreds vattenverk. Inga observationer har dock ännu indikerat påverkan från denna industriella verksamhet.

Väg 117 samt järnvägen mellan Hässleholm och Halmstad passerar idag nära tre av Laholms vattentäkter: Veinge, Knäred och Skogaby. Dessutom passerade gamla stambanan mellan Malmö-Göteborg mycket nära Skottorps grundvattentäkt. I tre brunnar belägna väldigt nära dessa järnvägar (Skottorp och Knäred) har man funnit höga halter av bekämpningsmedelsrester, vilket troligen härrör från underhållet av järnvägen.

Väg 117 har en stor del tung godstrafik och utgör därmed ett hot genom risk för olyckor med miljöfarlig last. Olycksrisk för godstransport finns även för järnvägen mellan Hässleholm och Halmstad som är i drift. Både väg 117 och järnvägen är rekommenderad väg för farligt gods enligt översiktsplanen. Väg 117 planeras dock få en ny sträckning enligt översiktsplan vilket flyttar vägen ifrån de befintliga grundvattentäkterna i Veinge och Knäred.

Tabell 3-6 Identifierade hot mot Laholm kommuns grundvattentäkter

Täkt	Produktion (m³/dygn)	Identifierade hot	Observerade halter av skadliga ämnen
Veinge (jordlager)	2 500	Viss industri ligger inom vattentäktens skyddsområde (skrotbilar, saneringsföretag). Väg 117 går genom skyddsområdet (den kommer dock att inom kort att flyttas så att den kommer att ligga utanför skyddsområdets södra del). Järnvägen mellan Hässleholm och Halmstad går genom skyddsområdet. Bostadsbebyggelse finns inom skyddsområdet. Grustag finns inom skyddsområdet och har tillstånd ytterligare c:a 15 år. I och runt skyddsområdet finns jordbruk.	Höga halter av nitrat (som dock reduceras på utgående renvatten genom en jonbytare)
Skottorp (jordlager)	2 000 – 3 800*	Före detta stambanan mellan Göteborg och Malmö gick tidigare genom skyddsområdet. Denna är sedan c:a 10 år flyttad utanför skyddsområdet. Bostadsbebyggelse finns inom skyddsområdet. I och runt skyddsområdet finns jordbruk.	Bekämpningsmedel (BAM) hittat i brunn ca 20 m från järnväg. Denna brunn är numera stängd. Under de senaste åren har märkts en förhöjning av mangan, nitrat samt nitrit i tre av fyra brunnar. Ytvattnet i Smedjeån är starkt eutrofierat.
Dömestorp (jordlager)	2 000 – 3 800*	Till största delen utgör det blivande skyddsområdet runt Dömestorps vattentäkt av jordbruksmark samt skogsmark. Viss bostadsbebyggelse, Hasslövs samhälle, finns i områdets östra delar. Väg 115, Båstad – Hasslöv, går genom skyddsområdet.	Vid tåkten har en ökning av nitrat vid en av brunnarna skett de senaste åren.
Knäred (jordlager)	770	Grundvattentillströmningen till vattentäkten i Knäred bedöms komma från Lagans södra dalsida och vid större uttag genom inströmning från Lagan. Då den tåkten saknar skyddande lager av tät material bedöms tåkten vara känslig för föroreningar. Viss industri ligger inom vattentäktens skyddsområde (industri för rostfri behandling, kycklingslakteri osv.). Väg 117 går genom skyddsområdet. I samband med flyttningen av väg 117 för c:a 10 år sedan förstärktes skyddet av vägen genom skyddsområdet. Järnvägen mellan Hässleholm och Halmstad går genom skyddsområdet. Bostadsbebyggelse finns inom skyddsområdet. I och runt skyddsområdet finns jordbruk i mindre arealer.	Kommunen fann bekämpningsmedelsrester i råvattnet vid båda borrhorna nära järnvägen före 2003. En ombyggnation planerades därför för att installera kolfilter. Under projekteringen minskade halterna och ligger i dagsläget på halter mindre än 0,10 µg/l. Därför skedde ingen installation av kolfilter men vattenverket byggdes så att kommunen relativt snabbt kan installera dessa om halterna ökar igen.
Hishult (berg)	65	Viss lättare industri ligger inom vattentäktens planerade skyddsområde. Bostadsbebyggelse finns inom skyddsområdet. I och runt skyddsområdet finns jordbruk.	-
Skogaby (berg)	20	Inget skyddande jordlager finns ovan berg Viss industri ligger inom vattentäktens skyddsområde (träindustri, skrotbilar). Väg 117 går genom skyddsområdet (den kommer dock att inom kort att flyttas så att den kommer att ligga utanför skyddsområdet). Järnvägen mellan Hässleholm och Halmstad går genom skyddsområdet. Bostadsbebyggelse finns inom skyddsområdet. I och runt skyddsområdet finns smärre arealer jordbruksmark.	Tidvis höga halter av E-Coli.

*Täkterna försörjer samma vattenverk

Tabell 3-6 Identifierade hot mot Laholm kommuns vattentäkter (forts.)

Täkt	Produktion (m ³ /dygn)	Identifierade hot	Observerade halter av skadliga ämnen
Mestocka (berg)	2,5	Vattentäktens skyddsområde består till största delen av bostadsbebyggelse. Skog och en viss del jordbruksmark finns inom det planerade skyddsområdet.	-
Öster Glänningesjö (jordlager)	Reserv	Täkten består av grunda, vissa grävda, brunnar och är därmed känslig för föroreningar Viss industri ligger inom vattentäktens skyddsområde. Idrottsanläggningar finns i täktens omedelbara närhet Jordbruksmark finns inom skyddsområdet.	Höga halter av nitrat

Bakterier är generellt inget stort problem även om höga E-Coli halter har hittats i Skogaby vattentäkt. Anledningen till höga halter i Skogaby är troligen att det vid denna täkt saknas skyddande jordlager.

Även reservtäkten i Östra Glänningesjö är sårbar när det gäller föroreningrisk eftersom brunnarna inte är särskilt djupa. I direkt anslutning till reservtäkten finns också en större idrottsanläggning vilken kan vara en källa för både näringsämnen och bekämpningsmedel.

Befintligt skydd

Sex utav åtta grundvattentäkter har fastställda skyddsområden. Endast Dömostorp och Mestocka saknar.

De befintliga skyddsområdena fastställdes alla under perioden 1977–83 enligt de äldre riktlinjerna för skyddsområden. Laholms kommun gör för närvarande en revidering av skyddsområdena i Vänge, Skottorp, Knäred, Hishult och Skogaby samt ämnar fastställa nya skyddsområden för Dömostorp och Mestocka. Dessa förväntas vara klara under 2006–07.

3.5 Dricksvatten och skyddsområden – sammanfattning

Efter den genomgång som gjorts ovan vad avser dricksvattenförsörjning och skyddsområden för vattentäkter i de tre kommunerna Värnamo, Ljungby och Laholm framträder en någorlunda enhetlig bild. Samtliga tre kommuner är helt beroende av grundvatten för sin vattenförsörjning. I alla kommunerna finns ett flertal vattentäkter (och vattenverk) där en eller två är dominerande täkter.

Skyddsområden finns för samtliga (eller nästan samtliga) vattentäkter. I en del fall är skyddsområdena upprättade för ett flertal år sedan och baserade på gamla bestämmelser.

De hot som finns för vattentäkterna handlar ofta om ett av följande:

- Väg / järnväg med risk för olycka
- Jordbruksaktiviteter med risk för nitrater och/eller bekämpningsmedel
- Aktiva eller nerlagda industrier (deponier) med risk för specifika kemiska föroreningar

Det finns en pågående utveckling där dricksvattenproduktionen centraliseras, vilket innebär att antalet små vattentäkter minskar. Konsekvenserna på kommunal nivå vad gäller säkerheten i dricksvattenförsörjningen och arbetet med skyddsområden är två: i) Genom att fokusera arbetet på ett fåtal enheter så kan kvaliteten på säkerhetsarbetet höjas. ii) Genom att fler konsumenter blir beroende av ett fåtal stora produktionsenheter/vattentäkter så ökar också sårbarheten, d.v.s. enskilda störningar får omedelbart stora negativa konsekvenser.

För de tre kommunerna i projektet är utvecklingen med största sannolikhet positiv, men säkerhet/sårbarhet måste generellt sett alltid beaktas när man fattar beslut som leder till centralisering i vattenförsörjningen.

3.6 Vattenöverföringar

I Lagans avrinningsområden finns två stora vattenöverföringar. Den ena (befintlig) gäller Bolmen vars vatten försörjer en stor del av Skåne och den andra (under konstruktion) gäller vattenexport till Växjö.

Bolmentunneln

Vatten från sjön Bolmen används som råvatten för västra Skåne, och bortåt 400 000 invånare. Vattnet transporteras via tunnel och rördledning, som togs i drift 1987, cirka 105 km till Ringsjöverket mitt i Skåne (www.sydsvatten.se). Enligt vattendom har man rätt att ta ut 6 000 l/s, men man utnyttjar bara cirka 1 100 l/s. Verksamheten drivs av det kommunägda företaget Sydsvatten AB.

Växjö vattenförsörjning

Växjö kommun har under en tid letat efter nya alternativ för sin vattenförsörjning. Efter omfattande utredningar beslutades till sist att genomföra ett projekt där grundvatten tas från Bergaåsen, Lagans avrinningsområde, inom Ljungby kommun (Al-Najjar, 2007). Detta vatten återinfiltreras och pumpas sedan till Växjö. Även delar av Alvesta kommun ska försörjas med dricksvatten på detta sätt. Den planerade produktionen är 200 l/s.

Ljungby har genom avtal skaffat sig rätt att använda Bergaåsen och det producerade dricksvattnet för eventuell reservvattenförsörjning.

Kommentar

Båda exemplen, Bolmen och Bergaåsen, visar på intressanta fall av vattentransitering över avrinningsområdets gräns. En viktig slutsats av dessa exempel på vattenöverföringar är att avrinningsområdet inte alltid räcker till för att hantera viktiga vattenfrågor. Det måste också vara viktigt att bygga upp rutiner och samarbetsformer i god tid så att eventuella kriser kan hanteras effektivt.

3.7 Samverkan inom Lagans avrinningsområde

Samverkan inom avrinningsområdet sker inom ramen för Lagans Vattenråd, tidigare Lagans Vattenvårdsförening. Medlemmarna i Vattenrådet består av samtliga kommuner plus industrier, föreningar och andra intressenter, sammanlagt 50 stycken (www.lagansvattenvardsforening.com). Omvandlingen från Vattenvårdsförening till Vattenråd skedde 2007 i enlighet med intentionerna i arbetet med Vattendirektivet. I och med omvandlingen breddas också organisationens ändamål och ändamål. Från att tidigare i huvudsak ha administrerat kontrollprogrammet avseende miljötillståndet i Lagan har man nu som ändamål att *”verka för en uthållig förvaltning av vattenresurserna i Lagans avrinningsområde och främja medlemmarnas intressen”*. Vad det utvidgade syftet kommer att betyda i praktiken är ännu oklart.

När detta SVU-projekt initierades var en av avsikterna att studera direkt påverkan på vattenförsörjningen via flodsystemet över kommungränserna. I och med att Laholm, Ljungby och Värnamo alla exklusivt använder grundvatten från små akvifärer så finns inte en sådan direkt påverkan. I ett nationellt perspektiv torde detta vara den vanligaste situationen om man går efter antal kommuner. Däremot finns det många individer som berörs av uppströms/nedströms problematiken i och med att flera av de stora kommunerna (ex. Stockholm, Göteborg, Malmö) utgår från yvatten i sin dricksvattenproduktion.

Ovanstående gäller dricksvatten. Vad gäller avloppsvatten och miljöpåverkan så finns så gott som alltid ett beroende över kommungränsen. Så är det också i Lagan. Här är kustområdet (Laholmsbukten) mycket viktigt genom sin betydelse för turism och friluftsliv. Samtidigt finns dokumenterade problem med näringstillförsel och eutrofiering. Dessa aspekter ingår inte i detta projekt, men intrycket från informella diskussioner är att det finns samsyn och bra samarbete över kommungränserna i denna fråga.

Samverkan mellan kommuner på ett praktiskt plan förekommer på vattensidan i viss mån genom att de tekniska systemen byggs samman. Det mest tydliga exemplet på sådant samarbete är dock Laholm/Halmstad vilket går över avrinningsområdets gräns. Motiven för sådant konkret samarbete kan bland annat vara ekonomiska, men ger på dricksvattensidan alltid fördelar i form av redundans, d.v.s. reservkapacitet och möjligheter att bokstavligen förse områden med vatten från två håll.

Andra exempel på samarbete är tillgången på utrustning för akuta situationer, som t.ex. pumpar och elverk för användning i samband med översvämningar. Sådan utrustning kan i nödsituationer enkelt hämtas från omkringliggande kommuner.

4 Tillämpning av systemanalys

4.1 Problemställning

Kommunerna är ansvariga för att förse sina invånare och övriga kunder med bra och säkert dricksvatten. Som ett led i den kedja som leder fram till detta mål ingår att skydda råvattentäkterna. Till yttermera visso ingår också i förpliktelserna enligt Vattendirektivet att skydda existerande och potentiella vattentäkter. Problem uppstår i och med att skydd för en vattentäkt normalt innebär inskränkningar för markägare och/eller andra aktörer. Detta kan, direkt eller indirekt, leda till kostnader för kommunen.

- Problem 1 som projektet ska behandla gäller hur man rationellt kan utvärdera nytta/kostnad för olika alternativ vad gäller skydd av vattentäkt.

Som en nödvändig del i ett sådant arbete, oavsett vilka verktyg man använder, ingår att i möjligaste mån jämkä samman olika intressenter. Åtminstone borde man kunna enas om verklighetsbeskrivning och förtydliga de områden där man inte är överens.

- Problem 2 som projektet ska behandla gäller hur man i en grupp med olika intressenter kan enas om beskrivning av ett system och dess orsak/verkanförhållanden.

Som framgår av föregående redogörelse för dricksvattenförsörjningen (kap. 3) i de tre kommunerna Värnamo, Ljungby och Laholm så kommer så gott som allt råvatten från grundvatten. På grund av de geologiska förhållandena så är akvifererna relativt små och den rent hydrologiska interaktionen mellan kommunernas vatten är begränsad. Därför så har dessa kommuner egentligen inga motstående intressen.

Å andra sidan representerar de i projektet deltagande personerna olika kommunala verksamheter och de har förstås även som individer i professionella roller olika åsikter och erfarenheter oavsett eventuella intressekonflikter.

Sammanfattningsvis kan man säga att projektet innebär en relevant och komplex, men ganska enkel, tillämpning vad gäller problem 2 ovan, medan problem 1 såsom det behandlas i detta projekt är både realistiskt, komplext och relevant.

4.2 CLD analys (hot – nytta)

En gruppmodellering utfördes under oktober 2005 enligt den arbetsordning som är beskriven i kapitel 2.2 ovan. Medverkande var tjänstemän från Gatü & VA, Teknisk Förvaltning och Miljöförvaltning från Laholm, Ljungby och Värnamo kommuner.

Ämnet för gruppmodelleringen var framtida vattenförsörjning i de tre kommunerna. Övningen föregicks av en kort introduktion i

Systemanalys, CLD-metodik och STELLA-modellering (se kapitel 2) för deltagarna. Resultatet av gruppmodelleringen presenteras nedan.

Definition av problem och fråga

Problem som togs upp av deltagarna rörande framtida vattenförsörjning var:

- Vattentäkter har generellt dåligt skydd. Oftast är befintliga skyddsområden och skyddsföreskrifter föråldrade. Uppgradering av skydd sker ej i takt med övrig utveckling/expansion i samhället.
- Vatten tas för givet och är ej en prioriterad fråga i planer för utveckling. Det finns en utbredd okunskap om och ett ointresse för vatten-skyddsområden.
- Oftast styrs beslut om skyddsåtgärder av kortsiktigt tänkande.
- Motstående intressen hindrar att skyddsfrågan tas upp. Vem skall betala?
- Kommunala förvaltningar har stor tids- och personalbrist.

Med utgångspunkt från ovannämnda problem definierades frågan som skulle analyseras av gruppen enligt följande:

Hur kan man på ett kostnadseffektivt sätt säkerställa vatten i erforderlig mängd och av god kvalitet i kommunerna i framtiden?

Identifikation av variabler och sortering av dessa

Faktorer vilka påverkar problemet och som identifierades var de som presenteras i tabell 4-1.

Identifikation av samband och rita CLDs

Under arbetet med att beskriva orsak/verkan-sambanden mellan de identifierade variablerna visade det sig att systemet blev alltför komplext för att passa i ett enda CLD (Causal Loop Diagram). I stället bestämde deltagarna sig för att separera kvantitet från kvalitet och beskriva dem var för sig.

En övergripande CLD, se figur 4-1 visar hur vattenkvantitet ("täktproduktion") och "vattenkvalitet" hänger ihop med "skyddsområde" och det definierade huvudmålet om "vatten av erforderlig kvantitet och kvalitet". Hela övningen är ju tänkt att leda fram till en rationell syn på hur man bestämmer skyddsområden.

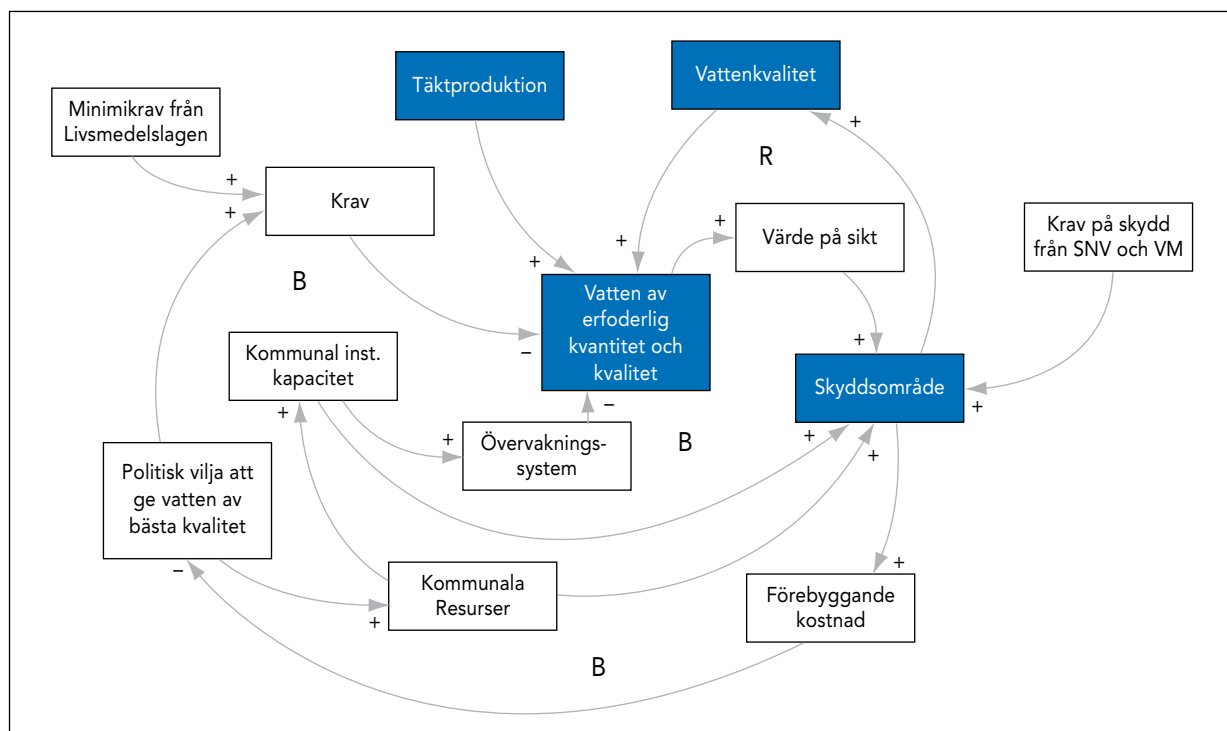
I figur 4-1 kan man se hur tanken bland deltagarna var att omfattningen av skyddsområdet påverkas (ökar) med ökande myndighetskrav vilket är självklart. Men, även mindre självklara faktorer som de kommunala resurserna anses som en viktig faktor för hur skyddsområdet utvecklas. Likaså visar denna CLD hur den politiska viljan i kommunen anses vara av stor vikt, både genom att den påverkar de kommunala resurserna och genom att den resulterar i högre krav på dricksvattnet.

I figur 4-2 visas hur vattenkvalitet och skyddsområde hänger ihop med relevanta variabler. I figuren framgår huvudtanken som säger att olika mänskliga aktiviteter ökar risken för kontaminering med olika typer av föroreningar (bakterier, kemikalier och oljebaserade ämnen).

Tabell 4-1 Variabler (viktiga för den definierade frågan angående säker tillgång på vatten) som identifierades vid gruppmodellering oktober 2005.

Huvudvariabel	Delvariabel	Kommentar
Täktproduktion	-	(kvantitet)
Hot	Infrastruktur – Transport av farligt gods* Infrastruktur – Underhåll Jordbruk* Skogsbruk Industri Historiska föroreningar Deponier/upplag Bostadsbebyggelse/exploatering Sabotage på reningsverk och distributionssystem Datorvirus Klimatförändring	Väg, järnväg
Vattenkvalitet	Bakteriehalt Kemikalier (bekämpningsmedel, nitrat) Oljebaserade produkter	Exploatering/befolkningsmängd
Övervakningssystem	-	-
Värde	Värde på vatten Värde på täkt	Numeriskt och konceptuellt
Kommunala resurser	-	-
Skydd	Naturligt skydd (geologiska barriärer) Skyddsområde Skyddsföreskrifter Elförsörjning/reservkraft	-
Distributionsnät	-	-
Regelverk (krav)	Krav på vattenkvalitet Krav på övervakningssystem	-
Samverkan	-	-
Politisk vilja	-	-

*prioriterade hot



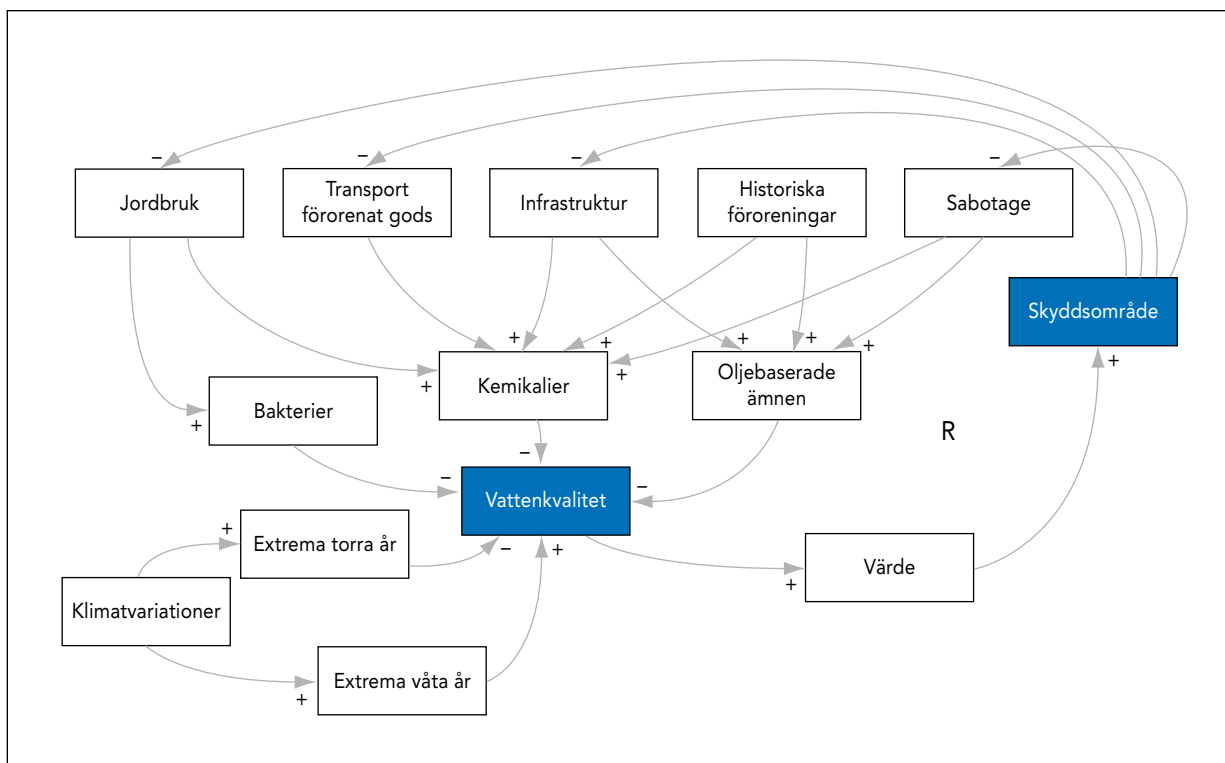
Figur 4-1 CLD 1, Vatten av erforderlig mängd och kvalitet, enligt gruppmodellering oktober 2005.

Samtidigt ger ökande ”skyddsområde” mindre risk för potentiellt farliga händelser relaterade till de mänskliga aktiviteterna. Det ”R” som finns i diagrammet anger en förstärkande (”Reinforcing”) loop. Den beror på – det till synes olyckliga – sambandet som säger att minskande vattenkvalitet sänker värdet på vattentäkten vilket i sin tur ger mindre incitament för skyddsområde. Det ska här dock påpekas att det finns andra faktorer/variabler i det totala systemet som inte syns i detta diagram vilket bara visar ett delsystem.

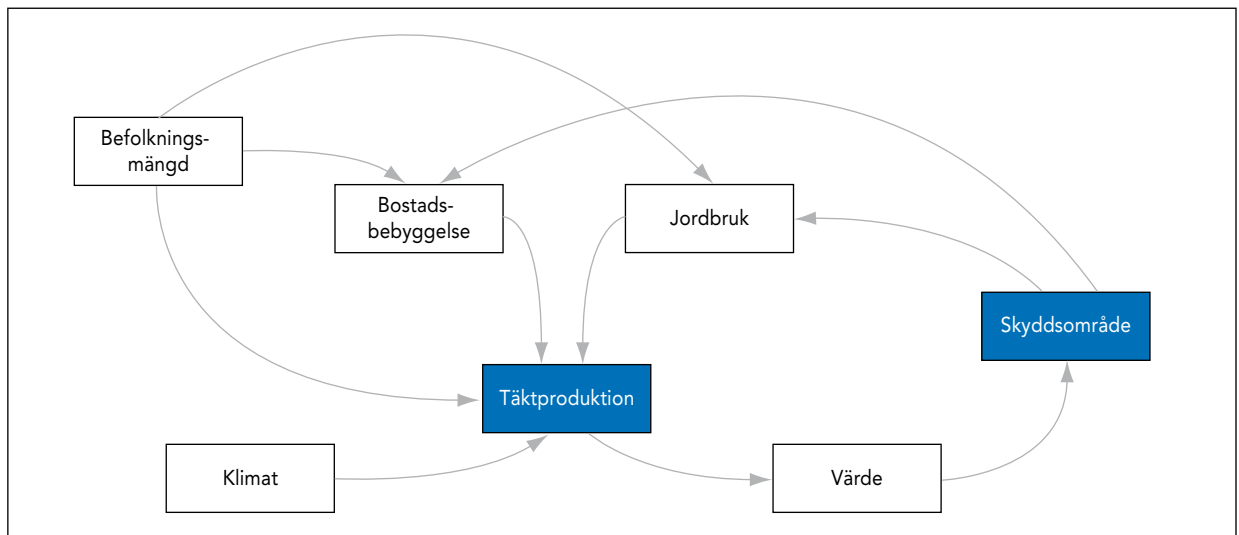
I figur 4-3 visas den kvantitativa delen av systemet. I figuren framgår att befolkningsmängden är en avgörande faktor i detta delsystem. Ökande befolkning ökar behoven och därmed täktproduktionen. Å andra sidan ökar samtidigt jordbruk och bebyggelse vilka tenderar att hindra/minska täktproduktionen. Skyddsområdet gynnas av ökande värde på täktproduktionen, medan skyddsområdet i sin tur begränsar utrymmet för jordbruk och bostadsbebyggelse.

Diskussion

Under gruppmodelleringen uppstod svårigheter med att sortera och logiskt inordna alla de faktorer/variabler som nämndes i det överordnade systemet. Dessa svårigheter är dock reella och reflekterar komplexiteten i dricksvattenförsörjningen. De – svårigheterna – beror inte på metoden. Tvärtom visade sig gruppmodelleringen väl ägnad att klargöra de oklarheter som fanns och den gjorde det också möjligt att komma fram till en gemensam syn.



Figur 4-2 CLD 2, Detaljerad beskrivning för Vattenkvalitet, enligt gruppmodellering oktober 2005.



Figur 4-3 CLD 3, Tåktproduktion. Den kvantitativa sidan av systemet, enligt gruppmodellering oktober 2005.

Ovanstående relaterar till det ena problemet som skulle angripas med gruppmodellering, d.v.s. problemet med samsyn mellan olika intressen, se avsnittet "problemställning" under 4.1.

Det andra problemet som specificerades under 4.1. gäller hur man rationellt kan utvärdera nytta/kostnad för olika alternativ vad gäller skydd av vattentåkt. För detta problem räcker inte gruppmodelleringen, den är bara första steget. Men, den ger dock underlag för att bygga en numerisk modell. I vårt projekt har den numeriska modelleringen gjorts separat, men med grunden i den redovisade CLD-analysen. Den numeriska analysen, gjord med verktyget STELLA, redovisas i efterföljande kapitel 4.3.

4.3 STELLA modellering, fallstudier

Definitioner och metodik

Syftet med STELLA-modelleringen är att gå från den kvalitativa orsak/verkan-analysen som gjorts i föregående avsnitt, (se kap.4.2) till en kvantitativ analys som kan ge underlag för direkta jämförelser mellan olika handlingsalternativ.

För att illustrera metoden har två fallstudier valts ut baserat på den analys av hela systemet "dricksvattenförsörjning" som resulterade i en CLD enligt figur 4-1 och mer specifikt hur vattenkvalitet kopplas till skyddsområde enligt CLD i figur 4-2. Fallstudierna har i sin tur också analyserats med CLD för att klargöra viktiga variabler och delprocesser.

Val av fallstudier

Val av fallstudier har gjorts med tanke på att de ska vara relevanta och med hänsyn till att de ska gå att analysera med transparens och med någorlunda enkla medel. Med detta som bakgrund har följande fallstudier studerats:

- Olycka vid väg i tillrinningsområde för grundvattentäkt.
- Läckage av bekämpningsmedel i tillrinningsområde för grundvattentäkt.

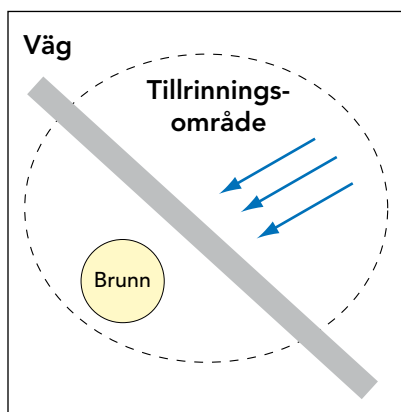
Dessa fall beskrivs i efterföljande avsnitt.

Fallstudie 1: Olycka vid väg i tillrinningsområde för grundvattentäkt

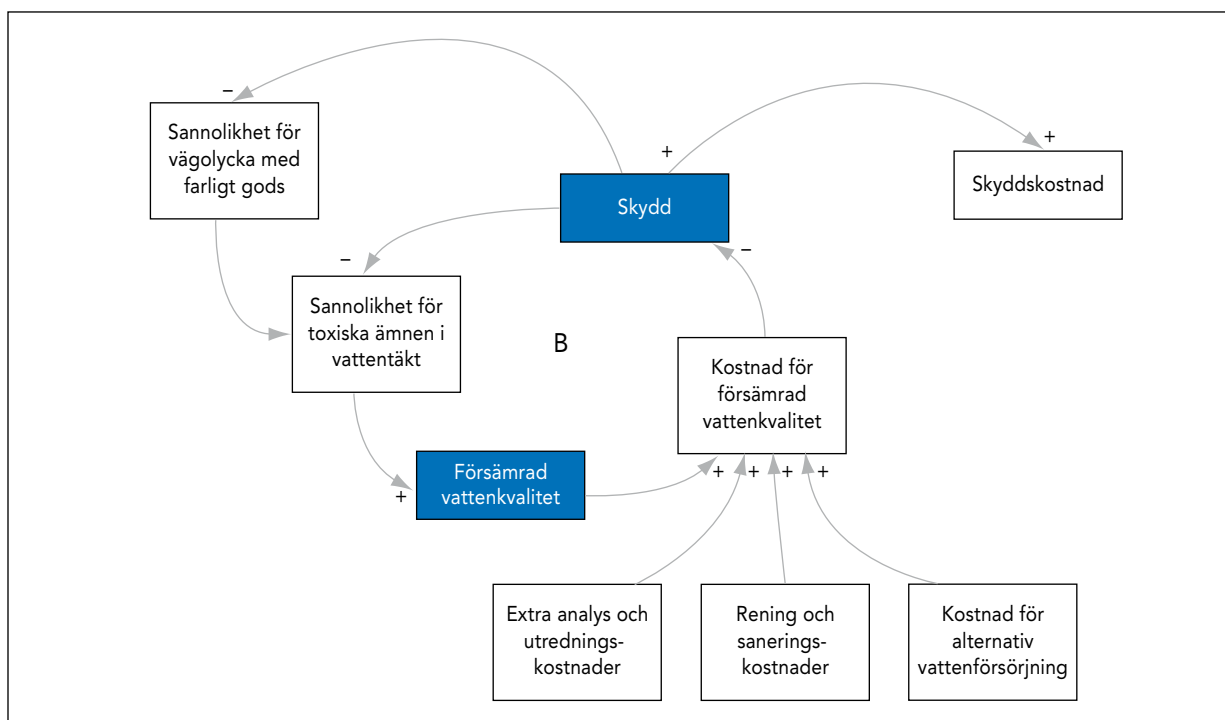
Problemet som ska analyseras illustreras av den stiliserade kartan i figur 4-4. Det gäller en vattentäkt som riskerar att förorenas i samband med en olycka på en näraliggande väg.

De variabler som behöver kvantifieras, och hur de beror av varandra, framgår av figur 4-5. Den tänkta beslutssituationen handlar om ett val mellan utökat skydd eller status quo. Detta kan utan problem generaliseras till att handla om en beslutssituation med flera olika alternativ. Beslutsunderlaget ska kunna ge besked om totala kostnader för handlingsalternativen. Kostnaderna är av två slag, dels kostnader för (utökat) skydd och dels kostnader för olyckor vilka i princip beräknas som *[kostnader för händelse x sannolikhet för att händelsen inträffar]*. I nästa steg av analysen ska vi mer i detalj analysera sannolikheten för att en vägolycka med farligt gods inträffar på den aktuella vägen.

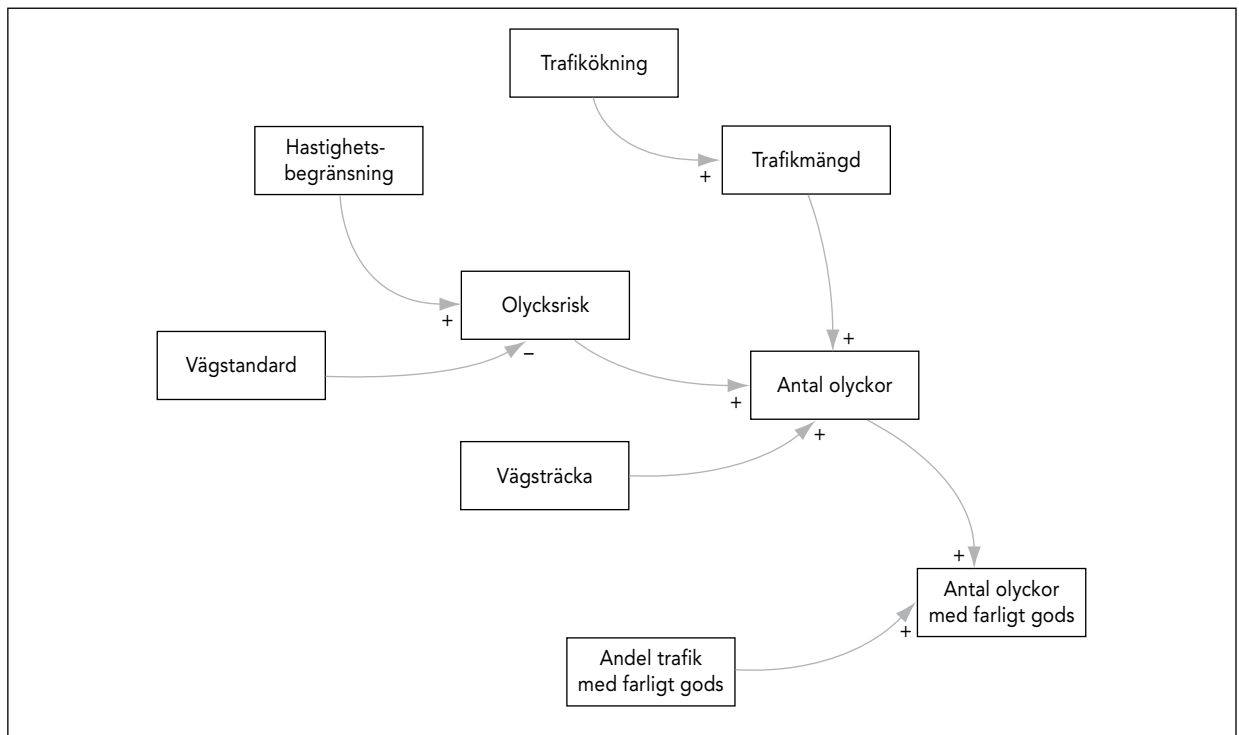
CLD som visar vilka variabler som påverkar risken för vägolycka med farligt gods framgår av figur 4-6. För att kvantifiera dessa samband behövs statistik med avseende på trafikmängd på den studerade vägen tillsammans med olycksstatistik. Denna typ av statistik finns tillgänglig via SIKA (Statens institut för kommunikationsanalys), SCB och Vägverket. Alltså kan vi relativt enkelt beräkna sannolikheten för vägolycka med farligt gods. Nästa led i analysen är att beräkna sannolikhet för



Figur 4-4
Den situation som analyseras i fallstudie 1.



Figur 4-5 CLD som visar orsak/verkan för systemet i Fallstudie 1.



Figur 4-6 CLD som visar faktorer som påverkar risken för olyckor med farligt gods.

toxiska ämnen i vattentäkten. Enligt figur 4-5 beror detta, förutom på olycksrisken, på "skydd" och (underförstått) på transport i/på mark.

Skydd har vi här valt att låta omfatta följande typer av åtgärder:

- Vägvalsstyrning
- Tätning av diken
- Beredskap för saneringsåtgärder

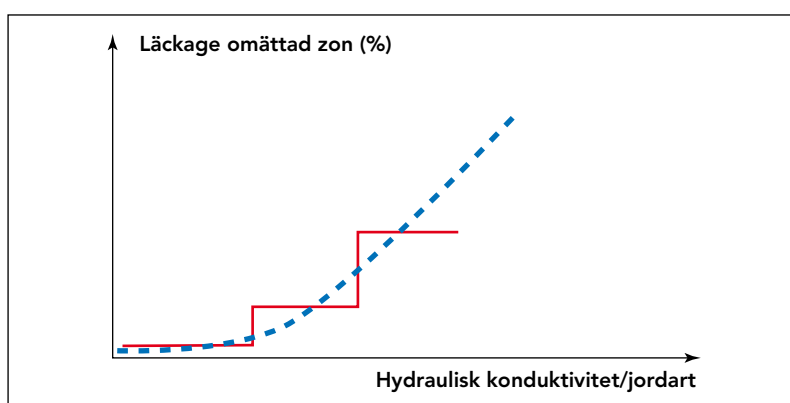
Vägvalsstyrningen påverkar den tidigare beskrivna olycksrisken. De övriga åtgärderna, tätning och beredskap, ökar väsentligt möjligheterna till sanering vid en eventuell olycka, vilket i sin tur minskar risken för att föroreningen når grundvattnet. Tätningen ses här som ett sätt att öka transporttiden i den omättade zonen. Denna transporttid är förstås även beroende av de naturgivna förutsättningarna, d.v.s. mäktighet och genomsläpplighet i de övre markskikten. Dessa faktorer/mekanismer är betydligt svårare att kvantifiera än de som ingår i analysen av sannolikheten för trafikolycka med farligt gods.

Vi har valt att illustrera tillämpningen av modellen med förenklade samband som t.ex. en stegfunktion som kvantifierar inverkan av den omättade zonens geologi, se figur 4-7. På motsvarande sätt anges effekten av utökad primär zon genom att räddningstjänstens möjlighet till sanering också uttrycks med en stegfunktion.

Med dessa funktioner införda så återstår att beräkna kostnader. Dessa analyseras i modellen som å ena sidan kostnader för förebyggande åtgärder och å andra sidan kostnader vid en olycka. Kostnader vid olycka beror dels på hur allvarlig olyckan är och dels på täktens storlek baserad på produktionskapacitet. En tänkbar indelning i olika grader av olycka och åtföljande konsekvenser finns i tabell 4-2.

Tabell 4-2 Olika typer av kostnader för skada på vattentäkt.

Grad	Scenario	Kostnadsökning
1	Täkt förorenad och förstörd för all framtid	Ny täkt Ersättning för vattenförsörjning tills ny täkt på plats Extra laboratorieanalys och information till användare
2	Täkt förorenad och oanvändbar under en viss tid innan förorenings koncentration minskar till det tillåtna	Ersättning för vattenförsörjning tills möjlig att använda igen Åtgärder för att öka omsättning i täkt för att få ner konc. Extra laboratorieanalys och information till användare
3	Täkt förorenad men möjlig att använda med extra reningsinsatser	Extra reningsinsatser Extra laboratorieanalys och information till användare
4	Täkt förorenad men möjlig att använda då koncentrationer är under normvärden	Oro hos vattenanvändare Extra laboratorieanalys och information till användare



Figur 4-7 Inverkan av jordart på läckage genom omättad zon. Exempel på förenklat samband för STELLA-modell.

I det exempel som använts består kostnader för skydd (förebyggande) dels av beredskapskostnader och dels av kostnader för tätning av dike. Kostnader vid olycka delas upp i saneringskostnader och kostnader för alternativ vattenförsörjning och/eller ny vattentäkt. Sammantaget görs den ekonomiska analysen/jämförelsen enligt tabell 4-3.

Tabell 4-3 Beräkning av kostnader i exempel.

Handlingsalternativ	Kostnad för olycka = $p \times k$	Kostnad för skydd (förebyggande)
1) Status quo	p = sannolikhet k = kostnad för sanering + alt.vatten	Beredskap
2) Utökat skydd	p minskar k som ovan	Beredskap + tätning av diken

Resultat

I det exempel – vattentäkten Veinge i Lahoms kommun med väg 117 – som använts för att illustrera och testa metoden så har följande kostnader använts: Beredskap: 10 kkr/år, tätning av 0,5 km diken: 2 miljoner och eventuell ny vattentäkt: 20 miljoner. I detta fall och med autentiska värden på trafik och olycksrisker så ger detta till sammantaget resultat att det rent ekonomiskt inte lönar sig att satsa på förebyggande åtgärder.

Det ska omedelbart sägas att vissa av värdena för modellens parametrar endast kunnat anges med grova uppskattningar. Det är inte heller avsikten att visa att denna metod kan användas för att göra fullt realistiska kostnadsbedömningar. I stället visar exemplet att det med relativt små medel går att göra jämförande bedömningar och illustrativa modeller. I en tänkt beslutssituation går man vidare genom att förfinas analysen av det mest optimala alternativet.

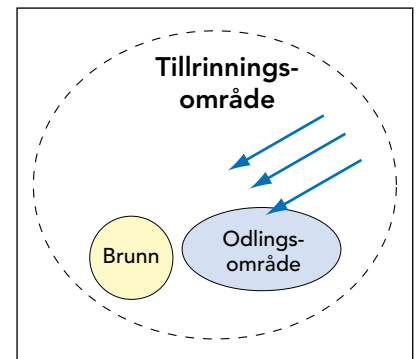
Fallstudie 2: Läckage av bekämpningsmedel i tillrinningsområde för grundvattentäkt

Problemet som ska analyseras illustreras av den stiliserade kartan i figur 4-8. Det gäller en vattentäkt som riskerar att förorenas på grund av tillförda bekämpningsmedel i ett näraliggande odlingsområde.

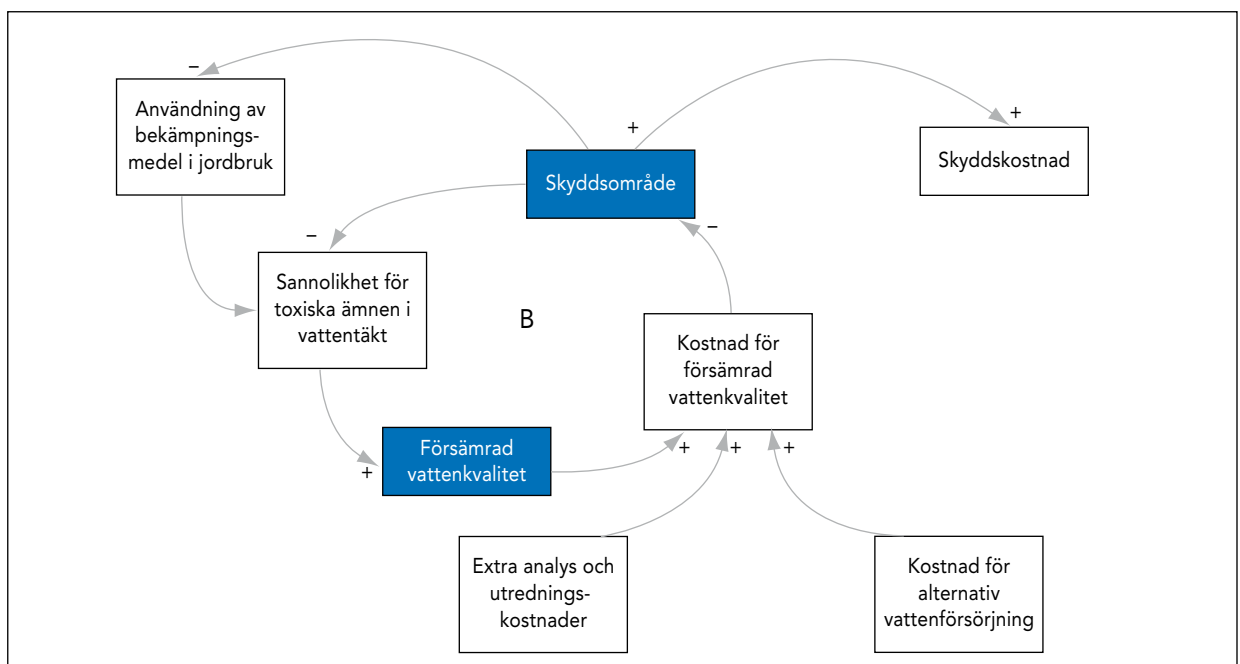
De variabler som behöver kvantifieras, och hur de beror av varandra, framgår av figur 4-9. Den tänkta beslutssituationen handlar om ett val mellan utökat skydd eller status quo. Detta kan utan problem generaliseras till att handla om en beslutssituation med flera olika alternativ.

Beslutsunderlaget ska kunna ge besked om totala kostnader för handlingsalternativen. Kostnaderna är av två slag, dels kostnader för (utökat) skydd och dels kostnader för olyckor vilka i princip beräknas som *[kostnader för händelse x sannolikhet för att händelsen inträffar]*. I nästa steg av analysen ska vi mer i detalj analysera sannolikheten för att en händelse inträffar. Med händelse avses i detta fall att ett bekämpningsmedel påträffas i brunnen och att koncentrationen överstiger någon given gräns.

För att kunna analysera det visade systemet måste man först kunna ange sannolikhet för att toxiska ämnen når vattentäkten. Detta är ett avancerat fysikaliskt problem med flera olika delprocesser. En första ansats till att beskriva problemet illustreras i figur 4-10.



Figur 4-8
Den situation som analyseras i fallstudie 2.



Figur 4-9 CLD som visar orsak/verkan för systemet i Fallstudie 2.

Tabell 4-4 Utspädning vid förorening av vattentäkt med bekämpningsmedel. Se även figur 4-10.

Process	Initial utspädning	Utspädning markvatten	Utspädning grundvatten
Utspädning	C_0/C_1	C_1/C_2	C_2/C_3
Faktorer	Meteorologi Spridningsteknik Gröda	Mäktighet Karakteristika jord Karakteristika kemikalie	Avstånd Strömningsriktning Karakteristika geologi

Den utspädning som sker i de olika delprocesserna beror i huvudsak på de faktorer som anges i tabell 4-4.

De processer och variabler som finns mer eller mindre explicit i figur 4-10 och tabell 4-4 kan låta sig beskrivas i en CLD. Men, att komma vidare till en numerisk modell av typ STELLA låter sig svårigen göras. De fysikaliska delprocesserna är ju till exempel tredimensionella till sin natur och involverar fenomen på olika skalor. Det blir nödvändigt – för att få någorlunda tillförlitliga resultat – att tillgripa numeriska spridningsmodeller där de fysikaliska processerna beskrivs. Exempel på sådana modeller är Mike-SHE (se www.dhigroup.com) eller Department of Defense (DoD) Groundwater Modeling System (GMS) (se chl.erd.usace.army.mil).

En indikation på de teoretiska (och praktiska) svårigheter som kringgärdar analysen av detta problem kan man få via följande citat, US EPA (2007): *“The natural variation in pesticide leaching is large, with several-fold deviations in the mass of pesticide leaching commonplace even over a small field with apparently uniform soil and having received a uniform application of the pesticide.”*

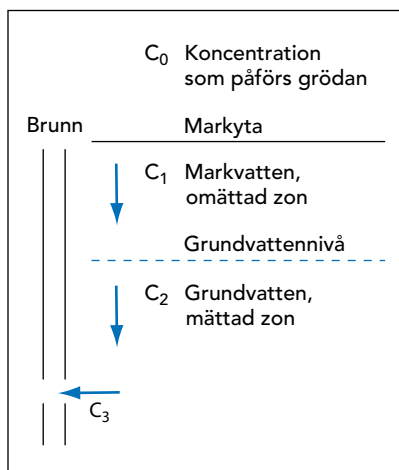
Eftersom problem med föroreningar av bekämpningsmedel är vanligt förekommande och viktiga så finns det etablerade metoder för att komma fram till användbara resultat: Några sådana metoder är :

- Skyddszoner baseras på uppehållstid i gv-zonen (SNV, 2003)
- Worst case scenario (US EPA SCI-GROW ”screening model”, US EPA, 2007)

Ett annat alternativ som skulle kunna användas för STELLA-modellering är att utnyttja svenska mätdata. Dessa finns tillgängliga via SLU:s miljöövervakning av bekämpningsmedel (SLU, 2008).

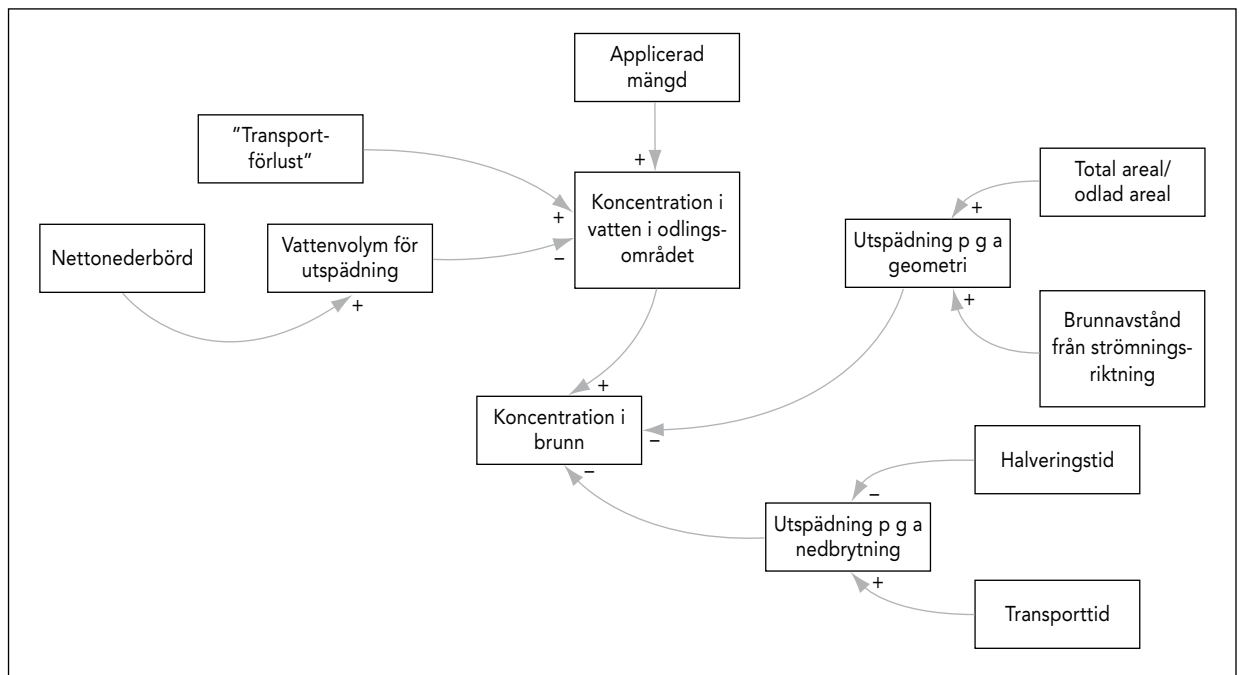
De enskilda värden på uppmätta koncentrationer som finns låter sig svårigen användas. Däremot rapporteras även ”uppmätt total uttransport”, Törnquist et al (2005). Det finns uppgifter från fyra observerade områden ($A=8-17 \text{ km}^2$). De resultat som finns rapporteras som ”transportförlust” = uttransporterad mängd i procent av använda bekämpningsmedel. Resultat ligger på 0,05–0,20 %. Dessa data skulle kunna användas som en utgångspunkt för en schematiserad bild av hela utspädningsförloppet. En rimlig ansats visas i figur 4-11

Tankegången som illustreras med figur 4-11 är att koncentrationen av bekämpningsmedel i själva odlingsområdet är en funktion av de erfarenhetsmässiga transportförlusterna enligt SLU sammanvägda med de vattenvolymer som finns naturligt för utspädning p.g.a hydrometeorologiska förhållanden. För att sedan komma vidare till koncentration i brunn så måste man även ta hänsyn till utspädning beroende på an-



Figur 4-10

Principskiss som visar hur koncentrationen avtar under transport från utsläpp till brunn.



Figur 4-11 CLD för utspädning vid förorening av vattentäkt med bekämpningsmedel. "Transportförlust" baseras på SLUs miljödata (Törnquist et al, 2005).

delen odlad area och de geometriska förhållandena, d.v.s. avstånd och riktning från odlad mark till brunnsområde. Vidare sker en utspädning p.g.a. nedbrytning som t.ex. uttrycks genom halveringstider (US EPA, 2006).

Denna modellstruktur kan enkelt användas för att generera en STELLA-modell för kvantitativa resultat. Svårigheterna ligger i att sätta rimliga värden på de modellparametrar som kommer att ingå i modellen. Emellertid verkar det sannolikt att detta låter sig göras på ett sätt så att avvägningen mellan arbetsinsats och resultat blir bra. Vi har inom ramen för detta projekt inte haft resurser för att gå vidare med denna fallstudie.

4.4 Erfarenheter

Syftet med det praktiska arbetet såsom det redovisats i föregående avsnitt (4.2 och 4.3) var att utvärdera hur väl systemanalys fungerar att använda för att ta fram beslutsunderlag i samband med skydd av vattentäkter. Mer konkret gällde det, se även kapitel 4.1:

- Problem 1 : Hur kan man rationellt utvärdera nytta/kostnad för olika alternativ vad gäller skydd av vattentäkt?
- Problem 2 : Hur kan man i en grupp med olika intressenter enas om beskrivning av ett system och dess orsak/verkanförhållanden.

I grova drag kan problem 1 sägas motsvara STELLA-modelleringen (kap. 4.3) medan problem 2 motsvarar gruppmodelleringen (CLD), se kap. 4.2.

Erfarenheterna pekar på att gruppmodelleringen är en mycket effektiv metod. Arbetet genomfördes gemensamt av två gruppleddare och sju gruppmedlemmar under ett möte som varade cirka 6 timmar. Alla deltagare accepterade slutresultatet, samtidigt som metoden verkade som katalysator för en konstruktiv diskussion. I direkt anknytning till gruppmodelleringen gjordes också en enkät där deltagarna visade klart positiv inställning till metoden, se tabell 4-5.

STELLA-modelleringen gjordes av författarna som en delvis separat övning. Den byggde dock i huvudsak på de samband som tagits fram vid gruppmodelleringen. Resultaten har också presenterats och diskuterats med deltagare från projektets kommuner. Fördelen med metoden är att modellerna är enkla att bygga och enkla att förklara. Samtidigt tvingas man till stora förenklingar och de modellparametrar som därvid inkluderas har inte alltid värden som enkelt går att ta fram.

Fördelen med denna typ av modellering är att den ger möjligheter till kvantitativa resultat samtidigt som den tydligt knyter an till den föregående CLD-analysen som lämpligen görs som gruppmodellering. Hela analysen blir därvid väldigt illustrativ och pedagogisk. Modellen kan också sägas utgöra en medelväg mellan fysikaliskt baserade modeller med beskrivning i flera dimensioner till starkt förenklade modeller av typ tumregler.

Tabell 4-5 Utvärdering bland deltagarna från kommunerna vid projektmöte, 17 oktober, 2005.

	Nej	Tveksamt	Delvis	Ja	Definitivt
Jag har förstått grundprinciperna i systemanalys			1	5	1
Jag har förstått grundprinciperna med CLD (Causal Loop Diagrams)			2	5	
CLD är ett bra verktyg att använda vid gruppdiskussion och problemlösning			1	5	1
Med hjälp av CLD och gruppmodellering ökar samverkan mellan gruppmedlemmarna och därigenom kan konflikter undvikas			3	2	2
Genom CLD och gruppmodelleringsprocessen har jag ökat mina kunskaper inom problemområdet		1	1	3	2
System analys och CLD är något jag kan tänka mig att använda i framtiden		1		3	3

5 Arbetsgång (manual): Systemanalys som verktyg för relevant skydd av vattentäkter

5.1 *Generella steg*

Först ska här poängteras att vi exkluderar alla juridiska aspekter. Syftet med detta projekt är att studera nytta och kostnader oavsett legaliteter.

Utgångspunkten är att arbetet ska leda fram till ”relevant” skydd, d.v.s. kostnaderna för skyddet ska balanseras mot nyttan. Skyddet kan avse både aktiva vattentäkter och mer eller mindre dedicerade reservvattentäkter. Skydd avser både geografisk omfattning och skyddsbestämmelser.

Vi förutsätter att bakgrundskunskaper finns tillgängliga inom ramen för en tänkt projektgrupp. Det som avses är fakta om kommunens demografi och näringsprofil, narturgivna förutsättningar, existerande tekniska system etc.

5.2 *Bruttolista på variabler som bör beaktas*

Steg 1 i arbetsprocessen är att förutsättningslöst lista de variabler som ska ingå i systemanalysen, se tabell 5-1. Innehållet i tabell 5-1 är bara ett exempel som arbetats fram i detta projekt. Självklart kan man lägga till variabler efter behov. Däremot finns det ingen anledning att ta bort variabler eftersom en utsortering sker i nästa steg i processen.

5.3 *Grundläggande orsakssamband/CLD*

Steg 2 i arbetsprocessen är att utifrån de variabler som listats i steg 1 komma fram till orsakssamband som ger en bild av hur systemet fungerar. Det görs lämpligen med den teknik som beskrivs i tidigare kapitel i denna rapport, d.v.s. det går ut på att skapa ett/flera CLD, Causal Loop Diagram, se 2.2.

CLD, eller någon motsvarande form av konceptuell modell är ett nödvändigt steg på väg mot kvantitativa resultat. Den bärande tanken är att systemet är så komplext att det måste förenklas för att kunna praktiskt modelleras. CLD såsom det beskrivits ger en metod/process som fungerar.

Eftersom problematiken kring dricksvattenförsörjning och skyddsområden för vattentäkter är komplex inrymmer analysen flera subjektiva beslut angående lösningsstruktur och förenklingar. Detta framgår av tidigare avsnitt i rapporten, speciellt 4.2. Avsikten med detta projekt har också varit att visa på möjliga arbetssätt i Vattenråd vad gäller andra typer av frågor i vattenplanering och arbetet med Vattendirektivet. I sådana fall finns det uppenbart också samma komplikationer p.g.a. att

Tabell 5-1 Variabler som identifierades vid gruppmodellering oktober 2005.

Huvudvariabel	Delvariabel	Kommentar
Täktproduktion		
Hot	Infrastruktur – Transport av farligt gods* Infrastruktur – Underhåll Jordbruk* Skogsbruk Industri Historiska föroreningar Deponier/upplag Bostadsbebyggelse/exploatering Sabotage på reningsverk och distributionssystem Datorvirus Klimatförändring	Väg, järnväg
Vattenkvalitet	Bakteriehalt Kemikalier (bekämpningsmedel, nitrat) Oljebaserade produkter	Exploatering/population
Övervakningssystem		
Värde	Värde på vatten Värde på täkt	Numeriskt och konceptuellt
Kommunala resurser		
Skydd	Naturligt skydd (geologiska barriärer) Skyddsområde Skyddsföreskrifter Elförsörjning/reservkraft	
Distributionsnät		Vattendirektivet ?????
Regelverk (krav)	Krav på vattenkvalitet Krav på övervakningssystem	
Samverkan		
Politisk vilja		

*prioriterade hot

olika intressen ska jämkas ihop. Av ovanstående resonemang framgår det att själva arbetsprocessen kring CLD är viktig. Arbetet ska utföras i grupp och det ska leda fram till att alla är införstådda med vilken modellstruktur som ska användas för den kvantitativa analysen. Alla behöver inte vara överens om allt, men det ska vara tydligt vilka de avgörande skillnaderna i synen på problemet/området är bland deltagarna.

5.4 STELLA modellering och kvantifiering

Steg 3 i arbetsprocessen är att kvantifiera de samband som är resultatet av föregående analys. Det ska än en gång påpekas att STELLA är ett kommersiellt program och att modelleringen kan ske baserat på andra verktyg. I denna del av arbetet ingår flera delsteg som som är ömsesidigt beroende av varandra.

Val av matematiska funktioner

De samband som finns mellan variabler har i den föregående analysen endast betecknats med plus/minus beroende på om variablerna samvarierar eller om beroendet är omvänt proportionellt. I detta steg kan

man välja att utnyttja funktioner som man vet, eller rimligen kan anta, väl beskriver det egentliga sambandet. Om man inte känner sambandet eller om det av olika skäl inte är rimligt att gå in med detaljerad matematisk beskrivning så kan man välja att förenkla till linjärt samband eller liknande.

Kvantifiering av modellparameterar och variabler

De funktioner som man valt för att beskriva sambanden innehåller undantagslöst modellparametrar som måste kvantifieras. På samma sätt måste en del grundläggande variabler, som t.ex. trafikflödet på en given väg i den fallstudie som presenterats i kap. 4.3, ges numeriska värden. Skillnaden mellan variabel och modellparameter är att den senare är en storhet som är beroende av vilken modell/funktion man valt.

Screening av valda funktioner/samband

Beroende på resultatet av kvantifieringen kan man tvingas modifiera sina val av matematiska funktioner. Det kan vara så att vissa variabler eller parametrar är så svåra att kvantifiera att modelleringen antingen blir alltför tidskrävande eller alltför inprecis. Det kan också visa sig att variationen i värdet på en viss variabel är så pass liten att en funktion kan ersättas med en konstant.

5.5 Evaluering

Steg 4 i arbetsprocessen är att utvärdera de numeriska resultat som erhållits efter STELLA-modellering (motsv.) och bedöma de olika alternativen i förhållande till varandra. I evalueringen ingår att analysera och redovisa de osäkerheter som är förknippade med modellering och resultat. I en tänkt beslutssituation går man vidare genom att förfina analysen av det mest optimala alternativet.

6 Slutsatser

6.1 CLD och gruppmodellering

Erfarenheterna från detta projekt, se kap. 4.4, visar att gruppmodellering med framtagande av CLD är en värdefull metod för att analysera komplexa system såsom (skydd av) dricksvattenförsörjning. Det finns ingen anledning att betvivla att samma metod kan användas mer generellt i samband med implementering av Ramdirektivet. Förvisso har vi i vårt projekt haft en homogen grupp jämfört med vad man kan förvänta inom t.ex. ett vattenråd. Men, metoden är robust, strukturerad och pedagogisk och kan förväntas fungera. Dessutom finns goda erfarenheter med motsvarande metodik från USA genom konceptet Shared Vision Planning (USACE, 2007).

6.2 STELLA modellering för nyttoanalys

Vad gäller den kvantitativa analysen med hjälp av modelleringsverktyget STELLA så är erfarenheterna inom detta projekt, se kap. 4.4 blandade. Å ena sidan är själva kvantifieringen, d.v.s. övergången från den konceptuella bilden enligt CLD till en numerisk modell, enkel och pedagogisk. Samtidigt är noggrannhet och precision i resultaten avhängiga av omfattande bakgrundsdata, vilket normalt kräver mycket arbete. Det finns alltså – vilket kanske framstår som självklart – inga genvägar till gedigna kvantitativa analyser. Däremot så kan modellering m.h.a. STELLA (el.motsvarande mjukvara) i rätt sammanhang vara förtjänstfull. Vad som är rätt sammanhang måste bedömas från fall till fall.

Modelleringen kräver också en viss träning och i en konkret situation innebär detta extra kostnader, vare sig modelleringen ska skötas internt eller via konsult.

En ytterligare omständighet som behöver beaktas vad gäller dricksvatten är att det finns faktorer som är väldigt svåra att prissätta. Det handlar ju ytterst om frågor kring människors hälsa, och i värsta fall liv/död. Personer i ansvarig ställning vill normalt sett inte förknippas med sådana risker. Det innebär att kostnader blir i det närmaste irrelevanta. Det ska här påpekas att skyddsområden och skyddsföreskrifter regleras av lagar och förordningar och att beslut inte kan fattas endast baserade på den typ av kostnads/nytto-analys som beskrivs i denna rapport. Dock anser vi att sådan analys är både nyttig och nödvändig i alla delar av vattenplaneringen.

7 Referenser

- Al-Najjar N. (2007), Framtida vattenförsörjning för Växjö kommun – bedömning av olika alternativ, VATTEN 63:299–311.
- Bagheri A. (2006), Sustainable Development – Implementation in Urban Water Systems, Rep No. 1035, Dept. of Water Resources Systems, Lund University.
- Forrester J.W. (1961), Industrial Dynamics, MIT Press, Cambridge, MA.
- Hellström T., Werner T., Hjort P. (2005), Samverkan i avrinningsområden – organisation, arbetssätt, finansiering, Svenskt Vatten AB, rapport M130.
- Hjort P, Hellström T., Werner T. (2005) Samverkan i avrinningsområden– en demokratiprocess, Svenskt Vatten AB rapport M131.
- Richmond, B. (1994). Systems thinking/system dynamics: Let's just get on with it. System Dynamics Review, 10 (2–3), 135–157.
- SFS (2004), Förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön, SFS 2004:660.
- SLU (2008), Miljöövervakning av växtskyddsmedel
http://vv.mv.slu.se/ShowPage.cfm?OrgenhetSida_ID=6146
[accessed 2008-05-20]
- SNV (2003), Vattenskyddsområde – Naturvårdsverkets Handbok 2003:6 med allmänna råd.
- SNV (2005), En bok om svensk vattenförvaltning, Naturvårdsverket Rapport 5489.
- Sterman, J. D. (2001), "System dynamics modeling: Tools for learning in a complex world". California management review 43 (1): 8–25.
- Törnquist M., Kreuger J., Adielsson S. och Kylin H. (2005), Bekämpningsmedel i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörd under 2004, Inst. Miljöanalys Rep 2005:14, SLU.
- USACE (1994), US Army Corps of Engineers, Inst. For Water Resources, National Study of Water Management During Drought, Sept. 1994, IWR Rep 94-NDS-8.
- USACE (2007), US Army Corps of Engineers, Shared Vision Planning– Literature Review of Computer-Aided Collaborative Decision Making, Rep. 2007-R-01.
- USEPA (2006) US EPA Pesticide Fate Database
http://cfpub.epa.gov/pfate/basic_info.cfm [accessed 2008-05-20]
- US EPA (2007), Pesticides: Science and Policy – SCI-GROW Description
www.epa.gov/oppefed1/models/water/scigrow_description.htm [accessed 2008-05-20]

VVV (2006), Vattenmyndigheten Västerhavets vattendistrikt,
Samarbete för bättre vatten – Arbetsprogram för förvaltningsplan
2007–2009.

VVV (2008), Vattenmyndigheten i Västerhavets vattendistrikt,
Samrådshandling. Översikt av väsentliga frågor för förvaltningsplan
i Västerhavets vattendistrikt 2008–2009.



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tel 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se